



**studio associato**

Via Giorgio e Guido Paglia, n° 21 – 24122 **BERGAMO** – e-mail: bergamo@eurogeo.net  
Tel. +39 035 248689 – +39 035 271216 – Fax +39 035 271216

REL.1-LM 27/07/2007

## **COMUNE DI CIVIDATE AL PIANO**

*P.zza Papa Giovanni XXIII – Civate al Piano (Bg)*



**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA  
DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO  
ai sensi della D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005**



Bergamo, luglio 2007

*Massimo Elitropi Renato Caldarelli*



## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DEL TERRITORIO PADANO</b> .....	<b>8</b>
2.1	Evoluzione morfodinamica della Pianura Padana .....	8
2.2	Cenni archeologici e storici.....	11
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE DELL'AREA</b> .....	<b>15</b>
3.1	Inquadramento geografico .....	15
3.2	Cenni di meteorologia .....	17
3.1.1	Temperatura .....	17
3.1.2	Precipitazioni atmosferiche .....	20
3.1.2.1	<i>Determinazione dell'equazione della possibilità pluviometrica.</i> .....	21
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b> .....	<b>24</b>
4.1	Premessa.....	24
4.2	Unità litologiche .....	24
<b>5</b>	<b>CARTA GEOMORFOLOGICA (TAV. 1)</b> .....	<b>28</b>
5.1	Premessa.....	28
5.2	Criteri adottati per la stesura della carta geomorfologica .....	28
5.3	Caratteri fisiografici ed altimetrici .....	28
5.4	Descrizione morfologica.....	29
5.6	Evidenze di origine antropica.....	31
5.1.1	Antiche.....	31
5.1.2	Attuali.....	31
5.1.2.1	<i>Discarica Cascina S. Giorgio</i> .....	32
5.1.2.2	<i>Nuova L.G.Z.</i> .....	34
5.1.2.3	<i>Area industriale Olifer-Acp S.p.A.</i> .....	34
5.2	Caratterizzazione pedologica del territorio.....	35
5.2.1	Premessa .....	35
5.2.2	Descrizione delle unità cartografiche .....	37
5.2.3	La capacità d'uso dei suoli .....	39
<b>6</b>	<b>CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO (TAVV. 2-3)</b> .....	<b>41</b>
6.1	Premessa.....	41
6.2	Idrografia superficiale.....	41
6.2.1	I fiumi.....	41
6.2.2	Le rogge.....	42
6.3	Caratteri idrogeologici .....	43
6.3.1	Permeabilità superficiale dei terreni.....	43
6.3.2	La superficie piezometrica .....	44
6.3.3	Geometria degli acquiferi .....	46
6.4	Vulnerabilità degli acquiferi.....	47
6.4.1	Premessa .....	47
6.4.2	DRASTIC .....	48



6.4.3 Note conclusive.....	53
<b>7 CARTA DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA (TAV. 4) .....</b>	<b>56</b>
7.1 Premessa.....	56
7.2 Zonazione geotecnica del territorio .....	56
7.2.1. "Livello Fondamentale della Pianura" e terrazzo fluviale superiore;.....	56
7.2.2. Terrazzo fluviale intermedio.....	57
7.2.3. Terrazzo fluviale inferiore .....	57
7.2.4. Discarica Cascina S. Giorgio .....	57
<b>8 CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (TAV. 5).....</b>	<b>58</b>
8.1 Premessa.....	58
8.2 Zonazione della pericolosità sismica locale .....	59
8.2.1 Primo livello.....	59
8.2.2 Secondo livello.....	60
8.3 Procedura .....	60
8.4 Applicazione del secondo livello .....	61
8.5 La metodologia MASW .....	62
8.5.1 Teoria.....	62
8.5.2 Procedura in sito.....	64
8.5.3 Interpretazione delle misura .....	64
8.6 Conclusioni .....	67
<b>9. CARTA DEI VINCOLI (TAV. 6) .....</b>	<b>68</b>
9.1 Fasce PAI .....	69
<b>10. CARTA DI SINTESI (TAV. 7).....</b>	<b>73</b>
<b>11. CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO (TAV. 8).....</b>	<b>75</b>
11.1 Premessa.....	75
11.2 Classi di fattibilità .....	75
11.3 La fattibilità geologica nel Comune di Cividate al Piano.....	76

## **ALLEGATI**

1. Schede censimento pozzi;
2. Stratigrafie scavi e sondaggi geognostici;
3. Prove penetrometriche dinamiche continue;
4. Prospezioni geofisiche;
5. D.M. LL.PP. 11 Marzo 1988.;
6. D.G.R. Schede Regionali per la valutazione del Fa.



## **TAVOLE**

1. CARTA GEOMORFOLOGICA (scala 1:7.500);
2. CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO (scala 1:7.500);
3. SEZIONI IDROGEOLOGICHE (scala 1:10.000);
4. CARTA DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA (scala 1:7.500);
5. CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (scala 1:7.500);
6. CARTA DEI VINCOLI (scala 1:7.500);
7. CARTA DI SINTESI (scala 1:7.500);
8. CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO (scala 1:7.500);



## 1 PREMESSA

Al fine di determinare la propensione urbanistica ed edificatoria del territorio comunale di Civate al Piano ed in ottemperanza alle normative vigenti (Legge Regionale del 11 marzo 2005 n. 12 e successive delibere di attuazione), l'Amministrazione Comunale ha incaricato lo Studio Associato Eurogeo di realizzare la componente geologica a supporto del Piano di Governo del Territorio.

Gli elementi territoriali di base quali la geologia, la geomorfologia, l'idrogeologia e la litologia, riconosciuti con il rilevamento in situ e mediante l'analisi fotointerpretativa, sono riportati nelle tavole d'inquadramento allegate alla relazione.

L'analisi dei singoli tematismi e le loro interconnessioni hanno prodotto la Carta di Sintesi e la Carta della Fattibilità Geologica, nelle quali sono distinti gli elementi di pericolosità naturale presenti sul territorio di Civate al Piano che rendono necessari gli approfondimenti d'indagine propedeutici a qualsiasi variazione di destinazione d'uso.



## 2 EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DEL TERRITORIO PADANO

### 2.1 *Evoluzione morfodinamica della Pianura Padana*

L'ampio bacino della Pianura Padana, intendendo con questo termine il territorio delimitato dall'affiorare del substrato prequaternario delle Alpi, delle Prealpi e degli Appennini, presenta caratteristiche climatiche, geologiche, paesaggistiche e antropiche assai peculiari e varie, nonostante la sua apparente omogeneità. Questa variabilità testimonia la complessità degli eventi naturali che si sono succeduti nel tempo, in particolare durante le ultime fasi della storia geologica della Terra, che va sotto il nome di Quaternario e delle complesse interrelazioni con il fattore antropico.

La Pianura Padana è un ampio bacino sedimentario colmato da ingenti spessori di sedimenti sciolti di età quaternaria e di origine prevalentemente fluviale. L'individuazione del bacino data ad una fase pre-quaternaria: probabilmente a partire dal Miocene medio il sollevamento della catena appenninica portò alla formazione di un vasto golfo marino che iniziò a colmarsi di sedimenti.

L'evoluzione plio-quaternaria della pianura si può dividere in tre fasi:

- 1°) sedimentazione di depositi continentali, deltizi e di piana costiera (Pliocene superiore-Pleistocene inferiore; prima di 700.000 anni fa);
- 2°) sedimentazione sotto l'influenza delle glaciazioni (cosiddetti Gunz, Mindel, Riss e Würm) e degli interglaciali pleistocenici (da circa 700.000 a 10.000 anni fa);
- 3°) cicli di sedimentazione ed erosione di età olocenica, cui si accompagna l'impatto antropico (da circa 10.000 anni fa ad oggi).

Da un punto di vista morfologico e morfostratigrafico si possono distinguere alcuni grandi sistemi fisiografici principali.

Procedendo da settentrione si incontra, presso il margine alpino ed allo sbocco delle principali vallate prealpine, il sistema di depositi glaciali che costituiscono gli apparati morenici del limite alpino (es. lago di Como e Lecco, Iseo, Garda, etc.). Questo sistema è composto da una grande varietà di sedimenti di origine glaciale, proglaciale (fluvioglaciale, glaciolacustre, etc.) ed eolica, depositi durante le fasi di maggiore recrudescenza climatica del Pleistocene - le glaciazioni - quando i ghiacciai alpini si spingevano fino al margine della pianura trasportando e depositando materiali erosi



nelle Alpi. Vi si trovano morfologie relitte e inattive, che testimoniano condizioni morfodinamiche, climatiche e ambientali non in equilibrio con il sistema attuale. Depositi e forme sono databili, in toto, al Pleistocene; i meglio rappresentati sono quelli relativi all'ultima espansione glaciale - il cosiddetto Würm - che raggiunse il suo massimo all'incirca 18.000 anni da oggi.

Su questi depositi si sono sviluppati, dal momento del ritiro dei ghiacciai fino ad oggi, suoli derivanti dall'azione dei processi di alterazione pedogenetica; si tratta nella maggior parte dei casi di suoli profondi e discretamente alterati, essendo stati interessati da evoluzione continuativa almeno negli ultimi 15.000 anni circa.

La porzione centrale della Pianura Padana è occupata dal sistema dei depositi alluvionali, che costituisce la pianura alluvionale vera e propria.

Nel settore di pianura a nord del Po si riconosce, a fronte della eterogeneità di cui sopra, una certa omogeneità nella sequenza evolutiva. Semplificando decisamente, presso il margine prealpino si individua un sistema di conoidi che va a raccordarsi con le morene würmiane e che, procedendo verso l'area centro-padana, va a formare un ampio terrazzo rilevato rispetto agli alvei dei principali corsi d'acqua di provenienza alpina, sebbene con alcune significative eccezioni (il fiume Serio).

Questo terrazzo è tradizionalmente indicato dalla letteratura scientifica quale "Livello Fondamentale della Pianura", la cui superficie, lievemente ondulata da una serie di dossi, si configura interrotta dalle incisioni dei principali tributari sinistri del Po che vanno a costituire un sistema di valli, il cui limite è sottolineato da scarpate erosive. In queste stesse valli è sovente possibile distinguere più terrazzi morfologici; vi affiorano depositi fluviali olocenici del cosiddetto "Alluvium attuale" e "Alluvium medio": si tratta di sedimenti sciolti, con tessitura da ghiaiosa a limosa, al cui tetto si trovano suoli poco evoluti.

Nell'area di nostro interesse, il livello fondamentale si compone di depositi ghiaiosi e sabbiosi appartenenti al "Fluvioglaciale e fluviale würmiano" al cui tetto si rilevano suoli profondi e ben evoluti. La posizione morfologica e i caratteri dei sedimenti che ne costituiscono l'ossatura permettono di datare questa unità al Pleistocene superiore.



Procedendo verso sud, si giunge al limite meridionale dei terrazzi pleistocenici, e si entra nel tratto attivo della pianura (es. lungo il corso del Po o nelle Valli Grandi Veronesi), in aree ad elevata subsidenza e con continuo apporto di sedimenti.

L'assetto fisiografico e stratigrafico della pianura alluvionale riflette i caratteri dell'evoluzione morfologica durante il Quaternario. Il modello evolutivo più recente ritiene, in linea generale, che il livello fondamentale - così come la conoide dell'Adige in cui si manifesta una situazione analoga - rappresenti l'ultima grande fase di riempimento del bacino padano, i cui più recenti episodi di accrescimento si sarebbero attuati alla fine del Tardiglaciale. Successivamente, nell'Olocene iniziale un'intensa fase erosiva portò i corsi d'acqua di provenienza alpina ad incidere linearmente i depositi del livello fondamentale, approfondendosi rispetto ad esso e dando origine alle valli. In tal modo la superficie del livello fondamentale, isolata dai fenomeni fluviali che avevano luogo nelle valli, è venuta a trovarsi in una situazione di sostanziale stabilità geomorfologica, soggetta ai soli processi pedogenetici e, a meno di alcune eccezioni, senza significativi fenomeni di sedimentazione.

Relativamente alle valli alluvionali uno studio effettuato sulla valle dell'Adda ha evidenziato come quest'unità fosse già stabile, cioè non interessata da intensi fenomeni di erosione o aggradazione, a partire dal medio Olocene. Molti autori considerano dunque che la principale fase di aggradazione delle valli oloceniche fosse già avvenuta prima della fine dell'Atlantico, cui sarebbero seguiti, nel Suboreale, una fase di incisione e un successivo alluvionamento. Va evidenziato come la letteratura recente stia in certo qual modo rivedendo il vecchio stereotipo dell'Olocene quale periodo di stabilità ambientale e geomorfologica, evidenziando come pure nelle sue fasi più recenti si siano verificati vari eventi anche di portata notevole.

Un particolare sub-sistema della pianura alluvionale è dato dall'insieme dei rilievi isolati rilevabili in alcuni settori limitati, ad esempio nelle vicinanze di Romanengo, in provincia di Cremona.





## 2.2 Cenni archeologici e storici

L'evoluzione del paesaggio padano è stata fortemente influenzata dall'azione antropica.

Le tracce della presenza umana nella Pianura Padana sono tra le più antiche d'Europa, databili a oltre un milione di anni fa e vari siti documentano una frequentazione che, se non continuativa, è comunque ripetuta in più momenti del Paleolitico inferiore, medio e superiore da parte dei gruppi di cacciatori-raccoglitori-pescatori nomadi.

Un notevole incremento nelle testimonianze preistoriche si registra a partire dal tardo Paleolitico superiore (Epigravettiano, da 15.000 anni fa) e durante il Mesolitico, ma il vero momento critico che porta ad una profonda modificazione nelle relazioni tra umani e ambiente è la neolitizzazione, processo che introduce le pratiche dell'agricoltura e dell'allevamento. A quel tempo l'intera pianura Padana era in gran parte occupata da fitte foreste di querce decidue (farnia, rovere), alle quali si associarono in seguitoiglio ed olmo formando così il querceto misto. Fin dalle fasi più antiche del Neolitico, intorno al 5.500 a.C., il popolamento umano si intensifica in tutto il bacino mediterraneo. Nel territorio padano si assiste dapprima ad una fase di popolamento lungo le conoidi e nei fondovalle, aree dove le caratteristiche pedologiche e idrologiche consentivano alla tecnologia neolitica una certa resa nelle pratiche di coltivazione. Durante il neolitico l'agricoltura utilizzava la tecnica dello *slash and burn*, cioè mediante l'incendio di vaste aree, la loro coltivazione e il successivo abbandono, fatto che determinava, malgrado la scarsa densità di popolazione, un discreto impatto antropico, soprattutto sulle caratteristiche del suolo.

Nell'Eneolitico (intorno al 3.000 a.C.) compare la metallurgia: ampi settori prealpini e collinari vengono disboscati per fini estrattivi e per mettere a disposizione combustibile legnoso. Si verifica dunque il primo consistente impatto antropico sui versanti, con la mobilitazione di ampie porzioni della copertura pedogenetica che vengono rielaborate lungo i pendii e rideposte in forma di depositi colluviali. La consistente pressione antropica si associa ad un "deterioramento" climatico, con un effetto di *feedback* assai rilevante sul territorio, soprattutto nelle fasce pedemontane.

Altro periodo cruciale è la media età del Bronzo (circa 1.500 a.C.) quando, grazie alle innovazioni tecnologiche e alla maggiore stabilità insediativa, le pratiche agricole si intensificarono. Alcuni autori ritengono che già a partire dalla media e recente età del



Bronzo vasti settori dell'area centro-padana vengono disboscati, coltivati e regimati idraulicamente, come attestato, oltre che dall'analisi di sedimenti e suoli, anche dalle evidenze paleobotaniche.

Da questo momento la pressione antropica prosegue nel processo di intensificazione, sfociando, all'incirca 2.000 anni fa, nella prima vera e propria organizzazione territoriale permanente registratasi nella Pianura Padana, che corrisponde alla centuriazione.

Le politiche coloniali in età repubblicana prima e imperiale poi, portarono alla necessaria spartizione del territorio, mediante il suo disboscamento, la suddivisione delle parcelle agrarie secondo una maglia quadrangolare regolare, la regimazione idrica dei corsi d'acqua e la creazione di un sistema di viabilità e di irrigazione artificiale. Questo processo di regolarizzazione e pianificazione territoriale proseguì per vari secoli, determinando la creazione di un *pattern* territoriale che si è conservato in buona parte della pianura e ne costituisce il tratto distintivo. Malgrado infatti si registrino delle fasi di relativo abbandono del territorio, la modificazione dell'idrografia e la creazione di un microrilievo artificiale hanno fornito all'organizzazione territoriale un'impronta difficilmente cancellabile, sulla quale si sono spesso sovrapposte, reiterandolo, le parcellazioni agricole e le riorganizzazioni fondiari di età più recente.

Come in altre aree della Pianura Padana, anche nel territorio bergamasco la centuriazione costituisce uno dei più evidenti tratti paesaggistici del territorio di pianura. L'intensa parcellizzazione del territorio nelle aree centuriate permane anche nell'attuale paesaggio con tracce dirette e indirette. L'indagine aereofotografica contribuisce in modo sensibile al riconoscimento delle tracce della primitiva suddivisione in centurie del territorio. Gli indizi normalmente utilizzati per evidenziare le tracce della centuriazione romana sono costituiti da allineamenti di strade e di canali con evidente disposizione in maglie regolari con lato di 710 m o multipli di questa misura. In particolare attraverso la fotointerpretazione è possibile riconoscere più in dettaglio gli antichi assi di drenaggio, anche se si trovano attualmente sepolti ed interrati, grazie alla loro maggiore umidità ed al loro maggior carico humico che ne rendono più rigogliosa la vegetazione.

Nel territorio di Bergamo, compreso tra Adda e Oglio, si ha la sovrapposizione di due centuriazioni con estensione ed orientamento divergenti. La prima centuriazione è probabilmente databile intorno all'89 a.C. quando, con la costituzione di colonie latine in molti centri della Gallia Cisalpina si crearono le condizioni adatte per la suddivisione agraria del territorio; essa ne occupò solo una parte. Uno dei cardini principali è costituito



dall'asse di collegamento della strada di Pontirolo-Treviglio-Calvenzano-Trescore Cremasco. Questo asse origina e organizza tutta una serie di sottomultipli regolari, cui si appoggiano ulteriori cardo e decumani minori, generando una morfologia molto particolare.

La seconda si colloca cronologicamente non oltre l'età augustea e interessa quasi per intero la pianura bergamasca, sovrapponendosi alla precedente. In entrambe il cardo è disposto circa NNW-SSE, circa parallelamente alle aste fluviali principali dell'Adda e dell'Oglio. E' ovvio che la seconda centuriazione risulti meglio visibile della precedente, poiché si sovrappone ad essa, ma anche le tracce della prima non sono state completamente cancellate. La discordanza angolare tra le due è minima, valutabile in meno di 10°.

L'orientazione degli assi della centuriazione e la distribuzione delle aree non centuriate denotano una buona conoscenza del territorio e delle sue dinamiche geomorfologiche da parte dei Romani. Restavano escluse dalla centuriazione alcune aree mantenute a bosco e a pascolo e come riserva di caccia o legname, presenti soprattutto a ridosso dei corsi d'acqua.

La decadenza dell'impero romano e le prime invasioni barbariche determinarono il progressivo abbandono delle attività agricole, facilitando quindi una nuova espansione delle foreste. In età tardo medievale con lo sviluppo delle istituzioni comunali si ebbe una nuova inversione di tendenza. Infatti, per sopperire alla crescita demografica, si misero a coltura nuove terre, si ripresero i dissodamenti ed i disboscamenti: iniziò così una nuova espansione delle colture agrarie, grazie anche all'opera sistematica di bonifica e regolazione delle acque superficiali condotta dai monaci benedettini. Vennero eseguite le prime opere di canalizzazione volte a portare le acque irrigue sul territorio, opere che poi saranno perfezionate e ultimate nei secoli successivi con la costruzione delle principali rogge e delle relative reti irrigue. A questo periodo risale la realizzazione di opere di canalizzazione quali il Fosso Bergamasco (XIII sec.), la roggia Moschetta e la roggia Vignola (XIV sec.).

Prese così forma il paesaggio agrario tipico della pianura padana nel quale le coltivazioni erbacee erano delimitate da canali e fossi adacquatori, siepi campestri, filari di vite "maritata", piante arboree (a formare la tipica "piantata" padana), fasce boscate e boschetti, che insieme componevano un fitto e complesso reticolo di vegetazione arborea.



I periodi seguenti il Medioevo non hanno sostanzialmente mutato l'assetto del territorio se non per quello che riguarda l'introduzione massiccia della coltivazione del mais, nel corso del Seicento, e del gelso, nel settecento, ovvero in concomitanza con lo sviluppo dell'industria serica.

Nel territorio di Cividate al Piano non sono state ritrovate testimonianze archeologiche rilevanti in grado di ricostruire le vicende riguardanti il periodo preistorico e romano. Data però la posizione geografica è possibile ipotizzare che abbia risentito della vicinanza del Fiume Oglio, fonte di acqua di cibo e importante via di comunicazione.



### **3 CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE DELL'AREA**

#### ***3.1 Inquadramento geografico***

Il Comune di Civate al Piano si trova circa 21 km a sud est di Bergamo e circa 30 Km a nord ovest di Treviglio. Ha un'estensione di 9,834 kmq e una popolazione di 5.141 abitanti (giugno 2007).

Confina a nord con il Comune di Palosco, ad ovest con Martinengo e Cortenuova, a sud con Calcio e ad est con i Comuni di Pontoglio (BS) e Urago d'Oglio (BS).

L'area urbanizzata si trova nel settore settentrionale del territorio comunale ed occupa circa il 13% della superficie totale. La restante porzione è caratterizzata dalla presenza di piccoli insediamenti rurali circondati da terreni coltivati a seminativo o a prato.

Il Comune di Civate al Piano è attraversato da due importanti arterie di collegamento viario: la Strada Provinciale 98 (Costa di Mezzate-Calcio) e la Strada Provinciale n. 101 (Civate al Piano-Romano di Lombardia).

L'area dello studio è compresa nelle sezioni C5c5, C5d5, C6c1 e C6d1 della C.T.R. in scala 1:10.000 aggiornata nel 1994 (Fig. 1).



*Fig. 1: Inquadramento geografico del territorio comunale di Cividate al Piano (scala 1:25.000).*



### **3.2 Cenni di meteorologia**

I fattori sui quali si basano le diverse classificazioni climatiche sono la temperatura e le precipitazioni, cui si affiancano la radiazione netta (differenza tra energia in entrata e in uscita), il bilancio del suolo e la vegetazione.

Il Comune di Cividate al Piano è situato in un'area di pianura soggetta al tipico clima continentale con inverni rigidi ed estati calde e, in genere, piovose. La presenza di nebbie serali e notturne è dovuta all'inversione termica al suolo e all'alta umidità relativa presente.

Le precipitazioni liquide (piogge) o solide (neve, grandine, brina e rugiada) sono misurate in mm: ogni mm corrisponde ad un litro d'acqua per mq e ogni cm di neve equivale ad un mm d'acqua.

Qui di seguito saranno illustrati gli andamenti delle temperature e delle precipitazioni nei periodi compresi tra il 1997 ed il 2007 misurati nelle stazioni agrometeorologiche della Provincia di Brescia localizzate a Chiari (160 m s.l.m.) ed Orzinuovi (75 m s.l.m.) (Fig. 2).

#### **3.1.1 Temperatura**

La temperatura dell'aria dipende dalla radiazione solare, dai movimenti terrestri ed atmosferici.

Nei grafici seguenti (Fig. 3) sono visualizzate le temperature massime, medie e minime mensili registrate nelle aree di Chiari ed Orzinuovi.

I mesi di luglio ed agosto sono in media i più caldi sia a Chiari che a Orzinuovi con temperature comprese fra i 32,2 e i 42,1 °C. La temperatura massima raggiunta a Chiari nell'agosto 1993 è stata di 39,4°C, mentre ad Orzinuovi si sono registrati 41,6°C nell'agosto 2003. Le rispettive temperature minime assolute sono i -12,4°C a Chiari (nel dicembre 2005) e -13,0°C ad Orzinuovi (dicembre 2005).

L'escursione termica a Chiari ha raggiunto il suo apice nell'ottobre 1997 con 33,6°C, mentre ad Orzinuovi ha raggiunto 32,4°C sempre nel maggio 2005.



*Fig. 2: Ubicazione delle stazioni meteorologiche di Chiari ed Orzinuovi (scala 1:125.000).*





L'analisi dei grafici evidenzia come l'escursione termica a Chiari è normalmente compresa tra 20°C e 25°C con picchi superiori a 30°C nell'ottobre 1997 e nel marzo 2005.

A Orzinuovi l'escursione termica è più accentuata essendo normalmente compresa tra 25°C e 30°C; come per i dati riferiti alla stazione meteorologica di Chiari, i valori massimi sono stati rilevati nell'autunno del 1997 ed alla fine dell'inverno del 2005.

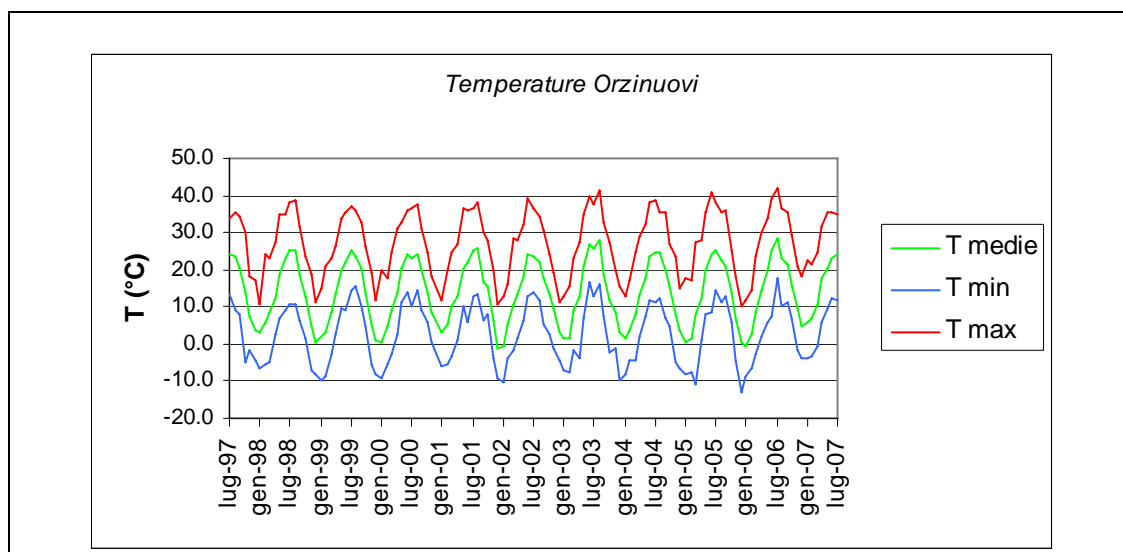
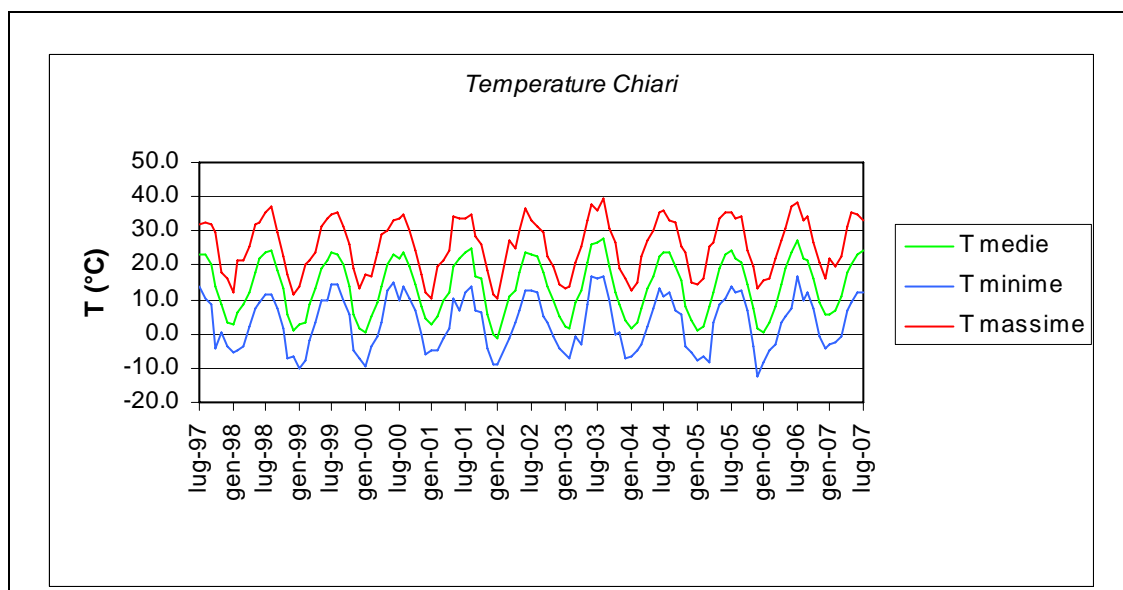


Fig. 3: Diagrammi delle temperature mensili



### 3.1.2 Precipitazioni atmosferiche

Le precipitazioni presentano apici di massima pioggia in settembre-ottobre sia a Chiari che ad Orzinuovi. Non si riconosce un vero e proprio periodo standard di siccità poichè i minimi non sono ben localizzati, seppure si concentrino normalmente nei mesi invernali.

Le piogge mensili più intense a Chiari risalgono al mese di novembre del 2006 con 266,4 mm di pioggia; ad Orzinuovi il valore massimo si è registrato nell'ottobre 2000 con 283,4 mm di pioggia (Fig. 4).

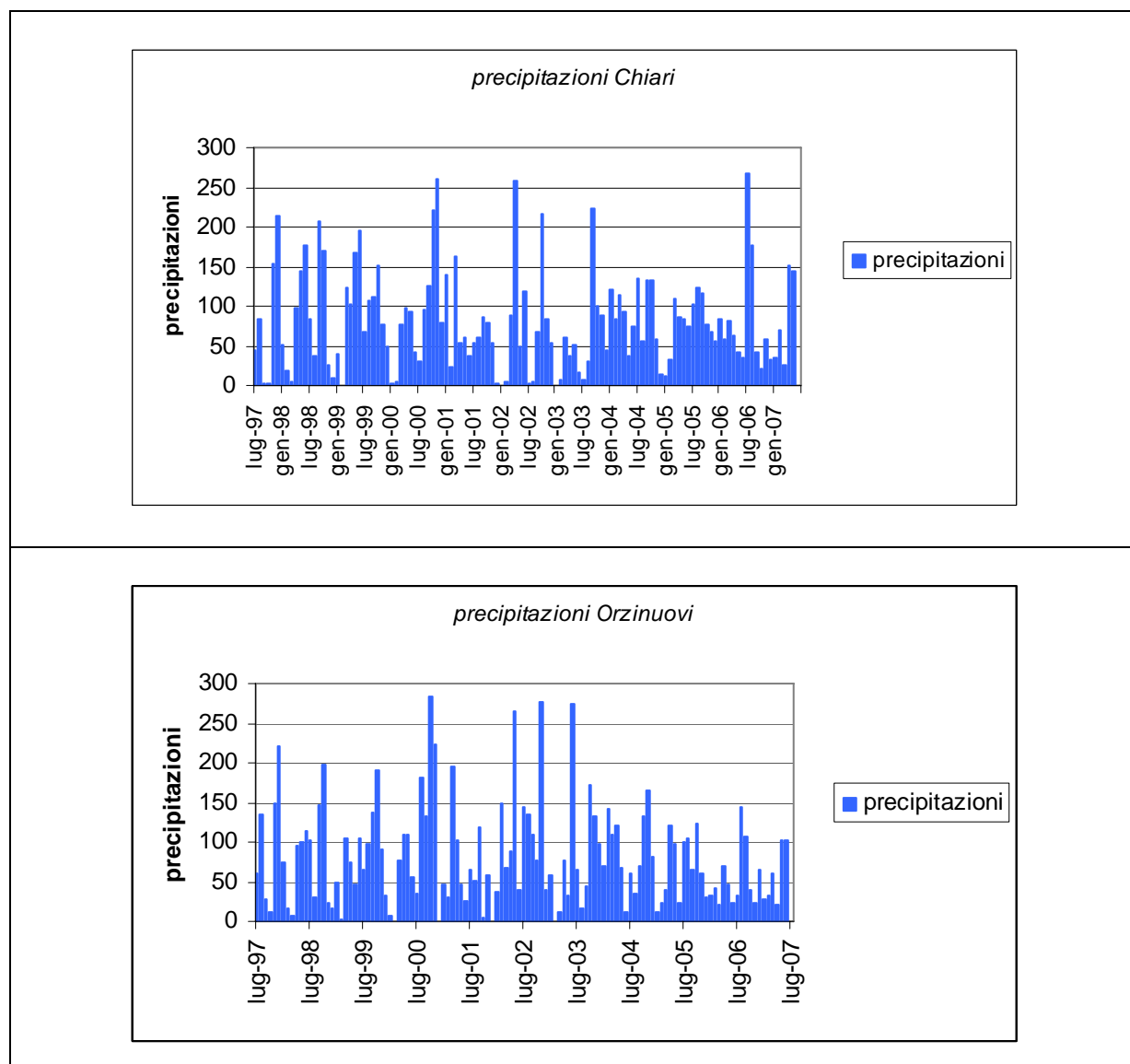


Fig. 4: Istogrammi delle precipitazioni medie mensili.



### 3.1.2.1 Determinazione dell'equazione della possibilità pluviometrica.

La determinazione delle altezze idrometriche e delle portate ha un ruolo importante per il dimensionamento delle opere, nonché per le funzioni di regolazione o dissipazione dell'energia associata a tali flussi.

Le fonti dalle quali attingere gli elementi di interesse sono le osservazioni sistematiche legate agli eventi climatici, meteorici ed idrauliche effettuate dal Servizio Idrografico, dalle regioni e/o altri enti preposti, rilevate in stazioni variamente distribuite sul territorio. Tali rilevazioni sono in genere disponibili negli Annali Idrologici, che forniscono gli afflussi nell'ambito dei bacini in esame e che poi vanno elaborate per determinare i deflussi.

L'elaborazione dei dati pluviometrici forniti da una stazione di misura delle piogge si compie ricercando la cosiddetta "*curva di possibilità pluviometrica*" per il determinato tempo di ritorno considerato, ovvero cercando il legame esistente tra l'altezza  $h$  [mm] delle precipitazioni e la loro durata  $d$  [ore]. Affinché le elaborazioni siano attendibili i dati di riferimento ed osservazione devono essere sufficientemente estesi nel tempo (20 – 30 anni).

La curva di possibilità pluviometrica è generalmente espressa nella forma:

$$h = a d^n$$

dove  $a$  e  $n$  sono costanti in funzione del tempo di ritorno  $T$  e vanno determinate caso per caso.

Per la sua determinazione è necessario riferirsi alla pubblicazione della Provincia di Bergamo "Studi e analisi per il Piano Territoriale di Coordinamento provinciale" – Sezione Idrologia - Idraulica. La pubblicazione è corredata di cartografia che ricostruisce l'andamento delle curve "iso- $a$ " e "iso- $n$ " per tutta la provincia di Bergamo relative a tempi di ritorno  $T=5, 10, 50, 100$  (Figg. 5a, 5b, 5c e 5d). Da tali elaborati cartografici è possibile ricavare i valori dei coefficienti  $a$  e  $n$  della curva di possibilità pluviometrica per ogni comune della provincia di Bergamo e dimensionare i manufatti adibiti allo smaltimento delle acque meteoriche.

Per il Comune di Civate al Piano si ricavano i seguenti valori delle costanti  $a$  e  $n$ :



- tempo di ritorno pari a 5 anni:  $a \sim 36$ ,  $n \sim 0,23$ ;
- tempo di ritorno pari a 10 anni:  $a \sim 37-38$ ,  $n \sim 0,22-0,23$ ;
- tempo di ritorno pari a 50 anni:  $a \sim 52$ ,  $n \sim 0,20-0,23$ ;
- tempo di ritorno pari a 100 anni:  $a \sim 57$ ,  $n \sim 0,20-0,23$ ;

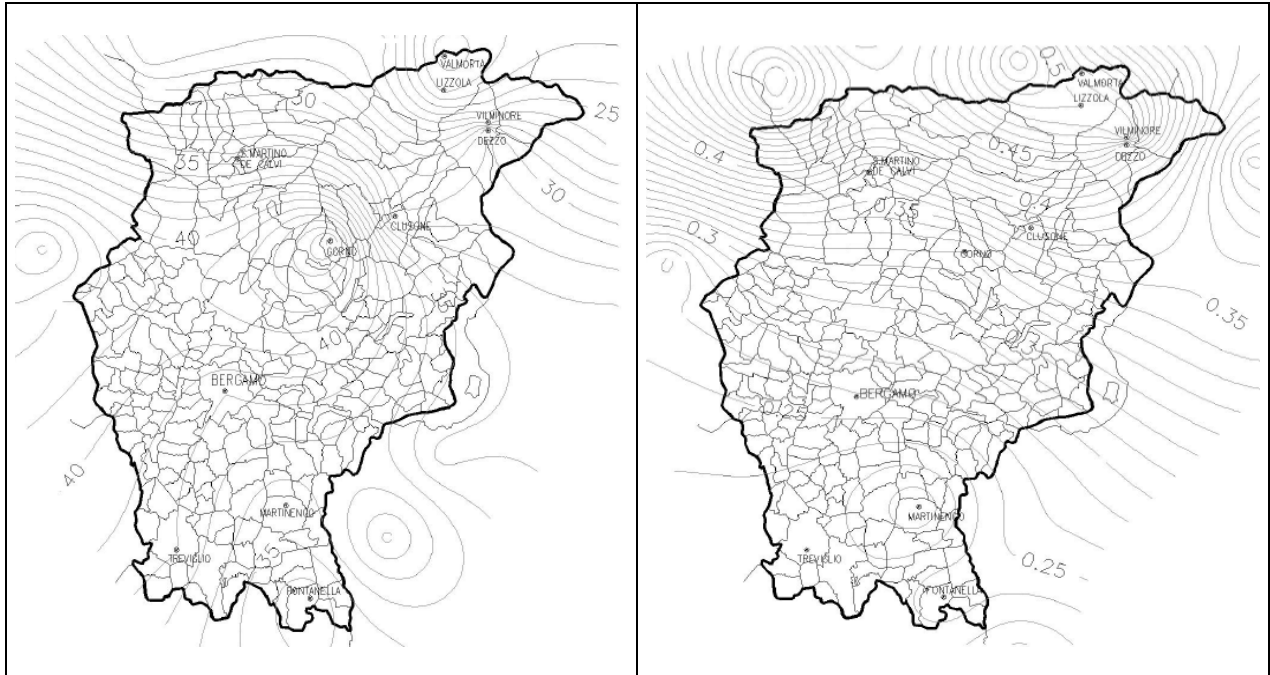


Fig. 5a: Isolinee parametro  $a$  e  $n$  ( $T=5$  anni).

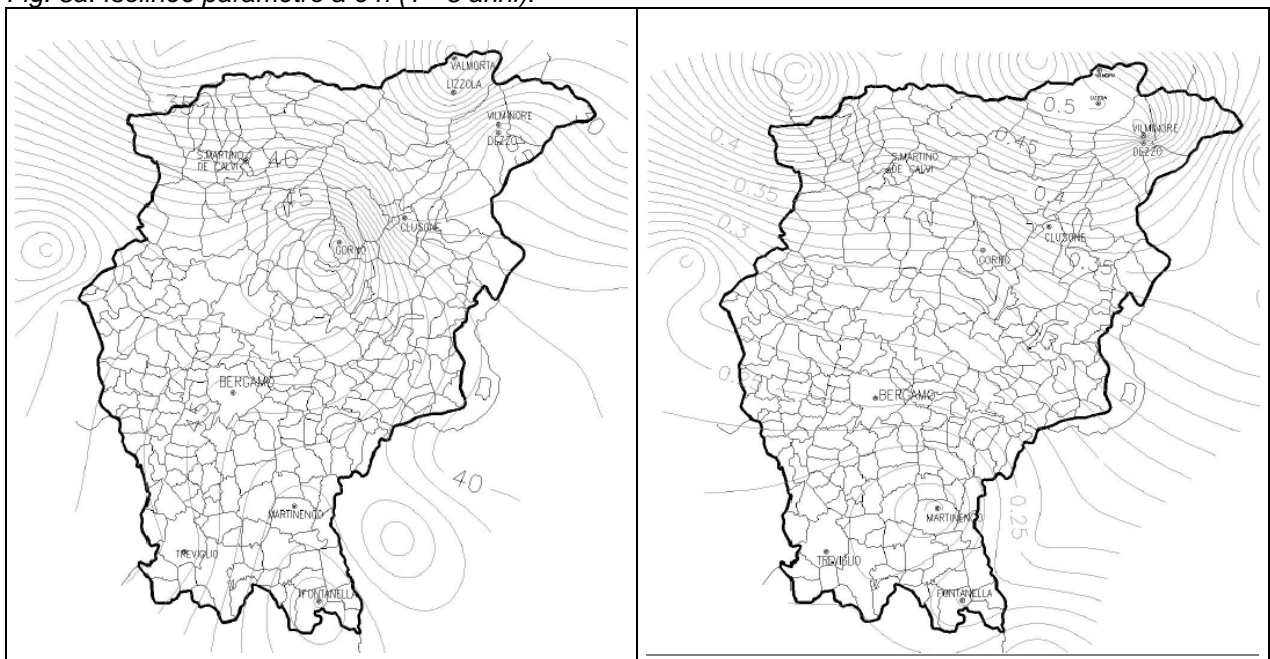


Fig. 5b: Isolinee parametro  $a$  e  $n$  ( $T=10$  anni).

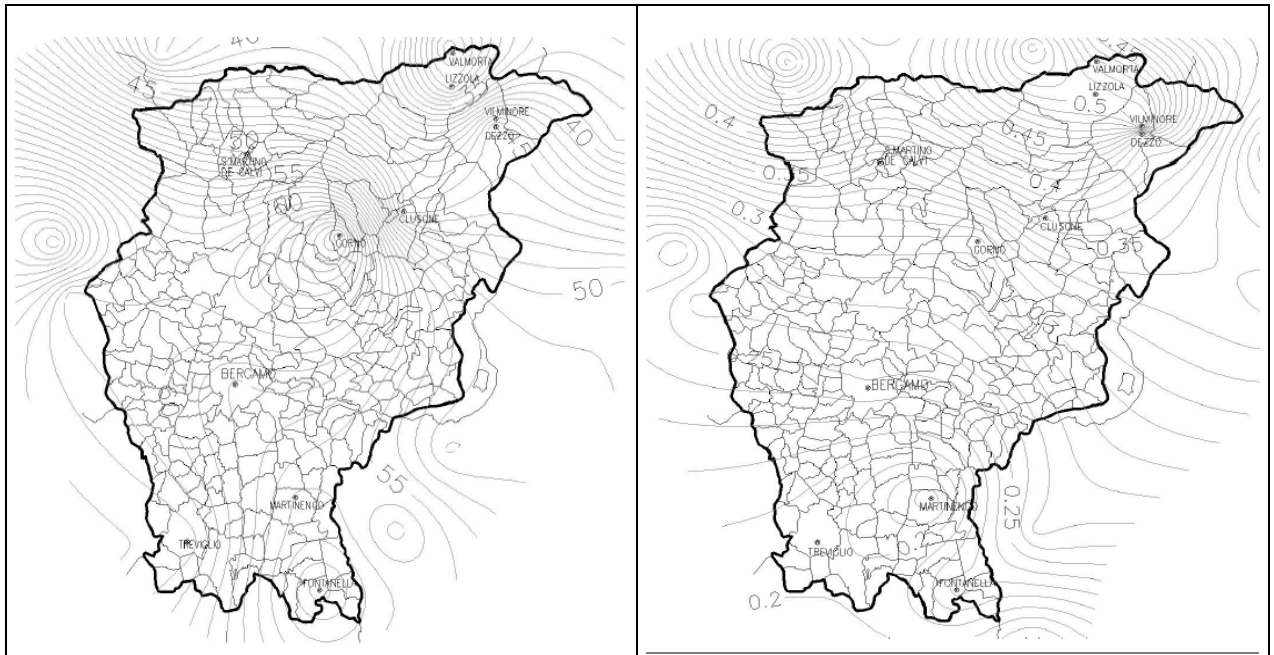


Fig. 5c: Isolinee parametro a e n (T=50 anni).

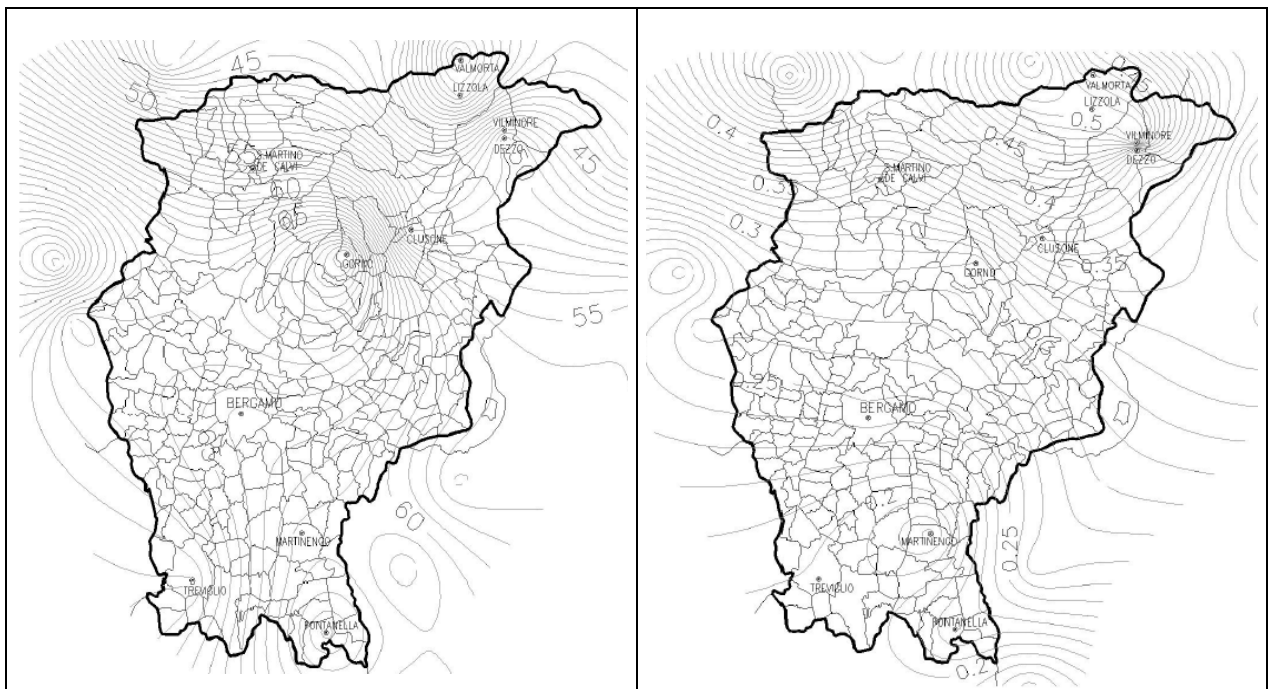


Fig. 5d: Isolinee parametro a e n (T=100 anni).



## 4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

### 4.1 Premessa

Le informazioni geologiche e litologiche riguardanti il territorio di Cividate al Piano sono state ricavate dalla bibliografia e dalla cartografia geologica esistenti, in particolare dalla *Carta geologica della Provincia di Bergamo*.

Tali informazioni sono state integrate e verificate mediante il rilevamento sul terreno.

### 4.2 Unità litologiche

Il territorio di Cividate al Piano è relativamente omogeneo dal punto di vista geologico. Vi affiorano depositi d'origine alluvionale prodotti dall'azione sedimentaria del Fiume Oglio durante le fasi finali del Pleistocene superiore.

La Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (foglio n° 46: Treviglio) suddivide i depositi di questo settore della pianura bergamasca in tre unità litologiche:

1. **Alluvioni fluvioglaciali sabbiose e ghiaiose (a<sup>1</sup>):** ghiaie e sabbie poligeniche costituenti il sistema di terrazzi immediatamente sottostante al livello fondamentale della pianura, con strato di alterazione superficiale mancante o molto ridotto.
2. **Alluvioni ghiaioso-sabbioso-limose (a<sup>2</sup>):** sedimenti degli alvei abbandonati.
3. **Livello Fondamentale della Pianura o "Diluvium recente" (Würm) (fg<sup>WR</sup>):** è costituito da alluvioni fluvioglaciali sabbiose e ghiaiose, che costituiscono il Livello Fondamentale della Pianura. Si tratta di ghiaie mescolate a sabbie di natura e granulometria eterogenee, più fini nella parte centrale della pianura. Lo strato superiore di alterazione, con spessore generalmente inferiore al metro e colore giallo-rossiccio, non è sempre conservato a causa dell'intervento antropico (pratiche agricole, sistemazione plano-altimetrica, etc.) che ne ha maggiormente causato la parziale o totale asportazione, o una modificazione dei caratteri chimico-fisici.

I limiti fra le unità litologiche sono netti poiché corrispondono ad orli di scarpate fluviali (Fig. 6).

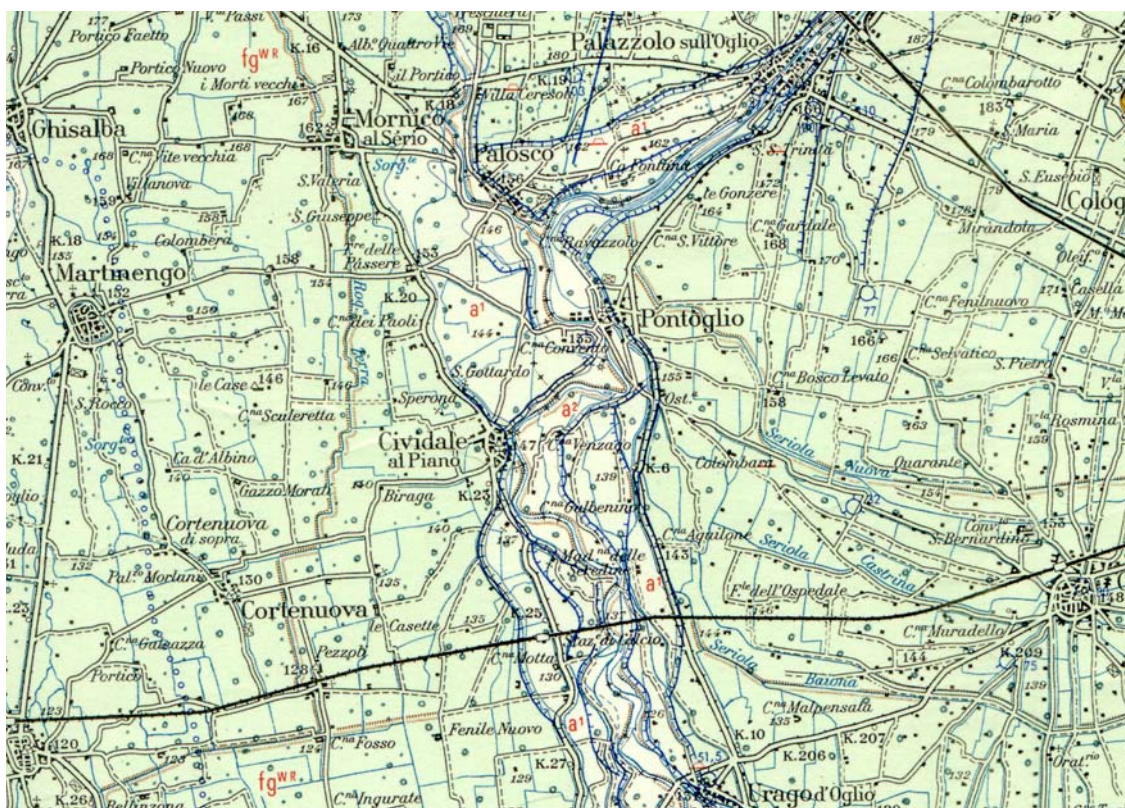


Fig. 6: Stralcio della Carta Geologica d'Italia - foglio n. 46 "Treviglio".

Nella Carta Geologica della Provincia di Bergamo in scala 1:50.000 (Fig. 7) le alluvioni fluvioglaciali sono invece suddivise secondo il concetto delle cosiddette "Unità allostratigrafiche" definite in base a criteri temporali e spaziali. Secondo questo criterio sono raggruppati nella stessa unità depositi di diversa origine, ma tutti attribuibili a una determinata area geografica e a uno specifico intervallo di tempo.

Nel territorio di Cividate al Piano e immediatamente circostante si riconoscono:

✚ Unità Postglaciale (Unità Cartografica 119, azzurro puntinato): depositi alluvionali olocenici che presentano superficie limite superiore caratterizzata da Inceptisuoli rubefatti o da Alfisuoli poco espressi. Nel settore occidentale del territorio di Cividate al Piano vengono suddivise, sulla base dei caratteri pedologici, tre facies:

1. *facies 119cf*: si tratta di depositi alluvionali con superficie limite superiore caratterizzata da Entisuoli costituiti da ghiaie poligeniche eterometriche con matrice sabbiosa e localmente intercalazioni



sabbiose da fini a grossolane. Formano il primo sottosuolo del terrazzo inferiore

2. *facies 119cg*: si tratta di depositi alluvionali con superficie limite superiore caratterizzata da Inceptisuoli costituiti da ghiaie poligeniche eterometriche con matrice sabbiosa con maggiore percentuale di materiale fine rispetto alla facies 119cf. Costituiscono il primo sottosuolo del terrazzo medio
3. *facies 119ch*: è costituita da depositi alluvionali con superficie limite superiore caratterizzata da Alfisuoli costituiti da ghiaie poligeniche eterometriche con matrice sabbiosa ed intercalazioni sabbiose. Caratterizzano il primo sottosuolo del terrazzo superiore.

✚ Complesso dell'Oglio – Unità di Palosco (U.C. 94b, giallo puntinato): ghiaie a supporto clastico con ciottoli arrotondati e matrice sabbiosa calcarea, con cementazione scarsa, spesso localizzata secondo sottili livelli costituiti da concrezioni calcaree. La superficie limite superiore è caratterizzata da Alfisuoli (e localmente da Inceptisuoli) con spessore massimo osservato di 0,60 m e colori da 5YR4/3 a 7,5YR4/4. Si compone di materiali depositi durante il Pleistocene superiore e rappresenta il conoide edificato dal Fiume Oglio durante l'ultima fase del Pleistocene. L'unità presenta orli di terrazzo che delimitano differenti superfici che digradano verso l'Oglio ed è incisa dalle alluvioni dell'Unità Postglaciale del Fiume Oglio e del Fiume Cherio. *Pleistocene medio- superiore.*





*Fig. 7: Stralcio della Carta Geologica della Provincia di Bergamo (scala 1:40.000).*



## **5 CARTA GEOMORFOLOGICA (TAV. 1)**

### **5.1 Premessa**

Il territorio di Civate al Piano è situato nel settore orientale della pianura bergamasca nelle vicinanze del fiume Oglio; l'alveo del corso d'acqua delimita sia il confine con i comuni di Pontoglio e Urago d'Oglio che il confine amministrativo tra la Provincia di Bergamo e quella di Brescia.

Il paesaggio originario dell'area presenta tipiche morfologie fluviali, modificate od obliterate dall'impatto antropico.

### **5.2 Criteri adottati per la stesura della carta geomorfologica**

La stesura della carta geomorfologica in scala 1:5.000, su base topografica aerofotogrammetrica è avvenuta per fasi, integrate fra loro:

- ricerca bibliografica;
- interpretazione di fotografie aeree;
- rilevamento sul terreno delle emergenze morfologiche.

La legenda della carta è il risultato di integrazioni fra le differenti proposte della recente bibliografia tecnico-scientifica.

### **5.3 Caratteri fisiografici ed altimetrici**

Dalla visione d'insieme Civate al Piano si può suddividere schematicamente in varie zone, in base all'uso attuale del territorio:

- Il centro abitato ed industriale, nella porzione settentrionale;
- il paesaggio agricolo, nella zona occidentale e meridionale;
- il paesaggio fluviale, nel settore orientale.

Le quote altimetriche sono comprese fra 151,96 m a nord-est e 118,92 m s.l.m. a sud-ovest, decrescono spostandosi da nord a sud e da est a ovest, determinando un'immersione verso sud-ovest, e sono distribuite per aree di quota omogenea, delimitate da orli di scarpate di terrazzo.

Il paesaggio, nonostante l'intervento antropico, conserva diversi ordini di terrazzi naturali parzialmente obliterati nel settore settentrionale del territorio comunale.



## 5.4 Descrizione morfologica

Il territorio comunale è caratterizzato da differenti unità morfologiche, ciascuna caratterizzata da morfologia distinta con implicazioni diverse relative alla loro vulnerabilità e destinazione d'uso.

1. **Terrazzo fluviale inferiore:** localizzato nel settore orientale del territorio comunale è compreso tra il Fiume Oglio ed il terrazzo intermedio. L'unità fisiografica descrive una fascia continua la cui ampiezza è compresa tra 10-15 m (nel settore centro-orientale) e 400 m (nel settore sud-orientale). La differenza di quota topografica rispetto all'alveo del corso d'acqua varia da circa 1,0-1,5 m (settore settentrionale) a circa 2,0-2,5 m (settore meridionale). E' delimitato verso ovest da un orlo di terrazzo orientato nord-sud caratterizzato da altezze comprese tra 5-6 m e 12-15 metri la cui scarpata è ben visibile lungo via Pontoglio e Via Marconi.



Foto 1: La morfologia tabulare del Terrazzo Inferiore in corrispondenza di Via Pontoglio.



Foto 2: La morfologia tabulare del Terrazzo Inferiore in prossimità dell'impianto di depurazione delle acque reflue urbane.

2. **Terrazzo fluviale intermedio:** si trova nel settore orientale del territorio comunale ed è compreso tra il terrazzo superiore ed il terrazzo inferiore. L'azione erosiva del Fiume Oglio ha smantellato parte dell'unità fisiografica dividendola in due settori. Il primo, localizzato nell'area compresa tra via Pontoglio e via Palosco, è caratterizzato da pendenze molto blande e una differenza di quota altimetrica con il terrazzo superiore dell'ordine di circa un metro. Il secondo settore è invece presente nella porzione meridionale del territorio comunale ed è delimitato verso ovest da una scarpata che, a partire dal cimitero comunale, si sviluppa verso sud seguendo la S.P. 98 con altezze



comprese tra 5-6 m e 1-1,5 m. Ai piedi di questo elemento morfologico, seguendone lo sviluppo per un lungo tratto, scorre la Roggia Donna.



Foto 3: La morfologia tabulare del Terrazzo Intermedio.



Foto 4: Orlo di terrazzo in corrispondenza dell'insediamento produttivo Nuova L.G.Z.

3. **Terrazzo fluviale superiore:** è presente nel settore meridionale del territorio comunale ed è compreso tra il terrazzo intermedio e il Livello Fondamentale della Pianura. L'unità fisiografica descrive una fascia la cui ampiezza massima è di circa 600 m, delimitata verso ovest da una scarpata di altezza compresa tra 1,0 m e 5-6 m visibile percorrendo via S. Giorgio.



Foto 5: Orlo di terrazzo visibile lungo via S. Giorgio (vicinanze di C.na Volpe).



Foto 6: Orlo di terrazzo a nord di Cascina Santina.

4. **Livello Fondamentale della Pianura:** si sviluppa ad est delle unità descritte in precedenza ed è delimitato dal cosiddetto "terrazzo principale". Questa unità morfologica corrisponde all'omonima unità litologica già descritta in precedenza.



Dall'analisi aerofotogrammetrica risultano discretamente conservate le tracce di paleoidrografia; tali elementi geomorfologici sono localizzati nel settore settentrionale (terrazzo intermedio e superiore) ed hanno orientazione nord-norddest sud-sudovest. Si tratta di tracce di canali fluviali sia singoli che intrecciati (braided), contraddistinti da un pattern con zone infracanaliche più chiare, attraversate da altre a tonalità più scura. Tali morfologie trovano origine e spiegazione nella dinamica fluviale.

## **5.6 Evidenze di origine antropica**

### 5.1.1 Antiche

Il territorio padano è sottoposto all'azione antropica da lunghissimo tempo e da diversi millenni l'uomo ha modificato l'idrografia, le forme del rilievo, i sedimenti e i suoli. L'osservazione geomorfologica permette di riconoscere alcune forme caratteristiche dell'organizzazione territoriale che si connettono all'azione dell'uomo evidenziando come il territorio padano sia prevalentemente un paesaggio antropico, più che naturale.

Nel caso specifico di Civate al Piano la fotolettura ha permesso di evidenziare l'esistenza di un'organizzazione territoriale che si lega alla colonizzazione in epoca romana: la centuriazione.

Vari elementi del paesaggio agrario, quali limiti di campo, strade vicinali e canali di drenaggio artificiale, sono infatti disposti secondo direzioni ricorrenti e a distanze costanti. In questo settore della pianura bergamasca si individuano due diverse orientazioni riferibili a due periodi distinti: quelle di età repubblicana, meno riconoscibili, e quelle di età augustea, più evidenti, attribuite alla riorganizzazione territoriale. Nel territorio di Civate al Piano tracce discontinue della centuriazione sono visibili nel settore centro-occidentale; questi allineamenti sono concentrati in corrispondenza del Livello Fondamentale della Pianura evidenziando la relativa stabilità geomorfologica del livello fondamentale negli ultimi 2.000 anni.

### 5.1.2 Attuali

Le recenti evoluzioni di tipo industriale e tecnologico, registrate a partire dal secolo scorso, hanno portato ad un cambiamento radicale nell'uso del territorio, assegnato nei secoli precedenti alle coltivazioni agrarie e al pascolo.



Ad esse si è accompagnato lo sviluppo demografico che ha portato ad un'espansione dei centri abitati e ad una nuova organizzazione della struttura urbana. Ciò è avvenuto anche a Civate al Piano con la costruzione di nuovi insediamenti abitativi ed industriali principalmente verso nord e verso est.

Nella carta geomorfologica sono evidenziate, con un leggero reticolo nero, le aree urbanizzate, sia a fini industriali ed artigianali che residenziali.

#### *5.1.2.1 Discarica Cascina S. Giorgio*

Con questo nome è indicata un'area di circa 20x8 m, situata nel settore sud-orientale, al confine con Cortenuova in prossimità della Cascina S. Giorgio, che alla fine degli anni ottanta è stata sede di scarico abusivo di fanghi e morchie bituminose derivanti da processi di rigenerazione di oli esausti della Raffineria Roma S.p.A. di Milano.

Nel 1991 la società Ecodeco ha svolto un'indagine approfondita dell'area con l'obiettivo di verificare la tipologia merceologica e la composizione chimica del rifiuto scaricato, delimitare l'area contaminata, verificare la qualità delle acque sotterranee e redigere un progetto di bonifica con relativa stima dei costi. In totale sono stati eseguiti 31 scavi geognostici, 5 sondaggi geognostici fino alla profondità di circa 10,0 m e sono stati installati due piezometri per permettere il campionamento ed il monitoraggio delle acque sotterranee.

La analisi svolte sulle melme acide hanno mostrato, oltre ad un pH acido, alte concentrazioni di oli minerali e solfati.

Le analisi sui campioni di terreno prelevati dalle carote dei sondaggi posti ai lati nord ed ovest dell'area hanno evidenziato che le concentrazioni di contaminanti sono inferiori ai limiti scelti come riferimento (Classi di qualità del terreno secondo la prima normativa olandese del 1983 – Moen et al., 1986), mentre il campione prelevato dal sondaggio posto al centro dell'area (alla profondità di 4,5 m dal p.c.) ha evidenziato un contenuto di zolfo pari a circa 200 mg/Kg. I campioni prelevati dal sondaggio eseguito sul lato sud est, prelevati alla profondità di 8,5 e 5 m, non hanno evidenziato contaminazione.



Le analisi dei campioni d'acqua prelevati dai due piezometri hanno invece evidenziato la conformità dei parametri ricercati ai valori limite fissati dal D.P.R. 236/88.

Le indagini hanno permesso di quantificare i volumi di terreno di melme e terreni da asportare per bonificare l'area: 1.200 mc di melme acide, 3.000 mc di terreno contaminato e 2.200 mc di terreno misto a melma.

L'area è inserita nell'elenco dei siti contaminati da sottoporre ad ulteriori indagini ambientali contenuta nella D.C.R. della Regione Lombardia del 17 febbraio 2004, n. VII/958 "Piano regionale stralcio di bonifica delle aree inquinate, ai sensi dell'art. 22, comma 5, del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22 indicante la priorità di intervento cui siti inquinati presenti sul territorio nazionale".

**COMUNE DI CIVIDATE AL PIANO (BG)**  
**SITO: C.NA S. GIORGIO**

<b>BREVE PRESENTAZIONE DEL SITO</b>	L'area è compresa in zona agricola ed è prevalentemente utilizzata per la coltivazione di mais. Il centro abitato dista circa 1 Km, in linea d'aria. I terreni risultano appartenere alla ditta Tecnico Agricola S. Giorgio. Solo un appezzamento del fondo agricolo, corrispondente ad un'estensione di metri 20 x 8, fu interessato dallo sversamento di fanghi e morchie bituminose derivanti dalla Raffineria Roma spa - V.le Suzzani - Milano. Il materiale risentiva di forti rilasci di anidride solforosa dal caratteristico odore pungente. La relazione prodotta nel 1992 dalla Geo Dataconsult, che realizzò sei sondaggi di cui tre attrezzati a piezometri, evidenziò nel sondaggio n.2 tra 0,8 e 4,0 metri dal p.c. "forte odore di materiali bituminosi", nel sondaggio n.4 tra 0,30 e 1 metri dal p.c. 7029 mg Pb/Kg. Analisi effettuate dalla USSL n°33 in data 12.5.'97 non evidenziano contaminazioni in falda.
<b>PRESENZA ANTROPICA</b>	L'area è ubicata in aperta campagna, nelle vicinanze è sita la cascina S. Rocco, abitata da coltivatori.
<b>ACQUE SUPERFICIALI</b>	Sono presenti fossati utilizzati per l'irrigazione dei campi nei periodi richiesti dalle pratiche agricole. Sono possibili locali ristagni conseguenti ad intense precipitazioni.
<b>ACQUE SOTTERRANEE</b>	Sub-affiorante in contesto ad alta vulnerabilità per la presenza di terreni permeabili costituiti da ghiaie con matrice sabbioso-limoso. La possibile contaminazione da solfati, solfiti, idrocarburi, è stata esclusa a seguito dei prelievi effettuati dai piezometri appositamente perforati.
<b>TERRENI</b>	Sono esclusivamente utilizzati per pratiche agricole.
<b>ARIA</b>	In passato erano possibili molestie olfattive, agli abitanti della cascina, causate dal rilascio di SO <sub>2</sub> o dalla volatilizzazione di idrocarburi presenti nelle morchie. Attualmente, a distanza di oltre quindici anni dallo sversamento, non si avvertono odori.
<b>CONDIZIONI STRUTTURALI</b>	Il materiale è stato ripetutamente miscelato a seguito delle annuali arature dei terreni. In passato, nell'appezzamento interessato dallo sversamento, la vegetazione presentava una crescita inferiore con foglie ingiallite.

Fig. 8 Stralcio della D.C.R. Lombardia n. VII/958 del 17/02/2004.



#### 5.1.2.2 Nuova L.G.Z.

Si tratta di un insediamento industriale localizzato nel settore meridionale del comune di Cividate al Piano che nel 2004, a seguito di una richiesta di investigazione sulle matrici ambientali dell'area da parte degli enti, ha presentato un piano di caratterizzazione

Nel 2004 sono state eseguite le indagini per la caratterizzazione dell'area di proprietà della Nuova L.G.Z.. Sono stati eseguiti 14 scavi geognostici mediante escavatore, un'indagine geofisica e 4 sondaggi geognostici. Le operazioni descritte e la realizzazione di alcuni piezometri hanno permesso sia di caratterizzare il sottosuolo (stratigrafia, andamento della falda freatica) che di prelevare campioni di terreno e di acque di falda da sottoporre ad analisi.

Le analisi chimiche sui terreni hanno evidenziato per alcuni parametri (C>12 e Arsenico) il superamento di limiti di legge fissati dal D.M. 471/1999 per le aree ad uso verde pubblico, privato o residenziale. Le determinazioni analitiche sui campioni di acqua non hanno invece registrato alcun superamento dei limiti di legge.

Attualmente è in fase di approvazione il progetto definitivo di bonifica dell'area; il piano prevede la rimozione dei terreni inquinati (il cui volume complessivo ammonta a circa 5.050 mc), lo smaltimento presso un centro autorizzato ed il ripristino dell'area.

#### 5.1.2.3 Area industriale Olifer-Acp S.p.A.

Si tratta di un'area industriale sede dal 1976 di un'acciaieria a forno elettrico con colata continua nella quale è stato avviato il procedimento di bonifica a seguito di una serie di indagini finalizzate alla caratterizzazione delle matrici ambientali e del riporto accumulato nella parte settentrionale dell'area. Le indagini ambientali eseguite per verificare un eventuale trasferimento degli inquinanti dalle scorie alla falda sottostante, si sono concentrate principalmente in due aree: il piazzale adiacente al parco rottami e il settore nord dell'insediamento industriale. Le analisi sui terreni hanno rilevato che nei terreni naturali sottostanti all'accumulo di scorie d'altoforno, le concentrazioni degli elementi ricercati sono inferiori rispetto ai limiti tabellari previsti dal D.M. 471/1999 ad eccezione di un unico punto (campione





P4bis). Le determinazioni analitiche sui campioni di acqua non hanno invece registrato alcun superamento dei limiti di legge.

Attualmente è in fase di approvazione il progetto definitivo di bonifica dell'area; il piano interessa diversi settori dell'insediamento produttivo (piazzale parco rottami e relativo pozzo perdente, piazzale adiacente all'impianto fumi, settore nord) e prevede diversi interventi tra cui la messa in sicurezza permanente del sito con sistemazione morfologica e recupero ambientale definitivo dei cumuli di scorie.

## **5.2 Caratterizzazione pedologica del territorio**

### **5.2.1 Premessa**

I dati relativi alle caratteristiche pedologiche del territorio di Civate al Piano sono stati tratti dalla pubblicazione "I suoli della pianura bergamasca sinistra Serio", edita dall'ERSAL sulla base del rilevamento di semi-dettaglio (scala 1:50.000) eseguito nell'ambito del "Progetto Carta Pedologica della Lombardia".

Nella figura 8 è riportato un estratto della Carta Pedologica redatta dall'ERSAL in scala 1:25.000.

In questo elaborato grafico i suoli sono suddivisi in unità cartografiche (contraddistinte da un numero arabo) che rappresentano aree caratterizzate da suoli simili dal punto di vista tassonomico e gestionale.

La classificazione tassonomica utilizzata ricalca il sistema della Soil Taxonomy Classification dell'U.S.D.A. del 1990 (United States Department of Agriculture).



*Fig. 9: Stralcio della Carta Pedologica dell'ERSAL (scala 1:25.000).*



### 5.2.2 Descrizione delle unità cartografiche

Dal punto di vista pedologico il territorio di Cividate al Piano può essere sommariamente suddiviso in due grossi ambiti territoriali:

- **settore occidentale**, localizzato sul Livello Fondamentale della Pianura, ove sono presenti suoli piuttosto antichi, in quanto originatisi su substrato ghiaioso-sabbioso di origine fluvio-glaciale; il processo pedogenetico prevalente è rappresentato dall'”illuviazione dell'argilla”, che porta alla formazione di un orizzonte di accumulo dell'argilla stessa (*orizzonte argillico*);
- **settore orientale**, costituito dalle alluvioni antiche e più recenti del fiume Oglio, ove sono presenti suoli di origine più recente, nei quali il processo pedogenetico più importante è quello di ”alterazione del materiale parentale”, che porta alla formazione di un orizzonte di alterazione (*orizzonte cambico*).

Nell'area oggetto di studio sono state distinte le seguenti unità cartografiche identificate mediante le sigle dall'ERSAL:

- **U.C. 23, RCL1**: suoli poco profondi, limitati da sabbie ghiaiose a volte molto calcaree. Il substrato è costituito da ghiaie fluvioglaciali con sabbia e ciottoli, scheletro prima comune, poi frequente in profondità, tessitura media in superficie e moderatamente fine in profondità, reazione da neutra-subacida a sub-alcalina, permeabilità moderata e drenaggio buono. Tali suoli appartengono alla sottoclasse di capacità d'uso II s, con limitazioni legate alla profondità non ottimale per gli usi agricoli e alla abbondante presenza di scheletro lungo il profilo. Sono suoli moderatamente adatti allo spandimento di liquame di origine zootecnica. E' diffuso il seminativo a cereali, insieme ai prati avvicendati.
- **U.C. 24, MNS3**: suoli profondi talvolta moderatamente profondi, limitati da sabbie ghiaiose. Il substrato è costituito da ghiaie calcaree con sabbia e ciottoli, scheletro frequente e abbondante in profondità, tessitura media in superficie e moderatamente fine in profondità, reazione da neutra a subacida, permeabilità moderata e drenaggio buono. Essi appartengono alla sottoclasse di capacità d'uso IV s, con limitazioni legate alla elevata pietrosità superficiale.



Sono suoli moderatamente adatti allo spandimento di liquame di origine zootecnica. E' diffuso il seminativo a cereali, insieme ai prati avvicendati.

- **U.C. 25, ALR3:** suoli moderatamente profondi, limitati da substrato ghiaioso sabbioso fortemente calcareo, scheletro frequente e abbondante in profondità, tessitura media in superficie e moderatamente fine in profondità, reazione da subalcalina a alcalina, permeabilità moderata e drenaggio buono. Questi suoli appartengono alla sottoclasse di capacità d'uso IV s, con limitazioni legate alla elevata pietrosità superficiale. Sono suoli moderatamente adatti allo spandimento di liquame di origine zootecnica. E' diffuso il seminativo a cereali.
- **U.C. 31, ANT1:** suoli molto profondi, limitati da substrato ghiaioso limoso con sabbia, scheletro comune e abbondante in profondità, tessitura moderatamente fine o media, reazione da subalcalina a alcalina, permeabilità moderatamente bassa e drenaggio mediocre a volte buono. Tali suoli appartengono alla sottoclasse di capacità d'uso IIws, con limitazioni legate alla elevata pietrosità superficiale. Sono suoli adatti allo spandimento di liquame di origine zootecnica. E' diffuso il seminativo a cereali.
- **U.C. 39, RMG2:** suoli profondi, limitati da sabbie ghiaiose. Il substrato è costituito da ghiaie sabbiose fortemente calcaree, scheletro frequente e abbondante in profondità, tessitura media in superficie comune o frequente in superficie, reazione subacida e neutra in profondità, permeabilità moderata e drenaggio buono. Tali suoli appartengono alla sottoclasse di capacità d'uso IVs, con limitazioni legate alla elevata pietrosità superficiale. Sono suoli moderatamente adatti allo spandimento di liquame di origine zootecnica. E' diffuso il seminativo a cereali.
- **U.C. 47, MTB1:** suoli moderatamente profondi, limitati da orizzonti sabbiosi scheletrici, substrato ghiaioso sabbioso calcareo e sabbia, scheletro frequente e abbondante in profondità, tessitura media in superficie comune o frequente in superficie, reazione neutra e subacida in profondità, permeabilità moderata e drenaggio buono. Sono riferibili alla sottoclasse di capacità d'uso IV s, con limitazioni legate alla elevata pietrosità superficiale. Questi suoli sono moderatamente adatti allo spandimento di liquame di origine zootecnica. E' diffuso il seminativo a cereali.



- **U.C. 48, VTT1:** suoli molto profondi, limitati da sabbie scheletriche, substrato formato da ghiaie calcaree con limo, sabbia e ciottoli calcareo e sabbia, scheletro frequente, tessitura moderatamente fine in superficie, reazione alcalina, permeabilità moderata e drenaggio buono. Questi appartengono alla sottoclasse di capacità d'uso I e moderatamente adatti allo spandimento di liquame di origine zootecnica. E' diffuso il seminativo a cereali.
- **U.C. 51, FTV 1:** suoli poco o moderatamente profondi, limitati da orizzonti scheletrico-sabbiosi, substrato formato da ghiaie calcaree con sabbia, scheletro frequente o comune in superficie, tessitura da media a moderatamente grossolana, reazione da subalcalina ad alcalina, permeabilità moderatamente elevata e drenaggio mediocre. Si riferiscono alla sottoclasse di capacità d'uso IIIw e moderatamente adatti allo spandimento di liquame di origine zootecnica. E' diffuso il seminativo a cereali.
- **U:** area urbanizzata.

Le unità 23, 24, 25 e 39 sono localizzate in corrispondenza del Livello Fondamentale della Pianura nel settore occidentale del territorio comunale, mentre le unità 47, 48 e 51 sono localizzate in corrispondenza delle aree terrazzate del settore orientale.

### 5.2.3 La capacità d'uso dei suoli

Sulla base della rielaborazione dei dati pedologici è possibile individuare le potenzialità agro-silvo-pastorali del territorio attraverso la sua suddivisione in aree che presentano limitazioni più o meno consistenti agli usi suddetti, in modo da ridurre il rischio di degradazione dei suoli.

Uno dei più importanti metodi di classificazione del territorio in aree a diverso grado di capacità d'uso dei suoli è stato elaborato dal "Soil Conservation Service" del Dipartimento dell'agricoltura degli Stati Uniti (USDA) e denominato "Land Capability Classification".

Tale sistema, appositamente adattato alla realtà della Regione Lombardia, è stato adottato dall'ERSAL nell'ambito del "Progetto Carta Pedologica".

Esso è organizzato gerarchicamente in tre livelli: classe, sottoclasse ed unità.



Le classi previste sono otto, designate ciascuna con un numero romano che indica il grado di capacità d'uso, ovvero l'entità delle limitazioni all'utilizzo agro-silvo-pastorale dei suoli.

Le sottoclassi, indicate con una lettera minuscola che segue il numero romano, individuano il tipo di limitazione prevalente.

Nel territorio di Civate al Piano solo una minima parte dei suoli appartengono alla classe I di capacità d'uso, cioè suoli che non presentano limitazioni all'uso agricolo-forestale. La maggior parte del territorio appartiene alle classe II e IV di capacità d'uso.

Le limitazioni sono legate, per lo più, a caratteristiche intrinseche dei suoli quali la moderata profondità, l'abbondante presenza di scheletro e/o di pietrosità superficiale, il drenaggio rapido, ecc.



## **6 CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO (TAVV. 2-3)**

### **6.1 Premessa**

La carta idrogeologica raccoglie una serie di informazioni ricavate dall'analisi della cartografia esistente e dalla documentazione disponibile presso il Comune e la Provincia di Bergamo.

In particolare sono state svolte le seguenti azioni:

- ricerca bibliografica,
- analisi della cartografia esistente;
- misurazione dei livelli di falda nei pozzi;
- elaborazione dei dati raccolti e valutazione dei risultati.

I pozzi sono stati censiti e per ciascuno di essi è stata redatta una scheda contenente le informazioni ricavate dalla modulistica raccolta e dai sopralluoghi eseguiti (Allegato 1).

I logs stratigrafici dei singoli pozzi hanno permesso di ricavare informazioni circa la stratigrafia del sottosuolo. Mediante la correlazione delle colonne stratigrafiche è infatti stato possibile ricostruire la geometria e la tessitura dei corpi idrici sotterranei e con essa esprimere alcune considerazioni circa la vulnerabilità degli acquiferi captati.

### **6.2 Idrografia superficiale**

#### **6.2.1 I fiumi**

Il territorio comunale si sviluppa in sponda destra del fiume Oglio.

L'Oglio è un affluente di sinistra del Po con un bacino imbrifero di 6.649 kmq. Il corso del fiume è suddiviso in tre parti:

- la parte sopralacuale: è compresa tra la sorgente ed il lago d'Iseo;
- la parte lacuale;
- la parte sublacuale: è compresa tra l'abitato di Sarnico e la foce nel Po presso Gazzuolo. In questo tratto riceve le acque dei Torrenti Guerra e Urla, del



Fiume Cherio, del Fiume Mella e del Chiese. Nel territorio oggetto di studio l'andamento del corso d'acqua presenta un andamento di tipo meandriforme.

Il regime idraulico del Fiume Oglio è fortemente condizionato dall'azione di "vasca volano" svolta del lago d'Iseo. In estate le portate minime sono relativamente elevate e scendono difficilmente sotto i 36 mc/s, mentre in autunno e in primavera le massime sono abbastanza copiose pur non essendo imponenti (425 mc/s).

### 6.2.2 Le rogge

Dalle rive del Fiume Oglio derivano alcune rogge che attraversano Cividate al Piano e consentono l'irrigazione dei terreni agricoli di questo settore della pianura bergamasca.

La *Roggia Donna* ( o *Belladonna*) deriva dalla sponda destra del Fiume Oglio in prossimità del Santuario Madonna dei Campiveri in corrispondenza del terrazzo fluviale inferiore scorrendo verso sud seguendo il corso d'acqua. Superata la strada ferrata prosegue nel territorio di Calcio dividendosi in tre rami secondari che si dirigono a sud verso la Roggia Antegnata.

La *Roggia Sale* (la cui origine sembra risalire al XI secolo) ha origine dalla sponda destra del fiume Oglio nel Comune di Palazzolo d'Oglio. Il canale segue l'andamento del fiume e giunto in corrispondenza di Cividate al Piano in sponda destra hanno alimenta due rami secondari che si dirigono verso Cortenuova e Martinengo. Il ramo principale invece prosegue verso sud fino a confluire nella Roggia Donna in territorio di Calcio.

Il *Naviglio Civico Città di Cremona* si origina dal Fiume Oglio all'incrocio dei confini tra Urago d'Oglio, Calcio e Cividate al Piano e il suo sviluppo segue il confine meridionale del territorio comunale. Il canale prosegue verso sud-ovest e dopo avere attraversato il territorio comunale di Fontanella giunge fino alla periferia della città di Cremona.



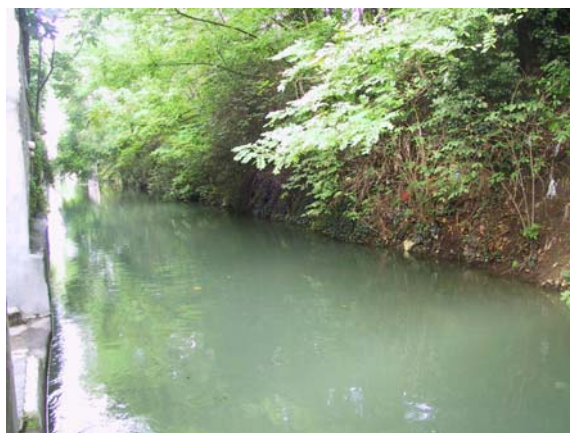


Foto 7: Roggia Donna presso in Santuario della Madonn dei Campiveri. Foto 8: Roggia Sale presso Via Spaventa.

I canali principali danno origine ad una rete d'irrigazione secondaria.

### **6.3 Caratteri idrogeologici**

#### **6.3.1 Permeabilità superficiale dei terreni**

A ciascuna Unità Cartografica individuata nella Carta Pedologica (Ersal, 1996) è assegnato un intervallo di permeabilità che dipende dalle caratteristiche tessiturali del suolo.

Il Livello Fondamentale della Pianura comprende suoli moderatamente profondi, limitati da substrato ciottoloso-sabbioso con drenaggio buono e permeabilità moderata ( $10^{-5}$ - $10^{-6}$  m/s). Fa eccezione l'U.C. 11 i cui suoli, sottili e con andamento nastriforme hanno permeabilità moderatamente elevata ( $10^{-4}$ - $10^{-5}$  m/s). Lo studio svolto dall'ERSAL li colloca in corrispondenza di antiche vie di drenaggio delle acque di risorgiva.

Il sistema di terrazzi intermedio e superiore è costituito da suoli moderatamente profondi limitati da substrato ghiaioso – ciottoloso con drenaggio da buono a mediocre. La permeabilità è moderata o moderatamente bassa ( $10E^{-5}$ - $10E^{-7}$  m/s).

Il “substrato” ha tessitura normalmente ghiaiosa, sabbiosa, a tratti più o meno ciottolosa. La permeabilità è stimata in  $10^{-1}$  e  $10^{-4}$  m/s.



### 6.3.2 La superficie piezometrica

La superficie piezometrica rappresentata nella tavola 2 è stata ottenuta mediante l'elaborazione dei rilievi piezometrici effettuati nel corso dell'attività di censimento dei pozzi svoltasi fra il 14 ed il 16 novembre 2006.

La campagna di misurazione dei livelli locali della falda e censimento delle opere di captazione ha interessato 40 pozzi per un totale di 21 punti di misura.

La distribuzione non uniforme dei manufatti presenti nel territorio di Civate al Piano ha reso necessario estendere la raccolta dati anche alle captazioni dei comuni limitrofi. I pozzi esaminati sono in maggioranza attivi, quasi tutti usati a fini irrigui ed intercettano la falda superficiale. Le opere di captazione presenti nel territorio di Civate al Piano raggiungono mediamente la profondità di 20-30 metri e superano i 90 metri (100,0 m e 95,0 m) solo i pozzi pubblici.

All'interno del territorio comunale il dislivello piezometrico raggiunge i 12 metri passando da circa 133 m s.l.m. nel settore settentrionale a 121 m s.l.m. nel settore meridionale.

I rilievi hanno individuato la prima falda a profondità comprese tra i 7,0 e i 17,65 metri circa. L'intervallo di soggiacenza è giustificato dalla morfologia a struttura a "gradini", ovvero a più ordini di terrazzi digradanti verso l'Oglio.

L'andamento generale delle curve isopiezometriche concorda con quanto descritto da carte a scala maggiore per questa zona. Il flusso idrico sotterraneo è diretto nord-ovest verso sud-est con un gradiente idraulico compreso tra il 1 ed il 3 ‰.

Nel settore sud-orientale le linee isopiezometriche piegano leggermente verso sud-ovest ed il gradiente idraulico diminuisce. La variazione è legata all'azione del Fiume Oglio che in quel settore del territorio comunale alimenta la falda freatica.



*Fig. 10: Carta delle soggiacenza della falda freatica (scala 1:25.000).*



### 6.3.3 Geometria degli acquiferi

La ricerca bibliografica ha permesso di definire la struttura idrogeologica generale, relativa non solo al territorio in esame, ma anche a quello circostante. L'analisi in dettaglio del territorio di Civate al Piano è stata supportata dai logs stratigrafici e da due sezioni idrogeologiche orientate rispettivamente, est-ovest e nordovest-sudest, ottenute dalla correlazione dei livelli di terreno con caratteristiche tessiturali ed idrogeologiche simili.

#### Si possono distinguere due litozone:

1. la **prima litozona** è formata da conglomerati, prevalenti nel settore settentrionale, e da ghiaie e sabbie in quello meridionale ed è estesa per uno spessore compreso tra 40 e 80 m; è delimitata o da un livello conglomeratico compatto oppure da uno argilloso abbastanza consistente, di cui è difficile determinare l'estensione areale a causa dei rari sondaggi che raggiungono la normale profondità di rinvenimento. Vi sono intercalazioni argillose, ma si rinvencono con maggiore facilità strati di conglomerato permeabili per fessurazione; la mancanza di continuità laterale dei livelli argillosi permette di considerare l'acquifero superficiale un monostrato.
2. la **seconda litozona** è formata da ghiaie ed argille prevalenti che isolano un sistema multistrato, separato dal primo acquifero da un livello continuo di argilla e/o conglomerati compatti.

E' quindi possibile riconoscere un acquifero di tipo freatico superficiale, sotto il quale ne esistono altri artesiani o semiartesiani, dei quali non è possibile una stima della potenza a causa della scarsità dei dati.

Se l'alimentazione dell'acquifero principale avviene per infiltrazione dall'alto delle acque di precipitazione, per locali contributi dovuti all'irrigazione e mediante dispersioni dalle rogge, gli acquiferi della seconda litozona sono alimentati dal deflusso da monte e dagli apporti per intercomunicazione con il primo acquifero.

Questa situazione si riscontra dall'esame delle due sezioni idrogeologiche (Tav. 3) e delle stratigrafie insistenti sul territorio di Civate al Piano (Allegato 1).



- **Sezione A-A'**

Si sviluppa in direzione ovest-est dal settore orientale del Comune di Martinengo al settore occidentale di Pontoglio e attraversa il centro abitato di Cividate al Piano.

Nel territorio comunale di Cividate al Piano i depositi ghiaiosi, intercalati a strati conglomeratici ed a livelli argillosi, sono riconoscibili fino alla quota di circa 90 m su livello del mare; alla base è presente un orizzonte argilloso con buona continuità con spessore variabile tra i 40 m e i 10-15 m del pozzo di Via Rimembranze (31).

- **Sezione B-B'**

Si sviluppa da nord-ovest a sud-est, dal settore settentrionale di Comune Pontoglio al settore occidentale del Comune di Calcio attraversando in senso longitudinale Cividate al Piano.

La prima struttura acquifera, formata da ghiaie da grosse a medie con inclusi livelli argillosi e conglomeratici, è caratterizzata da spessori che aumentano spostandosi verso sud, passando da 40 m a 65-70 m. Analogamente alla sezione A-A' la litozona superficiale è separata da quella più profonda da un livello argilloso con discreta continuità laterale e spessore variabile tra 10 e 15m.

## **6.4 Vulnerabilità degli acquiferi**

### **6.4.1 Premessa**

Per vulnerabilità degli acquiferi si intende la suscettibilità dell'acquifero ad assorbire elementi inquinanti provenienti dalla superficie per infiltrazione.. La valutazione della vulnerabilità richiede la conoscenza dettagliata di diversi elementi: le geometrie ed i parametri idraulici delle unità costituenti il sottosuolo; i meccanismi di alimentazione delle falde; i processi di interscambio tra l'inquinante, il non saturo, l'acquifero e le falde. Trattandosi di elementi non sempre di facile acquisizione e la cui importanza può essere variamente stimata, alcuni Autori hanno proposto metodologie di calcolo basate su pochi parametri significativi.



#### 6.4.2 DRASTIC

La carta della vulnerabilità di Cividate al Piano è stata ottenuta dall'analisi di 7 elementi:

- la soggiacenza (**D**epth to water),
- l'alimentazione ((Net) **R**echarge),
- la tessitura del saturo (**A**quifer Media),
- la tessitura del suolo (**S**oil Media),
- l'acclività (**T**opography (Slope)),
- la tessitura del non saturo (**I**mpact of the Vadose Zone),
- la conducibilità idraulica (**C**onductivity (Hydraulic) of the Aquifer),

L'acronimo **D.R.A.S.T.I.C.** deriva infatti dalle iniziali dei sette parametri; tra questi sono distinti i parametri dinamici: la soggiacenza e l'alimentazione in quanto mutevoli nel tempo, ed i parametri statici: la tessitura del saturo, del suolo, del non saturo e la conducibilità idraulica in quanto descrivono proprietà fisiche del terreno, non mutevoli, ed infine l'acclività che descrive le forme del territorio come sono state modellate dagli eventi naturali e/o dall'azione dell'uomo. Per approfondimenti sull'argomento si rimanda tuttavia all'articolo di Aller et alii del 1985, in questa breve nota viene infatti illustrata rapidamente la metodologia seguita ed i risultati conseguiti nella sua applicazione al territorio di Cividate al Piano.

Le operazioni di calcolo tra matrici di dati (ciascun parametro può infatti assumere valore differente spostandosi nello spazio) richieste dal metodo DRASTIC, sono state svolte con IDRISI discretizzando l'area studiata in una griglia di 10 metri di lato (tabella 1). Successivamente ad ogni cella della griglia sono stati assegnati: un valore ricavato dai grafici e algoritmi proposti da Aller ed un peso, quest'ultimo variabile in funzione dell'importanza del singolo parametro nella definizione della vulnerabilità intrinseca del territorio (cfr. *Aller et alii*, 1985).

Le mappe dell'acclività e della soggiacenza sono state ricavate utilizzando gli specifici moduli di interpolazione (kriging) e di analisi dei dati geografici e geomorfologici di IDRISI. Sono stati così costruiti: il modello digitale del terreno DTM (Digital Terrain Model) o DEM (Digital Elevation Model), la carta delle pendenze e la carta dell'aspetto del territorio comunale (SHADED RELIEF MAP). La procedura



seguita ha richiesto la trasformazione delle quote assolute del territorio disponibili nella base informatizzata ed in AutoCAD, in un formato utilizzabile da IDRISI. Successivamente la gestione delle informazioni è avvenuta totalmente nel G.I.S., fino all'estrazione delle mappe per la stampa finale.

**Tab. 1:** Parametri della griglia utilizzata per discretizzare il territorio di Cividate al Piano

```
file title :  
data type : real  
file type : binary  
columns : 881  
rows : 1081  
ref. system : plane  
ref. units : m  
unit dist. : 1.0000000  
min. X : 1562600.0000000  
max. X : 1567000.0000000  
min. Y : 5041300.0000000  
max. Y : 5046700.0000000  
pos'n error : unknown  
resolution : unknown  
min. value : 143.5  
max. value : 178.3  
value units : unknown  
value error : unknown  
flag value : none  
flag def'n : none  
legend cats : 0
```

### Parametri statici

L'importanza dei caratteri tessiturali del saturo, suolo e non saturo, è legata alla velocità di infiltrazione di un inquinante. La tessitura del suolo è stata discretizzata secondo le unità cartografiche distinte dall'ERSAL nella carta pedologica ("I suoli del trevigliese", 1996). A ciascuna unità cartografica è stato associato un valore, compreso tra 3 e 5.



**Tab. 2:** Valore per tipologia di suolo

Unita Cartografica	tessitura superficiale	valore secondo Aller et alii
23	media	5
24	media-moderatamente fine	5
25	media	5
31	media-moderatamente fine	3
47	media-moderatamente fine	5
48	media-moderatamente grossolana	5
51	media-moderatamente grossolana	5
U	assente	10

La tessitura del non saturo e del saturo (acquifero) è stata desunta dai logs stratigrafici dei pozzi e dei sondaggi censiti. In entrambi i casi è stato assegnato un valore univoco all'intera griglia, 8 per il non saturo e 8 per il saturo.

Il gradiente topografico determina la maggiore o minore possibilità di infiltrazione delle acque meteoriche. IDRISI consente il calcolo automatico dell'acclività dal modello digitale del terreno (isoipse e punti quotati) (Fig. 11). Il D.T.M. non è altro che la rappresentazione digitale delle variazioni continue del rilievo nello spazio. Il valore di ciascun punto della griglia è stato ricavato con una procedura di calcolo automatica applicando l'espressione  $y = -0.4x + 10$  (cfr. Aller et alii, 1985) alla carta clivometrica.

La conducibilità idraulica è un parametro quantitativo complementare ai caratteri tessiturali. Permeabilità e trasmissività dell'acquifero sono stati ottenuti in modo empirico applicando la formula di Thiem-Dupuit  $T = Qsp \cdot 1.22$ . Anche in questo caso è stato attribuito un valore univoco all'intera griglia, 8: (permeabilità  $9.15E-01 - 1.52E-01$  cm/s).





*Fig. 11: Carta delle pendenze (scala 1:25.000).*



### Parametri dinamici

La soggiacenza esprime la profondità della tavola d'acqua dal piano campagna. E' la distanza che un inquinante deve percorrere nel non saturo quando la sorgente di contaminazione è superficiale. L'elaborato riportato in carta è stato ottenuto in modo automatico dalla carta delle isopiezometriche (tavola 2). Anche il valore è stato ottenuto in modo automatico applicando la relazione di calcolo soggiacenza-valore ( $y = -0.3x + 10$ ) (cfr. *Aller et alii*, 1985).

L'alimentazione dell'acquifero freatico avviene essenzialmente per infiltrazione delle piogge (infiltrazione efficace) e per dispersione dalle rogge. L'applicazione dell'espressione di Turc per il calcolo dell'evapotraspirazione reale ha permesso di quantificare le precipitazioni efficaci. L'infiltrazione efficace è stata stimata considerando una frazione percentuale (ca. 30%) di queste ultime. Il valore attribuito in modo univoco all'intera griglia è 4.5 (infiltrazione efficace ca. 180-200 mm).

### Pesi

DRASTIC prevede l'assegnazione di un peso, variabile da 1 a 5, a ciascun parametro in base all'importanza che può avere nella valutazione della vulnerabilità. Sono ipotizzati due casi:

- quando non si fa uso di prodotti chimici in agricoltura - condizioni normali
- uso di diserbanti e pesticidi – condizioni agricole.

Soggiacenza	5
Alimentazione	4
tessitura del saturo	3
tessitura del suolo	2
Acclività	1
tessitura del non saturo	5
conducibilità idraulica	3

**Tab. 3:** pesi normali

soggiacenza	5
alimentazione	4
tessitura del saturo	3
tessitura del suolo	5
acclività	3
tessitura del non saturo	4
conducibilità idraulica	2

**Tab. 4:** pesi agricoli



Il valore della vulnerabilità è stato quindi ottenuto sommando, in una griglia finale, i valori di ciascun parametro moltiplicati per i relativi pesi.

I valori percentuali delle classi di vulnerabilità sono:

1	vulnerabilità massima	91-100%
2	vulnerabilità estremamente alta	81-90%
3	vulnerabilità molto alta	71-80%
4	vulnerabilità alta	61-70%
5	vulnerabilità mediamente alta	51-60%
6	vulnerabilità mediamente bassa	41-50%
7	vulnerabilità bassa	31-40%
8	vulnerabilità molto bassa	21-30%
9	vulnerabilità estremamente bassa	11-20%
10	vulnerabilità minima	1-10%

**Tab. 5:** Valori percentuali delle classi di vulnerabilità.

#### 6.4.3 Note conclusive

Le classi di vulnerabilità rappresentate nel territorio di Civate al Piano sono comprese tra mediamente alta e molto alta. La loro distribuzione ed estensione è determinata principalmente dalla soggiacenza della falda (pesi normali), dalla presenza del suolo e dalla sua tessitura (pesi agricoli) (Figg. 12 e 13).

La terza classe –vulnerabilità molto alta- comprende il settore orientale del territorio in corrispondenza del terrazzo inferiore ed intermedio; l'alto valore assegnato è dovuto alla bassa soggiacenza.

All'interno della classe quattro –vulnerabilità alta- ricade quasi la totalità del territorio comunale di Civate al Piano incluso il terrazzo fluviale superiore ed il “Livello Fondamentale della Pianura”. La sua estensione può trovare giustificazione nella sostanziale omogeneità dei depositi che costituiscono il sottosuolo e nella sostanziale uniformità morfologica del paesaggio. La vulnerabilità (pesi normali) è leggermente più bassa (66-70%) nel settore centrale; tale differenza è legata alla maggiore quota topografica della porzione di territorio comunale ove è ubicato il centro abitato.



*Fig.12: Carta della vulnerabilità (pesi normali) (scala 1:25.000).*



*Fig. 13: Carta della vulnerabilità (pesi agricoli) (scala 1:25.000).*



## **7 CARTA DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA (TAV. 4)**

### **7.1 Premessa**

Per la caratterizzazione qualitativa del terreno ai fini della propensione all'edificazione, sono stati analizzati i logs stratigrafici dei sondaggi geognostici, i profili ricavati da prove penetrometriche (Allegato 3).

Si è giunti così ad una prima caratterizzazione geotecnica a scala del territorio comunale, di supporto nell'orientamento delle scelte urbanistiche, ma che dovrà essere opportunamente approfondita in fase di progettazione esecutiva delle opere pubbliche e private.

### **7.2 Zonazione geotecnica del territorio**

Anche nel caso della carta di prima caratterizzazione geologico-tecnica la macrozonazione del territorio è stata effettuata sulla base dei caratteri tessiturali del primo sottosuolo nonché della soggiacenza della falda freatica la cui profondità è normalmente tale da potere escludere interferenze della stessa con le costruzioni, anche se interrate.

La zone descritte sono le seguenti:

1. "Livello Fondamentale della Pianura" e terrazzo fluviale superiore;
2. Terrazzo fluviale intermedio;
3. Discarica Cascina S. Giorgio.

Le distinzioni non sono tuttavia nette poiché i caratteri tessiturali sono estremamente variabili nell'ambito della stessa unità; soprattutto nel primo sottosuolo. In profondità il terreno appare più uniforme su tutto il territorio con una prevalenza di ghiaie in matrice sabbiosa limosa.

#### **7.2.1. "Livello Fondamentale della Pianura" e terrazzo fluviale superiore;**

I suoli del livello fondamentale della pianura e del terrazzo superiore sono moderatamente profondi (un metro ca. sul livello fondamentale, 70-80 cm sul



terrazzo), hanno tessitura franco-franco argillosa e permeabilità moderata o moderatamente bassa ( $10^{-5}$ - $10^{-7}$  m/s).

Il substrato è costituito da ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie. Sono presenti lenti a supporto di matrice sabbiosa grossolana in strati da decimetrici a metrici. Il materiale è ben addensato, a tratti cementato. La permeabilità è moderata.

La soggiacenza della prima falda è compresa tra 15 e 20 metri.

#### 7.2.2. Terrazzo fluviale intermedio

Il suolo ha profondità compresa tra 70 e 90 cm, tessitura franca o franco-argillosa e permeabilità moderata o moderatamente bassa ( $10^{-5}$   $10^{-7}$  m/sec).

Il substrato è costituito da livelli a giacitura suborizzontale di ghiaie e sabbie con prevalenza di ciottoli negli orizzonti superficiali. La matrice è sabbiosa debolmente limosa. La permeabilità è moderata.

La falda freatica è rinvenibile a profondità comprese tra 10 e 5 metri dal p.c..

#### 7.2.3. Terrazzo fluviale inferiore

Il suolo ha profondità compresa tra 70 e 90 cm, tessitura franca o franco-argillosa e permeabilità moderata ( $10^{-5}$   $10^{-7}$  m/sec).

Il substrato è costituito da livelli a giacitura suborizzontale di ghiaie e sabbie con intercalazioni di sabbie da fini a grossolane in lenti o strati. La permeabilità è moderata.

La falda freatica è rinvenibile a profondità comprese tra 10 e 5 metri dal p.c..

#### 7.2.4. Discarica Cascina S. Giorgio

I terreni di questo settore del territorio comunale hanno subito rimaneggiamenti sia durante l'utilizzo come discarica abusiva che successivamente in occasione del ritombamento dell'area e conseguente ripristino della superficie topografica originaria. L'area è caratterizzata da disomogenietà tessiturali verticali ed orizzontali che non permettono di definire il comportamento meccanico dei terreni.



## 8 CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (TAV. 5)

### 8.1 Premessa

L'analisi del rischio sismico locale è stata svolta utilizzando i criteri contenuti nell'allegato 5 alla D.G.R. 8/1566 e successive integrazioni.

Lo studio si articola in tre livelli successivi di approfondimento che sono implementati in relazione alla zona sismica di appartenenza del comune, come definita dall'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, agli scenari di pericolosità sismica locale ed alla tipologia delle costruzioni in progetto

Le zone sismiche sono quattro e sono così, definite:

**TAB. 6: ZONE SISMICHE**

Zona	Valori di $a_g$
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g

dove  $a_g$  è il valore dell'accelerazione orizzontale massima espresso come frazione della gravità (g)

Il territorio comunale di Cividate al Piano ricade nella zona sismica 3. I livelli di approfondimento e le fasi di applicazione richieste dalla normativa sono riassunti nella tabella seguente.

**TAB. 7: LIVELLI DI APPROFONDIMENTO E FASI DI APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA SULLA ZONIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE**

zona sismica	livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
2-3	obbligatorio	nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con l'urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- nelle aree indagate con il 2° livello quando $F_a$ calcolato > valore soglia comunale; - nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5.

Il primo livello comporta il riconoscimento delle aree dove è possibile un'amplificazione dell'effetto sismico sulla base delle caratteristiche litologiche, geotecniche e morfologiche ricavabili dalle carte di inquadramento tematico e confrontate con gli scenari previsti dalle direttive tecniche (Tab. 2).





A ciascuna area così individuata è attribuita una classe di pericolosità sismica ed il relativo livello successivo di approfondimento. Le campiture che definiscono lo scenario di pericolosità sismica sono rappresentate nell'omonima tavola (TAV. 5).

Quando necessario, l'applicazione del secondo livello di approfondimento consente di verificare se i valori di spettro elastico previsti dal D.M. 14 settembre 2005 sono adeguati alle tipologie di opere in progetto oppure se è necessario implementare il terzo livello di analisi per la definizione di nuovi spettri.

**TAB. 8: INDICAZIONE DEGLI SCENARI DI PERICOLOSITÀ, EFFETTI E CLASSI DI PERICOLOSITÀ ASSOCIATE.**

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>	<i>CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti		H2 - livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana		
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni	H2 - livello di approfondimento 3°
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche	H2 - livello di approfondimento 2° (3°)
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate		
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche	H2 - livello di approfondimento 2°
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre		
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)		
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale		
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali	H2 - livello di approfondimento 3°

## **8.2 Zonazione della pericolosità sismica locale**

### **8.2.1 Primo livello**

A causa dell'omogeneità geomorfologica e litologica che lo caratterizza, tutto il territorio comunale di Civate al Piano è stato inserito nella classe di pericolosità sismica locale Z4a. Tale zona individua quelle aree il cui sottosuolo è formata da depositi alluvionali e fluvioglaciali granulari e coesivi a cui è assegnata la classe di pericolosità sismica H2. Per gli edifici sensibili e/o strategici e/o che prevedono affollamenti significativi (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03), la normativa richiede l'applicazione del secondo livello di approfondimento ed eventualmente il terzo.



## 8.2.2 Secondo livello

La procedura di secondo livello consiste nella valutazione semiquantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di Fattore di amplificazione ( $F_a$ ) e nel loro confronto con i valori soglia forniti dalla Regione Lombardia (Tab. 8).

I valori soglia rappresentano il limite di validità oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente nel valutare e considerare la reale amplificazione presente nel sito.

**TAB. 9: VALORI DI SOGLIA PER IL COMUNE DI CIVIDATE AL PIANO**

	suolo tipo A	suolo tipo B-C-E	suolo tipo D
periodo compreso tra 0,1 – 0,5 s	1,4	1,9	2,0
periodo compreso tra 0,5 – 1,5 s	2,0	3,1	5,0

L'individuazione dei fattori di amplificazione è stata ottenuta rispettando le indicazioni contenute nell'allegato 5 della D.G.R. 8/1566 e successive integrazioni. La procedura presume la conoscenza della litologia dei materiali presenti nel sito, della stratigrafia del sito e dell'andamento delle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio  $V_s$  nel primo sottosuolo. Questi dati e l'utilizzo di schede litologiche approntate dalla Regione Lombardia (Allegato 6) consente la stima dei valori di  $F_a$  che devono essere confrontati con i valori soglia.

Il secondo livello di approfondimento sismico deve essere implementato nelle zone a Pericolosità Sismico Locale Z4 se interferenti con l'urbanizzato e urbanizzabile. Nel caso di Civate al Piano ci si è limitati all'area urbanizzata attualmente esistente, essendo la componente urbanistica del PGT comunale in via di completamento.

## **8.3 Procedura**

Il primo punto della procedura di secondo livello ha visto l'identificazione della litologia prevalente ed il confronto del profilo delle  $V_s$  con l'apposito abaco contenuto nelle schede fornite dalla Regione Lombardia.

Attualmente sono disponibili 5 schede per 5 differenti litologie prevalenti.

Una volta individuata la scheda di riferimento, è stato verificato l'andamento delle  $V_s$  con la profondità utilizzando gli abachi riportati nelle schede di valutazione.



Gli approfondimenti contenuti nelle integrazioni all'Allegato 5 del febbraio 2006 (F. Pergalani, M. Compagnoni e V. Petrini) prevedono che nel caso in cui l'andamento delle  $V_s$  con la profondità non ricada nel campo di validità della scheda litologica corrispondente, sia utilizzata la scheda che presenta l'andamento delle  $V_s$  più simile a quello riscontrato nell'indagine. In alcuni casi la valutazione del  $F_a$  è stata eseguita utilizzando più di una scheda scegliendo la situazione più cautelativa.

All'interno della scheda di valutazione è stata utilizzata la curva con maggiore approssimazione per la stima del valore di  $F_a$  negli intervalli 0,1 – 0,5 s e 0,5 – 1,5 s.

Il periodo proprio del sito ( $T$ ) è stato calcolato considerando la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità  $V_s$  è uguale o maggiore a 800 m/s, mediante la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove  $h_i$  e  $V_s$  sono lo spessore e la velocità dello strato  $i$ -esimo.

Laddove le prospezioni non abbiano investigato una profondità tale da raggiungere strati con  $V_s = 800$  m/s tale limite è stato interpolato manualmente.

Il valore di  $F_a$  ottenuto, con una approssimazione di  $\pm 0,1$  è stato confrontato con i valori soglia forniti dalla Regione Lombardia.

#### **8.4 Applicazione del secondo livello**

Nell'applicazione del secondo livello di approfondimento al territorio di Civate al Piano è stata mantenuta la suddivisione in due zone contenuta nello studio geologico (TAV. 4):

- ✚ la zona A comprende la maggior parte del territorio comunale, escludendo i terreni appartenenti al terrazzo fluviale inferiore;
- ✚ la zona B comprende i terreni che appartengono all'unità geomorfologica del terrazzo fluviale inferiore.



Lo sviluppo della velocità delle onde S con la profondità è stato ottenuto mediante l'esecuzione di prospezioni geofisiche di tipo MASW.

## **8.5 La metodologia MASW**

### 8.5.1 Teoria

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$ .

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere



utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).

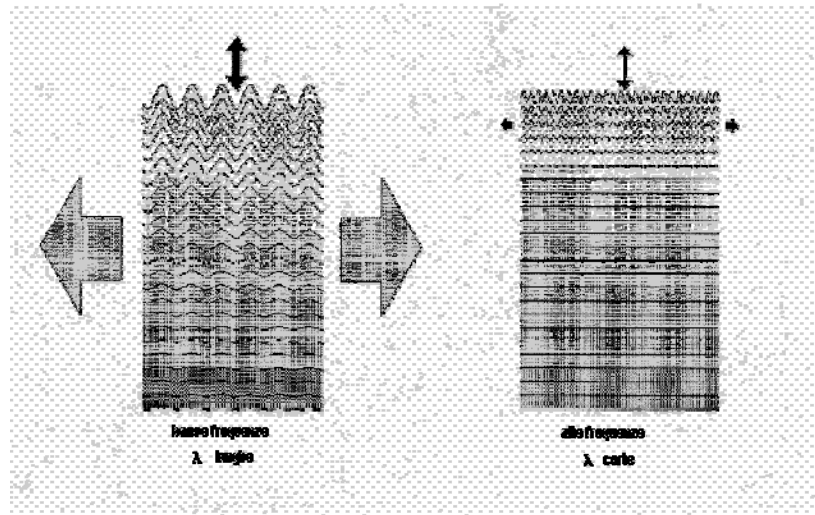


Fig. 14: Proprietà di dispersione delle onde superficiali

La fig. 14 mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S ( $V_s$ ) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde sono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.



## Procedura in sito

Le indagini eseguite appositamente per la redazione del presente studio sono state eseguite con le seguenti specifiche. Ciascuna base sismica è stata ottenuta con la stesa di un cavo sismico lungo 48 metri compresi 24 geofoni e una spaziatura dei punti di ricezione pari a 2 metri. Sono stati impostati due punti di energizzazione (shots) il primo a 5 metri dal primo geofono ed il secondo a 15 metri. Per ciascun punto di energizzazione sono stati eseguite varie acquisizioni in modo da mediare i disturbi ambientali sul sismogramma medio. Per ogni sito sono stati ricavati due profili stratigrafici delle Vs per ottenere un miglior riscontro interpretativo.

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati a rifrazione è consistita in un sismografo ECHO 24/2002 e 24 geofoni a frequenza naturale di 4,5 Hz. L'energizzazione del terreno (sorgente di energia) è stata ottenuta impiegando una mazza ed una piastra appoggiata al terreno.

Il rilievo altimetrico dei punti-geofono e dei punti di energizzazione non si è reso necessario in quanto il piano topografico è risultato pianeggiante.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- ✚ acquisizione dei dati di campo;
- ✚ estrazione della curva di dispersione;
- ✚ inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità.

## Interpretazione delle misura

Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati. Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione e sono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali. Quando si generano le onde piane della modalità



fondamentale delle onde di Reyleigh, sono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni). Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno. La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza indipendentemente dalla distanza dalla sorgente.

La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza. La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili ( $x$ ;  $y$ ), il cui legame costituisce la curva di dispersione.

Le prospezioni sismiche sono state interpretate mediante il software SWAN (GeoStudi Aster SRL, 2007). L'utilizzo di questo software consente di preprocessare i dati grezzi acquisiti epurandoli da eventuali disturbi. Successivamente, partendo dal sismogramma medio di sito, sono calcolati gli spettri FK (Frequenza-Numero d'onda) ed FV (Frequenza-Velocità).



La distribuzione dei picchi evidenziati dagli spettri viene ulteriormente analizzata per ricavare la curva di dispersione sperimentale che viene confrontata con quella teorica. Una volta trovata un'interpolazione tra le due curve il programma esegue l'inversione per ricostruire il profilo delle Vs con la profondità. Il profilo così ottenuto può essere ulteriormente modificato per aumentare il grado di interpolazione tra la curva di dispersione sperimentale e quella teorica.

## **ZONA A**

Per caratterizzare questa porzione del territorio sono state utilizzate cinque prospezioni geofisiche (Allegato 4).

Per ogni sito di indagine sono stati ricavati due profili sismici energizzando il terreno a distanze differenti rispetto all'allineamento geofonico. Nel confronto con i valori soglia sono stati utilizzati i valori del fattore di amplificazione più cautelativi.

**TAB. 10: VALORI DI FA NELLA ZONA A**

	periodo compreso tra 0,1 – 0,5 s	periodo compreso tra 0,5 – 1,5
Sito 1	1,15 ± 0,1	1,01 ± 0,1
Sito 2	1,30 ± 0,1	1,04 ± 0,1
Sito 3	1,38 ± 0,1	1,12 ± 0,1
Sito 5	1,85 ± 0,1	1,38 ± 0,1
<b>Media Zona A</b>	<b>1,42 ± 0,1</b>	<b>1,14 ± 0,1</b>

I valori del fattore di amplificazione sono verificati in ogni caso per i suoli di tipo B, C, D ed E, ad eccezione nel sito 5 dove i valori soglia non risultano verificati per il periodo compreso tra 0,1 e 0,5 per i suoli di tipo B, C ed E.

Per i suoli di tipo A i valori soglia per il periodo compreso tra 0,1 e 0,5 non risultano verificati, ma tale tipologia di suolo non corrisponde alla stratigrafia tipica del territorio di Cividate al Piano.

Per il periodo compreso tra 0,5 – 1,5 i valori soglia sono verificati per i suoli di tipo B, C, E e D mentre non sono verificati per i suoli di tipo A.





**TAB. 11: CONFRONTO TRA VALORI CALCOLATI E VALORI SOGLIA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**

	suolo tipo A	suolo tipo B-C-E	suolo tipo D	Fa Zona A
periodo compreso tra 0,1 – 0,5 s	1,4	1,9	2,0	<b>1,42 ± 0,1</b>
periodo compreso tra 0,5 – 1,5 s	2,0	3,1	5,0	<b>1,14 ± 0,1</b>

## **ZONA B**

Per caratterizzare questa porzione del territorio è stata utilizzata una sola prospezione geofisica per la quale sono stati ricavati due profili sismici energizzando il terreno a distanze differenti rispetto all'allineamento geofonico. Nel confronto con i valori soglia sono stati utilizzati i valori del fattore di amplificazione più cautelativi.

**TAB. 12: VALORI DI FA NELLA ZONA B**

	periodo compreso tra 0,1 – 0,5 s	periodo compreso tra 0,5 – 1,5 s
Sito 3	1,34 ± 0,1	1,09 ± 0,1
<b>Media Zona A</b>	<b>1,34 ± 0,1</b>	<b>1,09 ± 0,1</b>

I valori risultano verificati in ogni caso.

**TAB. 13: CONFRONTO TRA VALORI CALCOLATI E VALORI SOGLIA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**

	suolo tipo A	suolo tipo B-C-E	suolo tipo D	Fa Zona A
periodo compreso tra 0,1 – 0,5 s	1,4	1,9	2,0	<b>1,34 ± 0,1</b>
periodo compreso tra 0,5 – 1,5 s	2,0	3,1	5,0	<b>1,09 ± 0,1</b>

## **8.6 Conclusioni**

I valori del fattore di amplificazione calcolati hanno permesso di valutare la validità della procedura e verificare in quale caso lo spettro proposto dalla normativa vigente risulta insufficiente a stimare l'amplificazione reale.

Per i progetti di edifici sensibili e/o strategici e/o che prevedano affollamenti significativi (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03), con strutture rientranti nel periodo di oscillazione compreso tra 0,1 – 0,5, dovrà essere applicato il terzo livello di approfondimento sismico o in alternativa utilizzati per la progettazione i parametri previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore: nella fattispecie quelli validi per la zona sismica 3.



## 9. CARTA DEI VINCOLI (TAV. 6)

Nella Carta dei Vincoli sono rappresentate le limitazioni d'uso del territorio derivanti dalle normative in vigore di contenuto prettamente idrogeologico e/o ambientale-paesaggistico.

Sono riportati:

- vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89, art. 17 comma 5 e in particolare del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, adottato con delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po n° 18/2001 del 26/04/2001 e recepita dalla Regione Lombardia nella D.G.R. 7/7365 dell'11/12/2001. Nel PAI sono indicate tre fasce fluviali, definite come al punto 1 dell'allegato 3 delle NdA dello stesso Piano.
  - ✚ fascia di deflusso della piena (fascia A) costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante la piena;
  - ✚ fascia di esondazione (fascia B), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di territorio interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento;
  - ✚ area di inondazione per piena catastrofica (fascia C), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente, che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento.
- vincoli di polizia idraulica: sul reticolo idrografico consortile (individuato in base alla L. 1/2000 e successive modificazioni) ai sensi del R.D. n. 368/1904 art. 96 "Testo unico delle leggi sulle opere idrauliche" e successive disposizioni regionali in materia, e su quello minore secondo le relative direttive regionali (D.G.R. 7/7868 del 2002). Il reticolo idrico e le relative fasce di rispetto riportate sono state tratte dallo "Studio per l'individuazione del reticolo idrografico minore" redatto dallo Studio Ydros di Bergamo;
- aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile (pozzi e sorgenti): D.L. 152/99, D.L. 258/00 e D.G.R. 7-12693/2003;



- aree comprese nei limiti del Parco Regionale dell'Oglio Nord (L.R. 86/83, art. 1, lett. b).

## **9.1 Fasce PAI**

### ***Fascia A – fascia di deflusso della piena***

Nella fascia A sono vietate ai sensi dell'art. 29 delle NdA:

- a. Le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, che modifichino l'assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, edilizio, fatte salve le prescrizioni dei successivi articoli;
- b. La realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 22/97, fatto salvo quanto previsto al punto "l" delle attività consentite;
- c. La realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue, nonché l'ampliamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue, fatto salvo quanto previsto al punto "m" delle attività consentite;
- d. Le coltivazioni erbacee non permanenti e arboree, fatta eccezione per gli interventi di bioingegneria forestale e gli impianti di rinaturalizzazione con specie autoctone, per un'ampiezza di almeno 10 m dal ciglio di sponda, al fine di assicurare il mantenimento o il ripristino di una fascia continua di vegetazione spontanea lungo le sponde dell'alveo inciso, avente funzione di stabilizzazione delle sponde e riduzione della velocità della corrente;
- e. La realizzazione di complessi ricettivi all'aperto;
- f. Il deposito a cielo aperto, ancorché provvisorio, di materiali di qualsiasi genere.

Sono invece consentiti:

- a. I cambi colturali, che potranno interessare esclusivamente aree attualmente coltivate;



- b. Gli interventi volti alla ricostruzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- c. Le occupazioni temporanee se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;
- d. I prelievi manuali di ciottoli, senza taglio di vegetazione, per quantitativi non superiori a 150 m<sup>3</sup> annui;
- e. La realizzazione di accessi per natanti alle cave di estrazione ubicate in golena, per il trasporto all'impianto di trasformazione, purché inserite in programmi individuati nell'ambito dei Piani di settore;
- f. I depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattiva autorizzata ed agli impianti di trattamento del materiale estratto e presente nel luogo di produzione da realizzare secondo le modalità prescritte dal dispositivo di autorizzazione;
- g. Il miglioramento fondiario limitato alle infrastrutture rurali compatibili con l'assetto di fascia;
- h. Il deposito temporaneo a cielo aperto di materiali che per le loro caratteristiche non si identificano come rifiuti, finalizzato ad interventi di recupero ambientale comportanti il ritombamento di cave;
- i. il deposito temporaneo di rifiuti come definito all'art. 6, comma 1, let. M) del D.Lgs. 22/97;
- j. l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs 22/97 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs 22/97) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa;
- k. l'adeguamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue alle normative vigenti, anche a mezzo di eventuali ampliamenti funzionali.



### **Fascia B – fascia di esondazione**

Ai sensi dell'art. 30 delle NdA del PAI, nella fascia B sono vietati:

- a. gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;
- b. la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs 22/97, fatto salvo quanto previsto per le operazioni consentite descritte per la fascia A alla lettera l;
- c. in presenza di argini, interventi e strutture che tendano a orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.

Sono consentiti, oltre agli interventi consentiti per la fascia A (art. 29 NdA):

- a. gli interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla limitazione della fascia;
- b. gli impianti di trattamento delle acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e messa in sicurezza di quelli esistenti; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino;
- c. la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente;
- d. l'accumulo temporaneo di letame per uso agronomico e la realizzazione di contenitori per il trattamento e/o stoccaggio degli effluenti zootecnici, ferme restando le disposizioni all'art. 38 del D. Lgs. 153/99 e successive modifiche e integrazioni;
- e. il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento



dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino.

Gli interventi consentiti debbono inoltre assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area e l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti.

### ***Fascia C – area di inondazione per piena catastrofica***

Per la Fascia C il PAI non prevede l'individuazione di attività possibili o vietate, lasciando agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica la regolamentazione delle attività consentite e vietate (art. 31, comma 4 delle Nda del PAI).

Per tale ambito è definita la seguente normativa che dovrà essere applicata a tutti i settori di ciascuna classe e/o sottoclasse di fattibilità inclusi nella perimetrazione della fascia C. La norma prevede che in fascia C gli interventi non modificano i fenomeni idraulici naturali che possono aver luogo, né costituiscano significativo ostacolo al deflusso e/o limitino in maniera significativa la capacità d'invaso. A tal fine i progetti dovranno essere corredati da una analisi di compatibilità idraulica che documenti l'assenza delle suddette interferenze o indichi i rimedi progettuali per ovviare a tale rischio quali ad esempio sopralzi, recinzioni impermeabili ed altri accorgimenti tecnici necessari a garantire la sicurezza dei locali in caso di allagamento (altezza degli impianti elettrici dalla pavimentazione).



## 10. CARTA DI SINTESI (TAV. 7)

La Carta di Sintesi è costituita da una serie di poligoni ognuno dei quali definisce una porzione di territorio caratterizzata da pericolosità omogenea per la presenza di uno o più fenomeni di rischio in atto o potenziale, o da vulnerabilità idrogeologica. La sovrapposizione di più ambiti genera poligoni misti per pericolosità determinata da più fattori.

La delimitazione dei poligoni è basata su valutazioni della pericolosità e sulle aree di influenza dei fenomeni.

In particolare sono state individuate:

- Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

**sl:** aree a pericolosità potenziale di scivolamento degli orli di terrazzo.

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico:

**vul1:** aree a vulnerabilità molto alta dell'acquifero freatico: comprende le aree localizzate in corrispondenza del terrazzo inferiore ed intermedio del Fiume Oglio.

**olf:** area interessata dalla presenza di centri di pericolo: comprende l'area di pertinenza della Olifer-ACP. Attualmente l'area è interessata da un intervento di bonifica ai sensi del D.M. 471/1999.

**lgz:** area interessata dalla presenza di centri di pericolo: comprende l'area di pertinenza della Nuova L:G.Z.. Attualmente l'area è interessata da un intervento di bonifica ai sensi del D.M. 471/1999.

**dsg:** area interessata dalla presenza di centri di pericolo: comprende l'area occupata dalla discarica Cascina S. Giorgio. Il sito è inserito nell'elenco dei siti da sottoporre ad ulteriori indagini ambientali contenuta nella D.C.R. della Regione Lombardia del 17 febbraio 2004, n. VII/958 "Piano regionale stralcio di bonifica delle aree inquinate, ai sensi dell'art. 22, comma 5, del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22.

Aree vulnerabili dal punto di vista idrologico:



**in1:** aree di pertinenza fluviale: comprende le aree localizzate in corrispondenza del Fiume Oglio e del terrazzo inferiore.

**In2:** aree frequentemente inondabili: comprende le aree localizzate in corrispondenza del terrazzo inferiore del Fiume Oglio più distanti dall'alveo del corso d'acqua.

**In3:** aree inondabili con minore frequenza: comprende le aree localizzate in corrispondenza del terrazzo intermedio del Fiume Oglio.

**trc:** aree con moderato rischio di inondazione per tracimazione individuata con criteri geomorfologici: comprende le aree localizzate in corrispondenza del terrazzo intermedio del Fiume Oglio.

- Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche:

**gt1:** aree prevalentemente ghiaioso-sabbiose con buona-discreta capacità portante: comprende le aree localizzate sul livello Fondamentale della Pianura e sul terrazzo superiore del Fiume Oglio.

**gt2:** aree con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali: comprende le aree localizzate in corrispondenza dei terrazzi fluviali dell'Oglio.

- Aree di particolare interesse scientifico e naturalistico:

**ter:** ambiti di tutela paesaggistica degli orli di terrazzo.





## **11. CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO (TAV. 8)**

### **11.1 Premessa**

I dati raccolti ed elaborati nello studio geologico ed ambientale permettono, mediante l'analisi incrociata dei vari elementi che caratterizzano l'area in esame, di suddividere il territorio in settori a maggiore o minore vocazione urbanistica. Questa classificazione fornisce indicazioni generali sugli studi e le indagini necessarie in caso di modifiche alle destinazioni d'uso e sulle opere di mitigazione degli eventuali rischi, al di là di ogni considerazione di carattere economico e/o amministrativo, ma esclusivamente in funzione degli elementi emersi nel corso dell'indagine.

### **11.2 Classi di fattibilità**

Considerando quanto proposto dalla normativa regionale in materia di pianificazione territoriale, sono state adottate le quattro classi di fattibilità di seguito descritte.

#### **Classe 1: Fattibilità senza particolari limitazioni**

*“In questa classe ricadono le aree per le quali gli studi non hanno individuato specifiche controindicazioni di carattere geologico all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso delle particelle”.*

#### **Classe 2: Fattibilità con modeste limitazioni**

*“In questa classe ricadono le aree in cui sono state rilevate puntuali o ridotte condizioni limitative alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per superare le quali si rende necessario realizzare approfondimenti di carattere geologico-tecnico o idrogeologico finalizzati alla realizzazione di eventuali opere di sistemazione e bonifica, le quali non dovranno incidere negativamente sulle aree limitrofe”.*

#### **Classe 3: Fattibilità con consistenti limitazioni**

*“In questa classe ricadono le zone in cui sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni per l'entità e la natura dei rischi individuati nell'area di studio o nell'immediato intorno. L'utilizzo di queste zone è pertanto subordinato alla realizzazione di supplementi di indagini che consentano di acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno,*



*mediante campagne geognostiche, prove in situ e di laboratorio, nonché mediante studi tematici specifici di varia natura (idrogeologici, idraulici, ambientali, pedologici ecc.). [...].*

#### **Classe 4: Fattibilità con gravi limitazioni**

*“L’alto rischio comporta gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d’uso delle particelle. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. [...]”.*

La classificazione in aree a diversa fattibilità tiene conto del numero di fattori penalizzanti e dell’importanza attribuita a ciascuno di essi, vincolando, dove necessario, ciascun intervento edificatorio ad una serie di prescrizioni che consentono di definire il grado di rischio locale.

### **11.3 La fattibilità geologica nel Comune di Civate al Piano**

#### **Classe 2**

In questa classe ricadono le zone dove sono state rilevate modeste limitazioni alla modifica delle destinazioni d’uso.

La quasi totalità del territorio di Civate al Piano ricade in classe 2.

L’attribuzione della classe seconda e non della prima deriva sostanzialmente da due considerazioni.

La prima è la variabilità dei caratteri tessiturali del terreno che richiede un minimo accertamento delle proprietà meccaniche ed idrogeologiche del sottosuolo. Tale accertamento potrà essere effettuato mediante indagini geognostiche ad hoc, oppure essere basato sulla conoscenza della situazione geologica idrogeologica locale derivante dall’esperienza del tecnico incaricato.

Lo stesso D.M. dell’11 marzo 1988 specifica che “nel caso di costruzioni di modesto rilievo in rapporto alla stabilità dell’insieme opera-terreno, che ricadono in zone già note, la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo può essere ottenuta per mezzo della raccolta di dati e notizie sui quali possa essere basata la progettazione”.



L'esecuzione delle indagini, qualora necessarie, dovrà attenersi a quanto contenuto nel D.M. 11 marzo 1988 (Allegato 3).

La seconda considerazione riguarda le caratteristiche idrogeologiche dell'area ed ha la finalità di garantire in situazioni di alta vulnerabilità dell'acquifero freatico, la tutela ed il rispetto della risorsa idrica. Per tale ragione le richieste di concessione dovranno contenere:

- ✚ un'indicazione quantitativa e qualitativa degli scarichi liquidi prodotti dal fabbricato o dal complesso di cui si richiede la costruzione;
- ✚ un'indicazione progettuale dei sistemi di depurazione corrispondenti e/o dei sistemi adottati per l'eliminazione dei materiali residui e la salvaguardia idrogeologica e relativi criteri costruttivi.

### **Classe 3**

In questa classe ricadono le zone dove sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni per l'entità e la natura dei rischi individuati sia localmente che nelle aree immediatamente limitrofe e per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

In relazione alle condizioni di rischio riscontrate sono state individuate quattro sottoclassi.

#### **- 3a**

La sottoclasse 3a individua le aree frequentemente inondabili e coincide con la Fascia B del PAI. Si applicano le norme PAI e allo scopo di proteggere le acque sotterranee dall'inquinamento, le richieste di concessione edilizia dovranno contenere:

- ✚ indicazione quantitativa e qualitativa degli scarichi liquidi prodotti dal fabbricato o dal complesso di cui si richiede la costruzione;
- ✚ indicazione progettuale dei sistemi di depurazione corrispondenti e/o dei sistemi adottati per l'eliminazione dei materiali residui e la salvaguardia idrogeologica e relativi criteri costruttivi.



Per qualunque previsione urbanistica dovranno inoltre essere realizzati opportuni approfondimenti geognostici attenendosi a quanto contenuto nel D.M. 11 marzo 1988.

### **- 3b**

La sottoclasse 3b comprende le aree inserite nel perimetro della Fascia C del PAI e le aree con moderato rischio di allagamento per tracimazione individuate con criteri geomorfologici.

Gli interventi consentiti non devono modificare i fenomeni idraulici naturali che possono aver luogo, né costituire ostacolo al deflusso e/o limitare in maniera significativa la capacità d'invaso. A tale fine i progetti dovranno essere correlati da un'analisi di compatibilità idraulica che documenti l'assenza delle suddette interferenze o indichi i rimedi progettuali per ovviare a tale rischio quali ad esempio sopralzi, recinzioni impermeabili ed altri accorgimenti tecnici necessari per garantire la sicurezza dei locali in caso di allagamento (altezza degli impianti elettrici dalla pavimentazione, etc.).

Inoltre le richieste di concessione edilizia dovranno inoltre contenere:

- ✚ indicazione quantitativa e qualitativa degli scarichi liquidi prodotti dal fabbricato o dal complesso di cui si richiede la costruzione;
- ✚ indicazione progettuale dei sistemi di depurazione corrispondenti e/o dei sistemi adottati per l'eliminazione dei materiale residui e la salvaguardia idrogeologica e relativi criteri costruttivi.

Per qualunque previsione urbanistica dovranno inoltre essere realizzati opportuni approfondimenti geognostici attenendosi a quanto contenuto nel D.M. 11 marzo 1988.

### **- 3c**

In questa sottoclasse ricadono le scarpate dei terrazzi fluviali comprensivi di una fascia di rispetto ampia 10 m.

Per qualunque previsione urbanistica dovranno essere realizzati opportuni approfondimenti geognostici attenendosi a quanto contenuto nel D.M. 11 marzo 1988 al fine di procedere all'analisi della stabilità del complesso scarpata-opera.



Le richieste di concessione edilizia dovranno inoltre contenere:

- ✚ indicazione quantitativa e qualitativa degli scarichi liquidi prodotti dal fabbricato o dal complesso di cui si richiede la costruzione;
- ✚ indicazione progettuale dei sistemi di depurazione corrispondenti e/o dei sistemi adottati per l'eliminazione dei materiale residui e la salvaguardia idrogeologica e relativi criteri costruttivi.

### - 3d

La sottoclasse individua le porzioni di territorio nelle quali è in corso, a diversi livelli, la procedura di bonifica secondo quanto definito nel D.M. 471/1999 e/o nel D.Lgs. 3 Aprile 2006, n. 152.

Qualsiasi modifica dovrà essere certificata da un'indagine ambientale finalizzata a verificare lo stato e la qualità delle matrici ambientali (terreni, acque sotterranee) mediante indagini geognostiche appropriate e analisi di laboratorio in applicazione del D.Lgs. 3 Aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale".

Concluso l'intervento di risanamento ambientale e certificata l'avvenuta bonifica da parte degli enti di controllo (Provincia di Bergamo e Regione Lombardia) per qualunque previsione urbanistica dovranno essere realizzati opportuni approfondimenti geognostici attenendosi a quanto contenuto nel D.M. 11 marzo 1988 e le richieste di concessione edilizia dovranno contenere:

- ✚ indicazione quantitativa e qualitativa degli scarichi liquidi prodotti dal fabbricato o dal complesso di cui si richiede la costruzione;
- ✚ indicazione progettuale dei sistemi di depurazione corrispondenti e/o dei sistemi adottati per l'eliminazione dei materiale residui e la salvaguardia idrogeologica e relativi criteri costruttivi.



## **Classe 4**

In classe 4 dovrà essere esclusa qualsiasi edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentite esclusivamente interventi così come definito all'art. 31 lettere a), b) e c) della 457/78.

In relazione alle condizioni di rischio riscontrate sono state individuate quattro sottoclassi.

### **- 4a**

La sottoclasse 4a individua le aree di pertinenza dell'alveo del Fiume Oglio e coincide con la fascia A del PAI. Si applicano le norme PAI.

### **- 4b**

In questa classe ricade la scarpata ubicata al di sotto della periferia nord-orientale del centro storico (Piazza Castello e Via Balestra) a causa del forte dislivello tra il pianoro rappresentato dal Livello Fondamentale della Pianura e l'alveo del Fiume Oglio (circa 15 m).

### **- 4c**

In questa classe ricadono le scarpate dei terrazzi fluviali comprensivi di una fascia di rispetto ampia 10 m. L'inserimento di tali aree in classe 4 è dovuta sia a motivazioni di tipo geotecnico che paesaggistico naturalistico finalizzate alla salvaguardia dell'elemento geomorfologico.

Si ricorda inoltre negli ambiti in classe 4 potranno essere realizzate opere pubbliche che non prevedano la presenza continuativa e temporanea di persone. Tuttavia, esse andranno valutate, puntualmente e qualsiasi istanza di approvazione da parte dell'autorità comunale dovrà esser accompagnata da una relazione geologica e geotecnica che attesti la compatibilità degli interventi proposti con la situazione di rischio presente.

***Gruppo di lavoro: Renato Caldarelli, Massimo Elitropi, Marco Lanza***