

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

REGIONE LOMBARDIA

COMUNE DI PANDINO

Provincia di Cremona



Piano di Governo del Territorio

STUDIO GEOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE

Adeguamento sismico

(L.R. 11.3.05 N.12, art. 57, D.G.R. 22.12.05 N. 8/1566, Criteri attuativi, Componente geologica e D.G.R.L. 28.05.08 n.8/7374)

Zona sismica 4

RELAZIONE GEOLOGICA DI PIANO



IL GEOLOGO
DR GIOVANNI BASSI
Maggio 2009

Collaboratore: dott. Massimiliano Trespidi

INDICE

PREMESSA

CAPITOLO PRIMO: GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA ED ELEMENTI GEOPEDOLOGICI

- 1.1 Metodologia
- 1.2 Caratteristiche geologiche e geomorfologiche
- 1.3 Caratteristiche geopedologiche
 - 1.3.1 Entisuoli
 - 1.3.2 Inceptisuoli
 - 1.3.3 Alfisuoli

CAPITOLO SECONDO: IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA

- 2.1 Idrografia
- 2.2 Idrogeologia
 - 2.2.1 Struttura idrogeologica
 - 2.2.2 L'acquifero freatico
- 2.3 Pozzi pubblici
- 2.4 Pozzi privati
- 2.5 Studi idrogeologici precedenti
- 2.6 Permeabilità dei terreni superficiali
- 2.7 Metodologia di valutazione della vulnerabilità idrogeologica

CAPITOLO TERZO: CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

CAPITOLO QUARTO: CARATTERIZZAZIONE SISMICA

CAPITOLO QUINTO: CARTA DEI VINCOLI

CAPITOLO SESTO: CENNI DI URBANISTICA

- 6.1 Cenni di urbanistica
- 6.2 Piano Regolatore Generale (P.R.G.)
- 6.3 Piano territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.)

CAPITOLO SETTIMO: CARTA DI SINTESI

CAPITOLO OTTAVO: FATTIBILITÀ GEOLOGICA E DELLE AZIONI DI PIANO

- 8.1 Generalità
- 8.2 Carta di fattibilità geologica e delle azioni di piano

BIBLIOGRAFIA

ALLEGATI:

All-7 Rapporto geofisico

CARTOGRAFIA:

- All-1A Carta geologica e geomorfologica, scala 1:10.000
- All-1B Sezioni geologiche e geomorfologiche
- All-2A Carta idrogeologica e dell'idrografia superficiale, scala 1:10.000
- All-2B Sezioni idrogeologiche
- All-3A Carta dei vincoli, scala 1:10000
- All-3B Carta dei vincoli del centro abitato, scala 1:5000
- All-4 Carta geotecnica e di pericolosità sismica locale
- All-5A Carta di sintesi, scala 1:10.000
- All-5B Carta di sintesi del centro abitato, scala 1:5.000
- All-6A Carta di fattibilità geologica e delle azioni di piano, scala 1:10.000
- All-6B Carta di fattibilità geologica e delle azioni di piano del centro abitato, scala 1:5.000

PREMESSA

Il territorio del Comune di Pandino si estende nella porzione nord occidentale della pianura cremonese, per 22,18 Km², dalla quota massima di 92,3 m s.l.m. alla minima di 80,6 m.

Lo studio eseguito assolve a quanto previsto dalla Legge Regionale 11.03.05 n. 12, art.57 ed il suo contenuto è stato definito seguendo i criteri tecnici contenuti nella Deliberazione Giunta della Regione Lombardia 22.12.05 n.8/1566 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio". Lo studio in discussione aggiorna il precedente lavoro, eseguito nel 2003 ai sensi della L.R. 41/97 art.2. E' stato inoltre eseguito l'aggiornamento sismico definito dalla D.G.R.L. 28.05.08 n.8/7374.

La base cartografica adottata è quella della Carta Tecnica della Regione Lombardia, alla scala 1:10.000, edizione 1994, sezioni: B6e3, B6e4, C6a3, C6a4.

Lo Studio Geologico giunge a suddividere il territorio comunale nelle "Classi di fattibilità geologica delle azioni di piano" ed a dettare le "Norme Geologiche di Piano" che costituiscono il collegamento con la pianificazione urbanistica comunale.

Lo studio geologico, oltre alla presente relazione ed agli allegati grafici e non, ad essa annessi, è composta dalle Norme Geologiche di Piano e dal Rapporto geofisico, con cui sono determinate le condizioni del sottosuolo sotto il profilo della sismicità; tale verifica è stata eseguita ai sensi dell'allegato 5 della sopra citata L.R. 12/05 e dell'aggiornamento definito dalla D.G.R.L. 28.05.08 n.8/7374.

Il Comune di Pandino ha approvato la Variante Urbanistica al vigente P.R.G. (D.C.C. 12.11.08 n. 51) recependo il Reticolo Idrico Minore, successivamente all'acquisizione del parere della Regione Lombardia, sede territoriale di Cremona (Prot. 05.02.07 9.19.b8).

Il Comune di Pandino ha chiesto ad ATO il parere per ridurre la zona di rispetto dei pozzi pubblici per uso idropotabile.

Il Comune di Pandino è compreso nell'elenco delle aree vulnerabili da nitrati di origine zootecnica (D.G.R. 11.10.06 n. 8/3297) e pertanto si applicano regole e comportamenti che tutelino la qualità delle acque.

CAPITOLO 1 – GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA ED ELEMENTI GEOPEDOLOGICI

In questo capitolo viene illustrata la condizione geomorfologica del territorio di pianura in discussione e le relative caratteristiche geopedologiche.

I rapporti tra le diverse unità sono evidenziati in Carta geomorfologica.

1.1 METODOLOGIA

Lo Studio Geologico è basato, in via preliminare, sull'esame dei diversi documenti e dati di carattere geologico, geomorfologico, pedologico disponibili in letteratura e prodotti da diversi Enti pubblici (vedi Bibliografia).

Successivamente si è provveduto ad eseguire una indagine geomorfologica di dettaglio così articolata:

- analisi fotointerpretativa su volo Regione Lombardia 1994;
- analisi morfometrica su base cartografica (C.T.R. della Regione Lombardia, alla scala 1:10.000) finalizzata alla individuazione delle variazioni altimetriche e forme difficilmente apprezzabili in fase di fotointerpretazione;
- rilevamento e controlli diretti sul terreno, estesi all'intero territorio comunale.

La Carta geomorfologica prodotta evidenzia innanzi tutto le unità presenti nell'area esaminata nonché le forme ed i processi connessi alla dinamica geomorfologica, attuale e trascorsa, legata all'azione dei corsi d'acqua e all'attività antropica.

Sono state infine rilevate le caratteristiche geopedologiche essenziali per le quali ci si è riferiti alla classificazione ed alla cartografia prodotta dall'Ente Regionale di Sviluppo Agricolo e Forestale (ERSAF).

1.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

Il territorio comunale di Pandino occupa la superficie di 22,18 km² ed è localizzato nella porzione più settentrionale della provincia di Cremona.

L'assetto geomorfologico, in questo settore della pianura, è stato fortemente influenzato dalla successione di fasi erosive e deposizionali conseguenti alle variazioni del livello marino di base; in tali condizioni si è sviluppato, nel corso del Quaternario continentale, il processo di colmamento ed il modellamento dell'area.

L'area studiata è caratterizzata da superfici generalmente pianeggianti o lievemente ondulate e da una serie di forme di origine fluviale.

In senso nord sud il comune di Pandino si sviluppa dalla quota massima di 92,3 m s.l.m. alla quota minima di 80,6 m, con una pendenza media di 0,2%. Questo settore di pianura è caratterizzato da un avvicinamento della falda freatica alla superficie topografica. In questo modo si generano frequenti emergenze della falda, che, quando sono captate artificialmente, prendono il nome di fontanili.

Il territorio in esame è il risultato dell'azione morfogenetica predominante del fiume Adda che, nel corso dell'Olocene, ha inciso i depositi wurmiani del Livello Fondamentale della Pianura (L. F. d .P.) ed i depositi più recenti, legati a corsi secondari in parte estinti. L'alternanza dei processi di erosione e di sedimentazione, dovuti all'attività dei corsi d'acqua, ha portato alla formazione, nell'ambito della piana alluvionale, di una successione di superfici terrazzate, separate da scarpate erosive, via più recenti, procedendo dall'orlo principale del L.F.d.P. ad est, verso l'alveo attivo del fiume Adda ad ovest.

Dal punto di vista geomorfologico, il territorio di Pandino ricade nel Sistema delle Valli di Pianura, corrispondenti ai piani di divagazione dell'antico corso dell'Adda (Olocene) o di linee d'acqua attualmente estinte, di cui rimane traccia relitta soprattutto nella fascia occupata dal reticolo idrico del fiume Tormo e dei suoi affluenti.

Il Sistema delle Valli di Pianura è costituito da superfici alluvionali terrazzate e testimoniano, in questa porzione di pianura, le diverse fasi del processo di approfondimento del corso dell'Adda, manifestatosi attraverso alterni episodi erosivi e deposizionali, con il progressivo allargamento della valle fluviale dovuto alla migrazione del corpo idrico principale verso ovest. Le superfici alluvionali terrazzate sono delimitate da scarpate erosive o da raccordi, in debole pendenza, posti in posizione intermedia fra il L.F.d.P. e la piana alluvionale attuale dell'Adda (Olocene recente ed attuale).

Il limite morfologico tra il Sistema delle Valli di Pianura e il L.F.d.P. è netto e segue un andamento nord sud. E' rappresentato da una scarpata d'erosione di origine fluviale che, talvolta, si raccorda più dolcemente con le zone ribassate della valle del Tormo. Essa rappresenta, per brevi tratti, anche il confine tra i comuni di Pandino e Palazzo Pignano.

In termini temporali, l'orlo di terrazzo morfologico principale rappresenta il limite tra i depositi olocenici e quelli fluvioglaciali wurmiani.

La scarpata raggiunge, alla latitudine di Pandino - Palazzo Pignano, il dislivello massimo di circa 3 metri, mentre più a nord, in territorio di Arzago d'Adda, segna in modo più marcato il contatto tra le due unità, arrivando a delineare terrazzi di 5 metri di dislivello.

Nell'ambito del territorio di Pandino l'orlo di terrazzo morfologico si estende per un breve tratto a est di cascina Zecca, al di sotto di località Madonna della Vittoria, già in territorio del comune di Palazzo Pignano e ad est di cascina Zingaro, in corrispondenza di uno dei rami del fiume Tormo.

L'orlo di terrazzo morfologico conserva andamento prevalentemente naturale con alcune alterazioni di origine antropica (riprofilatura).

Il nucleo urbano di Pandino si sviluppa nella porzione di territorio ricadente nel sistema della valle fluviale del Tormo e risulta ribassato di alcuni metri rispetto al L.F.d.P.. In particolare si estende nella porzione caratterizzata da superfici localmente depresse e allungate, originatesi dall'azione morfogenetica del fiume Tormo e dei suoi rami secondari che conferiscono al paesaggio il caratteristico andamento a rami plurimi (braided).

In generale la composizione dei terreni risulta essere, prevalentemente, ghiaioso sabbioso con suoli da sottili a profondi.

Nell'ambito del territorio comunale, in base ai caratteri geomorfologici, litologici e geopedologici rilevati, sono state cartografate le seguenti sottounità che compaiono nella Carta geomorfologica e nelle Sezioni geomorfologiche allegate.

1a - Superfici variamente ringiovanite ubicate in prossimità dei bordi del terrazzo di transizione alla piana fluviale dell'Adda

Sono rappresentate da superfici di raccordo costituite da alluvioni terrazzate, debolmente ondulate o inclinate verso la piana fluviale dell'Adda, situate al bordo occidentale del territorio comunale.

¹ Nell'intera provincia di Cremona si segnalano soltanto tre casi di valli alluvionali corrispondenti a piani di divagazione di corsi d'acqua estinti: Serio Morto, Serio di Grumello e Valle dei Navigli. Vedi Pianura, Monografie n.2 - 1997 - ERSAL, Paesaggi e suoli della provincia di Cremona - Carta alla scala 1:100.000.

Costituiscono una fascia continua che da c.na Rinalda scende verso sud. Sono limitate ad ovest da un orlo di terrazzo morfologico che borda la piana attuale dell'Adda mentre verso est presentano un limite meno evidente, se non per brevi tratti, generalmente raccordato, in debole pendenza, alle aree adiacenti.

All'interno di questa unità si riscontrano una serie di piccoli terrazzi intermedi soprattutto nelle vicinanze di c.na San Giuliano al Bosco, degradanti verso ovest. I terreni appartenenti a questa unità presentano suoli sottili e poco evoluti, limitati da substrato scheletrico ghiaioso sabbioso con drenaggio da buono a rapido. La pietrosità superficiale varia da moderata ad elevata. Falda oltre 2 metri di profondità.

L'unità geopedologica di riferimento è Typic Ustorthents.

1b - Superfici depresse

Superfici depresse, sede di deflussi superficiali e caratterizzate dalla presenza di risorgive spesso ubicati in corrispondenza di antichi alvei.

La sottounità si estende da nord a sud in una serie di ramificazioni generalmente nastriformi comprendendo le principali linee di paleoalveo.

L'area che presenta maggiore estensione si individua nella fascia di territorio compresa tra il piede dell'orlo di terrazzo morfologico del L.F.d.P. e l'abitato di Pandino. All'interno di questa sottounità si instaura il sistema idrico del Tormo e dei suoi affluenti; un secondo ramo si sviluppa nell'immediato intorno di Nosadello presentando sempre un andamento allungato in direzione nord sud. A sud di c.na Portico i due sistemi si uniscono a formare un unico corpo che si sviluppa verso sud.

Ampi tratti dei paleoalveo, che costituiscono la sottounità, sono percorsi da rogge formanti un fitto sistema idrografico ad andamento generalmente naturale, alimentato da fontanili, rogge e coli.

La litologia prevalente è ghiaioso sabbiosa con locali livelli fini (limi e torbe) soprattutto nel settore sud-orientale.

I suoli generalmente sottili sono delimitati dal substrato o dalla falda oscillante. La permeabilità è generalmente elevata ed il drenaggio va da buono a mediocre. Sono suoli caratterizzati da spiccata idromorfia dovuta alla presenza di falda subaffiorante.

L'unità geopedologica di riferimento è Mollic Ustifluvents.

1c - Aree debolmente depresse

Sono aree debolmente depresse, nastriformi, sedi di antichi paleoalvei, prive di reticolo idrico attivo. Presentano livelli di depositi fini (sabbie fini, limi) negli strati più superficiali.

L'area meglio delineata si trova a nord dell'abitato di Pandino e ad ovest delle cascate Pradaglia, Lodolina e Cavallina.

I suoli, moderatamente profondi, sono limitati da substrato sabbioso o sabbioso limoso. La permeabilità è media e il drenaggio buono. La falda superficiale si trova a profondità non inferiore a 1.5 metri.

L'unità geopedologica di riferimento è Aquic Ustochrepts.

1d - Superfici alluvionali subpianeggianti ribassate rispetto al L.F.d.P.

Sono superfici pianeggianti o debolmente ondulate, di raccordo tra le aree depresse e quelle più stabili e rilevate, localmente delimitate da scarpate erosive.

Ad est dell'abitato di Pandino presentano forma generalmente allungata e lobata, segmentata in numerosi corpi, mentre ad ovest hanno forma sempre allungata ma meno

segmentata e costituiscono corpi arealmente più estesi. La suddivisione in numerosi corpi distinti è legata al fitto reticolo idrografico che presente nell'area posta ad est dell'abitato di Pandino (valle del Tormo).

Spesso le cascine del territorio di Pandino sono costruite su superfici che appartengono a questa unità, in quanto costituenti rilievi e dossi mediamente più rialzati rispetto alle più recenti unità sopra descritte.

I suoli, moderatamente profondi, sono limitati da substrato ghiaioso sabbioso. La permeabilità è elevata, il drenaggio buono e la falda generalmente compresa tra 1 e 2 metri.

L'unità geopedologica di riferimento è Aquic Ustochrepts.

1e - Superfici stabili

Sono superfici stabili, debolmente rilevate e affrancate da più tempo dall'attività fluviale, spesso delimitate da scarpate erosive.

Costituiscono la fascia che, da nord verso sud-ovest, attraversa tutto il territorio di Pandino, con un'unica interruzione a SE di Nosadello.

All'interno di questa unità si individuano alcune aree più rilevate (dossi), delimitate da piccole scarpate, che sono più evidenti a SE di Gradella, a NE di Nosadello ed intorno a cascina Letizia.

I suoli sono profondi e limitati dal substrato ghiaioso sabbioso. La permeabilità è elevata, il drenaggio buono.

L'unità geopedologica di riferimento è Ultic Haplustalfs.

1.3 CARATTERISTICHE GEOPEDOLOGICHE

Il territorio di Pandino è caratterizzato da condizioni climatiche e geomorfologiche per lo più omogenee e da bassa energia del rilievo; pertanto i processi di formazione dei suoli sono differenziati e principalmente influenzati dalla natura litologica del substrato, da presenza di falda nell'immediato sottosuolo ma anche dal tempo in cui hanno potuto agire i processi pedogenetici. Ai fattori naturali si sommano gli interventi antropici operati nel corso di vari secoli.

Sulle superfici che costituiscono il L.F.d.P. la pedogenesi ha potuto agire per tempi relativamente lunghi, consentendo la lisciviazione delle basi dagli orizzonti superficiali e la formazione del caratteristico orizzonte di accumulo di argilla e sesquiossidi (orizzonte argillico) al di sotto dello strato arato. I carbonati rimossi dagli orizzonti superficiali sono spesso accumulati in profondità sotto forma di noduletti o patine calcaree.

Le alluvioni terrazzate dell'Adda sono costituite da superfici interessate da dinamiche fluviali antiche. Si tratta di aree oramai stabilizzate, su cui i processi pedogenetici hanno potuto agire per un periodo più breve rispetto al L.F.d.P.. Ciò non ha consentito la formazione dell'orizzonte argillico, al posto del quale si rinviene in genere un orizzonte di semplice alterazione, detto cambico, che caratterizza i suoli dell'Ordine degli Inceptisuoli.

Si riportano qui di seguito le descrizioni dei sondaggi geognostici, eseguiti con escavatore meccanico, nel corso del lavoro mentre l'ubicazione topografica è riportata in Carta geomorfologica.

TRINCEA 1 (Cascina Pero)

0-40	Suolo: sabbioso
40-70	Ciottoli sabbia e ghiaia
70-110	Ghiaia con sabbia e ciottoli, bruno
110-180	Ghiaia con sabbia e ciottoli, grigio

Falda a 150 cm di profondità.

TRINCEA 2 (Cascina Galimberta)

0-40	Suolo: sabbioso / franco
40-70	Ciottoli, ghiaia e sabbia
70-95	Sabbia e ghiaia con presenza di argilla ocra, screziature grandi e diffuse
95-115	Sabbia e ghiaia con limo nocciola
115-160	Sabbia e ghiaia grigia con limo azzurro

Falda a 160 cm di profondità.

TRINCEA 3 (Cascina Pradaglia)

0-35	Sabbia fine, bruno
35-50	Franco / franco sabbioso, bruno scuro, plastico
50-80	Franco, bruno giallastro chiaro
80-110	Ghiaiutto comune molto alterato, da franco sabbioso a sabbioso franco, screziature ocra, bruno giallastro chiaro
110-140	Franco sabbioso, screziature comuni-abbondanti, bruno grigiastro
140-200	Sabbia e ghiaia passante a ghiaia e sabbia

Falda a 200 cm di profondità.

TRINCEA 4 (Gradella)

0-40	Franco sabbioso, ghiaia comune, bruno chiaro
40-70	Franco con ghiaia abbondante, bruno chiaro-giallastro
70-100	Ghiaia abbondante con matrice sabbioso/franco, giallastro
100-250	Ghiaia, sabbia e ciottoli, bruno chiaro

Falda a 250 cm di profondità.

TRINCEA 5 (Cascina Rinaldina)

0-40	Ghiaia con matrice franco sabbiosa, bruno
40-55	Sabbia e ghiaia, bruno giallastro
55-90	Sabbia e limo, bruno chiaro
90-190	Ghiaia, sabbia e ciottoli, bruno grigiastro

Falda a 190 cm di profondità.

TRINCEA 6 (Cascina Fornasette di sotto)

0-20	Sabbioso franco ricco in sostanza organica, ghiaia piccola e media, bruno
20-40	Sabbioso franco, bruno chiaro
40-270	Sabbia e ghiaia sciolta, grigio scuro

Falda a 270 cm di profondità.

TRINCEA 7 (Roggia Tinella)

0-30	Franco sabbioso ricco in sostanza organica, bruno
30-45	Franco/franco sabbioso, bruno giallastro chiaro, presenza di lente nerastra (materiale organico) al letto dell'orizzonte
45-180	Ghiaia e sabbia sciolta con lenti sabbiose, ciottoli

Falda a 180 cm di profondità.

TRINCEA 8 (Cascina Mantova)

0-40	Terreno di riporto: sabbia e ghiaia, bruno
40-65	Franco
65-90	Sabbia finissima limosa (meno plastica), grigio nocciola con concrezioni calcaree e screziature (da 90 a 115 cm)
110-180	Limo (debolmente argilloso), grigio nocciola con resti vegetali e fossili, screziature, plastico

Falda a 100 cm di profondità.

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

Le unità tassonomiche prevalenti sono:

ORDINE	SOTTORDINE	GRANDE GRUPPO	SOTTOGRUPPO
ENTISOLS	FLUVENTS	USTIFLUVENTS	MOLLIC
ENTISOLS	ORTHENTS	USTORTHENTS	TYPIC
INCEPTISOLS	OCHREPTS	USTOCHREPTS	AQUIC
ALFISOLS	USTALFS	HAPLUSTALFS	ULTIC

1.3.1. Entisuoli

Si tratta di suoli che presentano scarsissima evoluzione del profilo e mancano di orizzonti diagnostici. Le cause di tale situazione sono da attribuirsi alla recentissima deposizione dei materiali, soprattutto nelle aree fluviali ancora attive o, anche, al ringiovanimento degli stessi per erosione. Inoltre l'eccesso idrico, presente in alcune situazioni morfologicamente depresse, potrebbe contribuire a mantenere ad un livello iniziale la pedogenesi. Nell'area oggetto dell'indagine è presente il Grande Gruppo degli Ustifluvents, Sottogruppo Mollic. Essi sono rappresentati dalla sottounità 1b, che si sviluppa nelle zone più vicine alle aste fluviali. I suoli sono moderatamente profondi, limitati da substrato scheletrico, tessitura da media a moderatamente grossolana, reazione subalcalina, saturazione alta, moderatamente calcarei e drenaggio moderatamente rapido. Sono suoli caratterizzati da spiccata idromorfia dovuta a presenza di falda subaffiorante. Il substrato è costituito da depositi ciottoloso -sabbiosi inalterati.

All'interno del territorio comunale si rinviene anche il Grande Gruppo degli Ustorthents Sottogruppo Typic. Essi sono rappresentati dalla sottounità 1a, che si sviluppa nella parte occidentale del territorio a confine con la piana alluvionale attuale del

Fiume Adda. I terreni appartenenti a questa sottounità presentano suoli sottili, limitati da substrato scheletrico, tessitura abbondante, reazione subalcalina in superficie ed alcalina in profondità, saturazione alta, moderatamente calcarei e drenaggio da rapido a moderatamente rapido. Il substrato è ghiaioso -ciottoloso, sabbioso con matrice sabbioso-limosa mentre la pietrosità superficiale varia da moderata ad elevata.

1.3.2. Inceptisuoli

In questo Ordine sono compresi suoli caratterizzati da grado evolutivo intermedio tra Entisuoli ed Alfisuoli.

I processi pedogenetici hanno determinato alterazioni di natura fisico -chimica del deposito, con neoformazione di minerali argillosi, differenziazione di un orizzonte di alterazione detto cambico e parziale rimozione dei carbonati dagli orizzonti superficiali con eventuale accumulo in profondità nell' orizzonte calcico.

Sono tipici delle superfici relativamente più recenti di pertinenza fluviale o di quelle parti del L.F.d.P. che hanno subito processi di ringiovanimento.

Nell'area oggetto dell'indagine è presente il Grande Gruppo degli Ustochrepts Sottogruppo Aquic (sottounità 1c e 1d).

Sono descritti come suoli moderatamente profondi limitati da substrato scheletrico, tessitura da media a moderatamente grossolana, reazione alcalina, saturazione alta, calcarei e con drenaggio buono. Il substrato è ghiaioso -ciottoloso, sabbioso con matrice sabbioso-limosa mentre la pietrosità superficiale varia da moderata ad elevata.

1.3.3 Alfisuoli

Sono suoli che presentano buon grado di evoluzione, evidenziato da presenza di un orizzonte diagnostico profondo in cui si è accumulata argilla (orizzonte argillico).

Si sono sviluppati su superfici stabili caratterizzate da assenza di processi di ringiovanimento significativi.

Nell'area oggetto dell'indagine sono presenti Alfisuoli appartenenti al Grande Gruppo degli Haplustalfs Sottogruppo Ultic.

I terreni appartenenti a questa unità presentano suoli moderatamente profondi, limitati da substrato scheletrico, tessitura moderatamente grossolana, reazione subacida in superficie e molto alcalina in profondità, saturazione media in superficie e alta in profondità, non calcarei in superficie e molto calcarei in profondità. Il drenaggio è buono.

Sono rappresentati dalla sottounità 1e.

CAPITOLO 2 - IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA

Si descrivono di seguito i caratteri idrogeologici ed idrografici del territorio di Pandino.

2.1. IDROGRAFIA

Sul territorio di Pandino sono presenti numerosi corpi idrici che costituiscono un fitto reticolo idrografico distribuito assai omogeneamente su tutto il territorio comunale che risulta totalmente irrigato.

L'area in esame, appartenente alle superfici terrazzate costituite da alluvioni antiche e medie dell'Adda, è particolarmente ricca d'acqua. La presenza di falda idrica subaffiorante dà origine a numerose emergenze e fontanili i cui deflussi generano od

alimentano il reticolo idrico qui particolarmente fitto e sviluppato (vedi All-2A Carta Idrogeologica).

Il territorio di Pandino è attraversato da corpi idrici che conservano un andamento nel complessivo naturale. Essi si collocano nelle principali linee di paleoalveo e/o paleomeandro, originate da antiche dinamiche fluviali. Inoltre spesso occupano il fondo di superfici lievemente depresse ad andamento ramificato e nastriforme.

Il corso d'acqua principale che scorre nel comune di Pandino è il fiume Tormo definito fin dal medioevo con l'appellativo di "flumen", ne possiede tutti i tratti caratteristici: è alimentato da sorgenti che garantiscono un regime di acqua perenne, presenta alveo a scasso irregolare e larghezza naturale variabile. Il suo percorso è di circa 24 Km, di cui circa 4,5 in territorio di Pandino; le sue sorgenti si trovano in territorio bergamasco presso Arzago d'Adda, dove è situata la testa principale del fontanile alimentata da numerosi occhi di fonte e da acque di altri fontanili e coli, che ne rendono più abbondante la portata. Nel primo tratto del suo sviluppo il Tormo è meglio conosciuto come roggia Murata, forse per le particolari ripe alte, talora provviste di sostegni artificiali entro cui scorre. Il corso d'acqua si muove da nord a sud ed entra in comune di Pandino nella parte nord orientale del territorio, segnando per quasi tutto il suo sviluppo il confine comunale con Palazzo Pignano.

Il Tormo, prima di confluire in Adda in località Abbadia Cerreto, attraversa i territori lodigiani di Crespiatica e Corte Palasio.

Il Tormo è iscritto nell'Elenco Principale delle Acque Pubbliche della Provincia di Cremona, dove è identificato con il n. 3 (D.Luog. 13.5.1918).

Dal Tormo si distaccano due ramificazioni artificiali che portano acqua all'interno dell'abitato di Pandino, roggia Nuova e roggia Roggetto.

Le altre rogge, di importanza minore, mantengono percorsi anch'essi a sviluppo nord sud, generalmente subparallelo a quello del Tormo. Da ovest verso est incontriamo roggia Landriana, Tinella, Varibella, Moietta, roggia Moia (che a sud del canale Vacchelli si sdoppia in roggia Fredda e roggia Gradella), roggia Pandina, roggia Canarola e roggia Raffreddo.

Da roggia Pandina, alimentata da Canale ritorto, che a sua volta deriva direttamente dall'Adda, proviene la gran parte delle acque che irrigano il territorio di Pandino.

In generale le rogge, alimentate da acque di fontanile, risorgive e coli svolgono, come tutti i corsi d'acqua di antica formazione, la funzione di raccolta dell'acqua proveniente dalle irrigazioni e dalle piogge.

Oltre alle principali rogge esistono i canali di irrigazione aziendale che distribuiscono l'acqua irrigua nel periodo primavera-estate rimanendo pressoché asciutti nel resto dell'anno.

L'intervento dell'uomo è sottolineato dalla presenza di numerosi canali rettificati e di trincee drenanti realizzate con il duplice scopo di portare l'acqua nei terreni da irrigare e di bonificare quelli paludosi.

L'area in esame è stata bonificata in epoche antiche e solo la costante opera di manutenzione del reticolo idrico può impedire che si ripristinino i naturali caratteri palustri dovuti alla falda idrica subaffiorante.

Il Comune di Pandino è attraversato dal Canale Pietro Vacchelli, che deriva circa 30-40 mc/s dal Fiume Adda e che si snoda, con percorso artificiale, risalente alla fine del XIX sec., da nord-ovest a sud-est. Il Canale è in rilevato e corre entro due argini di contenimento, allorché, in stagione irrigua, è al massimo livello provoca un ulteriore

incremento del pelo libero della falda superficiale che affiora, sovente, a monte del corso d'acqua.

Vengono di seguito riportati gli elenchi dei corsi d'acqua e dei fontanili presenti nel Territorio comunale di Pandino con il rispettivo numero d'ordine indicato in "All-2A Carta Idrogeologica" e "All.3A e 3B Carta dei vincoli di natura geologica".

ELENCO CORSI D'ACQUA

- 1- Tormo
- 2- Roggia Tormello
- 3- Canale Vacchelli-Marzano
- 4- Roggia del Prete
- 5- Roggia Landriana
- 6- Ramo di Roggia Varibella
- 7- Roggia Varibella
- 8- Roggia Ribella
- 9- Roggia Moietta
- 10-Roggia Cavo
- 11-Roggia Cavetto
- 12-Roggia Tomba
- 13-Ramo di Roggia Tomba
- 14-Roggia Roncadello
- 15-Roggia Tinella
- 16-Roggia Baussino
- 17-Roggia Menasciutto
- 18-Roggia Gradella
- 19-Roggia Fredda
- 20-Roggia Sorgino
- 21-Roggia Venini
- 22-Roggia Roggino
- 23-Roggia Pandina
- 24-Ramo di Roggia Pandina
- 25-Roggia Nuova
- 26-Ramo di Roggia Nuova
- 27-Roggia Arfana
- 28-Roggia Cannarola
- 29-Roggia Roggetto
- 30-Ramo di Roggia Roggetto
- 31-Roggia Torchio
- 32-Roggia Pandino Mulina
- 33-Roggia Raffredo
- 34-Roggia Pera
- 35-Roggia Cavetto di Bignani
- 36-Roggia Tombino
- 37-Roggia Sabbianino
- 38-Roggia Mondinazzo
- 39-Roggia Mascherino
- 40-Roggia Fornasette

- 41-Roggia Migliavacca
- 42-Roggia Beriotta
- 43-Roggia Fontana Merlò
- 44-Roggia Guarazzone
- 45-Roggia Renga
- 46-Ramo di Roggia C.na Zecca

ELENCO FONTANILI

- 1-F.le del Pir (Codice ERSAF CR20104X)
- 2-F.le di Sas
- 3-F.le Sabbianino (Codice ERSAF CR20105X)
- 4-F.le Zecca
- 5-F.le Raffredo
- 6-F.le Roggetto
- 7-F.le Funtanin
- 8-F.le Tinella
- 9-F.le di Casa
- 10-F.le Gradella
- 11-F.le Fredda
- 12-F.le Colombarolo (Codice ERSAF CR20101X)
- 13-F.le del Prete (Codice ERSAF CR20007X)
- 14-F.le del Moia (Codice ERSAF CR20040X)
- 15-F.le del Cavo (Codice ERSAF CR20041X)
- 16-F.le Curnin
- 17-F.le Merlò (Codice ERSAF CR20008X)

2.2 IDROGEOLOGIA

L'idrogeologia del territorio in discussione è qui di seguito illustrata.

2.2.1 Struttura Idrogeologica

L'esame dei dati stratigrafici disponibili consente la ricostruzione dell'assetto idrogeologico territoriale. Si sono utilizzate, oltre alla stratigrafie dei tre pozzi pubblici per approvvigionamento idropotabile di Pandino e di quello dismesso, sono stati utilizzati i dati relativi ai pozzi pubblici dei comuni limitrofi.

Il modello idrogeologico di riferimento, eseguito su scala comunale e ricostruito sulla base dei dati a disposizione, individua tre distinte litozone (vedi All-2B Sezioni idrogeologiche) che dividono il sottosuolo come segue:

S = litozona superficiale, sede di falda libera;

P = litozona profonda, con acquiferi confinati in cui hanno luogo falde artesiane;

I = litozona intermedia, con caratteri di transizione tra le due precedenti.

Litozona superficiale (S):

E' l'acquifero in cui ha sede la falda libera la cui base si trova, in corrispondenza dell'abitato di Pandino, a circa 10-15 m s.l.m.. La falda presenta numerosi punti di emergenza in corrispondenza di fontanili, pertanto il livello della falda superficiale è stato rilevato anche nel periodo invernale di minor soggiacenza.

L'acquifero superficiale, che ha uno spessore da 50 a 65 m, è costituito da depositi ghiaioso -sabbiosi; le ghiaie prevalgono nei primi 20 m da piano campagna, mentre in profondità predominano le sabbie e compaiono rari e modesti spessori di depositi più fini. La permeabilità della litozona superficiale è elevata ($K = 10^{-3}$ m/s); l'alimentazione dell'acquifero avviene, principalmente, per infiltrazione diretta delle acque meteoriche e di quelle dei corpi idrici superficiali. Ciò comporta, una vulnerabilità molto elevata nei confronti di potenziali contaminanti dispersi in superficie o nei corsi d'acqua.

L'elevata vulnerabilità degli acquiferi di questa litozona è confermata dall'analisi delle stratigrafie disponibili, ove non risultano orizzonti a granulometria fine sufficientemente potenti ed estesi da garantire un'adeguata protezione da possibili inquinanti superficiali. L'assenza di lenti di depositi fini estese rende inoltre improbabile la presenza di acquiferi artesiani.

Litozona intermedia (I):

Presenta acquiferi di posizione e dimensioni variabili, con continuità laterali non sempre dimostrabili. La litozona intermedia separa quella superficiale dalla profonda, presentando caratteri di transizione fra le due. E' sede di falde da semiartesiane ad artesiane, con livelli piezometrici che possono raggiungere quote anche superiori a quelle di piano campagna (falde artesiane). Essa è caratterizzata da depositi prevalentemente limoso -argillosi con intercalazioni di sabbie, sabbie fini e subordinatamente ghiaie. I depositi fini presentano spessori anche notevoli (20-30 m) ma hanno una ridotta continuità laterale e sono pertanto da considerare discontinui. La base della litozona intermedia è posta a circa -60 m s.l.m.. Notevole importanza, per sviluppo verticale e laterale, riveste, nell'ambito di questa litozona, l'acquifero di base, che sembra costituire un corpo unico di notevoli dimensioni. Nel comune di Pandino esso presenta spessore variabile da 15 a 30 m, con pochi livelli limoso -argillosi intercalati (vedi Sezioni idrogeologiche, allegate).

L'esame delle stratigrafie dei pozzi evidenzia, come gli acquiferi collocati al letto della litozona, siano separati da quelli sovrastanti da strati poco permeabili. E' ragionevole presumere che tali acquiferi siano sufficientemente protetti e idrogeologicamente separati dalle falde sovrastanti, in particolare dalla falda libera.

Gli acquiferi della litozona intermedia sono sfruttati per uso idropotabile, irriguo o per uso industriale. La permeabilità media è valutata in $K = 10^{-4}/10^{-5}$ m/s.

Litozona profonda (P):

Si sviluppa dalla base della litozona intermedia, a partire da quota di circa -60 m s.l.m., verso il basso. In essa prevalgono nettamente i depositi argilloso limosi, con rare intercalazioni di livelli sabbioso/sabbioso-ghiaiosi di spessore ridotto. Gli strati più permeabili non sono correlabili tra loro, a causa delle numerose variazioni laterali e verticali. Poiché è la litozona più profonda e poiché il suo sfruttamento è iniziato solo negli ultimi 10-20 anni, sono poche le stratigrafie che contengono informazioni su di essa.

Questi dati evidenziano comunque una netta separazione tra i livelli acquiferi (artesiani) presenti in questa litozona e quelli appartenenti alle litopone intermedia e superficiale.

Il loro sfruttamento risulta problematico non tanto per le profondità elevate (>100 m) ma soprattutto per la possibile esistenza di sostanze disciolte naturali, che a volte rendono l'acqua non potabile se non dopo particolari trattamenti.

La litozona superficiale è compresa nel Gruppo Acquifero “A”, come definito nel recente studio “Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia” (2002), che identifica le aree di ricarica diretta potenziale, con bassa capacità protettiva dei suoli in tutto il territorio. La litozona intermedia e quella profonda rientrano nel Gruppo Acquifero “B” il cui letto viene collocato, in corrispondenza dell’interfaccia acqua dolce-salmastra, a quota che, nel territorio comunale, si trova fra -50 e -100 m s.l.m..

2.2.2 L’acquifero freatico

La ricostruzione dell’andamento della falda libera è stata eseguita sulla base di rilevazioni dirette, effettuate nel mese di ottobre/novembre 2003, prendendo in considerazione i livelli piezometrici (quote del livello dell’acqua riferite alla superficie del mare) dei numerosi fontanili ed emergenze esistenti all’interno del territorio comunale e nelle immediate vicinanze (comuni di Spino d’Adda e Dovera). Sono stati inoltre presi in considerazione il livello d’acqua del laghetto artificiale (a nord del castello di Pandino), alimentato dalla falda libera, i livelli rilevati nelle trincee geognostiche aperte nel corso del lavoro. L’aggiustamento delle curve isopiezometriche nelle aree in cui mancano emergenze è stato eseguito tenendo conto dei vincoli imposti dagli andamenti altimetrici della superficie topografica (la quota della falda deve essere inferiore alla quota del terreno).

L’andamento delle curve isofreatiche (in metri s.l.m.) è riportato in “All-2A Carta Idrogeologica e dell’idrografia superficiale”. In essa si può rilevare come la falda libera segua l’andamento regionale, con flusso diretto da nord verso sud, determinato dall’effetto drenante del fiume Po sull’intera pianura padana. Nel territorio comunale si risente molto poco, a causa della distanza, l’effetto drenante dell’Adda, che è il principale corso d’acqua presente nell’area. Le oscillazioni nelle direttrici del flusso di falda sono invece determinate dalle scarpate morfologiche, che delimitano il territorio, ad est più accentuate, ed ovest, più blande e dalla depressione che ospita il reticolo idrografico del Tormo che può essere assimilato ad una estesa trincea drenante.

L’orlo di terrazzo ad ovest provoca un arretramento delle isofreatiche verso la parte più depressa (territorio di Spino d’A.) mentre l’orlo di terrazzo morfologico principale, ad est, provoca uno spostamento verso sud, in corrispondenza dell’innalzamento della superficie topografica (territorio di Palazzo Pignano). Ai piedi delle due scarpate si rilevano numerose emergenze. La curvatura verso sud, al confine orientale del territorio, è accentuata dall’arretramento dovuto all’effetto drenante del Tormo. In corrispondenza di questa depressione si ha quindi un asse drenante, mentre l’effetto combinato di questo elemento e del richiamo del terrazzo ad ovest, provoca un assetto convesso verso sud e la presenza di uno spartiacque sotterraneo, all’incirca ubicato nel settore centrale del territorio.

Zone localizzate di presenza di acqua di falda in prossimità della superficie sono segnalate in prossimità del canale Vacchelli, laddove esso corre in semipensilità, esclusivamente in periodo estivo ed alla massima dotazione 40-50 mc/s.

In Carta Idrogeologica sono riportate anche le direttrici del flusso di falda.

Il gradiente idraulico medio, misurato per l’acquifero freatico, è 2‰ (2 per mille), in accordo con i valori medi di questo settore di pianura.

Per quanto riguarda le soggiacenze, in tutto il territorio la falda è subaffiorante o si trova, in fase di minima, a profondità non superiore a 2 m, ad eccezione di limitate

porzioni di territorio a nord di Gradella, in cui la soggiacenza minima potrebbe superare (di poco) i 2 m. Le aree a minore soggiacenza, in cui si stima che la falda si trovi sempre a profondità inferiori al metro, sono ubicate nella parte meridionale del territorio o lungo il solco del Tormo e di altri corsi d'acqua minori. In queste aree si hanno ovviamente difficoltà di infiltrazione con possibile formazione di ristagno.

La superficie della falda libera subisce notevoli oscillazioni durante l'anno, soprattutto in seguito all'irrigazione dei campi nel periodo maggio-agosto. In questo periodo è possibile la riattivazione di alcuni fontanili, asciutti nel resto dell'anno.

Unitamente all'alta permeabilità dei depositi superficiali (prevalentemente ghiaiosi) e al basso grado di protezione offerto dai suoli, le suddette condizioni fanno sì che la vulnerabilità intrinseca della falda libera risulti essere elevata.

2.3 POZZI PUBBLICI

L'approvvigionamento idropotabile è garantito, dal servizio pubblico che si avvale di tre pozzi, in attività, due dei quali normalmente funzionanti (Via Rinetta e Borgo Roldi), il terzo (in Via Milano), solo in caso di particolari esigenze. I pozzi sono ubicati in prossimità dell'abitato di Pandino (vedi carta idrogeologica).

Di seguito si riportano le principali caratteristiche dei tre pozzi.

Pozzo di Borgo Roldi:

profondità filtri: da 67,42 a 71,47 m
da 80,42 a 86,47 m
da 91,67 a 93,69 m
da 107,6 a 109,6 m
da 113,48 a 117,52 m
da 121,56 a 125,58 m

cementazione: da 43 a 63 m
da 0 a 43 m riempimento con materiale non specificato
da 63 a 140 m (fondo foro) riempimento con ghiaietto

Pozzo di Via Rinetta:

profondità filtri: da 81,9 a 85,5 m
da 100 a 112 m
da 122 a 126 m

cementazione: da 50 a 70 m
da 0 a 10 m riempimento con materiale non specificato
da 10 a 50 m riempimento con ghiaietto
da 70 a 150 m (fondo foro) riempimento con ghiaietto

Pozzo di Via Milano:

profondità filtri: da 55 a 57 m
da 104,5 a 110,5 m
da 120 a 126 m

cementazione: da 2 a 27 m con argilla
da 0 a 2 m riempimento con materiale non specificato
da 27 a 130 m (fondo foro) con materiale non specificato

L'analisi degli schemi costruttivi dei pozzi, in attività, evidenzia che: per i 2 pozzi di più recente terebrazione, via Rinetta e Borgo Roldi, la cementazione dichiarata (se fatta a regola d'arte) dovrebbe impedire la miscelazione tra l'acqua di falda libera e le acque prelevate dalle falde sottostanti. Per contro il non isolamento delle singole falde, presenti in profondità, con altrettanti tamponi o cementazioni, non impedisce alle suddette acque di miscelarsi tra loro all'interno della tubazione del pozzo.

Il pozzo di via Milano presenta un tratto filtrante molto superficiale che potrebbe risentire di scambi con la falda libera. La falda libera è la più vulnerabile e può risentire di potenziali contaminanti provenienti da scarichi industriali, sistemi fognari e spandimento di liquame disperso direttamente sul terreno o legati al trasporto dei corsi d'acqua e canali di irrigazione. Inoltre il tratto tamponato con argilla è collocato in posizione molto superficiale e poco esteso in profondità; pertanto se da un lato è ostacolata la penetrazione diretta dalla superficie non avviene altrettanto per quanto riguarda l'infiltrazione di un possibile inquinante dalla falda libera alle falde profonde.

I pozzi di via Rinetta e Borgo Roldi (normalmente funzionanti) possiedono un impianto di potabilizzazione multiplo composto da due filtri posti in cascata, il primo dei quali a sabbia mentre il secondo di tipo GAC.

L'approvvigionamento idropotabile si serviva inoltre di due altri pozzi ubicati presso il Castello di Pandino che sono stati abbandonati e cementati da tempo.

Si allegano le schede del censimento pozzi e le analisi chimiche effettuate da Severn Trent Italia in data 23/04/2003.

2.4 POZZI PRIVATI

Nel comune di Pandino sono presenti numerosi pozzi privati. Dall'elenco delle fatture emesse nell'anno 2002 dalla società APES S.P.A., che gestisce l'acquedotto comunale e provvede alla riscossione dei canoni relativi ai consumi di acqua, si individuano 215 punti di prelievo. Il consumo annuale è di 41.459 m³.

E' stata eseguita una selezione che, sulla base del soglia di consumo di 400 m³/anno, ha consentito di ubicati questi pozzi privati in carta idrogeologica .

Relativamente al prelievo di acqua dai pozzi privati si è ricavata la seguente tabella:

m³/anno	n° pozzi
>= 100	122
>= 150	91
>= 200	72
>= 250	47
>= 300	34
>= 350	23
>= 400	14
>= 500	7
>= 700	4
>= 800	3
>= 1000	2

In generale i prelievi risultano concentrati nel centro abitato e presso le aziende agricole maggiori ed in corrispondenza di un impianto ittigenico, questi impianti, eseguiti

solitamente a circolazione dirette e di vecchia terebrazione, sono stati in gran parte sanati e pertanto non dispongono di significativi dati stratigrafici ed idrogeologici; si allega, a titolo esemplificativo, una stratigrafia.

Nella tabella che qui segue sono riportati i dati identificativi dei pozzi con prelievo superiore a 400 mc/anno.

POZZI PRIVATI con consumo superiore a 400 mc/anno

N°*	PROPRIETA'	INDIRIZZO	Longitudine	Latitudine	CONSUMO mc/anno
2696	Brunetti Bruno Antonio	Via Milano, 116	1.542.630	5.027.960	548
2618	Righini Luigi	Viale Europa, 22	1.542.700	5.027.890	582
2612	Bolzoni Anna Maria	Via Mazzini, 15	1.543.060	5.027.890	430
2609	Condomini Il Campo	Via. Battisti, 11	1.543.070	5.027.930	5300
2555	Labò Adele	Via Milano, 7	1.543.180	5.028.140	789
2571	Gardoni S.r.l.	Via Eroi dell'Aria,2	1.543.030	5.028.900	592
2633	Rochi Romano Giuseppe	Via Foscolo, 14	1.543.370	5.027.820	493
2642	Inzoli Battista	Via Don Mazzolari, 9	1.543.490	5.027.730	820
2670	Coldani Carlo	Via. Castello, 82	1.543.720	5.028.120	480
2677	Pescù Romano Gaetano	Via L. da Vinci, 24/H	1.543.900	5.028.350	456

*Il numero si riferisce alla contabilità della società di gestione APES spa

2.5 STUDI IDROGEOLOGICI PRECEDENTI

Tra gli studi idrogeologici precedenti è da ricordare lo “Studio idrogeologico della provincia di Cremona” (1993) che, per le zone in discussione, sottolinea la presenza di possibili sorgenti di inquinamento derivanti da siti industriali posti al confine con la provincia di Bergamo, la contaminazione fu rilevata nel corso del 1991 nei pozzi tra Pandino e Vailate, con presenza di composti organo alogenati in concentrazione superiori 40 µg/l.

A carattere regionale si ricorda il recente lavoro “Geologia degli acquiferi padani della regione Lombardia” (2002), nel quale vengono riconosciute e cartografate quattro Unità Idrostratigrafiche Sequenziali (UIS), definite informalmente come Gruppo Acquifero A, B, C, D, separate da barriere di permeabilità ad estensione regionale. Attualmente il Gruppo Acquifero “A” è sfruttato in modo molto intensivo e spesso è interessato da fenomeni di inquinamento.

Dall'esame della cartografia è possibile risalire alla profondità della superficie basale di ciascun Gruppo Acquifero, riferita al livello del mare. Per il territorio di Pandino la profondità del limite basale del Gruppo Acquifero A è posta intorno a quota 0 m s.l.m, mentre per il Gruppo B è intorno a -50 m s.l.m.

In questo lavoro, inoltre, si illustra la distribuzione dello spessore cumulativo degli acquiferi. Il Gruppo Acquifero A presenta, nell'ambito del territorio di Pandino, uno spessore cumulativo utile compreso tra 40 e 80 m, la cui potenza aumenta nell'area di Gradella. Il Gruppo Acquifero B presenta uno spessore più ridotto, compreso tra 30 e 50 m.

In accordo con quanto evidenziato in questo lavoro e dal confronto con le sezioni idrogeologiche allegate è possibile stabilire che lo sfruttamento delle risorse idriche interessa oltre al Gruppo Acquifero A, anche parte del Gruppo Acquifero B.

2.6 PERMEABILITA' DEI TERRENI SUPERFICIALI

In "Carta Idrogeologica e dell'idrografia superficiale", è riportata la classificazione dei terreni superficiali in base al grado di permeabilità.

Da questo punto di vista, tutto il territorio di Pandino, ad eccezione di una piccola striscia, allineata all'incirca NS, e che si sviluppa ad est di Gradella, è da ritenersi ad elevata permeabilità. Il valore medio stimato è $K = 1.0 \times 10^{-2}$ m/s ed è tipico di depositi ghiaioso-sabbiosi, riscontrati in tutti i sondaggi effettuati. La zona ad est di Gradella, corrispondente ad un paleoalveo, presenta invece una composizione superficiale sabbioso-limoso, cui è stato attribuito un grado di permeabilità medio, stimato in $K = 1.0 \times 10^{-4}$ m/sec.

L'analisi del grado di permeabilità è stata effettuata con osservazione diretta delle granulometrie, dalla classificazione geomorfologica, dall'esame di tessitura e granulometria degli strati superficiali durante lo scavo dei sondaggi esplorativi (in zone campione significative) e dai dati geopedologici di ERSAF.

L'elevata permeabilità superficiale, unita ad un spessore di suolo generalmente modesto, contribuisce ad aumentare il grado di vulnerabilità idrogeologica dell'acquifero superficiale. L'intero territorio è compreso tra quelli vulnerabili da nitrati di origine zootecnica.

2.7 METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA

La vulnerabilità verticale della prima falda viene generalmente calcolata in base al tempo impiegato da un'eventuale contaminante per raggiungere dal piano campagna la falda superficiale. Il tempo di infiltrazione complessivo è determinato dalla somma dei tempi di infiltrazione nel suolo e nel substrato non saturo fino al raggiungimento della falda superficiale.

Tale parametro viene calcolato attraverso il rapporto tra spessore del suolo più quello del substrato non saturo e la velocità di infiltrazione, data dalla permeabilità (K) per gradiente valutato 100%.

Nel caso in oggetto, tutto il territorio comunale, è caratterizzato da elevata permeabilità dei depositi superficiali e da modeste profondità minime (estive) dell'acquifero freatico (<2 m) e, pertanto, è da considerare tutto a vulnerabilità molto alta.

Si è comunque voluto distinguere una zona più a rischio delle altre, in quanto in essa il pelo libero dell'acqua, si trova durante tutto il corso dell'anno a profondità inferiore ad 1 metro. In queste aree la capacità protettiva da inquinanti provenienti dalla superficie è affidata solo alla capacità protettiva del suolo, che, per di più, è generalmente poco maturo e poco profondo (non più di 0.5 m). Queste aree corrispondono al solco vallivo del Tormo e del reticolo idrico dei fontanili e sono esposte, oltre che al rischio idrogeologico, anche ad un possibile rischio idraulico, in caso di precipitazioni eccezionali. Esse sono state pertanto unificate nella carta di sintesi in un'unica unità ad elevato rischio idraulico ed idrogeologico.

Volendo fornire una valutazione dei tempi di percorrenza dalla superficie topografica alla superficie freatica questo può essere stimato in

$$0.8 \text{ (m)} / 10^{-2} \text{ (m/sec)} = 80 \text{ sec nelle aree a minore soggiacenza (< 1 m),}$$

$$2.0 \text{ (m)} / 10^{-2} \text{ (m/sec)} = 200 \text{ sec nelle aree a maggiore soggiacenza (2 m).}$$

Come si vede si tratta di tempi comunque ridottissimi (inferiori a 2-3 minuti) che restano comunque molto ridotti anche nel caso in cui si avesse una permeabilità 10 volte minore

(10^{-3} m/sec), infatti si avrebbe comunque un tempo massimo inferiore ad 1 ora (da 800 a 2.000 sec).

CAPITOLO 3 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nel territorio in esame si conoscono i risultati di due campagne di indagini geognostiche, eseguite dallo scrivente, la cui ubicazione è rappresentata in Carta di Sintesi.

La prima indagine geognostica riguarda il sito del nuovo centro sportivo, ubicato nella zona centro settentrionale dell'abitato di Pandino. Sono state eseguite, in data 12 dicembre 2002, dieci prove penetrometriche statiche (C.P.T.) con le quali si sono ben qualificati i terreni di copertura ed individuato l'orizzonte ghiaioso di fondo.

L'analisi dei dati penetrometrici evidenzia una discreta omogeneità dei terreni indagati, che mostrano un primo strato di terreno agrario limoso sabbioso potente circa 0,5 - 1 m, al di sotto del quale dominano i litotipi sabbioso ghiaiosi fino alla profondità massima indagata (4 m), dove si è registrato rifiuto.

La prova 5 ha messo in evidenza un livello limoso sabbioso posto tra 1,2 e 2 m.

I calcoli per la determinazione del carico massimo ammissibile sono stati uniformati a valori di $R_{pm} = 65 \text{ Kg/cm}^2$, componente granulare.

Il livello della falda, misurato nei fori d'indagine, è stato individuato a profondità di - 1,2-1,4 m dal piano campagna.

La seconda campagna di indagini geognostiche è stata eseguita in due aree limitrofe alla precedente (vedi Carta di Sintesi, allegata), ed inserita nella variante parziale al P.R.G. del Comune di Pandino. Sono state eseguite, in data 12 maggio 2003, sette prove penetrometriche dinamiche (S.C.P.T.).

L'analisi dei dati penetrometrici evidenzia una discreta omogeneità areale dei terreni indagati, che mostrano, nel lotto occidentale, la presenza di un primo strato di terreno agrario limoso sabbioso potente circa 0,5 - 1 m, al di sotto del quale, fino a circa 4,2 m, dominano i litotipi limosi; oltre, fino alla profondità massima indagata (8,1 m), si rilevano sabbie e ghiaie. Le prove del lotto orientale risultano sostanzialmente simili alle precedenti, essendo caratterizzate da alternanze di livelli limosi e sabbioso ghiaiosi.

Il livello della falda, misurato nei fori d'indagine, è stato individuato a profondità di 1 m nelle prove del lotto orientale e 1,8 m in quelle del lotto occidentale.

Si cita inoltre quanto riferito dal titolare di una delle imprese, che stanno ultimando la lottizzazione a nord dell'abitato di Pandino (vicino al laghetto artificiale, quindi in prossimità del lotto occidentale delle indagini SCPT qui sopra descritta), secondo cui, a causa della presenza di limi e/o torbe, fino a più di 10 m di profondità, è stato necessario fondare gli edifici su pali, profondi oltre 13 m. Purtroppo non si è in grado di allegare stratigrafie o diagrammi di prove penetrometriche, a testimonianza di quanto riportato. Nella carta di sintesi è stata evidenziata l'area ritenuta di scadenti caratteristiche geotecniche.

Si conosce inoltre l'esistenza di un lavoro finalizzato alla fattibilità di un progetto di allevamento ittico in località c.na Benemerita (luglio 1995). Nell'area destinata alla costruzione delle vasche, sono stati realizzati 4 trincee geognostiche, fino a 3-3,5 m da p.c., confermando la presenza di ghiaie e ciottoli con locali modeste lenti sabbiose di spessore centimetrico.

Nell'ambito del presente studio sono state eseguite osservazioni dirette di campagna in corrispondenza di terreni, scavi, rogge, canali e del laghetto artificiale posto immediatamente a nord dell'abitato di Pandino.

In generale si può affermare che le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame sono buone ma fortemente influenzate dalla bassa soggiacenza della falda e dal grado di addensamento del litotipo dominante, che nei primi metri da p.c., è costituito da ghiaie sabbiose più o meno ciottolose spesso poco addensate. Questi due fattori provocano un forte deterioramento delle caratteristiche geotecniche, che però tendono ad un rapido miglioramento con la profondità, per l'aumento del grado di compattazione che porta a valori di resistenza alla penetrazione di punta elevati o prossimi al rifiuto.

Localmente non si esclude l'esistenza di litotipi a granulometria fine (argille o limi argillosi), posti al di sotto dei primi metri di suolo, come messo in evidenza dalle prove penetrometriche e dalle informazioni precedentemente menzionate.

Data la finalità del lavoro, non si è proceduto a campagne geognostiche spinte a profondità maggiore di 3 m da p.c.; per tale motivo la presenza di aree a granulometria fine e scadenti caratteristiche geotecniche, anche se non verificata, non può essere esclusa in altri settori del territorio comunale.

L'ubicazione delle indagini geognostiche è riportata nella "All-4 Carta Geotecnica e di Pericolosità Sismica Locale" alla scala 1:10000.

Si sono aggiunte indagini geognostiche, eseguite per due edifici scolastici, del Comune e della Provincia, nelle aree a settentrione del castello.

Con esse si ribadisce la presenza, nei primi strati di terreno, di una litozona, non addensata, di carattere granulare, con il letto a profondità variabile da 2 a 5m. Tale caratteristica è generalizzabile a tutti i terreni della valle del Tormo.

I terreni di Gradella, ed in generale quelli della zona occidentale, evidenziano una componente ghiaiosa dominante ed un addensamento mediamente buono.

CAPITOLO 4 - CARATTERIZZAZIONE SISMICA

L'analisi della sismicità del territorio in esame e la definizione della pericolosità sismica locale, qui di seguito esposta, è eseguita secondo la metodologia definita dalla L.R. n. 12/2005 e dell'adeguamento dettato dalla DGRL N 8/7374 del 28 maggio 2008, Allegato 5.

Il territorio di Pandino è classificato in **zona sismica 4**, pertanto la normativa vigente prevede un approfondimento obbligatorio di primo livello sull'intero territorio, che permetta di riconoscere e definire le aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti.

In quest'ottica è stato possibile individuare nel territorio comunale di Pandino un unico scenario di pericolosità sismica locale classificato come Z4A: zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi.

Per tale scenario, solo nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n. 19904/03), la normativa prevede un livello di approfondimento ulteriore (secondo) (ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003), con lo scopo di valutare i fattori di amplificazione sismica locale legati alla natura litologica del sedimento.

Inoltre, la normativa prevede l'applicazione di un livello di approfondimento superiore (terzo) nel caso in cui, a seguito dell'applicazione del secondo livello, si dimostra che il

fattore di amplificazione calcolato risulta superiore al fattore soglia stabilito dalla Regione Lombardia per il comune in esame.

La D.G.R.L. 28.05.08 n.8/7374, recependo quanto indicato nel D.M. 14.01.08, ha determinato le nuove soglie locali di sismicità. Pertanto la verifica sismica deve essere eseguita, da subito, utilizzando questi parametri per gli edifici strategici e rilevanti (come classificati sia dallo stesso Decreto Ministeriale e dalla Regione con D.D.U.O. 21.11.03 n.19904) e per tutti i restanti dal 30.06.09 (punto 2.7, D.M. 14.01.08).

In tutti i casi dovranno essere determinate le categorie di suolo sismico come indicato dal D.M. 14.01.08 "Norme tecniche per le costruzioni", punto 3.2.2 "categorie di sottosuolo" (Si procederà comunque secondo quanto disposto da § 2.7 del D.M. 14.01.08).

Qualora il fattore, calcolato localmente, di amplificazione sismica superi il fattore definito dalla Regione, per il Comune e per il tipo di suolo sismico, si adotteranno i parametri del suolo sismico superiore.

Nel territorio comunale di Pandino sono stati individuati come edifici strategici il Municipio e la caserma CC.RR, come edifici rilevanti le scuole, le chiese e gli oratori, la struttura sanitaria, e la palestra. La loro ubicazione è riportata nella "Carta geotecnica e di Pericolosità Sismica Locale" (allegata) redatta alla scala 1:10000.

Sono state effettuate tre prove sismiche mediante microtremori, posizionate nei pressi delle scuole (Pa01), nell'area industriale sud (Pa02) e nell'area industriale ovest (Pa03). La metodologia applicata prevede la rilevazione della velocità delle onde di taglio (onde S) nel sottosuolo, per definire i fattori di amplificazione sismica locale (Fa) per i due periodi caratteristici $0.1 < T \leq 0.5s$, e $T > 0.5s$.

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

Linea	Vs ₃₀	Terreno di fondazione	Periodo (Tp)	Fa (T=01-0.5 s)	Fa (T>0.5 s)
Pa01	394	B	0.38	1.6	1.6
Pa02	337	C	0.71	1.1	1.9
Pa03	329	C	0.66	1.2	1.9
Fa di riferimento Regione Lombardia				1.4 (B) 1.8 (C)	1.7 (B) 2.4 (C)

Per quanto riguarda la linea Pa01 il valore di Fa calcolato, per gli edifici con periodo inferiore (0.1-0.5 sec) risulta più elevato di quello fornito dalla Regione Lombardia. Pertanto per la progettazione di edifici che ricadono in tale intervallo di periodo, nel sito analizzato, soggetti a predominante rischio litologico, sono necessarie indagini di III livello oppure dovrà essere utilizzato lo spettro di normativa caratteristico per la categoria di suolo superiore (in questo caso suolo di tipo C). Per tutti gli edifici con periodo superiore a 0.5 sec i valori di Fa calcolati sono inferiori a quelli regionali; pertanto, la normativa è da considerare sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa vigente.

Per quanto riguarda le linee Pa02 e Pa03 il risultato comune è che entrambi i valori di Fa calcolati risultano inferiori ai valori di soglia corrispondenti; pertanto, in tutte le aree indagate, soggette a predominante rischio di tipo litologico, la normativa è da considerare sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa vigente.

Gli scenari di pericolosità sismica locale sono riportati nella “Carta Geotecnica e di Pericolosità Sismica Locale (Allegata)” redatta alla scala 1:10000.

Tali scenari sono definiti, unitamente ai livelli di approfondimento, nella “Carta di fattibilità geologica e delle azioni di piano” alla scala 1:10000 e 1:5000.

La Provincia di Cremona ha eseguito per il nuovo convitto della scuola di casearia, di sua competenza, un accertamento geofisico con down-hole.

Tale verifica, che si è potuta consultare presso gli uffici competenti, conferma quanto misurato con la campagna di microtremori.

CAPITOLO 5 - CARTA DEI VINCOLI

Le limitazioni d’uso del territorio derivanti da normative ed eventuali piani sovraordinati in vigore, di contenuto prettamente geologico, sono stati riportati nella “All-3A e 3B Carta dei vincoli di natura geologica” redatta alla scala 1:10000 ed 1:5000.

Sul territorio di Pandino sono presenti numerosi corpi idrici che costituiscono un fitto reticolo idrografico distribuito assai omogeneamente su tutto il territorio comunale e per i quali vengono individuate delle fasce di rispetto così differenziate:

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

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

Le risorgenze ed i capifonte, per il valore idrogeologico ed ambientale che li contraddistingue, nell’ambito della media pianura lombarda, sono protetti con una fascia di vincolo di profondità 50m, per il capofonte e per i primi 200m dell’asta di canale emissario.

Le fasce di rispetto intorno ai capifonte che insistono negli abitati di Nosadello e Gradella, sono ridotte a 10m. La fascia di rispetto così definita viene misurata in orizzontale dal ciglio superiore della scarpata.

Anche per il laghetto artificiale, posto a nord del castello, scavato nel corso di lavori di costruzione di una lottizzazione residenziale, è prevista una fascia di rispetto di 10m sviluppata lungo tutto il suo perimetro.

Rientrano nella “Carta dei vincoli” anche le aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile; sono state indicate le aree di tutela assoluta dei pozzi pubblici (previste dal D. Lgs. N. 152/99, art. 21 comma 2 e modificate dal D. Lgs. N. 258/00, art. 5 comma 4) aventi un’estensione irriducibile di almeno 10 m di raggio dal pozzo, e le zone di rispetto di raggio 200m intorno al pozzo, secondo quanto previsto dall’articolo 21 del D. Leg. 11.05.99 n. 152.

CAPITOLO 6 - CENNI DI URBANISTICA

La condizione urbanistica del territorio di Pandino è qui di seguito accennata per sommi capi avendo a riferimento lo sviluppo urbano, lo strumento di programmazione urbanistica comunale e provinciale.

6.1 Cenni di urbanistica

Lo sviluppo urbanistico di Pandino si è realizzato nell'ultimo cinquantennio: l'esame delle levate IGM della tavoletta F. 46 III NO Pandino, eseguite nel 1889, 1913, 1931, 1956 e 1975, qui di seguito allegate, ad eccezione delle edizioni 1913 e 1956, non riproducibili per la bassa qualità grafica, dimostra come l'abitato permanga circoscritto al vallo difensivo, che si incentra sul castello, fino all'anteguerra, per poi svilupparsi, con la nuova circonvallazione sud, già negli anni 50-60. Nelle nuove urbanizzazioni vengono inglobate le rogge che, derivate dal Tormo o da roggia Pandina, scorrevano prima in ambiente extraurbano.

6.2 Piano Regolatore Generale (P.R.G.)

Il Comune di Pandino è dotato di Piano Regolatore Generale, approvato con D.G.R. 16.12.91 N. 16551 che ha subito alcune varianti parziali anche in data recente.

Il Piano di Governo del Territorio è in fase di studio. In pubblicazione la Variante Parziale del PRG per il reticolo idrico minore.

6.3 Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.)

La Provincia di Cremona è dotata di Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) approvato con D.C.P. 9.7.03 N.95 e pubblicato su BURL 15.10.03.

Il Comune di Pandino risulta inserito nel Piano di coordinamento intercomunale N° 2 del quale fanno parte anche i Comuni di Agnadello, Palazzo Pignano, Spino d'Adda e Dovera.

Il P.T.C.P. definisce alcuni elementi di quadro sintetizzati come segue.

La **Carta degli indirizzi per il sistema paesistico ambientale** classifica nella componente strutturale di secondo livello della rete ecologica i terreni del "Terrazzo alluvionale dell'Adda", essendo aree a significativa sensibilità ambientale e a rilevante pregio morfologico. Il territorio comunale è suddiviso in due parti: quella orientale e meridionale, comprende "aree che, in generale, risultano incompatibili con l'insieme degli insediamenti di tipo urbano e con le infrastrutture di collegamento", quella occidentale (Gratella- Nosadello) è compresa in "aree che risultano, in generale, incompatibili con le industrie a medio impatto e con le infrastrutture di collegamento su gomma".

La **Carta delle opportunità insediative**, indica i livelli di compatibilità insediativa e di idoneità agricola di ciascuna delle unità riportate. Ricalca la suddivisione in due aree precedentemente riassunta e secondo la quale si hanno: ad est ed a sud, "BK1, aree, in generale, che risultano incompatibili con l'insieme degli insediamenti di tipo urbano e con le infrastrutture di collegamento e che risultano idonee per le sole attività agricole che ne rispettino i caratteri di vulnerabilità fisico naturale", ad ovest, "BK2, aree, in generale, che risultano incompatibili con le industrie e le infrastrutture di collegamento su gomma e che risultano idonee per le sole attività agricole che ne rispettino i caratteri di vulnerabilità fisico naturale"

La **Carta delle sensibilità fisico naturali**, ripartisce il territorio comunale alle due aree sopra vista, quella orientale-meridionale e quella occidentale di Gradella- Nosadello, cui assegna le seguenti classificazioni:

a quella orientale e meridionale
vulnerabilità dell'acquifero: alta,
capacità d'uso agricolo: media,
rilevanza del paesaggio: medio-alta,
qualità biotica: alta;
a quella occidentale (Gradella- Nosadello)
vulnerabilità dell'acquifero: medio- alta,
capacità d'uso agricolo: alta,
rilevanza del paesaggio: medio-alta,
qualità biotica: bassa;

La **Carta delle tutele e delle salvaguardie**, segnala la presenza del corso d'acqua Tormo e del canale Vacchelli, vincolati ai sensi dell'art. 1, lettera c della L. 431/85.

CAPITOLO 7 – CARTA DI SINTESI

La Carta in discussione ha lo scopo di fornire un quadro sintetico dello stato del territorio comunale al fine di procedere alle successive valutazioni diagnostiche. Tale carta, redatta alla scala 1:10000, contiene gli elementi più significativi evidenziati dall'analisi dei caratteri geomorfologici, idrografici e idrogeologici del territorio e dalle indagini geognostiche e geofisiche, sviluppati negli studi di inquadramento e descritti nei precedenti capitoli.

Al fine di evidenziare meglio la condizione del territorio urbanizzato si è prodotto l' "All- 5B Carta di Sintesi" alla scala 1:5000.

In particolare, nella "Carta di sintesi", sono indicate le aree interessate da diversa vulnerabilità idrogeologica, classificate sulla base della soggiacenza della falda e della permeabilità del non saturo.

Tutto il territorio comunale di Pandino è caratterizzato da vulnerabilità idrogeologica molto alta, determinata dall'elevata permeabilità dei depositi superficiali e dalle modeste profondità dell'acquifero freatico (<2m), in particolare nel periodo estivo. Ciò detto, si è distinto, per il più alto grado di rischio, l'area corrispondente al solco vallivo del fiume Tormo e del reticolo idrico dei fontanili, in quanto in essa il pelo libero dell'acqua si trova, durante tutto il corso dell'anno, a profondità inferiore ad 1 m. In queste zone la capacità protettiva da eventuali inquinanti provenienti dalla superficie è affidata solo al suolo, che, per di più, è generalmente poco maturo e poco profondo (non più di 0.5m). Inoltre, queste zone sono esposte, oltre che al rischio idrogeologico, anche al rischio idraulico in caso di precipitazioni di una certa entità; pertanto, sono state unificate nella carta di sintesi in un'unica unità ad elevato rischio idrogeologico ed idraulico.

Si sottolinea come l'area della Valle del Tormo abbia un rilevante significato ambientale; essa infatti rappresenta una importante struttura morfologica di particolare pregio idrogeologico, ambientale, storico e scientifico, costituendo testimonianza diretta dell'evoluzione geomorfologica ed idrogeologica della pianura cremasca occidentale-lodigiana, in sinistra Adda.

La valle fluviale del Tormo costituisce, infatti, una morfostruttura unica¹, di particolare significato in relazione alla sua genesi, rappresentando un antico piano di divagazione fluviale dell'Adda (o di altro corso estinto), oggi occupato da un' articolata rete di fontanili e canali minori.

E' probabile che questa depressione valliva sia nata contemporaneamente alle attuali valli fluviali di pianura, all'inizio dell'Olocene, come sede di scorrimento di un corpo idrico, di significativa portata, alimentato probabilmente da acque provenienti dal bacino del Brembo. Verosimilmente il corso d'acqua rimase attivo fino a che un processo di cattura fluviale, attuato dal fiume Adda, non ne determinò la pressoché totale scomparsa. Le portate residue furono successivamente regimate dal fitto reticolo di canalizzazioni medievali e moderne ancor oggi attive.

E' intenzione del Comune di Pandino e di quelli confinanti, nonché della Province di Cremona, Lodi e Bergamo di procedere alla definizione del Parco Locale di interesse Sovracomunale del Tormo (PLIS).

Nella "Carta di sintesi" sono inoltre segnalati i fontanili, le zone di emergenza della falda e gli specchi d'acqua, per il loro elevato valore ambientale e per l'estrema vulnerabilità dell'acquifero in loro prossimità.

Sono state riportate le fasce di rispetto dei pozzi pubblici per uso idropotabile, con estensione di raggio pari a 200m, e le zone di tutela assoluta di raggio pari a 10 m, secondo quanto previsto dall'art. 21 del D. Leg. 11.05.99 n. 152 e successive modificazioni ed integrazioni.

Vengono inoltre localizzate le indagini geognostiche, utili per la definizione delle successioni litologiche, del grado di addensamento dei terreni, delle relative caratteristiche geotecniche e della soggiacenza della falda e le indagini geofisiche, atte a definire la pericolosità sismica locale del territorio comunale di Pandino.

Con la cartografia di dettaglio in scala 1:5000 si è voluto dare maggior risalto al centro abitato, in quanto l'espansione del nucleo residenziale e industriale è prevista, secondo il piano urbanistico attuale, proprio partendo dal centro e diramandosi radialmente verso l'esterno.

Dall'esame di tale allegato si può meglio apprezzare come l'abitato del capoluogo sia costruito per gran parte su terreni della Valle del Tormo. Sia l'abitato di Pandino che di Nosadello sono percorsi da numerosi corsi d'acqua, perlopiù appartenenti alla rete dei fontanili che nascono in territorio comunale o in territori limitrofi, a monte.

Si può inoltre rilevare come i pozzi a nord e ad ovest dell'abitato di Pandino siano in prossimità o all'interno di aree industriali (che si sviluppano prevalentemente a valle di essi) e di come il secondo pozzo sia a meno di 150 m da un distributore di carburante (ad ovest, lungo la SP 91).

CAPITOLO 8 - FATTIBILITA' GEOLOGICA E DELLE AZIONI DI PIANO

In questo capitolo viene definita, sulla base dell'analisi geologica del territorio comunale illustrata nei capitoli precedenti, la distribuzione delle classi di fattibilità geologica per le azioni di piano, secondo il metodo disposto nella D.G.R. 22.12.05 n.8/1566 e nella D.G.R.L 28.05.08 n.8/7374.

8.1 GENERALITÀ

Lo studio geologico eseguito ha lo scopo di supportare le scelte urbanistiche, indicando comportamenti pubblici e privati coerenti con le condizioni del territorio e con la conservazione dei suoi caratteri essenziali (L. 183/96); a questa finalità operativa risponde

la Carta di fattibilità geologica e delle azioni di piano e le Norme geologiche di attuazione ad essa collegate.

Tale carta, redatta alla scala 1:10.000, è derivata dalla valutazione incrociata degli elementi contenuti negli studi generali di inquadramento; la Carta di fattibilità rappresenta pertanto lo strumento di base per accertare le condizioni limitative all'espansione urbanistica ed alla modifica di destinazione d'uso del suolo.

Per garantire un maggior dettaglio per le aree su cui più intensa si ipotizza la spinta edificatoria, è stata redatta la carta di fattibilità del centro abitato, alla scala 1:5.000.

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

Sono state considerate, secondo le indicazioni della Regione Lombardia contenute nel paragrafo 3.3 del D.G.R. 29.10.2001 n. 7/6645, quattro classi di fattibilità:

CLASSE 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni

CLASSE 2 - Fattibilità con modeste limitazioni

CLASSE 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

CLASSE 4 - Fattibilità con gravi limitazioni.

Per quanto riguarda specificamente il lavoro svolto, la fattibilità è stata ricavata incrociando le informazioni raccolte: caratteristiche geomorfologiche, litologia dominante dei primi 2 metri, soggiacenza dell'acquifero superficiale, così facendo si sono definite delle unità provvisorie, che trovano posto nella tabella qui di seguito riportata.

A questa prima definizione territoriale si sono aggiunte: vulnerabilità, grado di addensamento dei sedimenti superficiali e le caratteristiche geotecniche medie degli stessi; si è così assegnata definitivamente la classe di fattibilità geologica.

8.2 CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA E DELLE AZIONI DI PIANO

A causa dell'estrema vulnerabilità della falda, e delle limitazioni che questo fatto comporta dal punto di vista urbanistico, tutto il territorio comunale è stato collocato in classe 3, con l'eccezione della zona di tutela assoluta dei pozzi pubblici, che rientra in classe 4.

Le classi 1 (Fattibilità senza particolari limitazioni) e 2 (Fattibilità con modeste limitazioni), sono assenti nel territorio in oggetto.

CLASSE 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

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

Si ricorda che nei terreni appartenenti alla Classe 3 è fatto obbligo di eseguire la relazione geologica per tutte le nuove costruzioni.

Sottoclasse 3a: aree con profondità minima della falda tra 0,5 e 2,0 m.

Comprende all'incirca 4/5 del territorio comunale inclusi i centri urbani di Pandino, Nosadello e Gradella. Sono escluse da essa solo la fascia orientale del territorio e l'area di forma sub-ellittica a sud di Nosadello. In questa sottoclasse sono stati inseriti terreni a vulnerabilità idrogeologica molto alta per la superficialità della falda freatica, i cui valori minimi di soggiacenza possono risultare, nella stagione estiva, anche inferiori al metro. I terreni appartenenti a questa sottoclasse possono presentare caratteristiche geotecniche mediocri se caratterizzati da un basso grado di addensamento, nei primi metri di

profondità o in presenza di depositi fini al di sotto dello strato più superficiale. E' quindi necessario che si qualificano, con indagini locali, le caratteristiche geotecniche dei terreni oggetto di nuova edificazione e la collocazione della falda e non si eseguano locali interrati.

Sottoclasse 3b: aree con falda a profondità costantemente inferiore ad 1 m e con possibilità di allagamento in occasione di eventi meteorici eccezionali.

Comprende la fascia orientale del territorio e l'area di forma sub-ellittica a sud di Nosadello in cui la soggiacenza della falda freatica è costantemente inferiore ad 1 m. Essa è pertanto caratterizzata da vulnerabilità idrogeologica molto alta, mentre, per quanto riguarda le caratteristiche geotecniche non si esclude che si ravvisino in esse condizioni di debolezza locale dovute a scarso addensamento dei primi metri di terreno. Poiché le aree a minore soggiacenza corrispondono alle aree più depresse, generalmente occupate dai corsi d'acqua minori, in questa sottoclasse ricadono terreni che sono ritenuti a rischio di allagamento, limitato a possibili eventi eccezionali, con periodo di ritorno ≥ 100 anni. Il rischio di allagamento viene infatti accresciuto dalla superficialità della falda, e dal difficile drenaggio ed infiltrazione nel sottosuolo che si verificano quando la tavola d'acqua si trova appena sotto la superficie del terreno.

Oltre che il divieto di realizzare locali interrati e l'obbligo di accompagnare, con relazione geologica i progetti, è indispensabile valutare la presenza della falda e le quote di possibile ristagno d'acqua proveniente dai corsi d'acqua circostanti e determinare, in base a ciò, la quota di sicurezza dei locali abitabili e/o agibili.

Sottoclasse 3c: pozzo pubblico per approvvigionamento idropotabile, zona di rispetto

In questa sottoclasse ricade: la fascia di rispetto dei tre pozzi pubblici per approvvigionamento idropotabile, con raggio 200 m, presenti in prossimità del centro abitato; in essa si applica il disposto del D.LGS. 152/99 e successive modificazioni ed integrazioni, fermo restando la documentazione che sarà prodotta dal Comune in ottemperanza alla D.G.R. 27.6.96 n.6/15137 per la riduzione delle fasce di rispetto in base al criterio idrogeologico.

Sottoclasse 3d: fontanili

Nelle aree caratterizzate da presenza di fontanili e risorgente captate è previsto dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale vigente l'istituzione di una fascia di rispetto di 50 m dalla zona di testa e dal primo tratto, per una lunghezza di 200 m. Si sottolinea l'elevato valore ambientale di questi punti d'emergenza d'acqua e l'estrema vulnerabilità dell'acquifero in loro prossimità. In area urbana (Gradella e Nosadello) i capifonte ed i canali emissari sono protetti da una fascia di rispetto ridotta a 4m.

Sottoclasse 3e: corsi d'acqua

I corsi d'acqua individuati in "All-2A Carta idrogeologica e del sistema idrografico", alla scala 1:10.000, sono oggetto di particolare tutela poiché costituiscono un elemento paesistico ambientale essenziale della pianura cremasca.

Essendo tutti i corsi d'acqua dichiarati pubblici dalla Legge 36/94, in attesa che il Comune assolva agli obblighi derivati dal trasferimento della polizia idraulica, avvenuto ai sensi della L.R.1/00, con D.G.R. 25.1.02 N.7/7868 punto 10 e successive modificazioni ed integrazioni, che prevedono la determinazione del reticolo idrico minore, si applica il

disposto del R.D.25.7.1904 n. 523, art. 93 e successivi, pertanto non si edificerà nella fascia di 10 m, misurati dal ciglio superiore della sponda, né modificherà la rete idrica. I corsi d'acqua vanno salvaguardati nel loro percorso, mantenuti nella piena funzionalità idraulica ed integrati nel contesto paesistico ambientale in cui scorrono, ne è vietata la tombinatura (D. LGS.152/99 art.21 e successive modificazioni ed integrazioni, Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, art.21 Norme di Attuazione, D.P.C.M.8.8.01).

Anche il Codice Civile definisce, all'art. 891, le distanze da osservare dalle proprietà per canali e fossi, pari alla profondità massima di scavo, misurata dall'orizzontale e dal ciglio superiore di scavo, come chiarito dalla Sentenza S.C. Sezione III° del 27.2.76 n. 648.

Sottoclasse 3f: laghetto artificiale

Nelle area del settore nord dell'abitato di Pandino, è stato effettuato uno scavo con la finalità di produrre un piccolo lago a scopo ricreativo - paesaggistico. Il laghetto è alimentato direttamente dalle acque di falda e per lo scavo è stato necessario deviare il percorso della Roggia Nuova, che attualmente corre ad una distanza variabile tra 5 e 10 metri dalla sponda orientale del laghetto. Si ritiene opportuno estendere la fascia d'inedificabilità ,applicata ai corsi d'acqua (10 m), su tutto il perimetro del laghetto artificiale, ove essi non siano già soggetti al vincolo dei 10 m relativo alla roggia Nuova.

CLASSE 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

In questa classe è stata inserita solo la sottoclasse 4a, relativa alla zona di tutela assoluta di pozzo pubblico e disciplinata dal D. LGS 152/99 e successive modificazioni ed integrazioni.



IL GEOLOGO
DOTT. GIOVANNI BASSI
Maggio 2009

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV., 1997, Quaderni agro-ambientali n.1; Rischio di esondazione e vulnerabilità verticale della falde, Centro di documentazione ambientale, Provincia di Cremona.
- Cremonini Bianchi M., 1988, Piano territoriale paesistico, Relazione geologica e tavole.
- Comizzoli G., Gelati R., Passeri D.L., 1969, Note illustrative della Carta geologica d'Italia, Foglio 45 Milano e 46 Treviglio.
- ERSAL, 1997, Paesaggi e suoli della provincia di Cremona
- ERSAL, 2002, I suoli della pianura Cremasca
- Ferrari V. e Lavezzi F., 1995, I fontanili ed i bodri in provincia di Cremona
- Ferrari V. e Uberti E., 1979, I fontanili del territorio cremasco.
- Franconi V. et Alii, 1993, Studio idrogeologico della provincia di Cremona.
- M.A.F., 1978, Bonifica e programmazione in Lombardia
- Provincia di Cremona, 1986, Ass. Agricoltura, Determinazione del grado di vulnerabilità delle acque sotterranee in provincia di Cremona in relazione all'impiego di prodotti chimici e liquami zootecnici in agricoltura.
- Provincia di Cremona, 1995, Contributo allo studio delle acque della provincia di Cremona.
- Provincia di Cremona, 1995, Ass. all'ambiente ed Ecologia, Progetto generale per la realizzazione di una rete di monitoraggio degli acquiferi sotterranei della provincia di Cremona.
- Provincia di Cremona, 1997, Ass. Agricoltura, Servizio Provinciale del Suolo, Carta delle componenti geo-ambientali del territorio cremasco scala 1:25000 ridotta.
- Provincia di Cremona, 1998, Ass. Agricoltura., Servizio Provinciale del Suolo, Quaderno agro-ambientale n.3, Catalogo dei suoli cremonesi.
- Provincia di Cremona, Ass. Agricoltura, 1998, Servizio Provinciale del Suolo, Analisi del carico zootecnico comunale e attitudine dei suoli all'utilizzo agronomico dei reflui zootecnici in provincia di Cremona.
- Regione Lombardia, 2002, Geologia degli acquiferi padani della regione Lombardia, a cura di Carcano C. e Piccin A..
- Romita, Giura, De Wrachien, Galperti, 1972, Lo stato attuale dell'irrigazione in Lombardia, in Bonifica e assetto territoriale anno XXVI n.1
- USDA, Soil Conservation Service, 1994, Keys to Soil Taxonomy.