
Comune di CODOGNO

Provincia di LODI



**STUDIO GEOLOGICO DEL
TERRITORIO COMUNALE**

**Legge Regionale 24 novembre 1997, n. 41
“Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico
mediante strumenti urbanistici generale e loro varianti”**

RELAZIONE GEOLOGICA GENERALE

Settembre 2004

dott. Marco Daguati
GEOLOGO

*via A. Diaz, 22 – 26845 Codogno (Lo)
tel e fax 0377.433021 – portatile 335.6785021
e-mail: marco.daguati@libero.it*

SOMMARIO

1.0 - PREMESSA

2.0 - METODO DI STUDIO

3.0 - CENNI CLIMATICI

3.0 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE e STRATIGRAFICO

4.0 - CARATTERI GEOMORFOLOGICI DEL TERRITORIO COMUNALE

5.0 – INDAGINE DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA E PEDOLOGICA DEI TERRENI SUPERFICIALI

5.1 – Caratterizzazione litologica

5.2 – Caratterizzazione Pedologica

6.0 – IL RETICOLATO IDROGRAFICO

7.0 - IDROGEOLOGIA

7.1 - Caratteristiche idrogeologiche generali

7.2 - Caratteristiche idrogeologiche del territorio comunale

7.3 - Censimento e catalogazione dei pozzi

7.4 - Indagine Piezometrica

7.5 - Vulnerabilità degli acquiferi

8.0 - FASE DI SINTESI

1.0 - PREMESSA

Con la D.G.R. n. 5/36147 del 18.05.1993 e, successivamente, con la L.R. 41/97, la Regione Lombardia ha posto l'obbligo per i Comuni di verificare la congruità fra piano urbanistico e componente geologica del territorio allo scopo di contribuire in modo energico alla prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico.

Successivamente, con specifici provvedimenti (tra cui la recente D.G.R. n. 7/6645 del 29.10.2001), la Regione ha voluto fornire agli operatori del settore un riferimento fondamentale di metodi e contenuti.

La geologia, infatti, è in grado di offrire, durante la fase progettuale, un contributo essenziale, individuando e valutando la potenzialità e la vulnerabilità del territorio.

Il presente studio è finalizzato all'individuazione e definizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, idrografiche e geotecniche del Comune di Codogno, al fine di rendere "compatibili" le scelte urbanistiche con l'assetto e la vocazione naturale del territorio.

2.0 - METODO DI STUDIO

L'indagine proposta, sviluppata in sintonia con quanto disposto dalla vigente disciplina regionale, risulta "adattata" alle esigenze e peculiarità del territorio comunale di Codogno.

Per tale ragione, sin dall'inizio è apparso inutile approfondire tematiche connesse con rischi inesistenti, quale quello sismico, mentre si è ritenuto opportuno concentrare sforzi ed attenzioni verso altre problematiche, quali l'aspetto idrogeologico, la vulnerabilità degli acquiferi, la caratterizzazione litotecnica dei depositi naturali, nonché la tutela e la salvaguardia di emergenze naturali tipiche di questo lembo di pianura.

Lo studio proposto risulta articolato in tre fasi:

- La prima fase (o fase di analisi) si è concretizzata con la raccolta dei dati bibliografici e delle informazioni territoriali necessarie alla definizione delle principali caratteristiche geologiche, litologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrografiche.

Durante la fase di analisi è stata prodotta la cartografia di base e di inquadramento (scala 1:10.000) costituita dalla Carta geomorfologica, pedologica e di prima caratterizzazione litotecnica (Tavola 1) e dalla Carta idrogeologica e del reticolo idrico (Tavola 2).

Nonostante il Comune di Codogno disponesse di una carta derivata da rilievo aerofotogrammetrico alla scala 1:5.000, per la redazione della cartografia geologica di analisi è stata adottata la Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000, allo scopo di inserire il territorio in un contesto più ampio della semplice estensione comunale.

L'intero territorio comunale è definito dalla seguente copertura della Carta Tecnica Regionale:

C.T.R. alla scala 1:10.000

- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| 1. C7b4 "Codogno" | 3. C7b5 "Somaglia" |
| 2. C7c4 "Pizzighettone" | 4. C7c5 "S. Stefano L.no" |

Nella fase di analisi, è stata sviluppata anche una ricerca di dati litostratigrafici, indispensabili per descrivere le geometrie dei corpi idrici sotterranei. I risultati dell'operazione di correlazione ed interpretazione sono rappresentati nelle sezioni litostratigrafiche della Tavola 3.

- Durante la seconda fase sono stati interpretati e correlati i dati raccolti in precedenza con l'obiettivo di formulare proposte attraverso una lettura del territorio in chiave sia geologico-ambientale, sia delle vocazioni d'uso. A tale scopo è stata prodotta una Carta dei Vincoli Geologici ed una Carta di Sintesi, entrambe alla scala 1:10.000 sulla base aerofotogrammetrica comunale, nelle quali vengono evidenziati gli elementi normativi vincolanti sotto il profilo geologico e gli aspetti più significativi emersi dalla fase di analisi.

- Quale strumento finale viene proposta la Carta di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano, alla quale viene allegata una tabella riassuntiva degli elementi limitanti per ciascuna classe di fattibilità. L'elaborato, prodotto alla scala 1:5.000, è stato redatto su base aerofotogrammetrica per meglio coordinare i risultati dello studio geologico con gli strumenti urbanistici locali.

Il lavoro, infine, viene illustrato dal presente rapporto nel quale, oltre a descrivere il metodo seguito per la realizzazione dello studio, verrà dato spazio al commento dei diversi elaborati prodotti, motivando la classificazione proposta.

3.0 - CENNI CLIMATICI

(Estratto da Ersal, I suoli del Codognese, 2002)

L'individuazione dei caratteri climatici è basata sulle elaborazioni condotte dall'ERSAL sui dati mensili ed annui della piovosità e delle temperature registrati a Codogno nel periodo 1958-1982.

	P	T	ETp	P-Etp	ST	Def.	R.O
Gen	54,3	1,7	2,8	51	150	0	51
Feb	58,9	4,7	9,3	50	150	0	50
Mar	70,1	8,9	28,8	41	150	0	41
Apr	69,1	13,1	55,5	14	150	0	14
Mag	68,4	17,9	98,9	-30	120	0	0
Giu	67,1	22,0	133,3	-66	53	0	0
Lug	52,0	24,2	155,8	-104	0	50	0
Ago	69,4	23,1	134,6	-65	0	65	0
Set	64,9	19,5	90,8	-26	0	26	0
Ott	105,1	13,6	48,6	56	56	0	0
Nov	105,2	7,8	18,3	87	143	0	0
Dic	69,4	2,7	3,9	66	150	0	59
Anno	853,9	13,3	780,7	73,2			

Fig. 3.1 - Valori climatici medi mensili e bilancio idrico nel periodo 1958-1982 (da Ersal, I suoli del Codognese, 1992)

La temperatura media annua è di 13,3°C, mentre l'escursione termica media annua, cioè la differenza tra la temperatura media del mese più freddo (gennaio 1,7°C) e quella del mese più caldo (luglio 24,2°C) è significativamente elevata (22,5°C) ed è elemento di continentalità del clima della pianura padana. La piovosità totale si attesta, come media nel periodo considerato, sugli 854 mm/anno, essendo i valori compresi tra estremi positivi di oltre i 1.100 ed estremi negativi poco superiori ai 600 mm/anno (minimo eccezionale 436 mm nel 1967).

Nel corso dell'anno si registrano i massimi valori di piovosità in ottobre e novembre (105 mm), mentre nei restanti mesi i valori rimangono compresi tra i 54 mm di gennaio ed i 70 mm di marzo.

Le precipitazioni sono di entità relativamente modesta, soprattutto se confrontate con i valori dell'evapotraspirazione potenziale (Etp). Questa grandezza rappresenta le perdite di umidità dal suolo sotto forma sia di acqua evaporata dal terreno, sia di acqua traspirata dalla vegetazione o dalle colture agrarie. I valori rappresentati in tabella sono stati calcolati

dall'ERSAL mediante la formula di Thornthwaite, basata esclusivamente sulla temperatura media mensile e sulla latitudine.

Si vede immediatamente che la piovosità annua (854 mm) è in media solo di poco superiore all'evapotraspirazione totale stimata (781 mm), cosicché negli anni di minore piovosità si verifica un deficit di umidità nel suolo, a volte estremamente pronunciato (colonna P-ET).

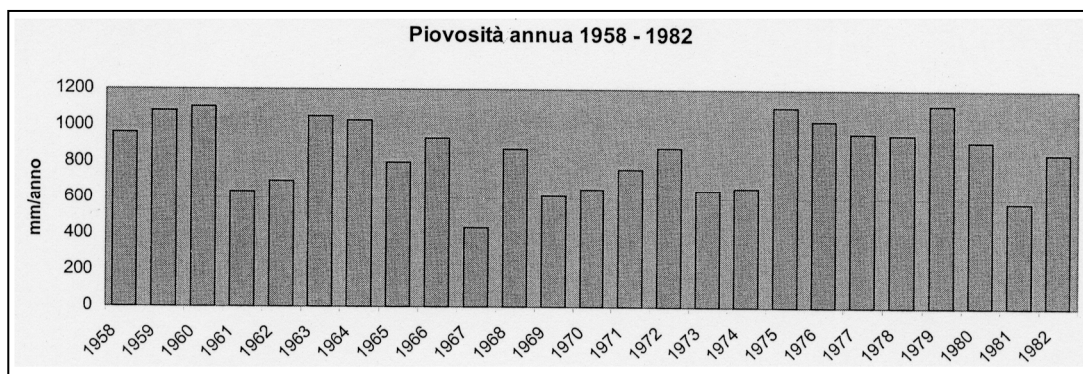


Fig. 3.2 – Andamento della piovosità annua nel periodo 1958-1982(da Ersal, I suoli del Codognese, 1992)

	T med	P tot	ET tot	P-ET	DC.	Def.
1958	13,4	961,0	785,6	175	590	-415
1959	14,0	1081,0	809,5	271	471	-200
1960	13,2	1107,0	776,7	330	566	-236
1961	14,4	639,0	828,1	-189	332	-521
1962	13,3	699,0	790,3	-91	407	-498
1963	13,2	1055,0	794,1	261	524	-263
1964	13,8	1030,0	820,3	210	620	-411
1965	12,7	797,0	747,8	49	269	-220
1966	13,8	932,0	811,2	121	476	-355
1967	13,7	436,0	802,6	-367	123	-489
1968	13,3	877,0	774,5	103	421	-319
1969	13,0	615,0	784,2	-169	249	-418
1970	13,2	651,0	781,5	-131	321	-451
1971	13,4	765,0	795,1	-30	331	-361
1972	12,9	881,0	753,2	128	424	-296
1973	13,0	641,0	771,8	-131	173	-304
1974	12,4	658,0	734,7	-77	268	-345
1975	13,5	1103,0	781,9	321	536	-215
1976	13,1	1030,0	764,8	265	492	-227
1977	13,3	964,0	762,2	202	453	-251
1978	12,4	955,0	738,3	217	541	-324
1979	13,1	1121,0	775,5	345	650	-305
1980	12,6	919,0	749,8	169	502	-333
1981	13,1	579,0	778,0	-199	160	-359
1982	13,6	852,0	805,1	47	469	-422
	13,3	853,9	780,7			

Fig. 3.3-Valori climatici medi mensili e bilancio idrico nel periodo 1958-1982(Ersal, I suoli del Codognese, 1992)

Il confronto tra gli apporti e le perdite di umidità diventa particolarmente significativo se esaminato nel corso dell'anno medio. In figura 3.4 si vede, infatti, che le perdite per evapotraspirazione, che seguono sostanzialmente l'andamento delle temperature, raggiungono nella stagione estiva valori molto elevati proprio quando le piogge sono invece di minore entità.

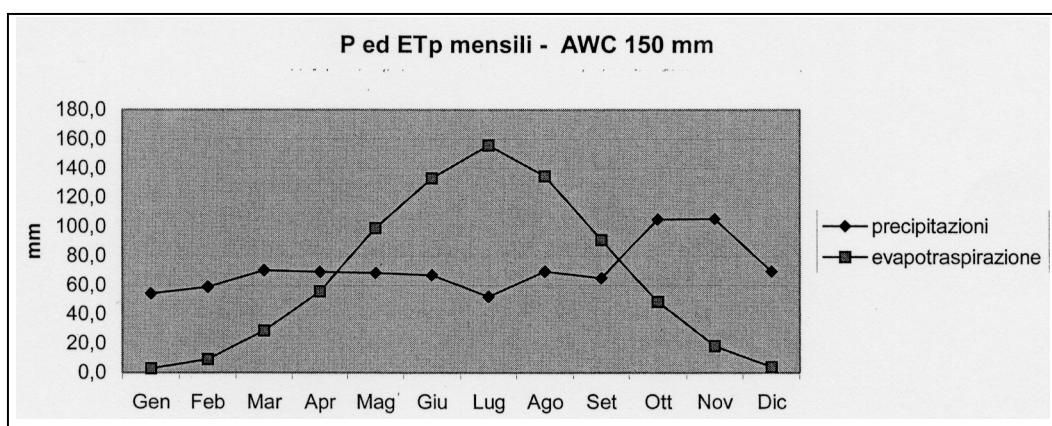


Fig. 3.4 - Precipitazione ed evapotraspirazione potenziale: medie mensili per suoli con AWC 150 mm (da Ersal, I suoli del Codognese, 1992)

Il suolo, che può trattenere una certa quantità di acqua (AWC o capacità idrica utile), può a questo punto renderla disponibile alla vegetazione ma, ipotizzando tale riserva nel valore più plausibile per i terreni dell'area (pari a 150 mm), essa non può comunque sopperire alle perdite di umidità che si verificano nei mesi di luglio, agosto e settembre.

3.0 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE e STRATIGRAFICO

Il territorio in questione si inserisce nelle ampie strutture regionali della pianura: nel raggio di alcuni chilometri affiorano solo depositi continentali di origine fluviale e fluvio-glaciale che, in questa zona, sono caratterizzati da condizioni di giacitura decisamente uniformi.

Tuttavia, al di sotto dei depositi continentali affioranti nell'ambito di indagine (che raggiungono lo spessore di diverse centinaia di metri), è presente un basamento di origine marina, di cui le prospezioni geofisiche, eseguite nei decenni scorsi a scopo di ricerca petrolifera, hanno permesso di rilevare una situazione strutturale complessa e non priva di significato neotettonico.

Lo sviluppo geologico di questo lembo di Pianura Padana è strettamente legato all'evoluzione della catena appenninica in una fase tardiva della sua storia tettonogenetica: la pianura rappresenta il risultato del riempimento cominciato nel Pliocene, dapprima marino e poi continentale, dei bacini ampiamente subsidenti delle avanfosse padane.

A partire dal piede della catena appenninica, infatti, la coltre alluvionale immerge verso NNE e si ispessisce rapidamente sino all'altezza del Po mentre, a nord del Fiume, le immersioni assumono direzione opposta: queste geometrie sottolineano il coinvolgimento del materasso alluvionale nella fase di riempimento dei bacini di piggy-back, ospitati sui thrust embriciati a vergenza settentrionale.

A grandi linee le strutture sepolte sono costituite da sistemi di thrust e pieghe ad orientamento ONO-ESE, caratterizzati da ripetuti fenomeni di ondulazione assiale. La comparsa di tali strutture è generalmente riferibile ad una fase tettonica di età pliocenica media, come databile dalla discordanza esistente tra i sedimenti plio-pleistocenici marini ed il substrato sottostante. Tuttavia, la tettonica responsabile della strutturazione del substrato si è protratta anche in periodi più recenti (Braga et al., 1976; Pieri e Groppi, 1981), con un chiaro coinvolgimento quaternario della copertura sovrastante. A sostegno di questo fatto, molti Autori indicano gli affioramenti di sedimenti pre-würmiani che emergono sul "Livello fondamentale della pianura", in prossimità degli assi di alcune strutture positive del substrato (zone di Zorlesco e di Coste Fornaci, rispettivamente a N ed a S di Casalpusterlengo).

In accordo con le geometrie delle strutture tettoniche sopra menzionate, localmente si determina un brusco assottigliamento del materasso alluvionale a causa della culminazione di un sistema di piegamenti antiformali (struttura di Pizzighettone-Secugnago, struttura di Casalpusterlegno-San Colombano) del substrato sepolto che, nel margine S-occidentale del territorio lodigiano, vengono addirittura a giorno (Colle di S. Colombano).

La stessa copertura quaternaria a NNE del Comune di Codogno appare coinvolta nella tetto-genesi quaternaria: la lettura della Carta Geologica d'Italia "Foglio 60" evidenzia l'asse di un sistema compressivo costituito da due strutture plicative (anticlinale e sinclinale sepolte) separate da una faglia inversa con chiara vergenza settentrionale (ovvero secondo la classica geometria dei thrust appenninici), giudicabile attivo ancora nel Pleistocene medio-superiore.

A tale struttura si associa la riduzione dei depositi quaternari nel settore N-orientale di Codogno, caratterizzati da una lacuna cronostratigrafica datata al Pleistocene medio-inferiore ("Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia", 2002).

Tuttavia, non si rilevano concrete situazioni di rischio derivanti da sismi o da fagliazione di superficie; l'ambito di indagine viene classificato, secondo la recente normativa, come zona 4 (Ordinanza del Pres. Cons. Ministri n. 3274 del 20.03.2003).

Come evidenziato dalla cartografia geologica ufficiale (Carta Geologica della Lombardia scala 1:250.000 e Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 - Foglio n. 60 "Piacenza"), le unità affioranti in un intorno significativo dell'area di analisi sono tutte di origine continentale.

Tali unità, caratteristiche di ambienti deposizionali fluviali e di età compresa tra il Pleistocene medio-superiore e l'Olocene, sono:

- **Alluvioni attuali** - sono depositi sabbiosi o limosi, con lenti ghiaiose a ciottoli minuti, del greto dei corsi d'acqua. Occupano le aree maggiormente depresse all'interno degli alvei ordinari del Po, dell'Adda e del Lambro, sono separate altimetricamente dalle alluvioni medio-recenti lungo le sponde fluviali e vengono sommerse durante le piene ordinarie.

- **Alluvioni recenti (Olocene)** - si tratta delle alluvioni affioranti con continuità lungo fasce più o meno ampie sulle sponde dei fiumi e sono costituite da depositi di granulometria variabile tra la ghiaia e l'argilla. Sono depositi talora terrazzati, fissati e coltivati, di poco sospesi sugli alvei attuali del Po, dell'Adda e del Lambro o affioranti in corrispondenza delle

incisioni fluviali del reticolo idrico secondario (Colatore Brembiolo, Colatore Muzza, ecc.), anche inondabili in occasione di piene straordinarie se non adeguatamente protette da rilevati arginali.

- **Alluvioni antiche (Olocene inferiore)** - sono depositi ghiaiosi, sabbiosi, limosi ed argillosi presenti in modo discontinuo nelle valli oloceniche del reticolato idrografico. Le alluvioni antiche sono poste in posizione intermedia tra il Livello Fondamentale della Pianura e la piana alluvionale dei corsi d'acqua e, unitamente alle alluvioni recenti ed attuali, costituiscono l'intervallo cronostratigrafico olocenico affiorante nella Provincia di Lodi.

- **Fluvioglaciale Wurm (Pleistocene superiore)** - è costituito da depositi sabbiosi, limosi ed argillosi con lenti ghiaiose a ciottoli minuti; i depositi presentano un suolo bruno o brunastro, talora rossastro per dilavamento di paleosuoli preesistenti a monte e costituiscono il Livello Fondamentale della Pianura (o Piano Generale Terrazzato) sviluppato a valle della linea delle risorgive.

4.0 - CARATTERI GEOMORFOLOGICI DEL TERRITORIO COMUNALE

La carta geomorfologica di Tavola 1 costituisce il primo elaborato della fase di analisi ed è stata redatta adottando come base di lavoro i criteri geomorfologici ad indirizzo applicativo proposti dal Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia. Con la simbologia sono stati rappresentati sia le forme e i depositi più significativi, distinti in base all'agente morfogenetico che li ha generati, sia il loro stato di attività.

L'analisi territoriale ha grande rilevanza per la valutazione dei fenomeni caratterizzanti un'area di pianura, in quanto gli elementi geomorfologici costituiscono la testimonianza diretta dell'evoluzione che ha interessato la zona nell'ultimo periodo geologico.

In questo contesto e date le finalità applicative della cartografia da produrre, invece, gli elementi geologico-strutturali vengono considerati unicamente come base su cui si modellano le forme superficiali.

Il territorio di Codogno si sviluppa nella pianura centro-meridionale della Provincia di Lodi, è interamente compreso fra le quote di 64 e 52 m s.l.m. e si presenta come una superficie sub-pianeggiante datata al Pleistocene superiore, caratterizzata da una significativa omogeneità morfologica.

I depositi terrazzati tardo pleistocenici costituiscono un piano debolmente immergente verso S, caratterizzato da una marcata omogeneità planoaltimetrica, noto in letteratura con il nome di "Livello fondamentale della pianura (LFdP)" o "Piano Generale Terrazzato (PGT)". Esso rappresenta l'unità morfologica a maggior diffusione nella pianura lodigiana ed assume anche il significato di unità stratigrafica (Alluvioni fluvioglaciali e fluviali wurmiane della pianura) in quanto costituita da sedimenti appartenenti ad un preciso intervallo geocronologico (Pleistocene sup.). Nel contesto della pianura, la granulometria dei sedimenti diminuisce da nord verso sud, in perfetto accordo con quanto osservabile in sito ove prevalgono litotipi sabbiosi e limosi con rari affioramenti ghiaiosi costituiti da ciottoli minuti.

I lineamenti morfologici più significativi si sviluppano lungo il settore occidentale e presso l'estremità meridionale del territorio comunale: si tratta di una serie di scarpate morfologiche di origine fluviale, ascrivibili alla dinamica erosiva dei corsi d'acqua principali, in particolare

del Po (verso S) e del Colatore Brembiolo (verso W): in epoca olocenica, infatti, il percorso del Po, nel tratto che lambisce il margine N piacentino, ha subito l'influenza dei torrenti appenninici affluenti di destra (principalmente Trebbia e Nure) che, trasportando grandi quantità di sedimenti, ne hanno sovente spinto l'alveo verso N giungendo ad erodere l'attuale bordo del terrazzo pleistocenico (Livello fondamentale della Pianura). Fino ad epoche relativamente recenti (XVI sec.), le divagazioni del Po arrivavano ad interessare quasi la scarpata principale; soltanto il progressivo consolidamento di un efficiente sistema di arginature artificiali ne ha stabilizzato definitivamente il percorso, con la messa a coltura di vaste superfici precedentemente inondabili. La scarpata che terrazza verso S il Comune di Codogno, lungo il confine con il territorio di S. Fiorano, rappresenta quindi il limite di erosione più settentrionale del Po durante l'Olocene.

Lungo il settore occidentale del territorio comunale, invece, è stata cartograficamente descritta la depressione entro la quale scorre il Colatore Brembiolo, delimitata sia verso W che verso E da scarpate morfologiche di altezza e sviluppo significativo. Il Brembiolo, infatti, prende origine nel Comune di Ossago L.no e sfocia nel "Canale Tosi" (o "Collettore principale di bonifica") a valle del terrazzo wurmiano. In funzione della propria portata e di una discreta capacità erosiva (controllata da pendenza e velocità significative in prossimità della scarpata morfologica principale), il Brembiolo è riuscito a regolarizzare ("rasare") la rottura di pendenza che separava il terrazzo pleistocenico dalla valle del Po, delineando una propria "incisione valliva" lunga alcuni chilometri.

Nel linee più generali, pertanto, il risultato è quello di un territorio caratterizzato dall'esistenza di terrazzi morfologici a forma di ripiani sovrapposti, di altezza variabile, dovuti ad una successione spazio-temporale di episodi di alterna erosione e sedimentazione, particolarmente evidenti verso S (avvicinandosi al fiume Po) o verso W (Roggia Brembiolo).

5.0 – INDAGINE DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA E PEDOLOGICA DEI TERRENI SUPERFICIALI

5.1 – Caratterizzazione litologica

La natura litologica dei terreni affioranti è stata definita con l'esecuzione di numerose trincee esplorative che hanno consentito osservazioni dirette nei primi 3-4 metri di suolo e sottosuolo. La finalità dell'indagine è stata anche quella di classificare i depositi più superficiali secondo intervalli di permeabilità, necessari per valutare la vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale.

Per quanto riguarda l'ubicazione delle trincee esplorative si rimanda alla Tavola 1; allo scopo di fornire un migliore dettaglio circa l'aspetto litotecnico dei depositi, i terreni sono stati descritti anche secondo la classificazione U.S.C.S. (Unified Soil Classification System).

T1:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.20		Terreno vegetale
Da	0.20	a	1.20	CL	Argilla grigia limosa con livelli di ossidazione rossastri
Da	1.20	a	1.80	ML	Limo grigio molto consistente con sabbia molto fine
Da	1.80	a	3.50	SW	Sabbia ben assortita grigia
falda: assente					

T2:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.20		Terreno vegetale
Da	0.20	a	1.10	ML	Limo molto consistente con sabbia molto fine
Da	1.10	a	3.30	SW	Sabbia grossolana ben assortita color nocciola
falda: assente					

T3:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Terreno vegetale
Da	0.30	a	0.80	CL	Argilla limosa a bassa plasticità
Da	0.80	a	2.20	ML	Limo consistente color nocciola
Da	2.20	a	3.30	SW	Sabbia da fine a media di colore grigio

falda: assente

T4:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.40		Terreno vegetale
Da	0.40	a	0.90	CL	Argilla a bassa plasticità con limo
Da	1.00	a	2.40	ML	Limo molto consistente di colore bruno con livelli di ossidazione rossastri e sabbia molto fine
Da	2.40	a	2.80	SM	Sabbia molto fine con limo
Da	2.80	a	3.00	SM	Sabbia ben assortita media di color nocciola

falda: assente

T5:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Terreno vegetale
Da	0.30	a	1.10	CL	Argilla di media plasticità con limo
Da	0.80	a	2.20	ML	Limo molto consistente di colore nocciola e sabbia molto fine
Da	2.20	a	3.30	SW	Sabbia ben assortita media di colore grigio

falda: assente

T6:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Terreno vegetale
Da	0.30	a	1.10	CL	Argilla a bassa plasticità di colore bruno con limo
Da	1.10	a	2.40	ML	Limo molto consistente di colore nocciola e sabbia molto fine
Da	2.40	a	3.50	SW	Sabbia ben assortita media

falda: assente

T7:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.20		Terreno vegetale
Da	0.20	a	0.60	CL	Argilla consistente poco plastica
Da	0.60	a	1.20	ML	Limo consistente
Da	1.20	a	2.30	ML	Limo sabbioso molto consistente
Da	2.30	a	3.30	SW	Sabbia ben assortita
falda: assente					

T8:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.20		Terreno vegetale
Da	0.20	a	0.80	CL	Argilla poco plastica di colore marrone
Da	0.80	a	1.90	ML	Limo consistente di color grigio con livelli di ossidazione rossastri
Da	1.90	a	2.30	SW	Sabbia fine e limo
Da	2.30	a	3.20	SW	Sabbia ben assortita media
falda: assente					

T9:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Terreno vegetale
Da	0.30	a	0.70	OL	Argilla limosa di colore bruno a bassa plasticità
Da	0.70	a	1.70	CL	Argilla limosa grigia
Da	1.70	a	2.70	ML	Limo poco consistente di colore nocciola con sabbia molto fine
Da	2.70	a	3.40	ML	Limo poco consistente grigio con sabbia molto fine
falda: assente					

T10:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Terreno vegetale
Da	0.30	a	0.90	CL	Argilla limosa plastica di colore bruno
Da	0.90	a	1.50	ML	Limo con argilla di color nocciola
Da	1.50	a	2.80	ML	Limo molto consistente poco plastico
Da	2.80	a	3.60	SW	Sabbia molto fine grigia
falda: assente					

T11:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Terreno vegetale
Da	0.30	a	2.30	ML	Limo consistente poco plastico di color nocciola
Da	2.30	a	3.20	SM	Sabbia fine limosa
Da	3.20	A	3.60	SW	Sabbia grossolana ben assortita
falda: assente					

T12:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Terreno vegetale
Da	0.30	a	0.80	CL	Argilla marrone a bassa plasticità
Da	0.80	a	2.20	ML	Limo consistente poco plastico color nocciola
Da	2.20	A	3.20	SW	Sabbia ben assortita media
falda: assente					

T13:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Terreno vegetale
Da	0.30	a	1.00	CL	Argilla inorganica con plasticità da media a bassa di color nocciola
Da	1.00	a	3.40	ML	Limo consistente di colore marrone con livelli di ossidazione rossastri
Da	3.40	a	3.80	SM	Sabbia fine limosa
falda: assente					

T14:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Terreno vegetale
Da	0.30	a	0.70	CL	Argilla limosa di colore nocciola
Da	0.70	a	1.40	ML	Limo molto consistente di colore nocciola e sabbia molto fine
Da	1.40	a	2.80	SW	Sabbia ben assortita media di colore nocciola
Da	2.80	a	3.30	SW	Sabbia ben assortita media grigia
falda: assente					

T15:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.40		Terreno vegetale
Da	0.40	a	1.20	CL	Argilla limosa poco plastica di colore bruno
Da	1.20	a	2.30	SW	Sabbia ben assortita media color nocciola
Da	2.40	a	3.50	SW	Sabbia ben assortita media di colore grigio
falda: assente					

T16:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Terreno vegetale
Da	0.30	a	1.10	CL	Argilla poco plastica di color marrone con limo
Da	1.10	a	1.50	SW	Sabbia ben assortita di color rossastro
Da	1.50	a	2.90	ML	Limo molto consistente di colore grigio-biancastro
Da	2.90	a	3.40	SW	Sabbia ben assortita media color nocciola
falda: assente					

T17:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Terreno vegetale
Da	0.30	a	1.20	CL	Argilla limosa plastica di colore bruno
Da	1.20	a	2.30	ML	Limo molto consistente poco plastico color nocciola
Da	2.30	A	3.30	SW	Sabbia ben assortita media color nocciola
falda: assente					

T18:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Terreno vegetale
Da	0.30	a	1.20	CL	Argilla limosa molto consistente poco plastica color nocciola
Da	1.20	a	2.50	ML	Limo consistente poco plastico di colore marrone con sabbia molto fine
Da	2.50	a	3.30	SW	Sabbia ben assortita media grigia
falda: assente					

T19:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.20		Terreno vegetale
Da	0.20	a	1.30	CL	Argilla limosa consistente poco plastica di colore marrone
Da	1.30	a	2.00	ML	Limo consistente poco plastico color nocciola con sabbia molto fine
Da	2.00	a	2.60	SM	Sabbia fine di colore grigio con limo
Da	2.60	a	3.30	SW	Sabbia da fine a media ben assortita grigia
falda: assente					

T20:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Terreno vegetale
Da	0.30	a	1.30	ML	Limo argilloso consistente poco plastico color nocciola
Da	1.30	a	3.20	SW	Sabbia media ben assortita color nocciola
falda: assente					

T21:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Terreno vegetale
Da	0.30	a	0.50	SM	Sabbia da fine a media color nocciola con limo
Da	0.50	a	3.30	SW	Sabbia media ben assortita color nocciola
falda: assente					

T22:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Terreno vegetale
Da	0.30	a	1.30	ML	Limo argilloso poco consistente poco plastico
Da	1.30	a	1.80	SW	Sabbia media ben assortita grigia
Da	1.80	a	2.30	MH	Limo argilloso di color grigio-azzurro poco consistente plastico
Da	2.30	a	3.30	SM	Sabbia da fine a media limosa color nocciola
falda: assente					

T23:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Ghiaia di riporto
Da	0.30	a	1.10		Materiale di demolizione eterogeneo (ciottoli, frantumi di laterizi, conglomerato cementizio, ecc) in matrice limo-sabbiosa
Da	1.10	a	2.40	ML	Limo argilloso consistente con frustoli e concrezioni ocracee e sabbia da fine a molto fine
Da	2.40	a	4.20	SW	Sabbia da media a grossolana
falda: assente					

T24:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.40		Terreno vegetale
Da	0.40	a	1.80	ML	Limo consistente con sabbia fine e molto fine; presenza di patine di ossidazione e noduli carbonatici
Da	1.80	a	2.00	SM	Sabbia da fine a media limosa di colore bruno
Da	2.00	a	2.50	SW	Sabbia media e grossa grigia
falda: assente					

T25:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Terreno vegetale
Da	0.30	a	1.20	CH	Argilla limosa con sabbia molto fine
Da	1.20	a	1.80	ML	Limo consistente con argilla e sabbia molto fine; presenza di frustoli vegetali e piccoli noduli
Da	1.80	a	3.00	SW	Sabbia media e grossa
falda: assente					

T26:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.40		Terreno vegetale
Da	0.40	a	1.80	ML	Limo molto consistente con sabbia fine e molto fine; frustoli vegetali e noduletti carbonatici
Da	1.80	a	2.00	SM	Sabbia da fine a media limosa di colore bruno
Da	2.00	a	2.50	SW	Sabbia media e grossa grigia
falda: assente					

T27:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.40		Terreno vegetale
Da	0.40	a	1.10	CH	Argilla con materiale da demolizione
Da	1.10	a	2.20	SM	Sabbia fine limosa bruna
Da	2.20	a	2.80	ML	Limo argilloso consistente grigio e sabbia finissima con piccoli noduli giallo-bruni, ricco di frustoli vegetali
Da	2.80	a	3.50	SM	Sabbia fine limosa
falda: assente					

T28:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.20		Terreno vegetale
Da	0.20	a	0.70	CH	Argilla bruna
Da	0.70	a	2.20	ML	Limo argilloso consistente con sabbia finissima
Da	2.20	a	3.50	SW	Sabbia media grossa
falda: assente					

T29:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.40		Terreno vegetale
Da	0.40	a	1.10	CH	Argilla bruna con resti vegetali
Da	1.10	a	2.10	SM	Sabbia media e fine limosa di colore rosso-bruno
Da	2.10	a	2.50	ML	Limo argilloso consistente grigio con piccoli noduli
Da	2.50	a	3.00	SW	Sabbia media e grossa grigia
falda: assente					

T30:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.35		Terreno vegetale
Da	0.35	a	1.90	ML	Limo sabbioso di colore bruno con orizzonti limo-argillosi
Da	1.90	a	2.50	SM	Argilla limosa con sabbia da fine a molto fine e noduletti grigi
Da	2.50	a	3.00	SW	Sabbia da media a fine bruna
falda: assente					

T31:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.20		Riporto (laterizi, resti di demolizione, ecc.)
Da	0.20	a	1.00	ML	Limo consistente poco plastico di color nocciola
Da	1.00	a	1.50	SW	Sabbia molto fine con laterizi
Da	1.50	a	2.30	CL	Argilla limosa consistente poco plastica di colore nocciola
Da	2.30	a	2.90	SW	Sabbia da molto fine a fine ben assortita di colore grigio
falda: assente					

Per quanto attiene alla modesta profondità raggiunta si precisa che, sulla base delle nostre esigenze, l'indagine si può ragionevolmente ritenere completata entro i primi 3-4 m.

Tutti i dati litostratigrafici, che ricordiamo costituire informazioni puntiformi, sono poi stati oggetto di una attenta revisione critica durante il processo di interpretazione, correlando fra

loro anche le informazioni provenienti da indagini di tipo geotecnico (archivio dello scrivente) e quelle pedologiche disponibili in letteratura.

A scala comunale, quindi, la rielaborazione delle informazioni ha consentito l'individuazione di tre classi (facies) litotecniche:

FACIES 1 – Depositi sabbiosi di granulometria mediamente selezionata o selezionata e frazione fine da scarsa ad assente (classificazione U.S.C.S. tipo SW e SM); sono frequenti coperture di natura limosa o, più raramente argillosa (tipo ML, CL), di spessore generalmente limitato entro 2 m – Area di affioramento: Livello Fondamentale della Pianura, settore settentrionale e centro-occidentale del territorio comunale.

FACIES 2 – Molto simile alla facies 1, differisce per il maggior spessore dei depositi di copertura; si tratta di terreni fini a comportamento coesivo di natura argillosa, limo-argillosa e limosa (classificazione U.S.C.S. prevalente del tipo ML e CL), generalmente consistenti e poco plastici e spessore medio di 2-3 m, seguiti a profondità superiore da un substrato incoerente (sabbia o sabbia limosa) – Area di affioramento: Livello Fondamentale della Pianura, settore meridionale ed orientale del territorio comunale.

FACIES 3 – Si tratta di depositi sabbiosi (generalmente poco addensati), limosi ed argillosi (da poco a mediamente consistenti) con una frequente componente organica – Area di affioramento: incisione fluviale del Colatore Brembiolo, di cui ne costituiscono il classico deposito.

L'indagine di prima caratterizzazione litologica e geotecnica, pertanto, ha evidenziato la presenza di depositi granulari con locali coperture fini a comportamento coesivo di spessore massimo pari a 2-3 m. Tuttavia, anche in presenza di coperture fini, si ritiene che non sussistano condizioni limitanti di natura geotecnica: si tratta, infatti, di depositi limo-argillosi di discrete proprietà geotecniche (i terreni si presentano generalmente consistenti e poco plastici) e di modesto spessore, seguiti da depositi granulari progressivamente meglio addensati con la profondità.

L'unica eccezione è costituita dai depositi che occupano l'incisione della Roggia Brembiolo, caratterizzati da proprietà geotecniche generalmente scadenti, in presenza di acqua sotterranea (falda) sin dai primi metri di profondità.

In ogni caso, si rammenta che quello eseguito costituisce solo uno studio di prima caratterizzazione e non è da intendersi per alcuna ragione come sostitutivo delle indagini puntuali richieste dal D.M. 11.3.1988.

5.2 – Caratterizzazione Pedologica

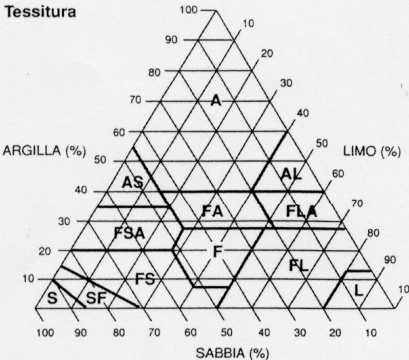
Nella cartografia di Tavola 1 è stata rappresentata anche la distribuzione areale delle classi pedologiche tratte dal "Progetto Carta Pedologica – I suoli del Codognese" (ERSAL 2002): in questo modo è stato possibile associare, ad aspetti puramente litologici, anche indicazioni relative allo sviluppo e alle caratteristiche dei suoli presenti nel territorio comunale.

Una prima classificazione è stata compiuta alla scala delle unità di paesaggio (o morfologiche), operando una distinzione tra il Livello Fondamentale della Pianura (con suoli generalmente più antichi) e la piana alluvionale del Brembiolo, costituita da sedimenti recenti ed attuali (con suoli relativamente più recenti).

In corrispondenza del Livello Fondamentale della Pianura si sviluppano suoli da moderatamente profondi a molto profondi (da 50 ad oltre 150 cm), caratterizzati da una tessitura da media a grossolana e drenaggio da mediocre (substrato limoso o limo-argilloso) a buono (substrato sabbioso).

Per quanto riguarda i depositi olocenici del Colatore Brembiolo, viene descritto un suolo sottile, limitato da orizzonti a tessitura fortemente contrastante e drenaggio moderatamente rapido.

Nella tabella che segue sono riportati i criteri di classificazione utilizzati per la descrizione dei suoli nella legenda della Tavola 1, tratta dalla sopracitata pubblicazione dell'ERSAL (2002).

Profondità (cm) 0 - 25 molto sottili 25 - 50 sottili 50 - 75 poco profondi 75 - 100 moderatamente profondi 100 - 150 profondi > 150 molto profondi	Scheletro (%) < 1 assente 1 - 5 scarso 5 - 15 comune 15 - 35 frequente 35 - 70 abbondante > 70 molto abbondante	Carbonati totali (%) < 0.5 non calcareo 0.5 - 5 scarsamente calcareo 5 - 10 moderatamente calcareo 10 - 20 calcareo > 20 molto calcareo
Tasso di saturazione basica (TSB) (%) < 35 molto bassa 35 - 49 bassa 50 - 75 media > 75 alta	Reazione < 4.5 molto acida 4.5 - 5.5 acida 5.6 - 6.5 subacida 6.6 - 7.3 neutra 7.4 - 7.8 subalcalina 7.9 - 8.4 alcalina 8.5 - 9.0 molto alcalina	Pendenza (%) < 2 nulla o debole 2 - 5 bassa 5 - 15 moderata 15 - 25 moderatamente elevata 25 - 45 elevata 45 - 70 molto elevata > 75 estremamente elevata
Tessitura  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div> S e SF FS grossolana e fine FS m. fine, F, FL, L FSA, FA, FLA A, AS, AL </div> <div> grossolana moderatamente grossolana media moderatamente fine fine </div> </div>		Profondità della falda (cm) < 25 superficiale 25 - 50 poco profonda 50 - 100 mod. profonda 100 - 150 profonda > 150 molto profonda Capacità di scambio cationico (CSC) (meq/100g) < 5 molto bassa 5 - 10 bassa 10 - 20 media > 20 alta
Drenaggio <p>Rapido: l'acqua è rimossa dal suolo molto rapidamente; presenza di falda o falda sospesa rara o molto profonda, tessitura comunemente grossolana e permeabilità elevata; suoli in pendenza molto sottili.</p> <p>Moderatamente rapido: l'acqua è rimossa dal suolo rapidamente; presenza di falda o falda sospesa rara o molto profonda, tessitura comunemente grossolana e permeabilità moderatamente elevata; suoli in pendenza e sottili.</p> <p>Buono: l'acqua è rimossa prontamente dal suolo, ma non rapidamente; falda o falda sospesa profonda se transitoria o molto profonda se da transitoria a permanente; permeabilità moderata. Durante la stagione di crescita l'acqua facilmente disponibile non è mai in difetto ed eventuali brevi periodi di surplus di bilancio idrico non inibiscono in modo significativo la crescita delle radici. I suoli sono generalmente privi di caratteri redossimorfici che possono eventualmente manifestarsi oltre il metro di profondità.</p> <p>Mediocre: in alcuni periodi dell'anno l'acqua è rimossa dal suolo piuttosto lentamente; falda o falda sospesa moderatamente profonda se transitoria, o profonda se da transitoria a permanente; permeabilità moderatamente bassa o più bassa in uno strato entro il metro di profondità; clima umido caratterizzato da periodiche forti precipitazioni.</p> <p>Lento: l'acqua è rimossa lentamente dal suolo il quale è periodicamente bagnato per periodi significativi durante la stagione di crescita; falda o falda sospesa poco profonda se transitoria, o moderatamente profonda se da transitoria a permanente; permeabilità bassa o molto bassa; apporti idrici quasi continui.</p> <p>Molto lento: l'acqua è rimossa così lentamente che i suoli sono periodicamente bagnati a poca profondità per lunghi periodi durante la stagione di crescita; falda o falda sospesa persistente poco profonda o superficiale, eventualmente transitoria; permeabilità bassa o molto bassa; apporti idrici quasi continui.</p> <p>Impedito: l'acqua è rimossa così lentamente che i suoli sono periodicamente bagnati in superficie o in prossimità di questa per lunghi periodi durante la stagione di crescita; falda o falda sospesa superficiale persistente o permanente; giacitura depressa concava e priva di drenaggio esterno; elevati apporti idrici praticamente continui, associati anche a suoli in pendenza.</p>		

6.0 – IL RETICOLATO IDROGRAFICO

Per effetto dell'art. 1 della L. 36/94 e del successivo regolamento di applicazione (D.P.R. 238/99), il concetto di acqua pubblica è stato innovato rispetto al vecchio T.U. n. 1775/1933, introducendo nell'ordinamento il principio di pubblicità di tutte le acque superficiali e sotterranee. La L.R. 1/2000, in attuazione del D.Lgs. n. 112/98, ha previsto l'obbligo per la Regione di individuare il reticolo principale sul quale la Regione stessa continuerà a svolgere le funzioni di polizia idraulica (ex R.D. n. 523/1904), trasferendo ai comuni o ai consorzi le competenze sul reticolo idrico minore.

Nella Tavola 2 è stato cartografato l'intero reticolato definito sulla base delle disposizioni della D.G.R. n. 7/7868 del 25.01.2002 e s.m.i., ovvero tenuto conto dei seguenti criteri:

- i corsi d'acqua appartenenti al reticolo di competenza principale e quelli di competenza del Consorzio di Bonifica Muzza Bassa Lodigiana;
- i corsi d'acqua individuati come demaniali nella cartografia catastale;
- i corsi d'acqua oggetto di interventi di sistemazione idraulica mediante finanziamenti pubblici;
- i corsi d'acqua rappresentati nella cartografia ufficiale (C.T.R. e I.G.M.).

Cartografando la rete idrografica, è stata operata una logica semplificazione: nella Tavola 2 non è stato indicato il reticolato irriguo costituito da canali in terra o in cemento (alimentati da derivazioni dal reticolo principale o minore), all'interno del quale la presenza d'acqua è solo saltuaria (stagione irrigua) o occasionale (eventi meteorici), estendendo ad essi l'esclusione prevista dall'art. 1 comma 2 del regolamento di attuazione della L. 36/94.

Nella cartografia di Tavola 2, inoltre, per il reticolo idrico principale di competenza regionale e quello minore di competenza del Consorzio di Bonifica Muzza-Bassa Lodigiana è stata utilizzata come nomenclatura di riferimento quella degli elenchi di cui alla D.G.R. n. 7/7868 del 25.01.2002 e s.m.i., mentre per i restanti corpi idrici è stata utilizzata la denominazione dedotta dalle carte catastali o dalla toponomastica locale.

Viste le dirette conseguenze urbanistiche derivanti dall'applicazione della norma di pubblicità delle acque superficiali sarà necessario definire con apposito studio il reticolo idrico di competenza comunale ed il relativo regolamento di gestione: in attesa di tale regolamento,

tuttavia, sul reticolo idrico varranno i disposti del T.U. n. 523 /1904 e s.m.i. (reticolo idrico principale e reticolo minore di competenza comunale) e del R.D. 368/1904 s.m.i. (reticolo di competenza dei Consorzi di bonifica).

Nel complesso, si segnala come il reticolo idrico di questa porzione di territorio sia costituito da una fitta rete di corsi d'acqua provenienti da N (utilizzati a scopi irrigui e/o per la raccolta delle acque di colo), i quali presentano una modesta pendenza e valori minimi sia di trasporto solido, sia di erosione e/o deposizione.

Pur rammentando come il reticolo sia costituito da corpi idrici secondari e segnalando l'assenza di gravi rischi di natura idraulica e di limitazioni o vincoli derivanti dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), si rileva come, in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi, la Roggia Triulza e la Roggia Guardalobbia causino modeste problematiche di natura idraulica connesse con l'inadeguatezza delle loro sezioni di deflusso in corrispondenza dell'attraversamento del centro abitato di Codogno. Il fenomeno si manifesta con locali fenomeni di rigurgito dalle tombinature e di esondazione a monte del centro abitato. Quest'ultimo fenomeno assume le dimensioni maggiori tra la frazione di Triulza e l'abitato di Codogno: le aree cartografate in Tavola 2, infatti, già prive di un adeguato sistema di raccolta e smaltimento delle acque di colo, vengono in parte allagate anche dal vicino reticolo minore in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi.

7.0 - IDROGEOLOGIA

7.1 - Caratteristiche idrogeologiche generali

Come accennato in precedenza, la geologia del sottosuolo comprende notevoli variazioni laterali e verticali in funzione degli eventi che hanno interessato la zona nel Quaternario.

Le condizioni idrogeologiche vigenti nel sottosuolo della provincia di Lodi risultano estremamente eterogenee a causa delle notevoli complicazioni strutturali che hanno interessato il basamento marino e delle dirette ripercussioni sullo sviluppo dei sovrastanti sedimenti alluvionali. Il territorio, infatti, è suddivisibile in aree in cui la coltre alluvionale raggiunge potenti spessori (ricche di acquiferi) e da altre relativamente meno potenti (più povere di acquiferi); a grandi linee, le prime coincidono con gli assi delle sinclinali sepolte, mentre le altre coincidono con gli assi delle strutture positive, il cui orientamento generale è ONO-ESE. Situazioni sfavorevoli allo sviluppo di potenti orizzonti acquiferi, pertanto, si verificano lungo gli allineamenti S. Colombano-Somaglia e Pizzighettone-Secugnago, coincidenti con gli assi di strutture anticlinali sepolte. All'interno di tali fasce, le alluvioni permeabili (alternate a setti argillosi) sono numericamente ridotte e male alimentate poiché le dorsali sepolte, modellate per la massima parte in rocce non permeabili (coincidenti con il basamento marino), contrastano e deviano il flusso idrico proveniente dall'alta pianura. Il caso limite di questa situazione si riscontra in corrispondenza del Colle di S. Colombano, in cui la struttura modellata in rocce del Terziario, emergendo oltre la quota del Livello Fondamentale della Pianura, funge da barriera idrogeologica e modifica sostanzialmente la direzione di deflusso delle acque presenti nel sottosuolo.

La successione idrogeologica a scala regionale è tradizionalmente definita da tre unità distinte, dalla più recente (e superficiale) alla più antica, nel seguente modo:

1. Unità ghiaioso-sabbiosa: è costituita nella parte più settentrionale del territorio padano dalle formazioni moreniche, sfumanti verso sud alle coltri fluvio-glaciali e fluviali recenti. Essa rappresenta la litozona più superficiale con ambiente di sedimentazione tipicamente continentale, fluviale e fluvio-glaciale. E' costituita da granulometrie progressivamente più fini da N a S ed il colore dei sedimenti denota condizioni ossidanti tipiche di un ambiente di

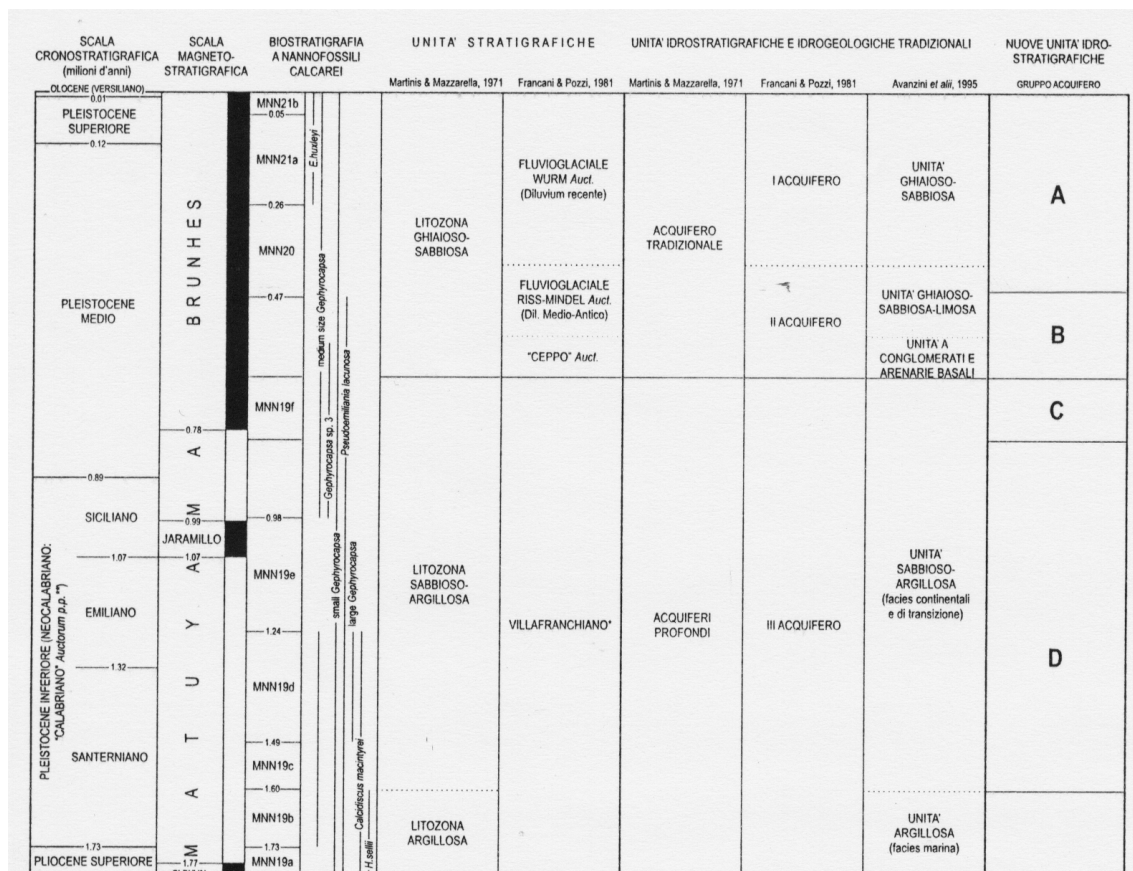
sedimentazione sub-aereo. L'Unità ghiaioso-sabbiosa è la sede della struttura idrica più importante e tradizionalmente utilizzata in quanto caratterizzata da valori di permeabilità molto elevati.

2. Unità sabbioso-argillosa: sottostante alla litozona ghiaioso-sabbiosa, è da questa separata da un contatto graduale e di difficile ubicazione. E' suddivisibile in due sub-unità, la prima costituita da argille, limi e sabbie con frequenti livelli torbosi o lignitosi (caratteristica di ambienti fluvio-palustri), la seconda indica invece condizioni marine costiere ed è costituita da alternanze di ghiaie e sabbie con argille e limi. Ovviamente la permeabilità è molto variabile nelle due sub-unità in funzione della granulometria.
3. Unità argillosa: è l'unità più profonda e più antica nell'ambito dei sedimenti quaternari e corrisponde a condizioni di sedimentazione tipicamente marine. Presenta permeabilità scarsa o nulla con rari livelli acquiferi; viene generalmente considerata il substrato idrogeologico delle unità soggette ad eventuali captazioni.

L'intera successione quaternaria dunque, viene interpretata come fase terminale del progressivo riempimento del bacino padano, con condizioni di sedimentazione da marine a continentali.

Sulla scorta di tale osservazione ed applicando i criteri della Sequence Stratigraphy, la Regione Lombardia, in collaborazione con ENI (Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia, 2002), ha recentemente classificato le unità acquifere del sottosuolo sotto forma di "Sequenze Deposizionali" (sensu Mitchum et Al., 1977).

Il bacino padano viene così ridefinito in nuove Unità Idrostratigrafiche ("Gruppi Acquiferi"), secondo quanto schematizzato nella seguente figura.



Schema dei rapporti stratigrafici
(Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia, 2002)

In prossimità del margine N-orientale del Comune di Codogno, lo studio sopra citato indica, per il "Gruppo Acquifero A" (l'Unità più superficiale), un limite basale alla quota di -50 m. s.l.m. descrivendo una lacuna stratigrafica (hiatus deposizionale o vacuità erosiva?) corrispondente ai gruppi acquiferi più antichi (Pleistocene medio-inferiore). Il fenomeno è associabile alla presenza di una dorsale sepolta (di cui si è fatto cenno nello specifico capitolo sulla geologia del substrato) che, coinvolgendo nella tettonogenesi più recente la sovrastante copertura quaternaria, ne avrebbe condizionato lo sviluppo.

7.2 - Caratteristiche idrogeologiche del territorio comunale

Nell'ambito di tutto il territorio lodigiano si rinviene un complesso idrogeologico sotterraneo la cui porzione più superficiale è in stretta relazione con il sistema idrografico ed è condizionato da complesse strutture stratigrafico-deposizionali che ne governano l'accumulo ed il transito.

Nel tentativo di ricostruire le geometrie del sistema acquifero sono state realizzate e presentate tre sezioni litostratigrafiche orientate rispettivamente NW-SE, NE-SW e N-S (Tavola 3), tutte passanti per il centro abitato di Codogno.

Dall'esame delle stratigrafie disponibili e delle sezioni litostratigrafiche realizzate si evince come l'assetto geometrico-strutturale del sottosuolo sia assimilabile ad un materasso alluvionale nel quale i corpi acquiferi, di natura prevalentemente sabbiosa, si alternano a livelli impermeabili. Tuttavia, la scarsa disponibilità di informazioni profonde (l'unica stratigrafia significativa è limitata ad un pozzo presente nella zona industriale) non consente di definire le geometrie degli acquiferi localmente sviluppati oltre una certa profondità.

Nonostante ciò, si rammenta come a scala sovracomunale si sviluppi un complesso acquifero di tipo "multifalda", all'interno del quale sono riconoscibili due circuiti chiaramente separati:

1. il circuito più superficiale, che nel sottosuolo di Codogno assume caratteristiche da freatiche a confinate (in presenza di depositi fini di copertura) e viene alimentato sia da monte (secondo la direzione di deflusso idrogeologico), sia per infiltrazione diretta (a seguito di precipitazioni meteoriche o durante la pratica irrigua);
2. il circuito profondo (o confinato-artesiano), ospitato in orizzonti permeabili protetti al tetto da depositi impermeabili di significativo spessore ed estensione laterale); contrariamente a quello di superficie, nel circuito profondo viene favorito un flusso in senso laterale con alimentazione da aree poste idrogeologicamente a monte.

Le informazioni stratigrafiche disponibili indicano per il circuito superficiale un limite basale ad quota media di circa 20 m s.l.m., profondità alla quale compaiono potenti depositi impermeabili che limitano lo spessore del primo acquifero a circa 30-40 m.

Sarebbe interessante, invece, disporre di maggior informazioni stratigrafiche profonde, soprattutto in direzione N, per ricostruire le geometrie del sottosuolo in corrispondenza della struttura sepolta responsabile della lacuna stratigrafica pleistocenica medio-inferiore. Analogamente sarebbe interessante ricostruire una zonazione verticale delle facies idrochimiche delle acque di falda in corrispondenza della struttura sepolta, soprattutto in considerazione che a N del centro abitato (ovvero a modesta distanza dagli assi strutturali sepolti), si sviluppa il campo pozzi acquedottistico del Comune di Codogno.

Una precisa caratterizzazione delle falde profonde, quindi, delle loro aree di alimentazione e delle loro interazioni con le falde superficiali rimane un argomento che necessiterebbe di studi di approfondimento e di ulteriori verifiche.

7.3 - Censimento e catalogazione dei pozzi

Considerato che in un'area di pianura la principale fonte di approvvigionamento idrico è costituita da pozzi, l'indagine idrogeologica è stata orientata sin dall'inizio alla ricerca e classificazione delle opere di captazione.

E' stata svolta una ricerca della documentazione esistente presso i principali istituti ed enti, pubblici e privati, che in qualche modo hanno "rapporti" con le acque sotterranee o che si occupano della loro gestione: i pozzi cartografati nella Tavola 2 sono quelli censiti presso il Sistema Informativo Falda delle Province di Milano e Lodi. La ricerca è stata finalizzata anche all'individuazione di tutte quelle informazioni che, con buona approssimazione, consentissero la ricostruzione dell'assetto idrogeologico e piezometrico locale.

I pozzi censiti, con relativa numerazione, ubicazione e profondità, sono riportati nella tabella allegata che ne consente una facile individuazione sulla cartografia di Tavola 2.

TABELLA POZZI

Codice S.I.F.	Indirizzo	Utilizzatore	Uso	Prof (m)
0980190001	Viale Resistenza	A.S.M. Codogno	p	26
0980190002	Viale Resistenza	A.S.M. Codogno	p	35
0980190003	Viale Resistenza	A.S.M. Codogno	p	28
0980190004	Viale Resistenza	A.S.M. Codogno	p	31
0980190005	Viale Resistenza	A.S.M. Codogno	p	
0980190006	Viale Resistenza	A.S.M. Codogno	p	78
0980190007	Viale Resistenza	A.S.M. Codogno	p	
0980190008	Viale Resistenza	A.S.M. Codogno	p	34
0980190009	Viale Resistenza	A.S.M. Codogno	p	31
0980190010	Viale Trieste - Zona ex G.I.L.	A.S.M. Codogno	p	40
0980190011	Viale Trieste - Zona ex G.I.L.	A.S.M. Codogno	p	40
0980190012	Viale Papa Giovanni XXIII, 23	A.S.M. Codogno	pozzo spia	
0980190021	C.na Catanzino	Ferrari F.lli	disuso	15
0980190022	Fraz. Mulino Mulazzana	Goldaniga Anna	d	16
0980190023	Fraz. Mulino Mulazzana	Goldaniga Luigi - Palazzi G.	p	20
0980190025	C.na Cucca II	Stradriro Giuseppe	p	21
0980190026	C.na Caselnuovo	Imm. S. Biagio di Cavalli A.	z	18
0980190030	Via Volta, 7	A.B.F. Brizzolari	d	16
0980190039	Via Adda, 14	Cacciatori Giampiero	disuso	12
0980190040	Via Adda, 28	Lini Renzo	d	20
0980190042	Via Guaitamacchi	Ciocca Mario	d	22
0980190043	Podere Molinetto	Grazioli - Oleotti	disuso	12
0980190044	Podere Foreste Grande	Grazioli F.lli	disuso	13
0980190046	C.na Gazzina di Sopra	Brunelli Pierino	d	18
0980190047	C.na Gazzina di Mezzo	Brizzolari	d	10
0980190053	Via Marconi, 1	Ospedale Civico	cementato	
0980190056	Via Garibaldi, 44	Gandolfi Giovanni	d	17
0980190062	Via Micheli, 12	Vanelli Pietro	d	20
0980190063	Via Trivulzio, 2	BAKELITE Italia	i	59
0980190064	Viale Buonarroti, 9	SALCIM S.p.a.	i	60
0980190065	Viale delle Industrie, 12	Meccanotecnica S.p.a.	i	120
0980190066	Viale delle Industrie - S.P. 126	Cosmocal S.p.a.	i	33
0980190067	Viale delle Industrie - S.P. 127	Belloni Giancarlo - NARBEL	p	18
0980190068	S.P. 126 Loc. Mirandolina - Rist. Baita	Bagna P.	p	28
0980190070	S.S. 9 Loc. Mirandola	Gusmaroli Giuseppe	disuso	13
0980190075	Podere Molinetto - Loc. Triulza	Grazioli - Oleotti	disuso	13
0980190082	Via Mirandolina	Meccanotecnica S.p.a.	cementato	
0980190102	C.na Maiocca Grande	Vezzulli Eredi	p-z	24
0980190110	Via F. Micheli, 7	Asti Angelo - Sali ex STABAC - Polenghi	p	24

0980190111	Via F. Micheli, 5	Bertuglia Bucci Sabatini	disuso	14
0980190137	Via Mazzini, 41	Previ F.lli	disuso	13
0980190144	Viale Marconi, 23 C	Valdonio Federico	d	16
0980190146	Viale Marconi, 23 B	Rossi Gianfranco	d	18
0980190147	Viale Marconi, 58	ITAS Az. Agr. Tosi - Prov. di Milano	p-z	22
0980190166	Via V. Veneto, 15	Folletti Pietro	disuso	13
0980190167	Viale Trivulzio, 1	Cent. Cant. cop. Ente Puglia	i	30
0980190173	C.na Moientina	Casali Luigi	p-z	23
0980190174	C.na Moientina	Curti Paolo	p-z	25
0980190175	C.na Moientina III	Curti Gianluca	p-z	22
0980190176	C.na Ranere	Chiesa Paolo	p-z	22
0980190177	C.na Goldaniga	Riboldi Antonio	p	18
0980190178	C.na Don Marco	Chioda Giovanni	p	20
0980190179	C.na Caselnuovo	Imm. S. Biagio di Cavalli A.	p	20
0980190180	C.na Caselnuovo	Imm. S. Biagio di Cavalli A.	p-z	24
0980190181	C.na Caselnuovo	Imm. S. Biagio di Cavalli A.	p-z	22
0980190182	C.na Montecucco	Gatti - Stechel ex Asti Daniele	p	24
0980190183	C.na Pizzamiglio	Ferrari Fratelli	p-z	21
0980190185	C.na Ca' Tanzino	F.lli Ferrari	p-z	24
0980190187	C.na Ferlora	Marelli Francesco	disuso	13
0980190188	C.na Ferlora - Via Passerini	Gambazza Angelo	d	25
0980190189	C.na Bellona	Bignami - Giupponi F.lli	p-z	18
0980190190	C.na Bellona	Bignami - Giupponi F.lli	p-z	22
0980190191	C.na Bellona	Bignami Carlo - Goldaniga Maria Antonietta	p	18
0980190193	C.na Schiappetta I	Bellotti F.lli	p	20
0980190194	C.na Schiappetta II	Bellotti F.lli Campagnoli	p	21
0980190195	C.na Schiappetta II	Bardella Pietro	p	20
0980190196	C.na Schiappetta II	Longari Agostino	p	25
0980190197	C.na Catanzino	Bonfanti Enrico	p-z	26
0980190198	C.na Ca' Tanzino	Rancati Cesare	p	17
0980190199	C.na Ca' Tanzino	Comaschi Bruno	p	16
0980190200	C.na Catanzino, 30	Bonfanti Giuseppe	p-z	22
0980190201	C.na Ca' Tanzino	Podenzani Antonio	p	18
0980190202	C.na Ca' Vecchia	Cerutti F.lli	p-z	24
0980190203	C.na Ca' Vecchia	Cerutti F.lli	p-z	22
0980190204	C.na Ca' Vecchia Piccola	Massari Giulia Madri - Medri Attilio	p-z	23
0980190205	C.na Cucca I	Opera Pia Pedrazzini - Vailati	p-z	28
0980190206	C.na Cucca III	Cerutti F.lli Cattaneo Vittorio	z	16
0980190209	C.na Quarta	Fondazione Lamberti Bosoni	p	18
0980190210	C.na Quarta I	Fondazione Lamberti Bosoni	p	21
0980190211	C.na Quarta II	Battistotti Giulio	p	24
0980190212	C.na San Paolo	Votta Mario	p	22
0980190213	C.na Molino Sigola	Lucchini Dante	p	21
0980190214	C.na Sigola	Tonoli Giuseppe	disuso	16
0980190215	C.na Sigola	Tonoli Giuseppe	p-z	18
0980190216	C.na S. Iorio	Signorini Visigalli	p-z	24
0980190218	C.na Molino Magnani	Raineri Boisi	p-z	23
0980190219	C.na Molino Magnani	Raineri Giovanni	p-z	26
0980190222	C.na Gazzina di Mezzo II	Tinelli Clementina	d	12

0980190223	C.na Gazza	Baroni Carlo	p	14
0980190224	C.na Mazzone	Ramelli Giacinto	p	21
0980190226	Via Pedrazzi Guattamacchi	Gennari F.lli - Ennetti	p	21
0980190227	Viale dell'Industria - S.P. 126	Cosmocal S.p.a.	disuso	33
0980190230	C.na Gazzina di Sopra	Brunelli Pierino	p	16
0980190232	Viale dell'Industria - S.P. 126	Altrocchi Eredi	d	25
0980190233	Baita loc. Mirandola	Bagna Pietro	disuso	13
0980190234	Viale dell'Industria - S.P. 126	Bassi Antonio	disuso	14
0980190235	Viale dell'Industria - S.P. 126	Bruschi Giuseppe	disuso	15
0980190236	Viale dell'Industria - S.P. 126	Fiorani Mario	d	18
0980190237	Viale dell'Industria - S.P. 126	Schenardi Mauro	disuso	13
0980190238	V.le Trivulzio, 6	Soffientini Silvano	d	18
0980190239	Via Pedrazzini, 49	PLASTI BOAT di Grassi Antonio	p	24
0980190240	Via Pedrazzini, 51	Lazzarini Giovanni	p	20
0980190242	Via Forlanini, 12	Bertoli Vicenza	p	20
0980190243	C.na la Quercia	Immobiliare Padana	p	22
0980190245	Via Gatti, 52	Ghisolfi Pietro	d	18
0980190246	Via Gatti, 50	Condominio Quadrifoglio	d	20
0980190247	Via Bellò, 14	Pollini Pierpaolo	disuso	14
0980190248	V.le Marconi 23/A	Malaguarnera Giuseppina	p	20
0980190251	V.le Leonardo da Vinci, 45	Vidali Paola	p	18
0980190253	V.le Leonardo da Vinci, 35	Lodi Fiorella	d	15
0980190255	V.le Leonardo da Vinci, 31	Tamoil	disuso	12
0980190259	C.na Busnadori	Immob. Busnadori	p	18
0980190260	C.na Busnadori	Immob. Busnadori	p	20
0980190261	Piazzale Cadorna	FF.SS	i	33
0980190262	Cantonnier Km 1+994 Codogno	FF.SS. Ravizza Luigi	p	16
0980190265	Via Palazzina, 7	Pastori Bertoglio Giuseppina	disuso	14
0980190266	Via Palazzina, 3	Bianchi Amilcare	disuso	13
0980190269	Via Adda, 22	Falchetti Antonio	d	22
0980190270	Via Adda, 2	Valarani Gianfranco	d	20
0980190271	Via Vivaldi, 8	Scaravaggi Chiara	d	18
0980190272	Via Po, 2	Polenghi Mario	i	66
0980190276	Viale dell'Industria - S.P. 126	Trezza Umberto	disuso	12
0980190277	Viale dell'Industria - S.P. 126	Curtarelli	disuso	15
0980190278	Viale dell'Industria - S.P. 126	Lazzari S.p.a. FIAT	pz	24
0980190280	Viale dell'Industria - S.P. 126	Casaroli F.lli - PANTAMARKET	disuso	20
0980190289	Via Don Minzoni, 1	Venturelli Gabriele	d	18
0980190296	Via Pozzolo, 8 - Fraz. Maiocca	Zazzi Gabriele	d	20
0980190302	Via Guaitamacchi 21/25	Rossi Gaetano e Silvio	d	16
0980190304	Via Emilia S.S. 9 Km 276 + 370	Bertolotti Pietro	p	20
0980190307	C.na Battaina	Ceruti Silvestro	p-z	22
0980190308	C.na Speranza - Via Pedrazzini, 53	Monfredini Pietro	p	21
0980190309	Loc. Ca dell'Acqua	Baruelli Andrea	p	25
0980190310	C.na Mazzone	Ramelli Giacinto	disuso	12
0980190311	Loc. Ca dell'Acqua	Baruelli Andrea	p	27
0980190312	Loc. Mulini Mulazzana	Longari Giusto	p	25
0980190313	C.na Cascinazza	Spinelli Paolo	p	18
0980190314	Via Davide Palazzina, 1	Tonineli Giuseppina	disuso	14
0980190315	V.le V. Veneto, 24	Medri Piero	disuso	13

0980190316	V.le V. Veneto, 24	Medri Piero	disuso	14
0980190317	C.na Bellingera - Via Cattaneo, 41	Biancardi Giovanna	disuso	14
0980190318	C.na Ranghinerola	Caccialanza Umberto	p-z	20
0980190319	V.le Resistenza, 14	Centro Sportivo Codogno S.r.l.	ir	24
0980190320	Via Manzoni, 5	Paternostro Franco	i	20
0980190321	C.na Sigola	Tonoli Giuseppe	p-z	20
0980190322	C.na Sigola	Tonoli Giuseppe	p-z	30
0980190323	Via Bortolo Gattoni, 11	Rubinetti Donato	d	17
0980190324	V.le Volta, 7	Brizzolari Francesco S.r.l.	d	30
0980190325	C.na Cucca II	Marinoni A. - Rossi. P	p	18
0980190326	C.na Cucca II	Cerruti F.lli Cattaneo	z	18
0980190327	C.na Cucca II	Dives Francois	p	20
0980190328	C.na Cucca I	Opera Pia Pedrazzini Vailati	p-z	30
0980190329	V.le Maccacaro, 2	Coop. La Verde Condominio	d	22
0980190330	Via Puccini, 1	Sali Danilo	d	14
0980190331	V.le Volta, 2/4	Segalini Angela	d	30

LEGENDA

p = potabile
i = industriale

z= zootecnico
ir = irriguo

d = domestico
cem = cementato

7.4 - Indagine Piezometrica

La Carta Idrogeologica (Tav. 2) rappresenta la situazione rilevata nel mese di gennaio 2004 attraverso una campagna di misure piezometriche; nella stessa cartografia, unitamente all'ubicazione di tutti i pozzi presenti sul territorio, sono state evidenziate le misure di soggiacenza, effettuate laddove i pozzi risultavano accessibili alla sonda freaticometrica.

La ricostruzione delle isopiezometriche descrive una generale direzione di flusso sotterraneo orientata NNW-SSE e conferma il marcato effetto drenante esercitato dal Fiume Po (anche se sviluppato a distanza di alcuni chilometri) nei confronti del circuito idrogeologico più superficiale.

L'assetto piezometrico si traduce anche in termini di gradienti e di soggiacenza della superficie piezometrica: i gradienti (prossimi allo 0.4%) e la soggiacenza (sino ad un massimo di circa 12 m) maggiori si rilevano nella porzione meridionale del territorio, in prossimità della scarpata che terrazza il Livello Fondamentale della Pianura; i valori minori (gradienti nell'ordine dello 0.1% e soggiacenza di circa 5 m), invece, si riscontrano nel margine settentrionale del Comune.

Ovviamente, in corrispondenza della incisione fluviale del Brembiolo, trattandosi di terrazzi ribassati rispetto al Livello fondamentale della Pianura, i valori di soggiacenza si riducono in modo consistente, con quote piezometriche talora prossime al piano campagna (falda sub-affiorante).

Sulla base dei risultati e della campagna piezometrica, quindi, sono state delineate tre aree con soggiacenza differente, ovvero:

1. il settore centro-settentrionale del territorio comunale, caratterizzato da soggiacenza compresa fra 5 e 10 m da piano campagna;
2. il settore centro-meridionale caratterizzato da soggiacenza superiore a 10 m;
3. lo stretto settore occidentale, occupato dai terrazzi fluviali del Colatore Brembiolo, con soggiacenza inferiore a 5 m e falda localmente sub-affiorante.

Quanto sopra, pertanto, conferma come il sistema idrografico di superficie, centrato sulla presenza del fiume Po, ed il complesso delle acque sotterranee siano fra loro interconnessi

secondo un delicato equilibrio, nonostante il Fiume si sviluppi a notevole distanza dal territorio comunale.

Tuttavia, in tutto il territorio comunale, così come in un suo intorno significativo, non sono note registrazioni sistematiche delle oscillazioni piezometriche che consentano di effettuare considerazioni idrogeologiche in merito a possibili variazioni delle linee di flusso nel breve periodo (periodi di minima e massima escursione annua) e nel lungo periodo. Nonostante ciò, visto il particolare contesto morfologico (si rammenta lo sviluppo della scarpata principale che terrazza il Livello fondamentale della pianura lungo il margine meridionale del territorio di Codogno) ed idrogeologico, si esclude che la pratica irrigua o le precipitazioni meteoriche, anche se intense o concentrate in taluni periodi dell'anno, siano in grado di modificare in modo sostanziale le linee di flusso sotterraneo.

7.5 - Vulnerabilità degli acquiferi

La vulnerabilità degli acquiferi è definita dalla possibilità di infiltrazione e propagazione degli agenti inquinanti provenienti dalla superficie o da altre falde più superficiali già compromesse.

Questo concetto implica uno stato di potenziale minaccia della qualità originaria delle acque sotterranee, determinato unicamente dalle condizioni ambientali, sia naturali che antropiche, esistenti e indipendenti dalle sorgenti inquinanti.

Considerando la possibilità di accesso verso le falde profonde di potenziali agenti inquinanti, appare evidente come i sedimenti permeabili offrano scarse difese; per gli acquiferi più profondi, invece, si riscontrano buone condizioni di isolamento e protezione. Hanno infatti un peso preponderante i seguenti fattori geologici e idrogeologici:

- la idro-litologia (ovvero il tipo e il grado di permeabilità verticale e orizzontale, che determina la velocità di percolazione dell'inquinante e l'azione di attenuazione insita nei diversi terreni);
- il tipo e lo spessore di un'eventuale copertura fine a bassa permeabilità, quale elemento di protezione per l'acquifero sottostante;
- la soggiacenza della superficie piezometrica media dell'acquifero, la quale definisce lo spessore della zona insatura (direttamente proporzionale all'azione di autodepurazione);
- le condizioni di interscambio da parte di corsi d'acqua naturali e di canali artificiali, veicoli di inquinanti.

Al fine di valutare i parametri innanzi citati, e conseguentemente il grado di vulnerabilità degli acquiferi, sono stati integrati i dati a disposizione.

Una prima valutazione trova riscontro nelle misure della soggiacenza del tetto della falda dal piano campagna, effettuate sia direttamente nei pozzi, sia indirettamente: la soggiacenza dell'acquifero (intesa come la differenza tra la quota del piano campagna e la quota del tetto della falda) è infatti ricostruibile secondo criteri geometrici (utilizzando la carta delle isopieze) o attraverso misure dirette. Al proposito si rammenta come la campagna di misure piezometriche abbia evidenziato tre aree a soggiacenza variabile:

- l'area centro-meridionale con soggiacenza superiore a 10 m;

- l'area centro-settentrionale con soggiacenza compresa fra 5 e 10 m;
- l'area occidentale (incisione del Brembiolo) con soggiacenza inferiore a 5 m.

In relazione alla permeabilità verticale e orizzontale dell'acquifero superficiale e del mezzo insaturo sovrastante, non esistono dati differenti rispetto alle semplici osservazioni granulometriche: ai depositi superficiali sono associabili valori di permeabilità secondo i criteri stabiliti in bibliografia.

Tipo di terreno	K (m/s)
Ghiaia pulita	$10^{-2} \div 1$
Sabbia pulita, sabbia e ghiaia	$10^{-5} \div 10^{-2}$
Sabbia molto fine	$10^{-6} \div 10^{-4}$
Limo	$10^{-8} \div 10^{-6}$
Argilla omogenea al disotto della falda	$< 10^{-9}$
Argilla sovraconsolidata fessurata	$10^{-8} \div 10^{-4}$

Valori orientativi del coefficiente di permeabilità "K" (da "Lancellotta, 1987)

La pratica geotecnica infatti, insegna come nei terreni sciolti la permeabilità sia controllata, oltre che dall'uniformità del terreno e dal suo stato di addensamento (Prugh, 1959), soprattutto dalla granulometria della frazione più fine (Hazen, 1911). Nella Tavola 2 sono state cartografate le aree per classi di permeabilità dei terreni superficiali secondo il criterio di valutazione seguente:

k (cm/s)	10 ²	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
k (m/s)	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona	Discreta	Bassa	BB	Impermeabile					
Tipi di terreno	Ghiaie pulite		Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie		Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi		Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi		Argille omogenee e compatte		

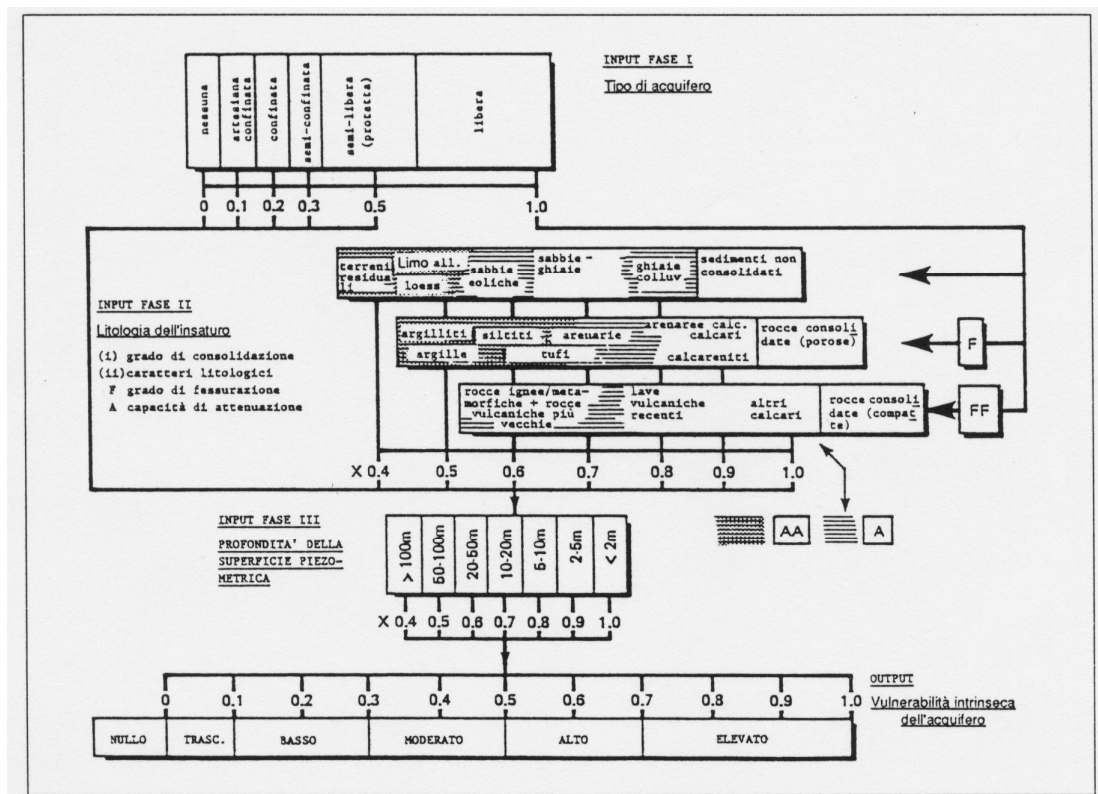
Classi di permeabilità (Casadio & Elmi, 1995)

Si tratta in genere di depositi superficiali con permeabilità da bassa a molto bassa nel settore centro-meridionale ed orientale del territorio comunale (coperture metriche di depositi limo-argillosi) e da discreta a buona nella porzione settentrionale ed occidentale (sabbia con sottili e discontinue coperture fini); in corrispondenza della valle fluviale del Brembiolo, la permeabilità presenta valori da discreti a buoni, localmente ridotti da sottili coperture fini.

Inquadrando i parametri rilevati (idro-litologia, tipo di copertura dell'acquifero e soggiacenza della superficie piezometrica), si è ritenuto opportuno valutare l'acquifero più superficiale anche in termini di vulnerabilità intrinseca.

La vulnerabilità dell'acquifero è stata calcolata con il metodo GOD (messo a punto dal British Geological Survey - Foster, 1987) il quale rappresenta, secondo le indicazioni del C.N.R., uno dei più importanti ed utili nel settore (Civita, 1994).

Il metodo GOD utilizza come dati d'ingresso tre proprietà dell'acquifero (indicizzate), il cui prodotto ne rappresenta la vulnerabilità; ovviamente la valutazione è solamente di tipo puntuale ma, stimando le condizioni medie, restituisce con affidabilità la vulnerabilità idrogeologica del territorio.



Il metodo empirico GOD per la valutazione della vulnerabilità intrinseca
(da "Foster e Hirata, 1988" in "Civita, 1994")

Le tre proprietà indici utilizzate dal metodo GOD sono: il tipo di acquifero, la litologia dell'insaturo e la profondità della superficie piezometrica.

Il metodo è stato applicato integrando le informazioni litostratigrafiche dedotte dalle trincee esplorative realizzate, dalle stratigrafie dei pozzi e dalle informazioni pedologiche disponibili in letteratura.

In questo modo sono state individuate tre classi omogenee:

1. La classe con condizioni di vulnerabilità alta (porzione settentrionale ed occidentale del Livello Fondamentale della Pianura), caratterizzata dalla presenza di un acquifero libero o semilibero (sottili coperture fini). All'interno della stessa classe, gli indici di vulnerabilità diminuiscono in direzione S, mitigati da un progressivo incremento della soggiacenza della falda.

2. La classe con condizioni di vulnerabilità moderata (settore centro-meridionale e orientale del Livello Fondamentale della Pianura), differisce dalla precedente per lo spessore della copertura argillo-limosa (generalmente pari a 2-3 m), la quale costituisce un elemento di protezione per l'acquifero sottostante in condizioni semiconfinato o confinato.
3. La classe di vulnerabilità alta, limitata al ripiano olocenico del Brembiolo in corrispondenza del quale si sviluppa un acquifero da libero a semilibero, solo localmente protetto da coperture fini.

Sulla base di quanto esposto, quindi, la vulnerabilità intrinseca costituisce un fattore caratteristico per il Comune di Codogno e limitante nella pianificazione territoriale, soprattutto in considerazione che il campo pozzi acquedottistico (l'unica fonte di approvvigionamento idrico comunale) emunge acqua dall'acquifero più superficiale: sarà pertanto necessario valutare puntualmente la vulnerabilità intrinseca dell'acquifero ogni volta che ci si appresta alla progettazione di attività potenzialmente impattanti sulle acque sotterranee (stoccaggi di sostanze inquinanti liquide o idroveicolabili, dispersione di fanghi, attività estrattive, stoccaggio e scarico di reflui, impianti di depurazione, ecc.).

Con il termine di "vulnerabilità intrinseca", infatti, viene generalmente indicata la suscettività specifica dell'acquifero nei confronti di agenti inquinanti liquidi o idroveicolabili, i quali possono venire dispersi a campagna o immessi nelle acque superficiali. Associando al grado di vulnerabilità la presenza di potenziali fonti di inquinamento, presenti nonostante la naturale vocazione agricola di buona parte del territorio, sarà possibile determinare il livello di rischio idrogeologico degli acquiferi presenti nell'area comunale.

8.0 - FASE DI SINTESI

(Carta dei vincoli geologici e Carta di sintesi)

Nella Carta dei vincoli geologici (Tavola 4) sono stati cartografati i vincoli normativi di natura fisico-ambientale e geologica mentre la Carta di sintesi (Tavola 5) costituisce il documento nel quale vengono riassunti tutti i fenomeni naturali ed antropici che costituiscono una limitazione geologica alle scelte urbanistiche: realizzati alla scala 1:10.000 utilizzando la base aerofotogrammetrica comunale (per meglio rapportarsi con gli strumenti urbanistici locali), i due elaborati contengono gli elementi più significativi emersi nella fase di analisi.

In particolare, nella Tavola dei Vincoli sono state cartografate le fasce di tutela dei pozzi ad uso potabile-acquedottistico; si rammenta che la normativa vigente (D.Lgs. 152/99 e successive modifiche) fissa, secondo criteri geometrici, una fascia di rispetto estesa 200 metri da ciascuna struttura di captazione e una fascia di tutela assoluta di 10 m.

Rammentando che sul territorio comunale non insistono vincoli derivanti dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), la Tavola 4 ha individuato tutto il reticolato idrografico principale e minore (come definito sulla base della D.G.R. n. 7/7868 del 25.01.2002 e s.m.i.); in attesa che il Comune di Codogno si doti di uno specifico studio per l'individuazione e la gestione del Reticolo Idrico Minore, ciascun corpo idrico superficiale dovrà essere assoggettato ai regolamenti di polizia idraulica previsti dal R.D. 368/1904 e s.m.i. (reticolo di bonifica) e dal T.U. 523/1904 e s.m.i. (reticolo costituito dai corsi d'acqua principali e da quelli minori di competenza comunale).

Nella cartografia di sintesi di Tavola 5, invece, sono stati rappresentati i lineamenti più significativi emersi nella fase di analisi.

Tra i lineamenti morfologici sono state rappresentate le scarpate morfologiche di altezza significativa (superiore a 5 m), associate all'incisione di un ramo secondario della Roggia Guardalobbia e all'orlo del terrazzo pleistocenico nel breve tratto di confine con il Comune di

S. Fiorano. Tra i lineamenti idrogeologici/idrografici, sono stati cartografati tutti **i corpi idrici superficiali** riconosciuti in fase di analisi e le **aree soggette ad inondazione** nel caso di eventi meteorici significativi.

Durante la fase conclusiva del lavoro di sintesi, infine, il territorio comunale è stato suddiviso in aree omogenee, utilizzando i seguenti parametri descrittivi:

1. LITOLOGIA DEI TERRENI SUPERFICIALI - Per quanto riguarda l'aspetto litologico dei terreni (ampiamente trattato in specifico capitolo), si ritiene che esso non costituisca un fattore limitante dal punto di vista urbanistico: la condizione sarà comunque quella di verificare la natura litologica e geotecnica dei terreni di fondazione in caso di nuove strutture, ricorrendo ad adeguate indagini geognostiche in conformità a quanto previsto dal D.M. 11.3.1988.
2. SOGGIACENZA MEDIA DELLA PRIMA FALDA - La soggiacenza della superficie piezometrica costituisce un elemento distintivo a scala comunale; l'effetto drenante esercitato dal Po e la presenza di una serie di scarpate di altezza rilevante in prossimità del confine meridionale del territorio, infatti, producono un progressivo incremento della soggiacenza con valori minimi verso N (prossimi a 5 m) e massimi verso S (anche superiori a 10 m). Ovviamente, costituisce una eccezione l'incisione fluviale del Brembiolo, in corrispondenza della quale la falda presenta quote talora prossime al piano campagna.
3. VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE – Il fattore vulnerabilità intrinseca rappresenta una significativa limitazione emersa dalla fase di analisi, sicuramente vincolante per lo sviluppo urbanistico del territorio. Per questo elemento è stato sviluppato un discorso a parte in quanto, di fatto, la prima falda presenta indici di vulnerabilità intrinseca da moderati ad alti: l'unico fattore di protezione nei confronti di eventuali agenti contaminanti presenti a piano campagna, infatti, è offerto da limitate e discontinue coperture fini (limi ed argilla).

In particolare, si rammenta come la falda superficiale sia sfruttata intensamente dall'unico campo pozzi dell'A.S.M. ed utilizzata per l'approvvigionamento idrico

dell'intero acquedotto comunale. Visti gli indici di vulnerabilità dell'acquifero, si ribadisce come qualsiasi intervento che possa rappresentare un potenziale centro di pericolo per la risorsa idrica sotterranea debba richiedere uno studio puntuale dei terreni in relazione alla locale vulnerabilità dei corpi acquiferi. Considerata l'esistenza di un campo pozzi di non trascurabile rilievo limitato all'acquifero più superficiale, inoltre, si auspica che le zone di rispetto dei pozzi vengano ridefiniti secondo criteri diversi da quello geometrico, allo scopo di tutelare in modo più razionale le strutture di captazione e le acque sotterranee sfruttate a scopi idropotabili.

In relazione al campo pozzi acquedottistico di Codogno, si precisa che, nonostante la posizione di monte rispetto al centro abitato di Codogno, pochi chilometri in direzione N si sviluppano aree industriali di dimensioni rilevanti (Comune di Casalpusterlengo e Comune di Terranova dei Passerini) potenzialmente pericolose per la qualità delle acque sotterranee.

In relazione ai centri di pericolo presenti nell'area comunale, invece, si segnalano numerosi allevamenti zootecnici che, insieme ai nuclei abitati non serviti dalla rete fognaria, costituiscono il principale elemento di pressione sulle acque, sia superficiali che sotterranee. L'inquinamento prodotto dalle attività agricole, in particolare dagli allevamenti, può essere definito diffuso, in quanto non circoscritto alla semplice localizzazione degli allevamenti ma esteso all'area entro la quale vengono sparsi sui terreni i liquami e/o i fanghi depurati. Sebbene i maggiori problemi connessi con gli allevamenti zootecnici e l'utilizzo di reflui risiedano principalmente nella possibilità di apportare nutrienti (in particolare N, P) e sostanze microbiologiche, nel caso si riutilizzino a scopi agronomici fanghi di depurazione potrebbero subentrare problematiche più complesse (ad esempio quella dei metalli pesanti) e ben più impattanti sulla qualità delle acque sotterranee. Il rispetto delle disposizioni tecniche e dei divieti esplicitati dalla L.R. 37/93 e dei relativi regolamenti di attuazione sarà quindi un elemento di garanzia nei confronti della possibilità di propagazione di inquinanti dalla coltre pedologica alle acque sotterranee e/o superficiali. In relazione ai centri di pericolo puntuali presenti sul territorio comunale, invece, nella Carta di Sintesi sono state evidenziate le stazioni di distribuzione carburanti, un centro di produzione e stoccaggio di solventi alogenati (presso la zona industriale), l'impianto di depurazione di acque reflue

urbane, i nuclei abitati non serviti da pubblica fognatura e, soprattutto, le aree contaminate o interessate da verifica qualitativa ai sensi del D.M. 471/99. Si segnala, in ultimo che, nonostante la Carta Idrogeologica (Tavola 2) e la Carta di Sintesi (Tavola 5) descrivano una vulnerabilità moderata per la presenza di una copertura metrica di depositi a ridotta permeabilità nel settore centro-meridionale ed orientale del Comune, durante la stesura della Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano (Tavola 6) non sono state operate diversificazioni areali, vincolando l'intero territorio ad una tutela delle acque sotterranee. La condizione di "vulnerabilità moderata", infatti, deriva dalla presenza di locali confinamenti superficiali da parte di coperture limo-argillose che, difficilmente, superano lo spessore di 3 m e, frequentemente, vengono rimosse o alterate durante la messa in opera di strutture interrato, quali reti fognarie, pozzi perdenti, scavi di fondazione, cisterne interrato, ecc.. Da quanto sopra, pertanto, emerge la necessità di tutelare in modo razionale le acque sotterranee da potenziali sorgenti di contaminazione, anche ridelimitando le fasce di rispetto secondo criteri differenti da quelli geometrici, poco adatti al locale contesto idrogeologico.