

## **1– PREMESSA**

La presente Relazione Geologica riguarda l'incarico a noi affidato dalla Spett.le Amministrazione del Comune di Vigevano (PV) - delibera della G.C. n° 369 del 6 Settembre 1999 - relativo alla esecuzione di un programma di indagini geologico-geotecniche a supporto della variante generale del P.R.G. del comprensorio comunale.

Lo studio in oggetto è stato sviluppato sulla base dei risultati emersi nel corso degli interventi di ricerca da noi svolti nel periodo Settembre 1999 - Gennaio 2000 ed è stato redatto in conformità con quanto previsto dalla vigente normativa nazionale in materia.

Ci si riferisce, in particolare, al D.M. 11 Marzo 1988, punto H: *"fattibilità geotecnica su opere di grandi aree"*, ove vengono specificati i criteri di carattere geotecnico da adottare nell'elaborazione di piani urbanistici, nonché alla Cir. LL.PP. 274 settembre 1988 n°. 30483 per ciò che concerne le relative norme tecniche.

Nella programmazione del lavoro e nella elaborazione del presente Rapporto ci si è, altresì, attenuti alla normativa regionale specificata nel D.G.R. 18/15/1993 n°. 5/36147: *"Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale"* ed alle prescrizioni della L.R. 41/1997: *"prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti"*.

Lo studio geologico si propone di fornire, in appoggio al processo progettuale di pianificazione urbanistica comunale, uno strumento conoscitivo indispensabile alla individuazione delle potenzialità e delle vocazioni stesse del territorio, con specifico riferimento alla prevenzione del rischio ed alla tutela ambientale.

L'analisi dell'intero comprensorio è stata sviluppata prendendo principalmente in considerazione i seguenti aspetti: geologia, litologia, stratigrafia, geomorfologia, idrografia, idrogeologia e geotecnica.

Per quanto riguarda le modalità esecutive, Il programma di lavoro è stato articolato in tre distinte fasi di intervento:

Fase 1 - E' consistita nel reperimento dei dati geologici e geotecnici già esistenti e riguardanti sia il territorio comunale, sia le aree limitrofe. L'acquisizione di tali informazioni è stata compiuta attraverso una sistematica ricerca bibliografica di pubblicazioni tecnico-scientifiche e mediante consultazione di documenti reperiti presso fonti istituzionali a livello comunale e provinciale, o cortesemente messi a disposizione da studi professionali privati.

Fase 2 - Ha riguardato le attività espletate direttamente "*sul terreno*", che verranno dettagliatamente descritte e più ampiamente illustrate nei capitoli successivi. E' stata condotta, in particolare, una verifica *in sito*, a carattere puntuale, dei dati precedentemente raccolti durante la Fase 1, eseguendo esami e rilevamenti diretti delle condizioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche del

territorio comunale, finalizzati alla stesura degli elaborati cartografici.

Fase 3 - Ha comportato la realizzazione di prove penetrometriche per una preliminare caratterizzazione geotecnica del sottosuolo in corrispondenza di alcuni siti, segnalati dall'Amministrazione comunale come possibili aree di espansione.

Fase 4 - Si è proceduto alla compilazione ed alla stesura dei seguenti elaborati cartografici:

<b>Tav.1</b>	CARTA GEOMORFOLOGICA (scala 1:10.000)
<b>Tav.2</b>	CARTA LITOLOGICA (scala 1:10.000)
<b>Tav.3</b>	CARTA IDROGEOLOGICA (scala 1:10.000)
<b>Tav.4</b>	SEZIONI IDROGEOLOGICHE
<b>Tav.5</b>	CARTA DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA (scala 1:10.000)
<b>Tav.6</b>	CARTA DI SINTESI (scala 1:10.000)
<b>Tav.7</b>	CARTA DI FATTIBILITA' (scala 1:10.000)
<b>All.1</b>	STRATIGRAFIE
<b>All.2</b>	PROVE PENETROMETRICHE

## **2 – INTERVENTI SUL TERRITORIO COMUNALE**

Come accennato in precedenza, l'analisi del territorio comunale ha implicato, oltre ad una accurata acquisizione iniziale di dati bibliografici, anche l'esecuzione di una serie di interventi diretti sul territorio. Questi ultimi sono costituiti nelle seguenti attività:

- indagini geognostiche;
- rilevamenti di campagna;
- censimento dei punti d'acqua.

### **2.1 – INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Lo studio delle caratteristiche geotecniche dei terreni ha comportato l'esecuzione di prove dirette *in situ* con l'impiego di un penetrometro, ad integrazione e controllo delle informazioni precedentemente desunte dalla bibliografia e dalla documentazione esistente.

Le prove penetrometriche, effettuate in alcune specifiche aree del territorio comunale ove è prevista una futura espansione urbanistica, ha permesso di valutare, seppure in prima approssimazione, i parametri fisici fondamentali del sottosuolo.

Complessivamente sono state realizzate 17 prove penetrometriche, delle quali 8 dinamiche (SCPT) e 9 statiche (SCP); le ubicazioni dei singoli punti

oggetto di indagine sono riportate negli elaborati grafici allegati alla presente relazione.

Le caratteristiche esecutive delle singole prove, effettuate con punta conica, sono state uniformate alle metodiche raccomandate dall' A.G.I. "Associazione Geotecnica Italiana" (1977) e sono oggetto di descrizione più approfondita nei successivi capitoli.

Nella maggior parte dei fori di prova - laddove le condizioni locali lo hanno consentito - sono stati posti in opera tubi microfessurati del diametro di 1" (1 pollice), per permettere anche in futuro periodici rilevamenti del livello della superficie freatica.

I risultati delle indagini geognostiche da noi condotte secondo le modalità sopra illustrate possono essere così sintetizzati:

- ricostruzione della successione stratigrafica presente nel tratto sommitale del sottosuolo (circa 10 m dal p.c.);
- definizione dei principali parametri geotecnici dei terreni interessati da futura espansione edilizia;
- disponibilità sul territorio comunale di un maggior numero di stazioni di controllo piezometrico.

## **2.2 – RILEVAMENTI DI CAMPAGNA**

Le indagini di campagna hanno avuto come principale obiettivo l'accertamento delle condizioni geolitologiche e geopedologiche ed hanno, inoltre, permesso di individuare con precisione l'andamento della scarpata fluviale, nonché l'ubicazione dei siti oggetto di attività estrattiva, ai fini di una loro dettagliata rappresentazione cartografica.

### **2.3 – CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA**

Nel corso dei rilevamenti di campagna si è proceduto, anche, al sistematico censimento ed al riporto cartografico dei pozzi idrici presenti sul territorio comunale.

Questi ultimi sono stati, poi, suddivisi sulla base dei loro diversi valori di profondità, allo scopo di poter distinguere e selezionare quelli utili per l'accertamento della soggiacenza della prima falda nella ricostruzione della carta delle isofreatiche.

### **3 – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE**

Il territorio del Comune di Vigevano è situato nella porzione occidentale della provincia di Pavia, a circa 35 Km dal capoluogo, a ridosso del confine con la provincia di Milano; esso si estende nel suo insieme per circa..95 Km<sup>2</sup>.

L'ambito comunale è costituito dal centro principale e da ulteriori tre frazioni: Piccolini ad Ovest, in direzione Gravellona L.; Morsella a Sudovest, in direzione Mortara; Sforzesca a Sudest in direzione Pavia.

Sussistono, inoltre, numerose case coloniche e cascine isolate, diversamente distribuite sul comprensorio.

Dal punto di vista topografico l'intero settore manifesta un carattere eminentemente pianeggiante, con quote in media comprese fra i 117 ed i 71 metri s.l.m..

Esso risulta, tuttavia, impostato su due distinti ripiani morfologici, separati da altrettante scarpate, di origine fluviale, che si snodano in direzione Nordovest - Sudest.

Una di esse interessa il nucleo abitato di Vigevano, ha una altezza compresa fra i 9 ed gli 8 metri e costituisce verosimilmente un fenomeno secondario.

L'altra, che rappresenta invece la scarpata principale, decorre nei pressi del Fiume Ticino, ne segue l'andamento e manifesta altezze comprese tra i 18 ed i 10 metri.

Le suddette scarpate sono il risultato della attività erosiva sulla coltre di depositi Fluvioglaciali (risalenti all'ultima glaciazione Wurmiana), esercitata dal Fiume Ticino con le sue divagazioni nell'ambito della pianura alluvionale. Allo stato attuale entrambe le scarpate risultano, inoltre, profondamente rimodellate, a seguito degli interventi antropici che si sono succeduti nel corso degli anni.

Per quanto riguarda l'aspetto geologico il territorio in esame è costituito esclusivamente da depositi quaternari, che possono essere distinti in rapporto alla loro stessa ubicazione rispetto alla scarpata principale.

I depositi affioranti ad Ovest della scarpata, posti a quote topografiche più elevate, risultano di genesi fluvioglaciale e sono attribuibili al *Fluvioglaciale Wurm*. Essi rappresentano la frazione medio-grossolana della coltre di sedimenti depositi nella Valle Padana durante la fase parossistica dell'ultima glaciazione (Glaciazione Wurmiana) e risalenti al Pleistocene Superiore. Tali depositi costituiscono il livello principale della Pianura Padana, definito in letteratura come *Piano Generale Terrazzato* (PGT).

Ad Est della scarpata principale i materiali appaiono di natura prevalentemente sabbiosa o sabbioso-ghiaiosa; la loro origine deve essere ricondotta a fasi successive di alluvionamento e di erosione operate dall'azione fluviale del Ticino (*Alluvium antico e recente*).



Dal punto di vista geolitologico, con riferimento alle distinzioni che figurano nella cartografia ufficiale (Foglio n. 59 "Pavia" del Servizio Geologico d'Italia), la serie presente nel nostro settore è rappresentata dalle seguenti unità (a partire dalla più antica):

- Dossi: costituiti prevalentemente da materiali sabbiosi depositatisi durante le fase arida Rissiana nel Pleistocene medio, relitti, un tempo più diffusi, corrispondenti a rilievi duniformi.
- Alluvioni fluvio-glaciali deposte durante la glaciazione Wurm nel Pleistocene Superiore, costituite prevalentemente da materiali sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi e limoso-sabbiosi, talora con intercalazioni di livelli argillosi. Tali depositi definiscono il *Livello Principale della Pianura Padana (P.G.T.)*.
- Alluvioni fluviali sabbioso-ghiaiose (*Alluvium Medio* dell'Olocene Medio) riferibili ad antichi alvei abbandonati del Fiume Ticino.

## **4 – COMMENTO DEGLI ELABORATI CARTOGRAFICI** **DI INQUADRAMENTO GENERALE**

### **4.1 - CARTA GEOMORFOLOGICA**

Nel presente elaborato cartografico (Tav. 1) sono illustrati i risultati delle indagini geomorfologiche da noi svolte allo scopo di porre in luce i principali lineamenti morfologici del comprensorio comunale.

Dal punto di vista geomorfologico il territorio presenta nel suo insieme un aspetto relativamente pianeggiante, con quote comprese tra i 117 metri ed i 71 metri circa s.l.m., ed include due elementi fondamentali: il cosiddetto *Piano Generale Terrazzato* (Livello Principale della Pianura Padana, di età Pleistocenica) e la valle del F. Ticino.

Il primo è impostato sui depositi fluvioglaciali riferibili all'ultima glaciazione Wurmiana e manifesta una relativa uniformità morfologica; le uniche irregolarità, peraltro di modesta entità, sono da porre in relazione con l'attività erosiva esercitata dai corsi d'acqua ed, in particolare, dal Ticino, che ha determinato l'instaurarsi di alcune scarpate (*Terrazzi Alluvionali*), a testimonianza di variazioni del livello di base, succedutesi nel tempo con l'alternarsi delle fasi glaciali stadiali ed interstadiali.

Assai evidente, a questo proposito, appare la scarpata principale del Ticino, localizzata nel settore più orientale del territorio, che presenta una

altezza media compresa fra 18 e 10 metri. Essa funge da raccordo tra i soprastanti terreni Pleistocenici (*Piano Generale Terrazzato*) e quelli sottostanti di età Olocenica, sui quali è impostato l'alveo attuale del fiume. Nel settore centrale del territorio comunale, che interessa gran parte del centro abitato, sussiste una ulteriore scarpata di carattere secondario, conseguente ad una locale fase stadiale wurmiana di escavazione e di successivo colmamento.

Entrambi i suddetti elementi sono stati, successivamente, rimodellati, in tutto o in parte, dalle trasformazioni antropiche connesse ad attività estrattive e/o di bonifica, susseguitesesi nel corso dei secoli.

Una menzione a parte meritano i *paleomeandri* riferibili al decorso sinuoso del Ticino ed alla sua stessa propensione al divagamento in occasione delle piene. Allo stato attuale essi appaiono per lo più colmati da materiale fine (argille e limi) e da resti vegetali; sono ben riconoscibili nella porzione della piana più prossima al fiume e lungo il corso del Terdoppio, ove si osserva ancora un parziale collegamento con l'alveo attivo di questo torrente.

Da segnalare, in fine, la presenza di alcuni elementi geologici e geomorfologici caratteristici, rappresentati dai cosiddetti *Dossi della Lomellina*, individuabili principalmente in lembi relitti nella porzione centrale del centro abitato. Essi sono costituiti da modesti rilievi, testimoni dello smantellamento dell'originario livello rissiano, che emergono dalla piana alluvionale wurmiana ed olocenica sotto forma di piccoli dossi, estremamente appiattiti.

Interpretati per lungo tempo come dune sabbiose continentali (*Depositi sabbiosi eolici* di F. Sacco, 1892), i *Dossi* - costituiti da paleosuolo sabbioso ed a tratti argilloso di colore giallo ocraceo (Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia, Fogli 44 e 58 Novara - Mortara) - sono oggi riconosciuti come ondulazioni dei depositi rissiani.

Oltre ai fenomeni sopra descritti, nella Tav. 1 vengono anche indicati i siti adibiti ad attività estrattiva, distinguendo le *cave attive* dalle *cave abbandonate*, qualora queste ultime attualmente fungano da aree di stoccaggio per il materiale proveniente da altre località.

## **4.2 - CARTA LITOLOGICA**

Con riferimento alla **Carta Litologica** della Tav. 2, sono state rappresentate le principali unità litologiche che contraddistinguono i suoli ed il sottosuolo nell'ambito del territorio comunale di Vigevano.

I dati di base per la compilazione della Carta sono stati preliminarmente desunti dallo studio realizzato dall'E.R.S.A.L. (Ente Regione di Sviluppo Agricolo della Lombardia) sui suoli di tutta la Pianura Padana.

Successivamente, tali dati sono stati verificati ed integrati attraverso i rilevamenti di dettaglio da noi effettuati direttamente sul terreno, nonché attraverso le informazioni ricavate dalle prove penetrometriche (vedi All. 2), oppure emerse dalla interpretazione delle stratigrafie dei pozzi, raccolte

presso enti pubblici e privati (nell'All. 1 vengono trasmesse tutte le stratigrafie acquisite).

Nell'elaborato cartografico vengono graficamente distinte le litologie che caratterizzano il *suolo* in senso stretto - ovvero la coltre di terreno superficiale sino ad una profondità di circa 1,50 metri dal p.c. - ed il *sottosuolo*, per quanto riguarda il tratto sottostante.

Inoltre, per una migliore comprensione dei rapporti che intercorrono orizzontalmente e verticalmente fra le varie unità sono state ricostruite due sezioni esplicative (Tav. 4).

#### **4.2.1 - Litologie superficiali**

Come in precedenza accennato la caratterizzazione delle litologie superficiali è stata tratta in parte dalla carta dell'E.R.S.A.L "I suoli del Parco del Ticino, settore meridionale", arricchita poi di tutti gli elementi da noi acquisiti.

L'analisi della carta evidenzia la diffusione di suoli che presentano caratteristiche fortemente condizionate dalla natura e dalla composizione dei substrati sottostanti, nonché dalle modalità stesse della circolazione idrica nel sottosuolo.

Si tratta, infatti, di terreni presenti in corrispondenza di terrazzi fluviali a morfologia subpianeggiante, delimitati da evidenti scarpate erosive o di terreni appartenenti alle piane alluvionali delle valli del Ticino e del

Terdoppio, comprese tra i terrazzi antichi e le zone inondabili, limitrofe ai corsi d'acqua.

In entrambi i casi i suoli risultano alquanto esigui, con profondità massima sempre inferiore ad 1,50 / 2,00 metri, e manifestano per lo più una tessitura da moderatamente grossolana a grossolana, che denota una loro genesi legata in prevalenza a substrati di tipo sabbioso-ghiaiosi.

Questa caratteristica conferisce loro capacità drenanti da medie a buone.

In ambienti pedogenetici simili a quelli sopra descritti, compaiono anche, seppure in misura subordinata, suoli a composizione spiccatamente argillosa o limosa. Questi ultimi, ben individuabili in due fasce nella porzione centro occidentale del comprensorio comunale, traggono origine, secondo alcuni autori, da processi di traslocazione di minerali argillosi riferibili all'azione flocculante sulle argille legata alla presenza di carbonati (Vedi: *I suoli del Parco del Ticino*, E.R.S.A.L.).

I suoli in questione si riscontrano con particolare frequenza nelle aree ondulate occupate dai lembi residui di dossi smembrati dall'azione antropica.

#### **4.2.2 - Litologie presenti al di sotto del suolo**

L'analisi delle sezioni - ricostruite per correlazione dei dati stratigrafici dei pozzi e di quelli ricavati dai grafici delle prove penetrometriche - permette di constatare che i depositi sottostanti i suoli presentano prevalentemente

una costituzione sabbiosa o sabbioso-ghiaiosa, con locale predominanza ora dell'una ora dell'altra componente.

In via subordinata, si riscontrano, anche, sporadiche intercalazioni di orizzonti argillosi, generalmente di modesto spessore ed a limitata estensione; solo a profondità rilevanti (oltre i 150 metri dalla superficie) queste litologie tendono ad aumentare, sia per ciò che riguarda la potenza dei singoli livelli sia la loro distribuzione areale.

Nelle tratte più occidentali di entrambe le sezioni, si evidenzia, inoltre, un considerevole incremento delle litologie a granulometria minuta, quali argille e limi, in commistione più o meno variabile con la componente sabbiosa.

Queste frazioni fini, seppure arealmente e quantitativamente subordinate rispetto a quelle grossolane, occupano con maggior diffusione i livelli sommitali della serie del sottosuolo (fino a 2 - 3 m dal p.c.),

#### **4. 3 - CARTA IDROGEOLOGICA**

Nella ***Carta Idrogeologica*** della Tav. 3 sono sintetizzati i diversi aspetti connessi all'idrografia superficiale nonché quelli legati alla idrogeologia, cioè alle modalità di distribuzione e di flusso degli acquiferi sotterranei.

#### **4.3.1 - Idrologia superficiale**

Per quanto riguarda l'assetto idrologico caratterizzante il comune di Vigevano, due sono gli elementi di spicco: il Fiume Ticino ed il Torrente Terdoppio.

Più o meno direttamente a questi connessa sussiste, poi, una complessa rete di corsi d'acqua minori e di canali artificiali, impiegati per scopi irrigui in agricoltura.

Il Ticino, nel tratto di attraversamento del territorio vigevanese, presenta un tipico andamento pluricursale, che caratterizza la parte media del suo corso. Questa particolare forma è rappresentata da un ampio alveo e da una estesa zona golenale per effetto, soprattutto, dei numerosissimi rami secondari, tra loro anastomizzati.

Dai documenti storici risulta, tuttavia, che nell'arco di cento anni (1883 - 1980) si sono verificati profondi mutamenti nelle caratteristiche del fiume, nel senso di una semplificazione del suo corso, accompagnata dalla eliminazione di numerose ramificazioni secondarie.

D'altro canto, questo fenomeno è solo in parte attribuibile alla naturale evoluzione della dinamica fluviale; esso può rappresentare, invece, la più evidente ripercussione delle diffuse e varie attività antropiche sviluppatesi lungo le rive (quali l'apertura di cave estrattive e di discariche, l'abbattimento delle scarpate dei terrazzi, la costruzione di ponti, la realizzazione di scaricatori artificiali) che hanno compromesso drasticamente il comportamento del fiume ed il suo stesso riequilibrio.



Ne consegue che in occasione delle piene e, particolarmente, in concomitanza di quelle a carattere eccezionale, il fiume possa dar luogo ad effetti difficilmente prevedibili ed incontrollabili, soprattutto nei riguardi delle fasce antropizzate più prossime all'alveo.

In rapporto a queste problematiche, a cura del P.A.I. (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico), in forza della Legge 18 Maggio 1989, sono state emanate le norme riguardanti l'assetto della rete idrografica e dei versanti, nelle quali viene stabilita la seguente classificazione delle Fasce Fluviali:

- **FASCIA A:** fascia di deflusso e di possibile esondazione straordinaria dell'alveo attuale del Ticino.
- **FASCIA B:** fascia esondabile in occasione di piene eccezionali.
- **FASCIA C:** fascia di inondazione per piena catastrofica.

Questa suddivisione, alla quale la nostra Carta Idrogeologica è stata uniformata, viene dettagliatamente illustrata nel *Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Norme di attuazione - Art. 28* . Per quanto riguarda, invece, le prescrizioni, i divieti e le attività consentite nell'ambito delle singole fasce si rimanda agli Art.li 29, 30, 31, del citato documento.

#### **4.3.2 - Idrogeologia**

Per la ricostruzione di un quadro sufficientemente esauriente delle condizioni idrogeologiche del territorio in esame è stato effettuato un sistematico censimento dei punti d'acqua.

Tutti pozzi censiti sono stati ubicati e rappresentati in carta con diversi colori, in funzione del loro utilizzo e delle caratteristiche riscontrate. In corrispondenza di ciascun pozzo vengono indicati i valori della profondità, della soggiacenza della superficie freatica (ove è stato possibile effettuarne la misura) ed il numero della stratigrafia (trasmessa nell'All 1).

Per la ricostruzione delle linee isofreatiche si è fatto riferimento esclusivamente ai pozzi di profondità non superiore ai 100 metri. Ciò è motivato dal fatto che sino a tale profondità i livelli argillosi risultano arealmente discontinui e, pertanto, l'acquifero sotterraneo, seppure apparentemente multifalda, può verosimilmente essere considerato di tipo freatico (come, d'altro canto, ben evidenziato nelle sezioni geolitologiche della Tav 4).

Al di sotto dei 100 - 120 metri i livelli argillosi appaiono assai più estesi e conferiscono alla falda sottostante un carattere decisamente artesiano.

La ricostruzione dell'andamento della superficie freatica, rappresentata con curve isofreatiche, è stata determinata sulla base di misurazioni effettuate durante il mese di Novembre 1999.

La campagna di rilevamento ha comportato considerevoli difficoltà per il fatto che il maggior numero dei pozzi censiti sono tutt'ora impiegati a fini

domestici e, di conseguenza, in molti di essi la misurazione del livello veniva di fatto impedita dalla presenza della pompa e dell'autoclave.

Si specifica, inoltre, che per la gran parte si tratta di pozzi poco profondi (spinti ad un massimo di 10 - 12 metri dal p.c.), realizzati per infissione a percussione; la loro tubazione ha un diametro generalmente alquanto ridotto (1 - 2 pollici) ed è direttamente collegata ad una pompa orizzontale.

La disposizione delle linee isofreatiche - che interessano nel settore investigato l'intervallo compreso tra 108 e 80 metri s.l.m. - individua un flusso preferenziale di insieme della prima falda da NO verso SE. In prossimità della frazione Morsella la direttrice di scorrimento idrico sotterraneo assume, tuttavia, una locale inflessione in direzione N - S.

Nell'area più occidentale del territorio comunale il gradiente idraulico presenta valori variabili tra il 6 ed il 4 per mille, che tendono a decrescere progressivamente, sino a valori di circa 1 per mille, avvicinandoci vieppiù alla scarpata di terrazzo che delimita i depositi fluvioglaciali del *PGT* da quelli di età olocenica.

Da una analisi generale della Carta Idrogeologica appare, in fine, evidente che il Fiume Ticino esplica una azione drenante nei riguardi dell'acquifero freatico.

#### **4.3.3 - Vulnerabilità**

Come si evince da quanto emerso sia dalle sezioni idrogeologiche che dalla carta litologica il suolo e sottosuolo del territorio comunale presenta una stratigrafia piuttosto omogenea e tipica della Pianura Padana, caratterizzata dall'alternarsi di orizzonti sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi caratterizzati da una buona permeabilità (acquiferi) separati da orizzonti impermeabili o a ridotta permeabilità costituiti da argille o limi sabbiosi.

Nel corso dell'indagine non sono state effettuate prove dirette della valutazione della permeabilità dei suoli; la relativa omogeneità dei terreni presenti consente tuttavia di avanzare ipotesi sui valori caratteristici dagli stessi sulla base dei dati riportati in bibliografia.

Sulla base delle considerazioni litostratigrafiche ed idrogeologiche, è stato possibile identificare sul territorio comunale due classi di vulnerabilità in base alla valutazione della permeabilità: Suoli ad alta vulnerabilità e Suoli a media vulnerabilità.

#### **Suoli ad alta vulnerabilità**

Occupano la maggior parte del territorio comunale, sono costituiti da materiale a granulometria grossolana (sabbie e ghiaie) solo localmente a matrice limosa. Per tali suoli si ipotizza valori di permeabilità compresi fra  $10^{-2}$  e  $10^{-4}$ . In base ai suddetti valori questi terreni risultano avere una alta vulnerabilità.

#### **Suoli a media vulnerabilità**

Presentano estensione areale assai limitata, sono suoli costituiti da argille e limi per lo più sabbiosi.

Per questi suoli si ipotizzano valori di permeabilità inferiori a  $10^{-4}$ .

Occorre considerare che, nonostante la leggera differenza che intercorre fra i due suoli la falda sottostante risulta vulnerabile nei confronti di contaminazioni per tale motivo si dovrà porre particolare attenzione all'insediamento di nuove industrie insalubri.

#### **4.4 - CARTA DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA**

Nella *Carta di Prima Caratterizzazione Geologico-Tecnica* della Tav. 5 vengono sinteticamente illustrati gli elementi litologici impiegati come base per una valutazione preliminare delle principali caratteristiche fisiche del primo sottosuolo.

Sono state indicate, inoltre:

- le ubicazioni dei pozzi dei quali è nota la stratigrafia (il numero accanto al simbolo si riferisce alla stratigrafia trasmessa nell'All. 1);
- le localizzazioni delle n° 13 prove penetrometriche appositamente effettuate nel mese di novembre 1999 nelle aree in cui l'Amministrazione Comunale intende effettuare le nuove zonizzazioni, nonché le ubicazioni di tutte le altre prove reperite presso enti pubblici o privati.

Per un più immediato utilizzo pratico della tavola, sono state evidenziate con diversa simboleggiatura le litologie che caratterizzano il suolo superficiale (ovvero il primo strato fino a circa -1,50 / -2,00 metri dal p.c.) e quello più profondo (fino ad una profondità di circa 5 / 10 metri).

#### **4.4.1 - Litologie dei suoli superficiali**

L'intero territorio è stato suddiviso in diverse zone, in funzione della frazione litologica prevalente in ciascuna di esse (i dati sono stati desunti da uno studio condotto dall' E.R.S.A.L., successivamente integrati e controllati da rilevamenti diretti, dall'analisi dei log dei pozzi e dai risultati delle prove penetrometriche). Nella rappresentazione cartografica i suoli sono stati distinti in tre principali unità litologiche:

- Suoli sabbioso-limosi, talora argillosi;
- Suoli prevalentemente sabbiosi;
- Suoli sabbioso-ghiaiosi.

**Suoli sabbioso-limosi, talora argillosi** - Sono individuabili in due aree di limitata estensione nel settore occidentale del territorio; sono caratterizzati principalmente da terreni in cui la porzione sabbiosa risulta immersa in una matrice limosa e/o argillosa. La presenza della frazione fine condiziona negativamente le caratteristiche geomeccaniche del terreno. Lo spessore di questi terreni varia in rapporto al loro stesso grado di alterazione e raggiunge un massimo di circa 2,00 metri. Su di essi si sconsiglia la messa in opera di strutture che trasmettano al suolo carichi eccedenti  $0.3 \text{ Kg/cm}^2$ .

**Suoli prevalentemente sabbiosi** - Sono stati individuati in due fasce, rispettivamente localizzate nei settori occidentale ed orientale del comune.

Prevale generalmente un litotipo di natura sabbiosa, talora dotato di matrice limosa, con locali presenze di ciottoli.

Le caratteristiche geomeccaniche di questo suolo appaiono mediamente buone, anche se direttamente influenzate dalla diffusione dei materiali a granulometria fine (che ne riducono sensibilmente la capacità portante).

Anche in questo caso lo spessore varia da zona a zona, ma si spinge fino ad un massimo di 2.00 metri di profondità. La portanza risulta compresa tra 0.8 a 1.0 Kg/cm<sup>2</sup>, in rapporto al contenuto della componente fine.

**Suoli sabbioso-ghiaiosi** - Occupano la maggior parte del territorio comunale, ma si sviluppano principalmente nella porzione centrale. Sono caratterizzati da sabbie con abbondante presenza di ghiaie e ciottoli; la matrice, quando è presente, è di natura limosa. Le caratteristiche geomeccaniche risultano decisamente buone, con portanza sempre superiore ad 1 Kg/cm<sup>2</sup>.

I valori di portanza sopra indicati per le varie categorie di suoli si riferiscono a fondazioni nastriformi con larghezza di 0.80 m ed a plinti quadrati, di lato 2.00 metri, poste ad una profondità di 1 metro.

#### **4.4.2 - Litologie riscontrate al di sotto dei suoli**

Come in precedenza accennato, l'indagine geognostica di campagna è consistita nell'esecuzione di n° 13 prove penetrometriche, 6 delle quali

*statiche* (CPT) e 7 *dinamiche* (SCPT), spinte sino ad una profondità massima di 10 metri dal p.c.. Le diverse modalità esecutive sono state imposte dalle specifiche condizioni litologiche dei singoli siti di prova.

Questi ultimi sono stati prescelti in corrispondenza di particolari aree individuate dalla Amministrazione Comunale per future possibilità di azionamento.

Nell'elaborato cartografico vengono indicati anche i principali parametri di ordine litologico e geotecnico, quali: l'angolo di attrito della litologia persistente, la densità, la soggiacenza della falda (ove riscontrata) e la litologia più diffusa nel sottosuolo.

La correlazione generale dei dati, inclusi quelli ricavati dai grafici trasmessi in All. 2, permette di constatare che il sottosuolo dell'intero territorio comunale è caratterizzato prevalentemente da terreni sabbiosi o sabbioso-ghiaiosi ed, in via subordina, sabbioso-argillosi (questi ultimi limitatamente al settore della frazione Piccolini).

In generale si può concludere che i litotipi sopra indicati manifestano buone caratteristiche di portanza; tuttavia, nelle zone in cui la falda si approssima al piano campagna (ovvero alla base delle eventuali fondazioni) il valore della capacità portante teorica ammissibile dei terreni tende a ridursi sensibilmente, sino anche a dimezzarsi.

In base a quanto esposto, ne consegue che per costruzioni residenziali con limitati carichi trasmessi ai terreni può anche essere prevista la posa di fondazioni superficiali, purchè venga effettuato un rinterro delle stesse di almeno 80 cm.



Qualora venisse, invece, programmata la costruzione di capannoni o di edifici che gravano in maggior misura sui terreni, si dovrà prevedere la posa delle fondazioni ad una quota compresa fra — 1.50 e 2.00 metri dal p.c..

Le indagini eseguite sono da considerarsi puntiformi e, pertanto, possono essere attese variazioni laterali e verticali di litologia, anche nell'ambito di qualche decina di metri; tali variazioni, anche se di piccola entità, potrebbero comportare modificazioni nei cedimenti, assoluti e/o differenziati, compromettendo la portanza dei terreni stessi.

Ulteriore limitazione alla portanza dei terreni di fondazione può essere imputabile alle pressioni idrostatiche legate alla soggiacenza della falda ed, in modo più rilevante, all'escursione del livello freatico che si verifica fra il mese di aprile e il mese di settembre, in concomitanza con i periodi di massima attività agricola, dove le oscillazioni possono raggiungere anche i tre metri.

Quest'ultimo fatto, che presenta maggiore incidenza nella porzione occidentale del territorio (vedi i valori di soggiacenza riportati sulla *Carta di Sintesi* in Tav. 6) dovrà essere tenuto in massima considerazione nella progettazione di edifici con porzioni ribassate (seminterrati).

Appare evidente che per una corretta determinazione della portanza dei terreni di fondazione durante la progettazione di qualsivoglia opera, occorrerà predisporre un accurato programma di indagini specifiche con ulteriori e più puntuali interventi, in conformità con quanto imposto dal D.M. 11/03/1988.

## **4.5 - CARTA DI SINTESI**

Nella ***Carta di Sintesi*** della Tav. 6 sono contenuti gli elementi più significativi a fornire un quadro sintetico conclusivo dello stato del territorio.

In particolare sono evidenziati: i vincoli legislativi, la soggiacenza della falda e le zone di esondazione.

### **4.5.1 - Vincoli legislativi**

**Area di salvaguardia delle risorse idriche** - Si fa specifico riferimento agli Artt. 5 e 6 del D.P.R. 236/88, in attuazione della direttiva Cee n. 80/778, concernente la *Tutela delle acque destinate al consumo umano* ai sensi dell' art. n. 15 della L. 16/04/1987, n. 183.

Tali articoli impongono aree di salvaguardia distinte in "Zona di Tutela Assoluta" e "Zona di Rispetto".

Zona di Tutela Assoluta, di raggio non inferiore ai 10 m (non riportato sulla carta per motivi grafici) adibita esclusivamente alle opere di presa e a costruzioni di servizio; deve essere recintata e provvista di canalizzazione per l'allontanamento delle acque meteoriche.;

Zona di Rispetto" di raggio non inferiore ai 200 m. Essa è stata definita sulla base del criterio geometrico ai sensi del D.G.R n. 6/15137 del 27 giugno 1996. In essa risultano vietate le seguenti attività e destinazioni:

- a) dispersione o immissione nel sottosuolo di reflui, fanghi e liquami, anche se depurati;
- b) accumulo di concimi organici;
- c) dispersione nel sottosuolo di acque bianche provenienti da piazzali o strade;
- d) aree cimiteriali;
- e) spandimenti di pesticidi e fertilizzanti;
- f) apertura di cave o pozzi;
- g) discariche di qualsiasi tipo anche se controllate;
- h) stoccaggio di rifiuti, reflui, prodotti o sostanze chimiche pericolose, sostanze radioattive;
- i) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- l) impianto di trattamento di reflui;
- m) pascolo e stazzo di bestiame.

Nelle "Zone di Rispetto" è, inoltre, vietato l'insediamento di fognature e pozzi perdenti; per quelli esistenti è necessario adottare le misure per il loro allontanamento.

E' opportuno sottolineare la difficile applicazione di questo criterio ad un pozzo inserito in un contesto urbano, con servizi ed infrastrutture preesistenti.

E' comunque evidente che qualsiasi nuova attività che si collochi all'interno di questa fascia dovrà essere opportunamente limitata.

Nel delimitare l'area è stato applicato il criterio geometrico, così come richiesto dalla normativa vigente. Una direttiva regionale (D.P.R. n. 6/15137 27/06/96) prevede la possibilità di modificare nella forma e/o ridurre tale zona di protezione, previa realizzazione di un idoneo studio

idrogeologico approfondito che ne dimostri la fattibilità. Tale studio non è oggetto del presente lavoro e rimane a cura dell'ente gestore dell'acquedotto che, eventualmente, su richiesta dell'Amministrazione Comunale, potrà procedere in tale senso.

**Fascia di rispetto cimiteriale.** Nel territorio comunale sono individuabili 3 cimiteri, ubicati rispettivamente in: frazione Piccolini, frazione Sforzesca e Vigevano città. Tutte e tre sono sottoposti al vincolo cimiteriale ai sensi dell'art. 338 del testo unico delle leggi sanitarie, approvato con R.D. 27/7/1934 n.1265 e successive modificazioni ed integrazioni. Nell'ambito della fascia di rispetto, la cui ampiezza non può essere inferiore ai 50 metri, è interdetta l'edificabilità o l'ampliamento delle strutture già esistenti. Nel caso specifico, la fascia di rispetto dei tre cimiteri risulta pari a 50 metri.

**Aree sottoposte a vincolo paesaggistico ai sensi della Legge 431/1985** secondo tale norma sono sottoposti a vincolo paesaggistico ai sensi della Legge 1497/1939 *„i fiumi, i torrenti ed i corsi d'acqua iscritti negli elenchi di cui al testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con R.D. 1775/1933 e relative sponde o piedi degli alvei per una fascia di 150 metri ciascuna*. Oltre alla fascia suddetta, esiste una fascia di rispetto assoluta di 10 m ("dal piede degli argini e loro accessori") interdetta all'edificazione, ai sensi dell'art. 96 del R.D. 25/07/1904, n. 523. La scelta di non cartografare la suddetta fascia è derivata dall'impossibilità di riprodurre i limiti con adeguata chiarezza grafica.

Degli elenchi aggiornati a livello regionale con D.G.R. n. 12028 del 25/07/86 fanno parte il F. Ticino e il T. Terdoppio.

Le autorizzazioni relative ai vincoli in oggetto risultano attualmente sub-delegate ai comuni, ai sensi e con la modalità previste dalla L.R. 9/06/1997 n. 18.

Nella tavola di sintesi non viene indicata graficamente la fascia di rispetto di 150metri per il F. Ticino, in quanto essa ricade all'interno delle fasce esondabili individuate dal PAI e con restrizioni normative maggiori.

### **Fasce fluviali**

L'Autorità di Bacino del Fiume Po ha definito in base ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter della Legge n. 183 del 18 maggio 1989 e successive modifiche e integrazioni un *Piano Stralcio per la Difesa idrogeologica della Rete Idrografica del Bacino del Po* ; in quest'ultimo sono, tra l'altro, identificate le fasce di esondazione, in base a vari eventi verificatisi in passato, degli altri fiumi e torrenti ricadenti nel bacino del F. Po.

Nell'ambito del territorio comunale vengono riconosciute tre fasce fluviali che delimitano il F. Ticino, definite come: Fascia A, Fascia B e fascia C.

**Fascia A; fascia di deflusso delle piene** - Individua porzioni di alveo sede prevalente del deflusso delle piene, ed è costituita anche dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena. Nei territori ricadenti in questa fascia sono esclusivamente consentite le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione

ordinaria e straordinaria, restauro conservativo, come meglio definiti dalla Legge n. 457/78.

**Fascia B; fascia di esondazione -** Nella fascia B il piano persegue l'obiettivo di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica ai fini della laminazione delle piene. In tale fascia sono vietati gli interventi che comportino una riduzione della capacità dell'invaso, l'apertura di scariche, di depositi di materiale a cielo aperto, stoccaggi provvisori esclusi quelli temporanei conseguenti ad attività estrattive autorizzate.

**Fascia C; fascia di inondazione per piene catastrofiche -** In questa fascia il Piano mira ad integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione da parte di Enti competenti di programmi di previsione e prevenzione, tenuto conto delle ipotesi di rischio derivanti dalle indicazioni del Piano. In tali aree non vi sono limitazione di edificabilità o di intervento sul territorio.

E' sottinteso che tutte le tre fasce sono governate dalle indicazioni riportate dalle Norme di Attuazione del *Piano Stralcio delle Fasce Fluviali* con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 del 11/05/99.

## **5 - CARTA DI IDONEITA' GEOMORFOLOGICA ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA**

### **5.1 - CRITERI DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO AMBIENTALE**

L'analisi sin qui condotta, esplicitata mediante la redazione di una cartografia tematica di base, consente di illustrare in maniera organica le caratteristiche del territorio in esame.

Il confronto e la sovrapposizione delle carte di base sino ad ora descritte porta all'elaborazione di uno strumento cartografico sintetico (Carta di Idoneita' Geomorfologica all'Utilizzazione Urbanistica , Tav 7), nel quale il territorio viene distinto in settori omogenei in funzione del tipo e del grado di rischio ambientale cui esso è soggetto.

Il concetto di grado di rischio ambientale è inteso come *“probabilità che un certo fenomeno (naturale o indotto più o meno direttamente dall'antropizzazione) si verifichi sul territorio, in un determinato intervallo di tempo”* (Panizza 1988).

La **pericolosità** diventa **rischio** quando i fenomeni naturali interagiscono con le attività umane, determinando un **costo** sia dal punto di vista umano-sociale che dal punto di vista economico.

E' in base alla valutazione di questo costo che si definiscono i diversi gradi di rischio ambientale.

La direttiva regionale, D.G.R. n. 5/36147 del 18 maggio 1993 *criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale* propone quattro classi base (I, II, III, IV) atte a definire l'idoneità all'utilizzazione urbanistica del territorio. Le classi di idoneità all'utilizzo urbanistico del territorio che saranno di seguito definite non consentono in ogni caso di prescindere dalla attuale normativa nazionale e regionale.

## **5.2 - CLASSI DI IDONEITA'**

### **Classe I - Fattibilità senza particolari limitazioni**

In questa classe ricadono le aree per le quali lo studio geologico non ha individuato specifiche controindicazioni all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso del territorio.

Si sottolinea, tuttavia, che nelle suddette aree devono essere rispettate le normative previste in materia di edificabilità e di cambio d'uso del territorio imposte dal D.M. 11/03/88 e quelle stabilite dal Piano Territoriale del Parco Lombardo della Valle del Ticino.

### **Classe II Fattibilità con modeste limitazioni**

In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate condizioni limitative alla modifica di destinazione d'uso dei terreni, quali la modesta soggiacenza della falda e la locale presenza di materiali con scadenti caratteristiche geotecniche.



Per superare tali problematiche si rende indispensabile realizzare ulteriori interventi geologico-tecnici ed indagini idrogeologiche integrative.

Tale classificazione non risulta particolarmente penalizzante riguardo la possibilità di espansione edilizia; non sussistono, infatti, in linea generale limitazioni all'edificabilità o alla modifica dell'uso del territorio.

Si tratta piuttosto di una proposta cautelativa in considerazione della limitata soggiacenza della falda e delle sue notevoli fluttuazioni, nonché delle caratteristiche geomeccaniche legate alla presenza di materiali argillosi.

Si ritiene, pertanto, necessario per le aree di nuova edificazione, attenersi in ogni caso a quanto previsto dal D. M. 11/03/88 e prevedere, di volta in volta, la realizzazione di idonei approfondimenti di carattere idrogeologico e geologico-tecnico, finalizzati a:

- fornire una valutazione delle caratteristiche litostratigrafiche dei terreni di fondazione, con particolare riferimento alle possibili interferenze della falda superficiale con le porzioni inferiori dei fabbricati e con i terreni stessi di fondazione, soprattutto in considerazione del fatto che la falda nel periodo aprile-settembre manifesta accentuati innalzamenti.
- effettuare una accurata verifica delle scelte progettuali in merito alla capacità portante dei terreni di fondazione nonché alla valutazione dei cedimenti.

Rientra in questa classe anche la fascia di rispetto del Terdoppio, all'interno della quale è possibile l'edificazione, previa richiesta di svincolo

idrogeologico conseguente ad una indagine che escluda eventuali interferenze sull'idrografia .

In ogni caso i nuovi interventi dovranno rispettare le norme previste dal D.M. 11/03/88 e quelle imposte dalla vigente vincolistica giuridico-ambientale a salvaguardia del territorio.

### **Classe III - Fattibilità con consistenti limitazioni**

In questa classe ricadono le aree nella quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso del territorio, conseguenti a possibilità di esondazioni in concomitanza di piene straordinarie. Nell'ambito delle suddette aree l'utilizzo è, pertanto, subordinato alla realizzazione di supplementi di indagine, finalizzati ad acquisire una maggiore conoscenza sotto il profilo geologico-tecnico ed a consentire più approfondite precisazioni circa:

- idoneità di destinazione d'uso;
- ammissibilità delle volumetrie;
- opportunità delle tipologie costruttive;
- efficacia delle opere di sistemazione e di bonifica.

Appartiene alla classe in oggetto la porzione di territorio ubicato in sponda destra Ticino, a monte ed a valle del ponte della ferrovia, potenzialmente esposto al rischio di esondazione in concomitanza di piene straordinarie.

Peraltro, questo settore non è direttamente interessato dal deflusso della corrente e, quindi, dall'azione delle forze vive di trascinamento della piena; esso potrebbe venire gradualmente sommerso per innalzamento del livello del fiume, senza subire le conseguenze devastanti della forza impetuosa dell'acqua ma solo una riduzione dei colmi (laminazione della portata).

La limitazione sui nuovi interventi costruttivi è dovuta al fatto che, considerata la particolare dinamica fluviale (durante eventi straordinari) gli interventi di bonifica non potranno fornire sufficienti garanzie in futuro circa la totale eliminazione del rischio; pertanto, nonostante l'esecuzione dei piani di bonifica, non è in ogni caso consentita la declassazione delle aree stesse.

Resta, comunque, inteso che qualsiasi modifica di destinazione del territorio dovrà rispettare le norme previste dal D.M. 11/03/88 e dai vigenti vincoli giuridico-ambientali.

#### **Classe IV Fattibilità con gravi limitazioni**

In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate condizioni di alto rischio che comportano gravi limitazioni delle destinazioni d'uso del territorio. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, eccezion fatta per le opere tese al consolidamento e alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentiti

esclusivamente interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, senza aumenti di volumetria.

La classe include tutte le aree a ridosso del F. Ticino che risultano soggette a esondazioni durante le piene ordinarie e straordinarie, ove la forza dell'acqua, oltre ad esercitare un'azione di riduzione dei colmi (laminazione della portata), può ancora dar luogo ad effetti devastanti.

Qualsiasi intervento atto a ridurre il rischio idraulico dovrà essere effettuato nel rispetto delle normative vigenti : D.M. 11/03/88, L.R. 33/80 e quanto previsto dal Progetto per l'Assetto Idrogeologico (PAI), adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 in data 11/05/99.

**Aree di salvaguardia delle opere di captazione dell'acquedotto comunale e aree di rispetto cimiteriale**

Come previsto dalla D.G.R. n. 5/36147 del 18 maggio 1993 nella Carta di Fattibilità vengono anche segnalate le aree di salvaguardia delle opere di captazione di acque destinate al consumo umano, definite dal D.P.R. 236 del 24/05/88 e dal D.G.R. n° 6/15137 del 27/06/96.

Come già indicato precedentemente, in assenza di indagini specifiche vengono adottati i parametri definiti dalle succitate leggi ed, in particolare,

vengono definite una Zona di Tutela Assoluta ed una Zona di Rispetto entro le quali gli interventi urbanistici risultano oggetto di precise limitazioni.

Per quanto riguarda la Zona di Rispetto valgono le prescrizioni indicate per la *Classe di fattibilità II*.

All'interno delle "aree di rispetto cimiteriale", come definite dal D.P.R. 258/1990, valgono le stesse prescrizioni e limitazioni previste per la *Classe di fattibilità IV*.

Milano, 26 Gennaio 2000

Dr. Geol. U. RAGNI

Dr. Geol. G. BONSIGNORE

Dr. Geol. M. FASANI