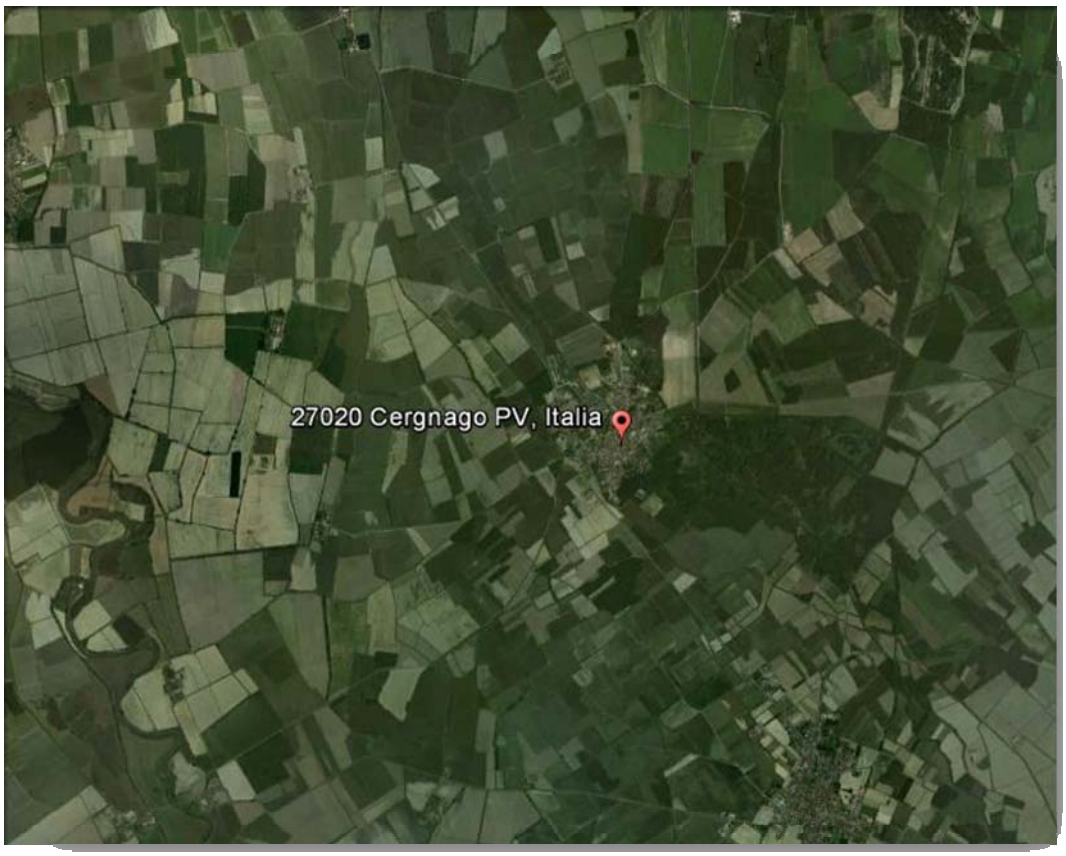
COMUNE DI

CERGNAGO

STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

ex art. 57 Legge Regionale 12 del 11 marzo 2005
DGR n.8/1566 del 22 dicembre 2005
DGR n. 8/7374 del 28 maggio 2008
DGR n. 9/2616 del 30 novembre 2011

(definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica)



Dott. Geol. Antonello BORSANI
Viale Sforza 7 – VIGEVANO (PV)
Tel. 0381. 70896
Fax: 0381.091570
Mail: antobors@libero.it

MAGGIO 2013

INDICE

1 PREMESSA 4

2 METODOLOGIA DI RICERCA 5

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE 7

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE 8

4.1 LINEAMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI DELLA PIANURA PADANA 8

4.2 IL SOTTOSUOLO DELLA PIANURA PAVESE-LOMELLINA 11

5 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 12

6 ASPETTI PEDOLOGICI 9

6.1 CAPACITA' D'USO DEI SUOLI 11

6.2 CAPACITÀ PROTETTIVA DEI SUOLI PER ACQUE PROFONDE DA AGENTI INQUINANTI 12

7 IDROGRAFIA SUPERFICIALE E IDROGEOLOGIA 18

7.1 AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO 19

8 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (DEL. N° 18/2001 E SUCC.) 20

9 CENNI DI METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA 21

9.1 FOSCHIA E NEBBIA 22

9.2 FULMINI 24

9.3 GRANDINE 24

9.4 NEVE 24

9.5 PRECIPITAZIONI 26

9.6 RADIAZIONE SOLARE 28

9.7 TEMPERATURA DELL'ARIA 30

9.8 TEMPORALI 30

9.9 UMIDITÀ 31

9.10 VENTI 32

10 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRITORIO 37

11 PRESCRIZIONI GEOTECNICHE 39

12 ANALISI DEL RISCHIO SISMICO 41

13 SINTESI E FATTIBILITA' GEOLOGICA 46

14 BIBLIOGRAFIA 49

TAVOLE FUORI TESTO

TAVOLA 1 - Carta pedologica

TAVOLA 2 - Carta geomorfologica geolitologica

TAVOLA 3 - Carta idrogeologica e della vulnerabilità

TAVOLA 4 - Carta dei vincoli

TAVOLA 5 - Carta della pericolosità sismica locale

TAVOLA 6 - Carta di caratterizzazione geotecnica

TAVOLA 7- Carta di sintesi

TAVOLA 8 - Carta di fattibilità geologica

1 PREMESSA

Il presente studio, realizzato su incarico del Comune di Cergnago a supporto della stesura del nuovo Strumento Urbanistico-Territoriale (P.G.T.), è stato condotto in modo organico, contiene tutti i dati provenienti sia da ricerche di tipo generale, in modo da inquadrare l'area in un contesto omogeneo, sia da indagini puntuali, ed è finalizzato ad ottenere un quadro d'insieme del territorio comunale dal punto di vista geologico-ambientale che permetta una corretta gestione del territorio stesso.
Sono state condotte ricerche bibliografiche sulla documentazione scientifica e tecnica esistente per la definizione delle caratteristiche peculiari presenti nel territorio in oggetto e nel suo intorno.

Si è operato secondo :

- le finalità della **L.R. 24 Nov. 1997 - n° 41**

"*Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti*"

- le direttive contenute nella **D.G.R. 6 Agosto 1998 n° 6/37918**

"*Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale (territori di pianura*)"

- le direttive contenute nella **D.G.R. 29 Ottobre 2001 n° 7/6645**

per la redazione dello Studio geologico ai sensi dell'art. 3 – L.R. 41/97

- le direttive contenute nella **D.G.R. 22 Dicembre 2005 n° 8/1566**

"Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57

- le direttive contenute nella **D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008**

Aggiornamento dei «Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12», approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566

- le direttive contenute nella **D.G.R. 9/2616 del 30 novembre 2011**

Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374. .

- Normativa del Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino del fiume Po, secondo le disposizioni contenute nella D.G.R. n° 7365 dell' 11/12/01 e s.m.

- Disposizioni di cui al R.D. 523/1904 sulle acque pubbliche – D.G.R. 7/7868 del 25 gennaio 2002 - D.G.R. 7/13950 del 1 agosto 2003

- Disposizioni di cui al D. Lgs. 192/1999 integrato con D. Lgs. 258/2000 sulla salvaguardia dei punti di captazione acque ad uso idropotabile

- Indagini geologiche e geotecniche, previste dal D.M. 11/03/88, secondo le varie classi di appartenenza.

2 METODOLOGIA DI RICERCA

L'approccio iniziale allo Studio è senza dubbio rappresentato dalla raccolta di un insieme organico di dati e di informazioni sul territorio e dalla analisi dei singoli aspetti tematici individuati nell'area in oggetto, che permettano la definizione e la formazione di alcuni elaborati cartografici di base, indicati qui di seguito:

1. Carta pedologica
2. Carta geomorfologica - geolitologica;
3. Carta idrogeologica e della vulnerabilità
4. Carta dei vincoli
5. Carta sismica
6. Carta di caratterizzazione geotecnica

Le informazioni contenute nelle carte derivano da:

- letture ed interpretazioni effettuate durante rilevamenti di campagna;

- elaborazioni effettuate su dati desunti da fonti informative disponibili quali cartografie, studi e ricerche;
- indagini presso enti ed istituti vari con competenze di interesse territoriale(A.I.E.S., Spafa, C.F.S., Provincia, Ersal, Az. Regionale Foreste, Genio Civile, Magispo, etc.) e presso la popolazione ;
- osservazione di foto aeree in bianco e nero e a colori.

Lo studio dei vari elaborati, l'analisi dei dati a disposizione e di dati integrativi ha condotto alla successiva realizzazione del seguente elaborato di sintesi:

7. Carta di sintesi

dal quale si è dedotta la carta finale :

8. Carta di Fattibilità geologica

E' stata inoltre realizzata la seguente Relazione illustrativa.

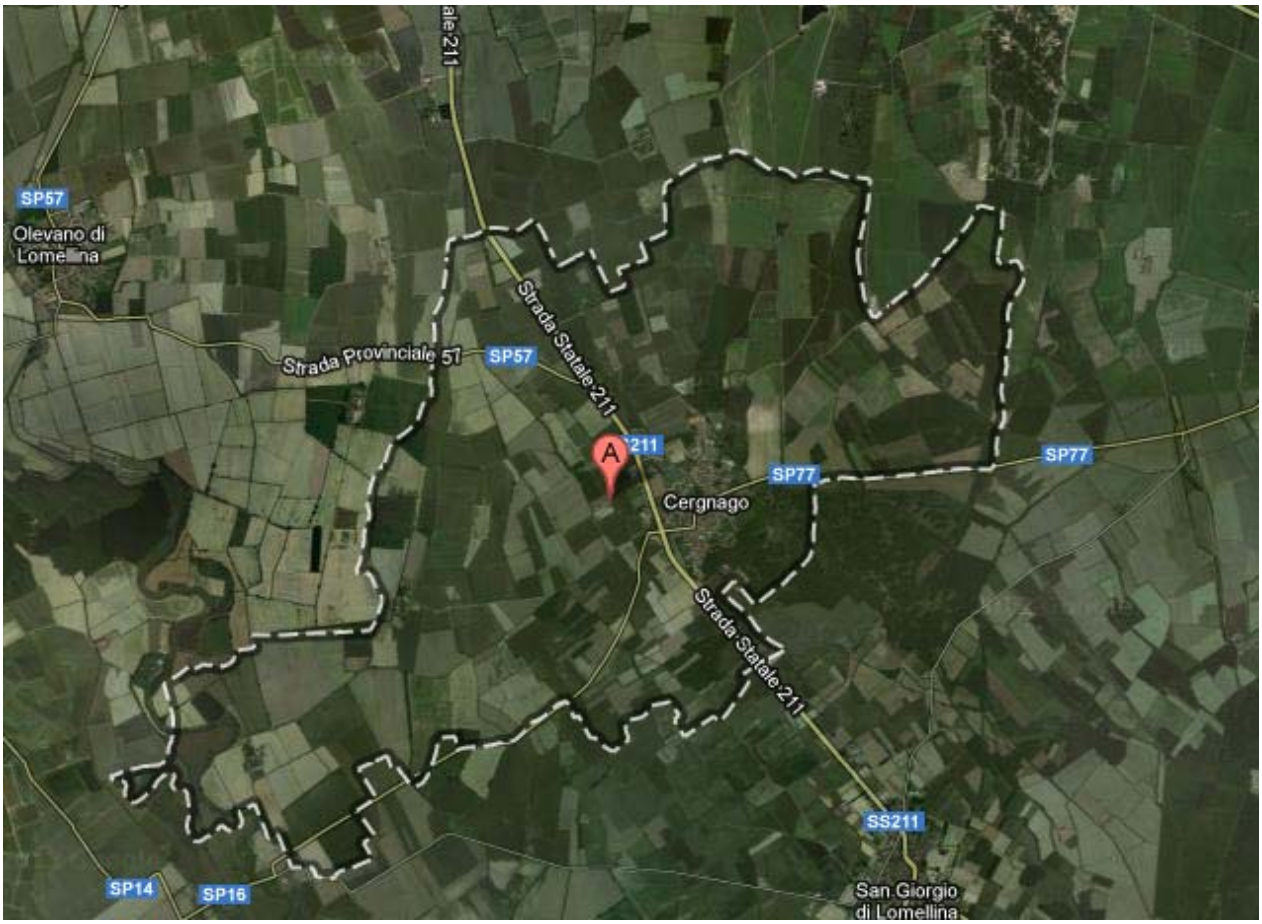
3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio comunale è posto nel settore centro-meridionale della porzione di pianura a Nord del Po denominata “Lomellina” ed è attraversato da W a E dall’ asse viario principale costituito dalla SP n°57 che collega OLEVANO a Cergnago e da N a S dalla S.S n° 211. Dal centro si diparte poi una rete di Strade intercomunali e campestri che garantisce i collegamenti con i Comuni limitrofi.

I limiti amministrativi sono:
- a nord con Mortara
- a est con Tromello
- a sud con San Giorgio Lomellina
- a ovest con Olevano di Lomellina

Il territorio comunale di Cergnago è definito topograficamente nelle sezioni A7C3, A7C4, A7D3 della C.T.R. 1:10.000.
Il comune una popolazione composta da circa 769 abitanti suddivisi in 359 famiglie.
Si estende su una superficie complessiva di 13,61 Kmq e concentra la superficie urbanizzata nell’ abitato principale sede della Municipalità; la zona ha vocazione agricola.

L’evoluzione storica della zona è comune a quella di gran parte della Lomellina, con il progressivo insediamento delle popolazioni a seguito di bonifiche e disboscamenti di ampie superfici che costituivano in epoca storica la foresta planiziale e alluvionale che ricopriva la valle del Po.

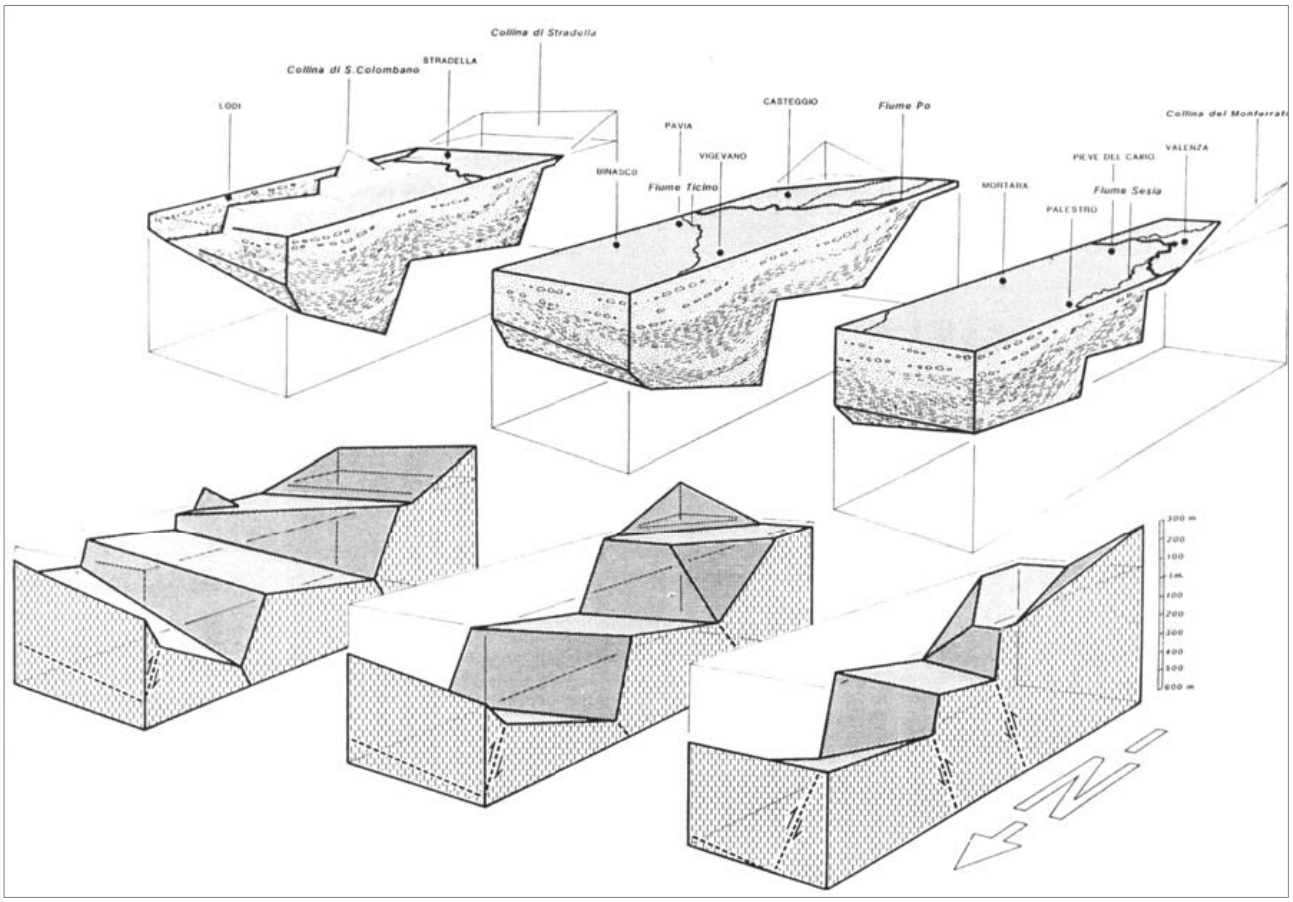


4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

4.1 LINEAMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI DELLA PIANURA PADANA

Strutturalmente il bacino padano può essere considerato in generale come un'area di avanfossa che si è originata da una progressiva migrazione della placca africana verso quella europea, in conseguenza della subduzione della microplacca padano-adriatica, che rappresenta il lembo settentrionale del blocco adriatico-pugliese, a seguito del duplice fenomeno compressivo generato dalle coltri appeniniche e sud-alpine. Lo stile tettonico compressivo ha determinato rilevanti fenomeni di sovrascorrimento e sottoscorrimento, particolarmente evidenti sul bordo esterno del fronte appennico, con strutture trasversali che interrompono la continuità degli archi esterni, fra cui assumono particolare rilevanza quelle rilevate nel sottosuolo della pianura pavese (faglia trascorrente Voghera- Lodi). Quest'ultima distingue due ambiti, definiti da un differente avvicinamento dell'arco esterno delle pieghe appenniniche alle strutture più

meridionali del dominio sud-alpino, dei quali il più orientale vede le strutture menzionate fronteggiarsi direttamente, mentre ad occidente le stesse appaiono distanziate di circa 50 Km, con l'interposizione di una zona poco deformata che corrisponde al settore pavese-lomellino della pianura. Per meglio comprendere l'assetto strutturale sepolto della pianura pavese, si rimanda alla locale configurazione litostratigrafica del sottosuolo, ove si rileva la presenza di una coltre di depositi continentali di spessore variabile disposti a copertura delle formazioni di genesi marina, definite da peculiari strutture morfo-tettoniche costruite dalle ultime fasi dell'orogenesi alpina, protrattesi sino all'era quaternaria e caratterizzate da opposte vergenze. In particolare si individuano per queste strutture due direttrici di sviluppo ortogonali, ricollegabili a quella dominante lungo il fronte appenninico (NO-SE) ed antiappenninico (SO-NE): nel primo caso le strutture sepolte assumono la configurazione di alti morfo-strutturali generati da una serie di faglie esplicanti un'azione compressiva e prevalentemente immergenti verso i quadranti meridionali.
Per la relativa posizione esterna nei confronti dei retrostanti tratti di catene emerse ed in funzione del reciproco orientamento, gli alti morfo-strutturali descritti hanno determinato e condizionato lo sviluppo dei sedimenti continentali sovrastanti, sia in senso verticale che areale, attraverso fasi deposizionali verificatesi solo all'avvenuto colmamento delle adiacenti depressioni morfo-strutturali, mentre nel periodo di lacuna deposizionale le porzioni sommitali degli alti erano sottoposte ad intensi processi erosivi subaerei e di mare sottile che hanno dato origine a spianate assimilabili alle platee di erosione marina.
La scarpata esterna delle platee, dotata di acclività antitetica rispetto alle superfici di accavallamento tettonico, funge da limite di separazione e discordanza fra le formazioni marine costituenti lo zoccolo dislocato degli alti strutturali ed i depositi fluvio-glaciali che hanno colmato le depressioni antistanti e, attraverso un processo di over-lapping, le spianate sommitali sino al completo seppellimento.



Stereogramma schematico evidenziante la configurazione morfo-strutturale delle principali strutture sepolte (porzione inferiore dei blocchi) e l'assetto idrogeologico della sovrastante copertura continentale quaternaria, sulla quale è impostata la Pianura Pavese (da Braga-Cerro, 1988).

I processi descritti sono confermati dall'assetto giaciturale dei depositi continentali, che risulta molto disturbato alla base delle scarpate e tende progressivamente a regolarizzarsi procedendo verso la superficie: le deformazioni dei sedimenti sono riconducibili sia a fenomeni di costipamento differenziale che in conseguenza dei fenomeni di riattivazione residuale dei sistemi di fratture (faglie inverse) che si sviluppano lungo le fronti di accavallamento tettonico (ENEL, 1984).

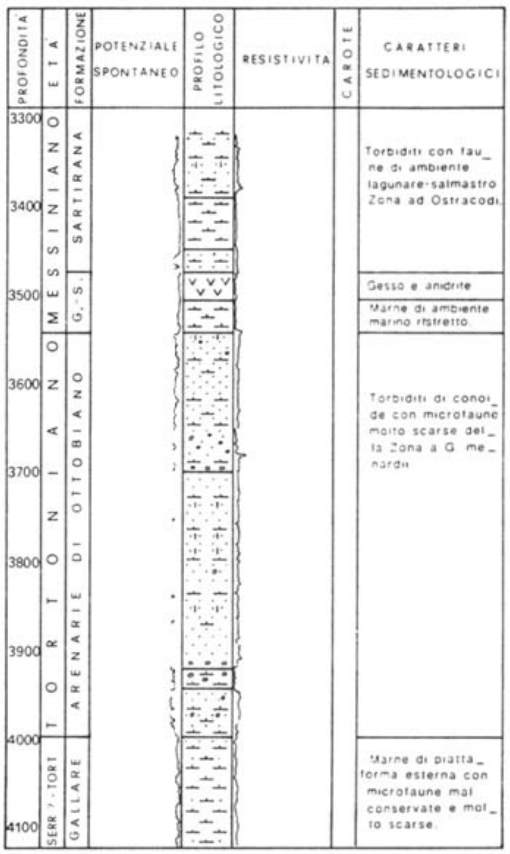
Secondo un'altra ipotesi, verificata attraverso indagini sismiche, il disturbo della sequenza continentale sarebbe da attribuirsi all'attività di una faglia avente orientamento O-E e dislocante il letto di tali depositi che determina il ribassamento relativo del blocco settentrionale di diverse centinaia di metri e la conseguente presenza di potenze maggiori nei depositi fluvio-lacustri (ASS. IRR. EST SESIA, 1984).

4.2 IL SOTTOSUOLO DELLA PIANURA PAVESE-LOMELLINA

I dati relativi ad esplorazioni geologiche del sottosuolo pregresse in possesso, di tipo geoelettrico (sondaggi elettrici verticali di resistività), indicano la presenza nella pianura pavese-lomellina, a partire dal piano campagna, di un materasso alluvionale, costituito da sedimenti sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi e limoso-sabbiosi, con sporadiche intercalazioni limoso-argillose, caratterizzato da valori di resistività maggiori di 100 Ohm.m.

Il secondo orizzonte, contraddistinto da valori di resistività compresi fra 100 e 20 Ohm.m, corrisponde alla sequenza fluvio-lacustre villafranchiana, caratterizzata da litotipi limoso-sabbiosi e argillosi ed il cui spessore risulterebbe massimo nella zona di Vigevano (circa 400 metri), a causa della dislocazione operata dalle discontinuità tettoniche sepolte e della conseguente creazione di una depressione morfo-strutturale compresa fra due alti; la successione pleistocenica corrisponde alla fase di colmamento del bacino padano, completata dai successivi cicli alluvionali, in un regime di subsidenza generalizzata.

Pozzo: OTTOBIANO 1

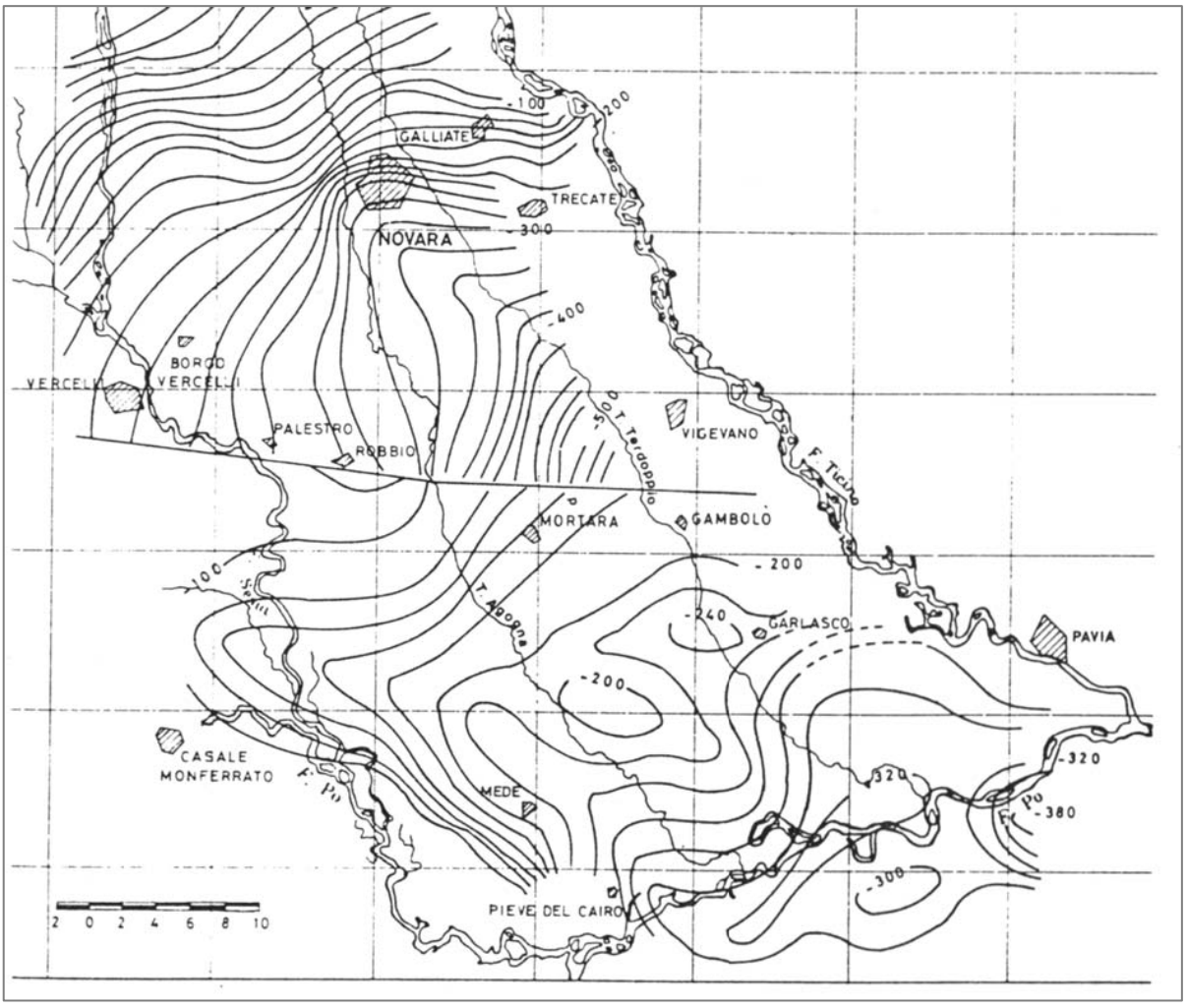


Il terzo orizzonte resistivo, individuato da valori inferiori a 8 Ohm.m alla base della successione villafranchiana, si correla con il basamento pre-quaternario costituito dalle formazioni di origine marina a comportamento generalmente impermeabile.

La natura litologica del substrato pre-quaternario della zona pavese-lomellina può essere desunta dalla colonna stratigrafica relativa al pozzo Ottobiano 1 (AGIP) ove la prevalenza di litotipi arenaceo-marnosi testimonia l'ubicazione della trivellazione al margine degli alti strutturali precedentemente descritti, ed in particolare evidenzia la progressiva emersione a partire dal Tortoniano degli alti strutturali, con graduale migrazionedelle facies deposizionali di ambiente di piattaforma esterna a quelle di ambiente evaporitico e lagunare-salmastro.

Le successioni descritte dal pozzo di Ottobiano giacciono a copertura di un basamento

che nella zona risulterebbe costituito da sedimenti carbonatici di età mesozoica o terziaria inferiore, e genesi sud-alpina.



Isobate, riferite al livello medio del mare, della superficie basale della sequenza continentale, nel sottosuolo della Pianura Lomellina (da ASS. IRR. EST SESIA, 1984).

5 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

La fascia morfologica di inquadramento del territorio comunale di Cergnago è quella della Lomellina centrale compresa fra le aste fluviali dei torrenti Arbogna ad Ovest e Terdoppio ad Est.

Tale porzione si colloca entro il livello fondamentale della pianura padana, impostato sui terreni che costituiscono il terrazzo Wurmiano, ossia l'insieme dei sedimenti continentali che ha colmato le preesistenti depressioni originate dalla fase interglaciale erosiva Riss-Wurm con il sovralluvionamento delle antiche superfici, ad esclusione di taluni lembi residuali (dossi).

I cicli fluvioglaciali, di cui il Wurm rappresenta l'ultima fase, corrispondono al periodo quaternario di alluvionamento successivo al Villafranchiano e coincidono con l'alternarsi di pulsazioni climatiche calde e fredde, correlabili direttamente con le azioni di avanzamento ed arretramento delle fronti glaciali con apporto ed accumulo di sedimenti durante i cilcli freddi (glaciali o stadiali) e terrazzamento erosivo durante i periodi caldi (interglaciale o interstadiale).

Nell'ambito della fase Wurmiana sono stati distinti più cicli stadiali (Wurm 1,2,3) di cui al primo (Wurm 1), corrispondente alla massima espansione glaciale, è attribuibile il maggior apporto di sedimenti e quindi la prevalente azione di colmamento e seppellimento delle antiche depressioni interglaciali, mentre i cicli successivi avrebbero operato l'apporto di modeste coltri detritiche, producendo principalmente dei terrazzi di erosione nella superficie principale.

Per questo motivo, il livello fondamentale della pianura nella Lomellina centrosettentrionale si presenta come una conoide terrazzata con superfici blandamente ondulate, vergenti verso S-SE, assimilabili in gran parte al livello del ciclo wurmiano principale mentre i terrazzi inferiori determinano morfologie a tratti depresse, comunque marginali arealmente rispetto alla superficie fondamentale.

Le maggiori accentuazioni positive della superficie fondamentale della pianura sono costituite dai dossi che rappresentano ondulazioni altimetricamente elevate di pochi metri rispetto alle piane circostanti, aventi senso di allungamento planimetrico NNO-SSE, ana logo a quello delle paleolinee di drenaggio ben conservate fra le incisioni dei torrenti Agogna ed Arbogna; essi rappresentano i lembi residuali di paleosuperfici relitte di formazione Rissiana, e sono riconducibili a quelle forme caratteristiche della morfologia fluviale rappresentate dalle barre sabbiose.

La maggiore potenza del ciclo deposizionale Riss nei confronti di quello Wurmiano, fu la causa del non completo colmamento delle antiche superfici e forme di modellamento fluviale da parte delle nuove assise alluvionali, motivo per cui i rilievi attuali, sebbene rimaneggiati parzialmente dalla rielaborazione eolica e soprattutto dagli interventi di insediamento che ne hanno provocato il progressivo livellamento alla pianura circostante, sono da considerarsi come delle forme di modellamento o paleosuperfici fluviali relitte, corrispondenti dal punto di vista della genesi sedimentologica ad una fase antecedente ai cicli alluvionali Wurmiani, così come le linee di paleodrenaggio attualmente riconoscibili corrispondono ai relitti di un sistema di canalizzazione modello "braided" collegato alle divagazioni fluviali e parzialmente sepolto dai successivi eventi di colluvionamento.

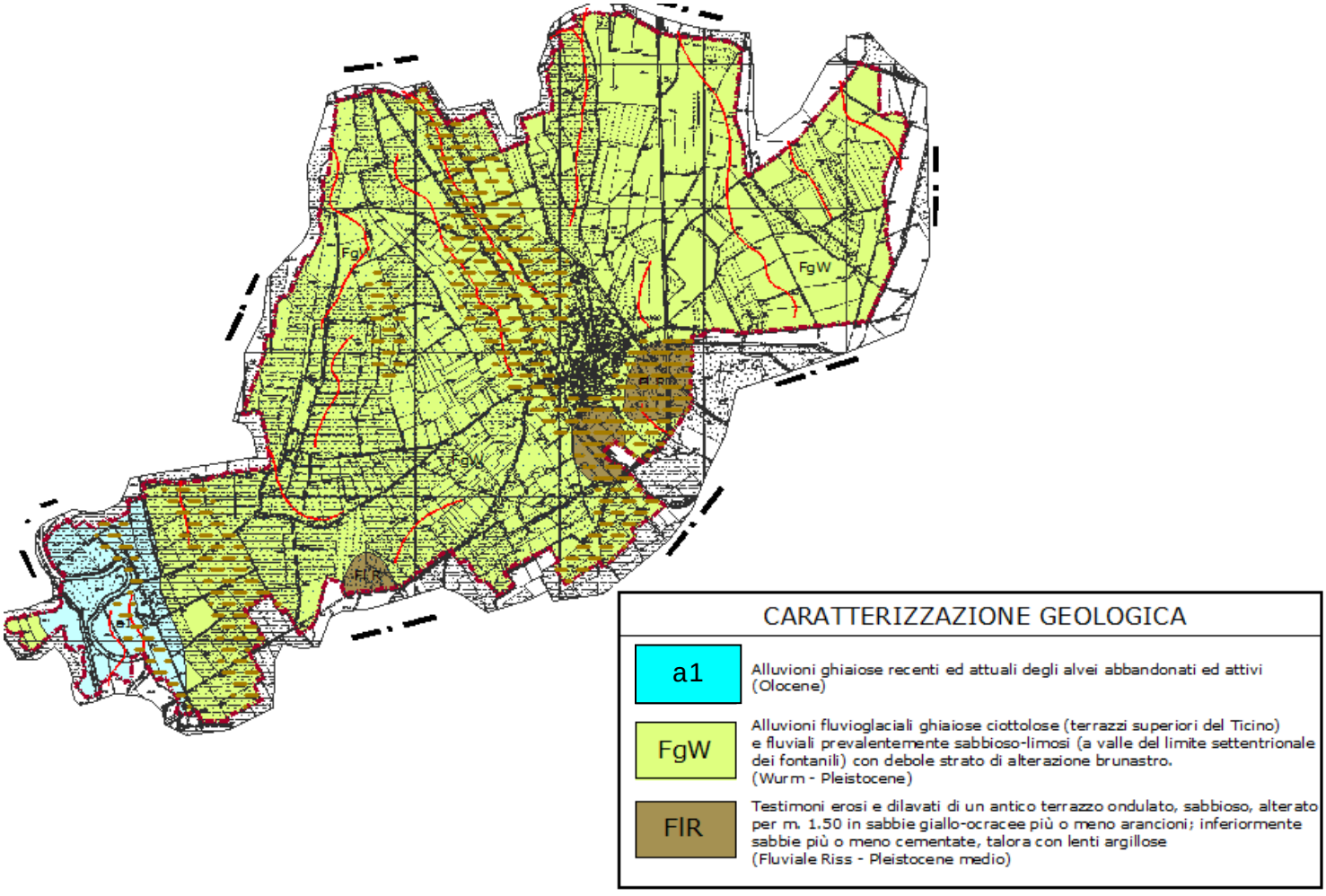
La geologia locale è caratterizzata da:

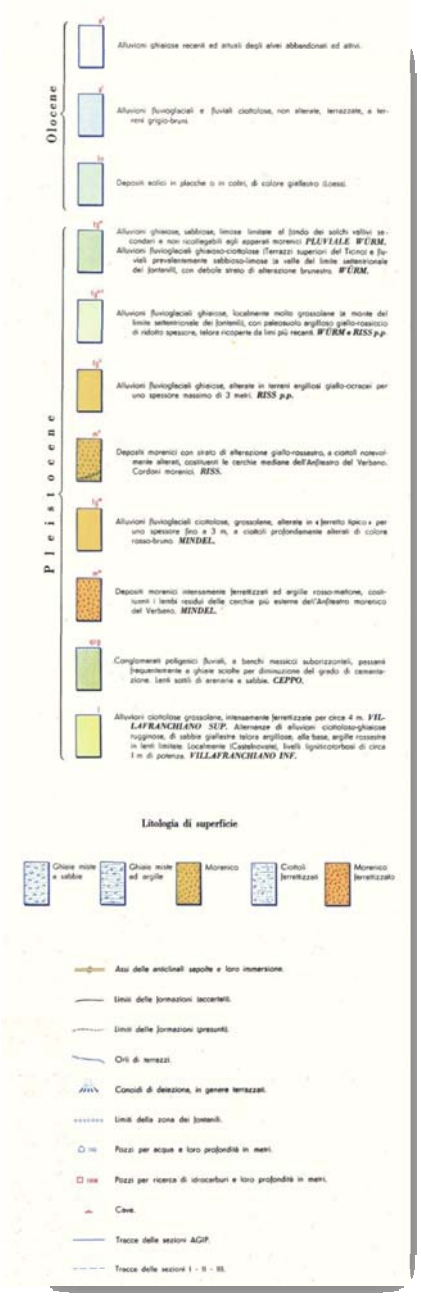
A2 – "**ALLUVIONI OLOCENICHE**" Alluvioni ghiaiose recenti ed attuali degli alvei abbandonati ed attivi.

FgW – "**WURM"** Alluvioni fluvioglaciali ghiaiose cittolose (terrazzi superiori del Ticino) e fluviali prevalentemente sabbioso-limosi (a valle del limite settentrionale dei fontanili) con debole strato di alterazione brunastro.

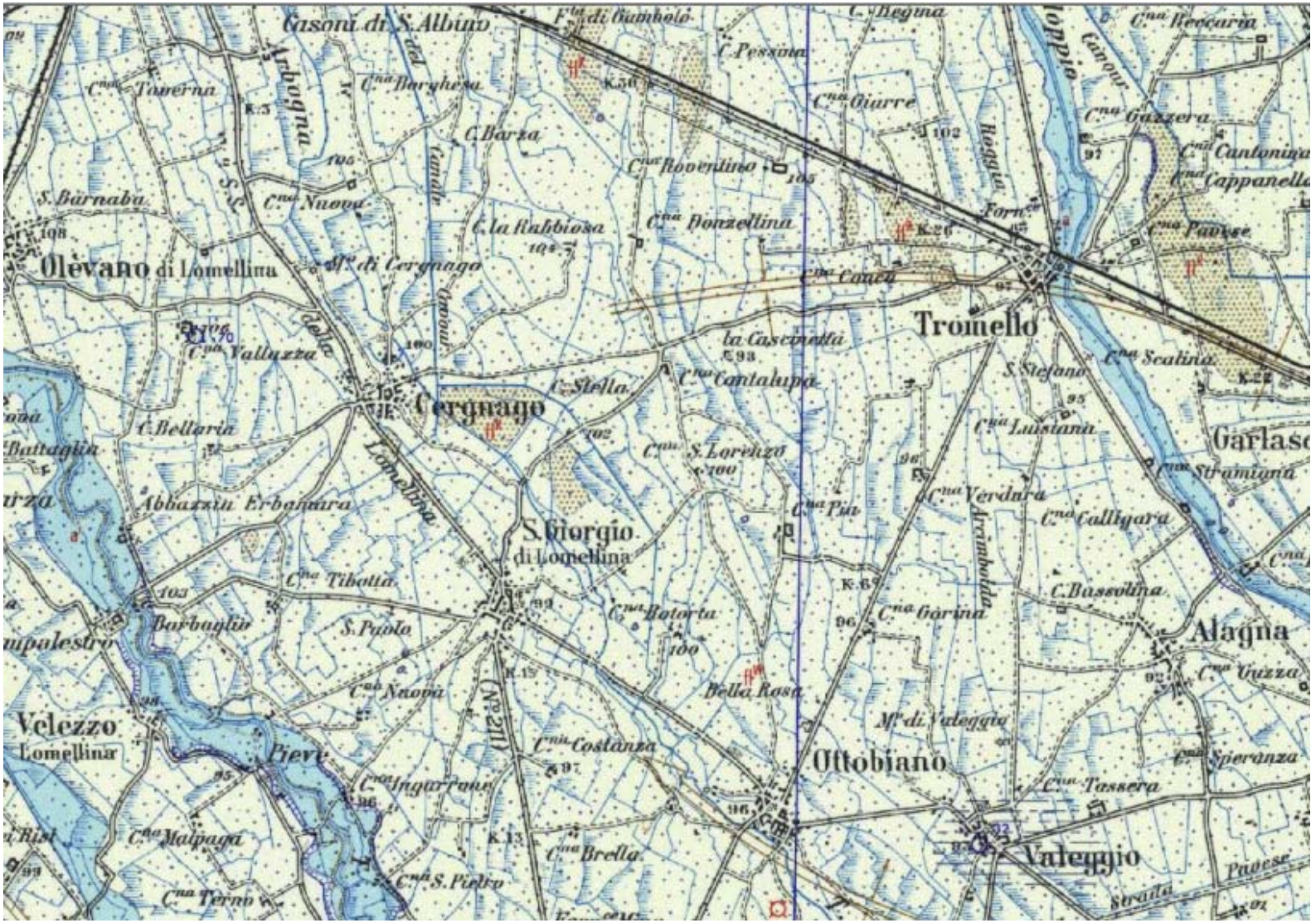
FlR – "**FLUVIALE RISS"** Testimoni erosi e dilavati di un antico terrazzo ondulato, sabbioso, alterato per m. 1.50 in sabbie giallo-ocracee più o meno arancioni; inferiormente sabbie più o meno cementate, talora con lenti argillose.

Le formazioni superficiali sopra descritte sono rappresentate nella **CARTA GEOMORFOLOGICA -GEOLITOLOGICA (TAV.2)**.





ESTRATTO DA "CARTA GEOLOGICA D'ITALIA" FOGLIO 58 MORTARA



6 ASPETTI PEDOLOGICI

E' obiettivo di questo capitolo dare informazioni sui principali tipi di suoli presenti nel territorio comunale, intendendo per "suolo" una parte del terreno superficiale che a seguito dell'azione combinata dagli agenti atmosferici e della vegetazione, *produce un mezzo equilibrato, stabile e dotato di proprietà fisiche, chimiche e biologiche ben definite che conferiscono al suolo la sua propria individualità* (Dchaufour - 1970).
A tal fine si è utilizzato lo Studio effettuato dall'Ente Regione di Sviluppo Agricolo della Lombardia (ERSAL) sui suoli del Parco del Ticino settore meridionale (Studio "Carta Pedologica" - 1996), che ha adottato, per la classificazione dei suoli, la Soil Taxonomy (U.S.D.A. 1975, 1990, 1992 e versione delle "Keys" del 1992).

Per quanto riguarda la capacità produttiva o capacità d'uso del suolo, cioè la potenzialità intrinseca dei suoli nei confronti di un loro utilizzo in agricoltura, i suoli vengono raggruppati in classi con limitazioni d'uso crescente. In particolare nel territorio comunale; prevalgono i suoli di III classe cioè quelli che presentano limitazioni di forte entità che riducono significativamente la scelta delle colture praticabili e/o richiedono particolari pratiche di conservazione. Queste limitazioni sono principalmente dovute alla presenza di orizzonti sabbiosi superficiali (tra 0.50 e 1 m) limitanti lo sviluppo radicale, alla scarsa fertilità chimica e al drenaggio lento.
La capacità protettiva dei suoli nei confronti di agenti inquinanti evidenzia come nel territorio comunale tale caratteristica del suolo sia bassa e moderata questo è dovuto alle tessiture generalmente grossolane dei terreni e quindi alla elevata permeabilità degli stessi. Inoltre sono caratterizzati da una bassa capacità di scambio cationico C.S.C. (<10 meq/100g) con conseguente basso potere assorbente nei confronti di composti potenzialmente inquinanti.
Si individuano suoli appartenenti a :

SISTEMA L

SOTTOSISTEMA LF

Porzione mediana di pianura caratterizzata da aree sufficientemente stabili costituite da sedimenti fini "Bassa Pianura Sabbiosa"

SISTEMA V

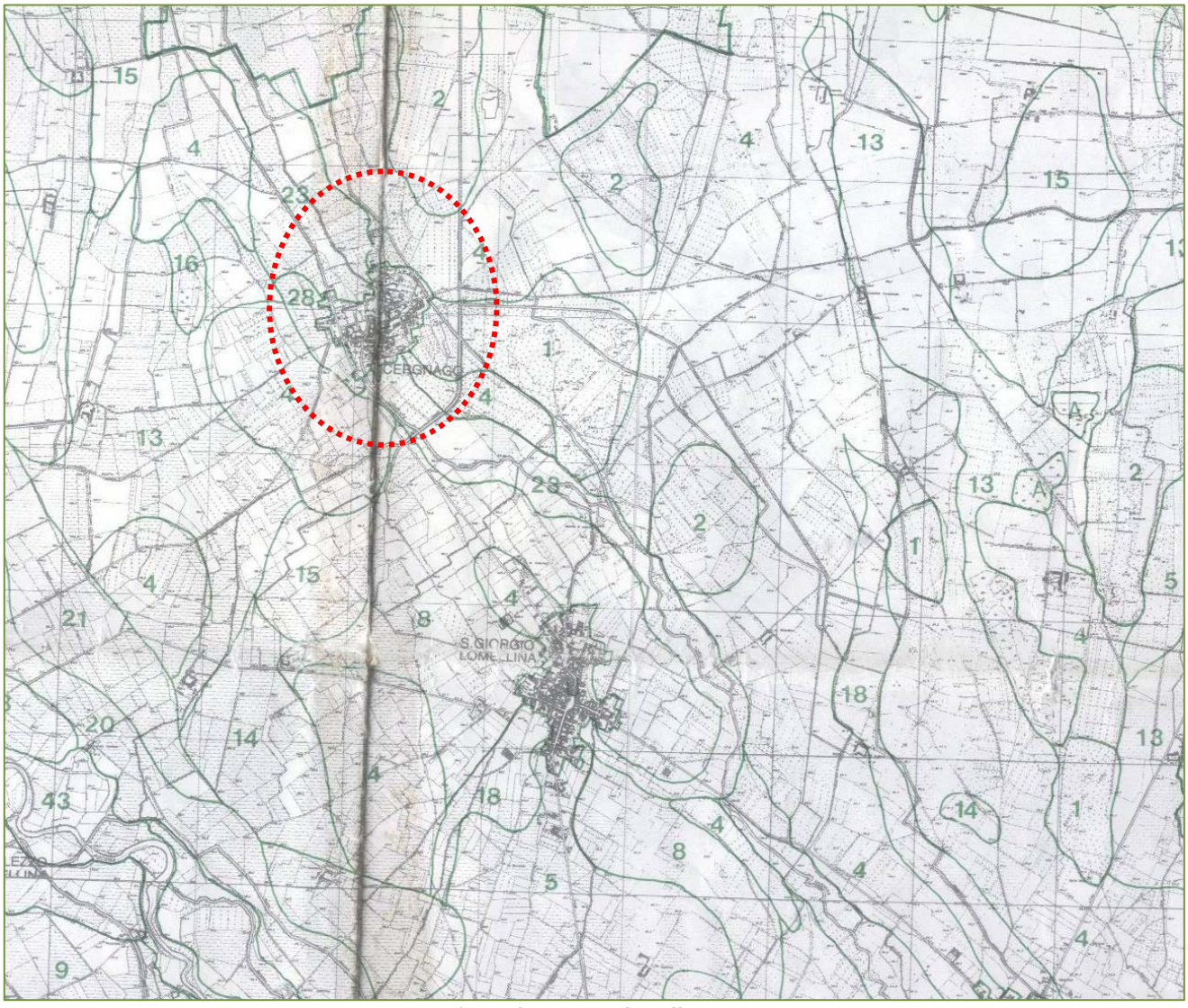
SOTTOSISTEMA VT

Superfici terrazzate, delimitate da scarpate d'erosione, poste tra il livello fondamentale della pianura e le piane alluvionali

SOTTOSISTEMA VA

Piane alluvionali inondabili con dinamica prevalentemente de posizionale, costituite da sedimenti recenti od attuali

Estratto da "Carta Pedologica" I SUOLI DEL PARCO TICINO SETTORE MERIDIONALE – estratti da



Ersal Regione Lombardia - 1996

6.1 Capacita' d'uso dei suoli

Sulla base della classificazione effettuata sui terreni del comprensorio e la cartografia relativa, verificate peraltro da sopralluoghi in sito e da confronti con altri dati in possesso è stata valutata la capacità delle varie unità pedologiche; essa esprime la potenzialità intrinseca dei suoli in funzione di un loro sfruttamento in agricoltura.

La "Land capability classification" del U.S. Department of Agriculture considera una serie di parametri, tra cui la morfologia, la posizione geografica, le varie caratteristiche fisiche e geochimiche dei terreni che sono stati valutati ed integrati nello schema interpretativo dell'ERSAL (1995) .
Il sistema prevede la ripartizione dei suoli in 8 classi di capacità con limitazioni d'uso crescenti, che prevedono l'uso sia agricolo che forestale, che zootecnico per le prime 4, mentre introducono limitazioni nelle successive, fino all'esclusione di ogni forma di utilizzazione produttiva nell'ultima.
Si indica inoltre con un suffisso il tipo di limitazione che interviene nelle varie classi e, che per la zona di studio si limita a :
s - limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo come l'abbondante pietrosità, la scarsa profondità, la sfavorevole tessitura e lavorabilità, etc.

I suoli del territorio di studio sono compresi tra la III^ e la IV^ classe di capacità e le principali limitazioni sono dovute a :

- ✓ tessitura dell'orizzonte superficiale, soprattutto per un eccessivo contenuto in sabbia e ghiaia ;
- ✓ profondità utile : limitata dal substrato sabbioso o dalla presenza della falda ;
- ✓ fertilità : capacità di scambio cationico (CSC) e saturazione in basi (TSB) basse ;
- ✓ drenaggio : frequenti sono i suoli a drenaggio rapido, mediocre, lento, rari a d. molto lento ;

I suoli di III^ classe danno luogo a severe limitazioni che riducono la scelta delle colture o richiedono particolari pratiche di conservazione; vi rientrano buona parte dei suoli del L.F.P., e dei terrazzi antichi. Le principali limitazioni sono dovute a scarsa profondità, tessitura eccessivamente sabbiosa o, in subordine, limosa, presenza della falda in prossimità della superficie.
Nei suoli di IV^ classe si vedono ulteriormente ristrette le scelte per le colture e richiedono una gestione accurata; si ritrovano sulle superfici a drenaggio difficile.

I suoli di V^ classe sono suoli che pur non mostrando fenomeni di erosione, presentano tuttavia altre limitazioni difficilmente eliminabili tali da restringere l'uso al pascolo o alla forestazione o come habitat naturale. L'uso del suolo di queste superfici presenta forti limitazioni per il drenaggio lento e/o impedito, per il rischio di sommersione (aree più prossime all'alveo fluviale) o per la scarsa profondità del suolo.

Modello Interpretativo

Classi di Capacità d'uso	Prof. utile (cm)	Tessitura Orizz Superf (1)	Scheletro Or. Superficiale	Pietrosità(2) e Rocciosità	Fertilità or. superficiale (3)	Drenaggio	Rischio inondazione	Lim. Climatiche	Pend. (%)	Erosione	AWC(4) (cm)
I	>100	(A+L) < 70% A < 35% L < 60% S < 85%	≤15	P ≤0.1 R≤2	5.5 < pH < 8.5 TSB > 50% CSC > 10meq CaCO3 ≤ 25%	buono	assente	assenti < 200 m	≤2	assente	> 100
II	61-100	(A+L) ≥ 70% 35 ≤ A < 50% L < 60% S < 85%	16-35	0.1 < P ≤ 3 R ≤2	4.5 ≤ pH ≤ 5.5 35 < TSB ≤ 50% 5 < TSB ≤ 10 meq CaCO3 >25%	mediocre mod. rapido	lieve (< 1v /10 anni durata < 2gg)	lievi 200 -300 m	2.1-8	assente	idem
III	25-60	A ≥ 50 S ≥ 85 L ≥ 60	36-70	idem	pH >8. 4 o pH<4.5 TSB ≤35% CSC ≤5meq	rapido lento	moderato (1v /5-10 anni durata > 2gg)	moderate 300 - 700 m	8.1-15	debole	51 - 100
IV	25-60	idem	idem	3 < P ≤ 15 R ≤2	idem	molto lento	alto (> 1v / 5 anni durata > 7gg)	idem	15.1-25	moderata	≤ 50
V	<25	idem	>70	16 < P ≤ 50 2 < R ≤ 25	idem	impedito	molto alto (golene aperte)	idem	≤2	assente	idem
VI	idem	idem	idem	16 < P ≤ 50 2 < R ≤ 25	idem	idem	idem	forti 700-2300 m	25.1-45	moderata	idem
VII	idem	idem	idem	16 < P ≤ 50 25 < R ≤ 50	idem	idem	idem	molto forti >2300 m	45.1-100	forte	idem
VIII	idem	idem	idem	P >50 R >50	idem	paludi	idem	idem	>100	molto forte	idem

Sotto Classi	s (5)	s	s	s	s	w (6)	w	c	e	e	s
Tipo di Limit.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

(1) è sufficiente una condizione

6.2 Capacità protettiva dei suoli per acque profonde da agenti inquinanti

La capacità protettiva dei suoli è un elemento fondamentale nella valutazione della vulnerabilità del territorio per la proprietà che possono avere gli stessi di esercitare un effetto-filtro tra le sostanze tossiche, quali possono essere concimi chimici, fitofarmaci, fanghi, acque reflue, sversamenti accidentali, perdite da impianti agricoli e industriali, distribuite sulla superficie, e le falde acquifere sottostanti (profonde).

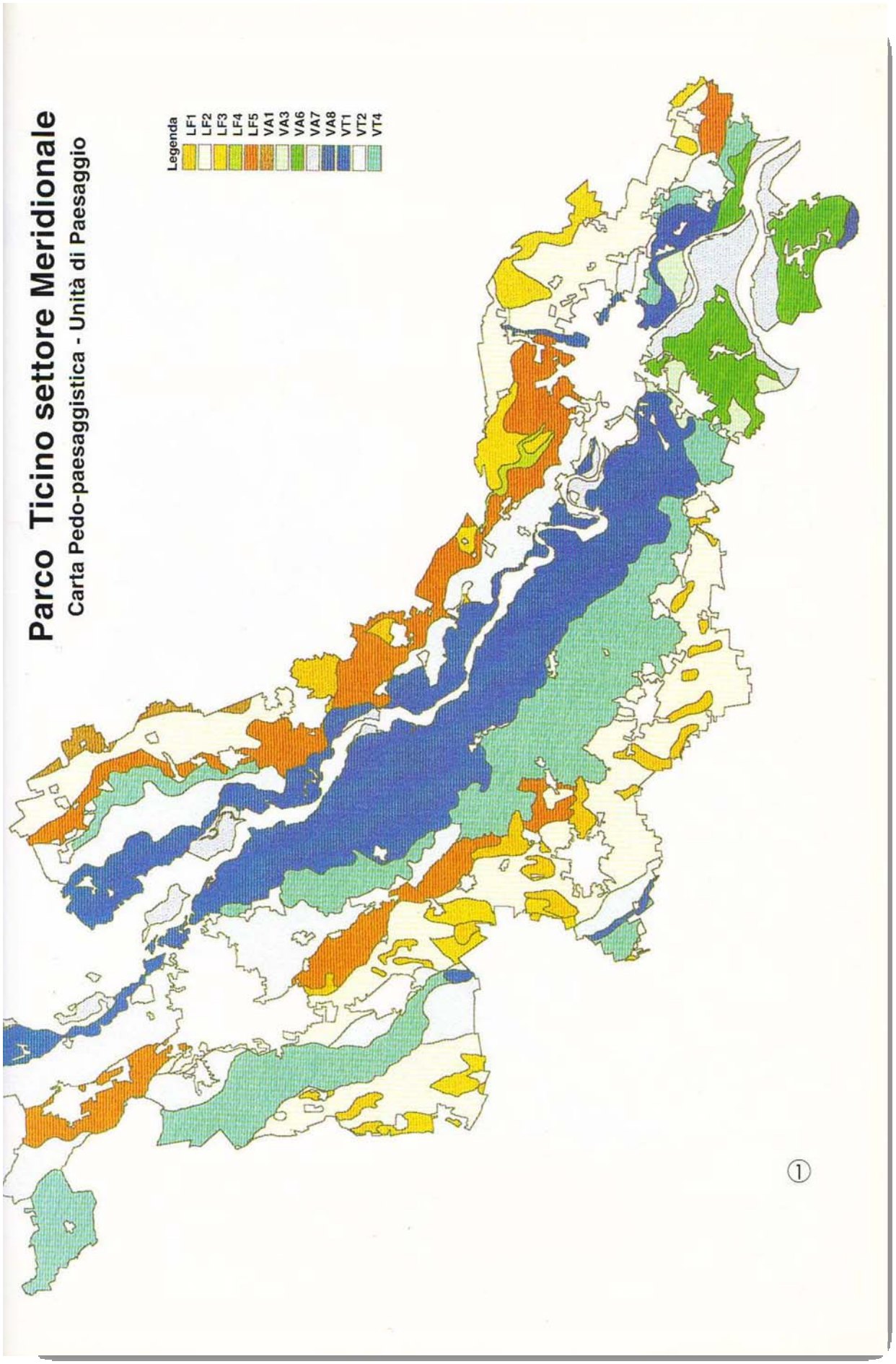
Non è possibile entrare nel dettaglio, in uno studio su vasta scala come è questo, per la complessità e per il numero di fattori e di variabili che intervengono in tali processi; viene comunque dato un inquadramento di massima, in funzione della velocità di infiltrazione di liquidi inquinanti, sulla capacità protettiva che possono esercitare i suoli individuati sul territorio comunale.

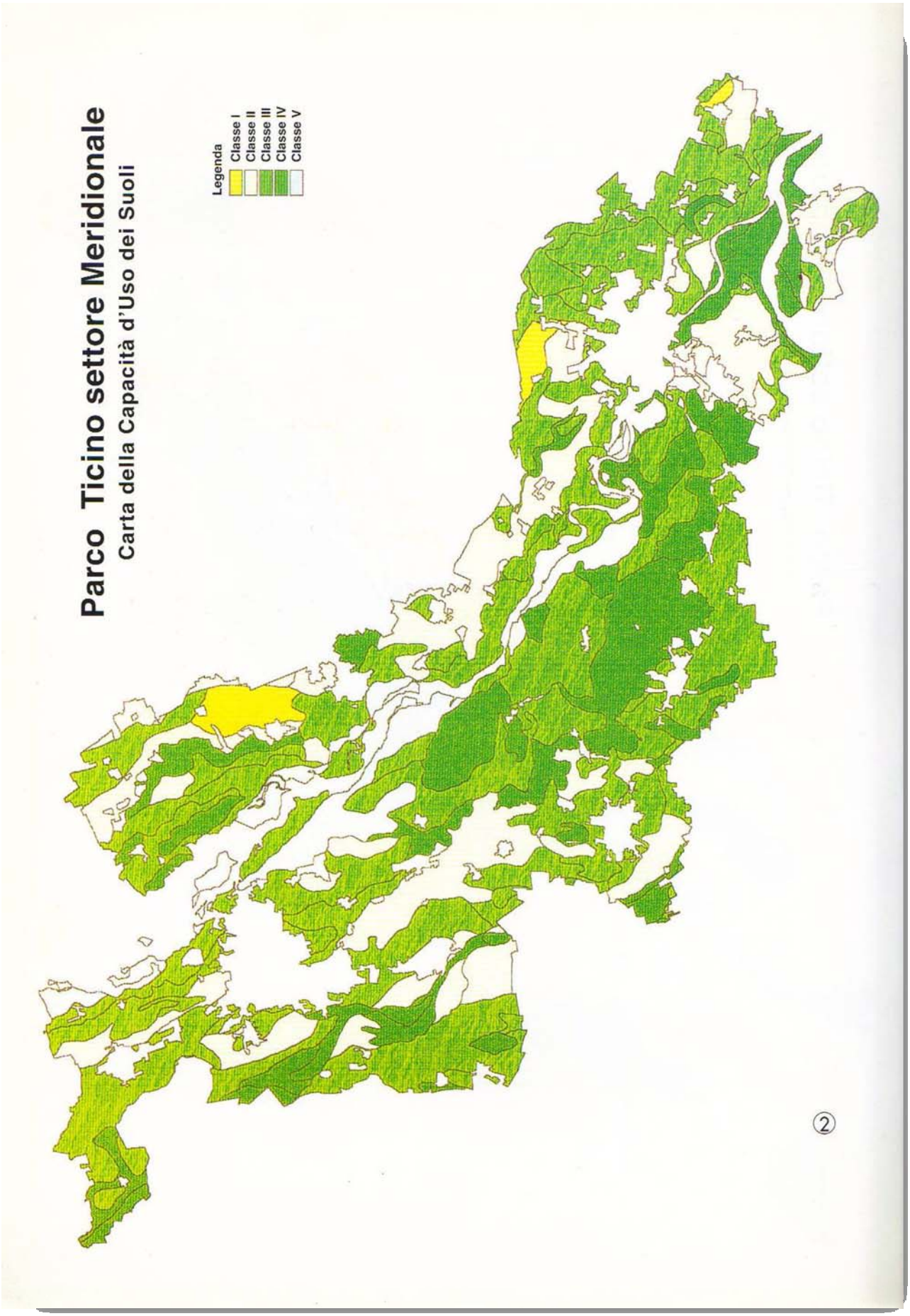
Tale valutazione è stata fatta secondo le direttive contenute nello schema operativo predisposto dall'ERSAL, che definisce tre classi di capacità protettiva - elevata, moderata bassa; risultano delle condizioni generali di protezione da media a bassa, sia per la litologia sabbiosa prevalente che per la diffusa presenza della falda a profondità generalmente poco elevate.

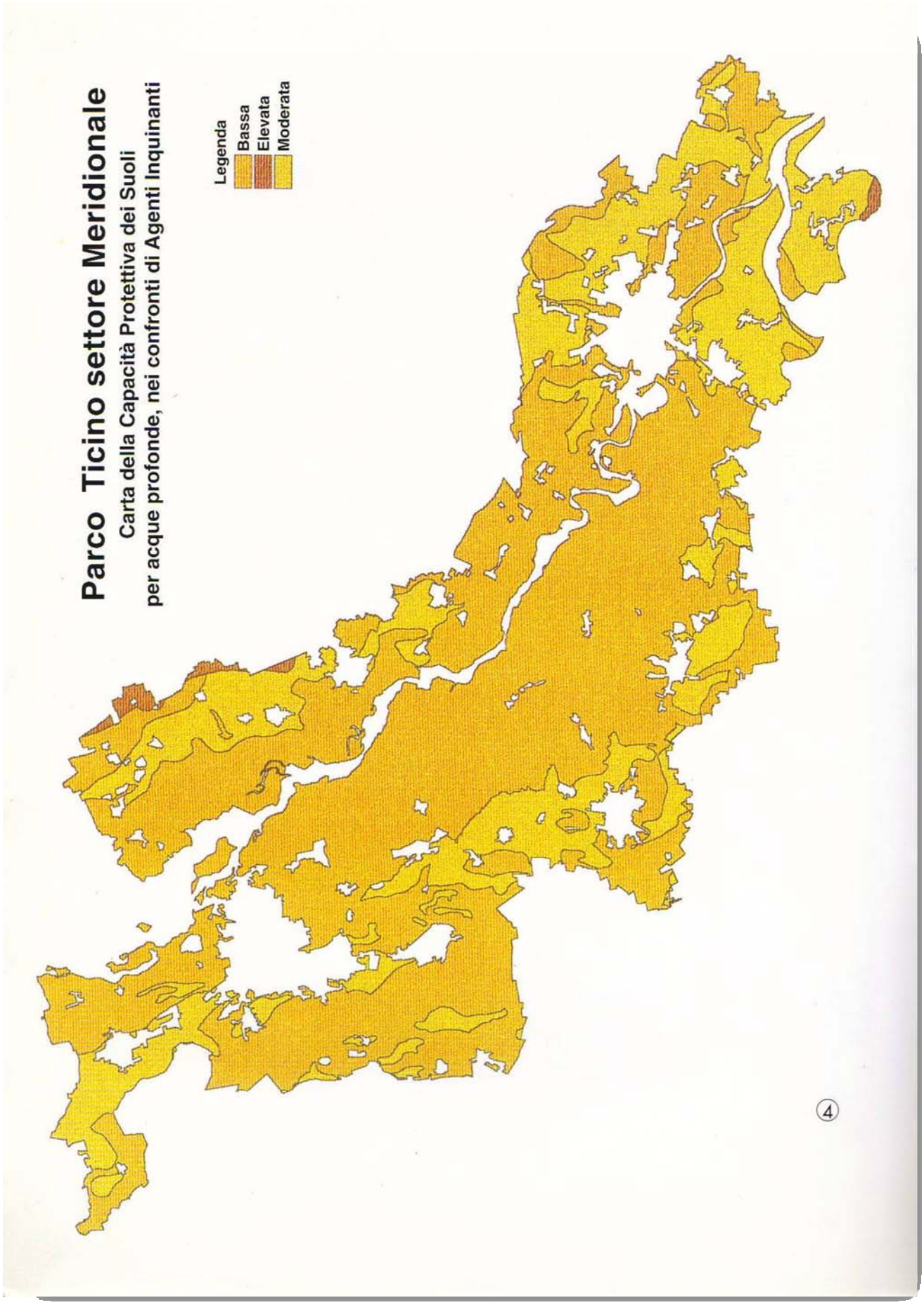
Modello Interpretativo

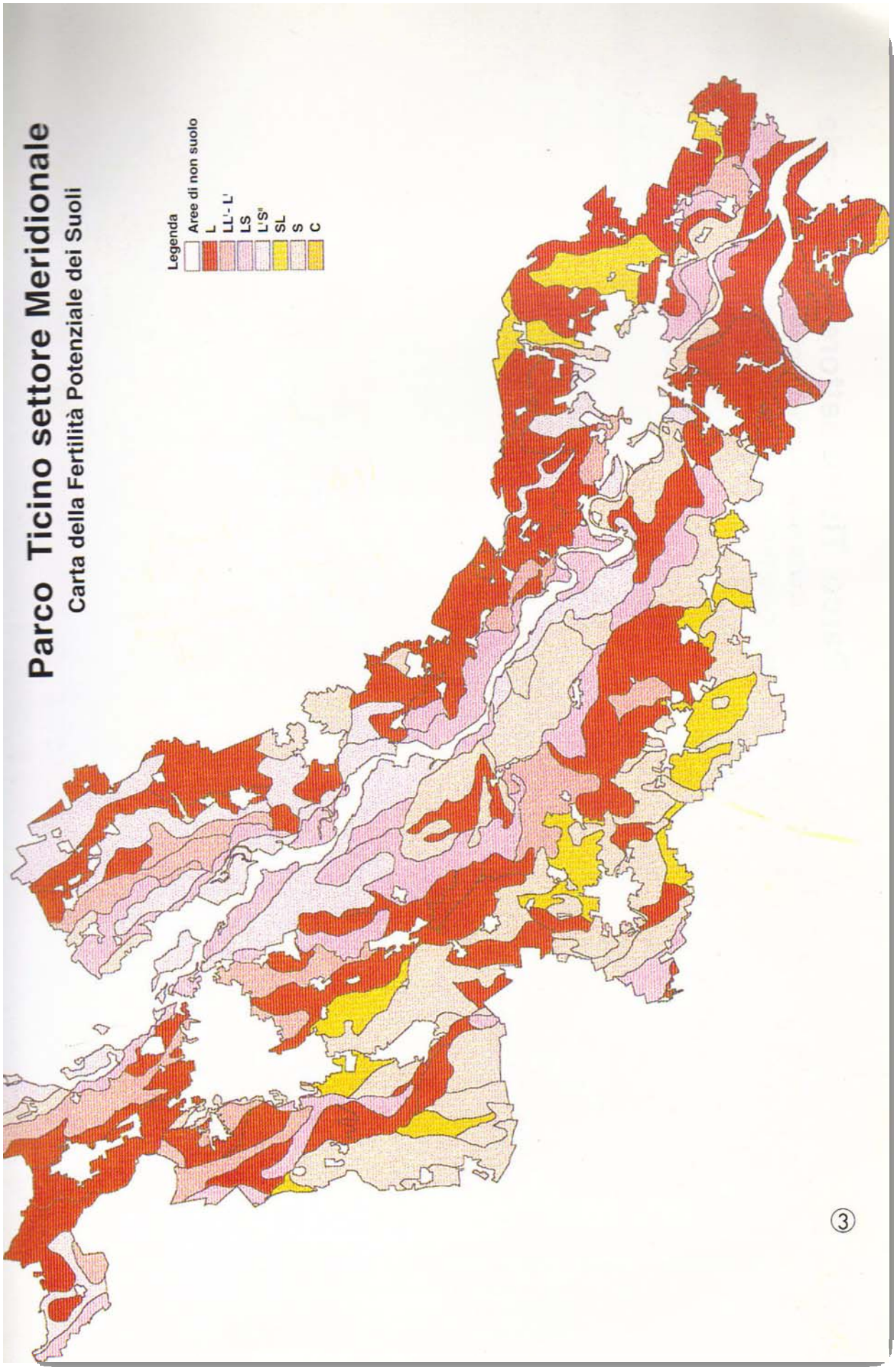
CLASSI DI ATTITUDINE		FATTORI LIMITANTI LA CAPACITÀ PROTETTIVA DEI SUOLI			
NOMI	CODICI	PERMEABILITÀ	PROFONDITÀ FALDA	CLASSE GRANULOMETRICA	MODIFICATORI CHIMICI: pH in H_2O CSC in meq/100g(*)
ELEVATA	E	BASSA (Classi 4. 5. 6)	> 100 cm	AFI-AMF-LFI-FFI-LGR-FRA-SKA Tutte le classi "over"(comprese le over SAB, over SKS, over FRM) in cui il 1° termine sia AFI, AMF o LFI	pH > 5.5 CSC > 10 (meq/100 g)
MODERATA	M	MODERATA (Classe 3)	50 - 100 cm (con perm. bassa)	FGR-SKF Tutte le classi "over"(comprese le over SAB, over SKS, over FRM) in cui il 1° termine sia FFI o LGR	pH 4.5 - 5.5 CSC tra 5 - 10 (meq/100 g)
BASSA	B	ELEVATA (Classi 1. 2)	< 50 cm (con perm. bassa) < 100 cm (con perm. moderata)	SAB-SKS-FRM Classi "over"in cui il 1° termine sia SAB, SKS o FRM	pH < 4.5 CSC < 5 (meq/100 g)

(1)*Considerare il valore più alto tra quelli riscontrati entro 100 cm


Parco Ticino settore Meridionale
Carta Pedo-paesaggistica - Unità di Paesaggio
Legenda
LF1
LF2
LF3
LF4
LF5
VA1
VA3
VA6
VA7
VA8
VT1
VT2
VT4
1


Parco Ticino settore Meridionale
Carta della Capacità d'Uso dei Suoli
Legenda
Classe I
Classe II
Classe III
Classe IV
Classe V
②


Parco Ticino settore Meridionale
Carta della Capacità Protettiva dei Suoli
per acque profonde, nei confronti di Agenti Inquinanti
Legenda
Bassa
Elevata
Moderata
④


Parco Ticino settore Meridionale
Carta della Fertilità Potenziale dei Suoli
Legenda
Aree di non suolo
L
LL'- L'
LS
L'S''
SL
S
C
③

7 IDROGRAFIA SUPERFICIALE E IDROGEOLOGIA

Il territorio è solcato da un corso d'acqua naturale, l'Agogna, e da una articolata rete di canali artificiali di antica e più recente impostazione che costituiscono la rete irrigua al servizio dell'agricoltura.
Al proprio interno la rete idrografica è suddivisa in ordine gerarchico, in rapporto alle funzioni svolte: in particolare si distingue una rete primaria di "adduttori" e "diramatori" ed una secondaria di fossi derivati dai primi fino ai bocchelli di consegna ed al reticolo menzionato viene associata la rete dei colatori.
Per tale ragione sono frequenti cavi (infossati anche 2-3 metri) che svolgono una duplice funzione: di drenaggio a monte ed irrigua a valle ; probabilmente molti di questi cavi, almeno i più antichi, sono impostati sull'originaria paleo-idrografia, in particolare nelle aree depresse dei paleoalvei.
L'area di studio è posta a quote comprese tra i 99 ed i 95 m.s.l.m. e risulta interessata solo da corsi d'acqua artificiali (stagionali) che, provenendo da Nord – Nord Ovest, portano le acque necessarie per l' irrigazione.
La direzione prevalente di deflusso della falda è NNW > SSE e l'infiltrazione maggiore si realizza attraverso le perdite dei canali e rogge che attraversano il territorio in oggetto; l'andamento della superficie freatica segue grosso modo quello della morfologia e il livello statico si trova generalmente a quote > 1.5 metri dal piano campagna; può arrivare, solo in alcune aree depresse, a monte del centro abitato, a quote inferiori- uguali al metro, soprattutto in stagione irrigua.

La successione idrogeologica della zona (Cerro e Braga " Le strutture sepolte della pianura pavese e le relative influenze sulle risorse idriche sotterranee " - 1998) può essere sintetizzata in tre unità principali - materasso alluvionale, successione Villafranchiana e basamento marino, ed i depositi continentali quaternari hanno uno spessore medio di circa 200 metri ; tali depositi costituiti da alternanze di sedimenti differenziati per porosità e permeabilità, intercalati a setti impermeabili di estensione e potenza variabile, ospitano acquiferi più o meno in comunicazione fra di loro, secondo un sistema multifalda.
La ricostruzione stratigrafica di massima del sottosuolo è stata effettuata sulla base dei dati esistenti in letteratura e di correlazioni tra i pozzi a stratigrafia nota disponibili nella zona, purtroppo esterni all'area di studio.
Considerata la scarsità di dati sugli strati più profondi, la maggiore attendibilità si ha fino a 100 - 120 metri di profondità.

Le falde freatiche, principali e sospese, ed anche quelle sottostanti, sono alimentate dalle acque meteoriche e dai sub-alvei dei corsi d'acqua che solcano la pianura ; nel loro movimento di filtrazione da monte verso valle vengono condizionate dalla diversa permeabilità dei sedimenti attraversati , con conseguente variazione di velocità e direzione di flusso.

L'alternanza di erosione e deposizione da parte dei corsi d'acqua e le molteplici variazioni del loro tracciato hanno dato luogo alla formazione di alvei successivi, ormai abbandonati (paleoalvei), che costituiscono vie di deflusso preferenziali.

Dalla ricostruzione della piezometria si evidenzia il carattere drenante (in condizioni di magra) che ha la valle dell'Agogna in tutto il suo corso, fenomeno evidenziato anche dalle linee di flusso che ruotano e deviano in direzione della valle omonima; lo stesso effetto, anche se in scala minore, viene prodotto anche dalla fascia centrale del territorio, sede di antico tracciato fluviale (paleoalveo) depressa rispetto alle campagne circostanti ed attualmente interessata da due corsi d'acqua secondari.

Emerge una certa differenziazione litologica, sia verticale che orizzontale, che concorre a influenzare il deflusso delle acque, ingenerando all'interno del mezzo poroso fasce a più elevata permeabilità che svolgono un'azione drenante e di richiamo sulle acque di falda, abbondanti anche per il notevole apporto irriguo.

L'andamento della superficie freatica segue grosso modo quello della morfologia e il livello statico si trova, nella piana interessata a quote > -2 metri dal piano campagna; può arrivare, solo in alcune aree depresse a quote inferiori ai 2 metri.

Nel reticolo idrografico di superficie, spiccano i corsi d'acqua dei torrenti Agogna ed Arbogna: il **torrente Agogna**, che ha origine dalle prealpi novaresi, sfocia nel Po presso Mezzana Bigli. Le sue portate variano da 1,8 a 100 mc/s, con valori di piena sino a 300 mc/s.

Il **torrente Arbogna** ha origine da sorgenti naturali entro l'abitato di Novara, si biforca nei pressi di Cergnago, immettendo parte delle sue acque nell'antico Cavone per poi ricongiungersi dopo 4 Km, assumendo successivamente la denominazione di Erbognone e sfociando nell'Agogna presso Galliavola; le sue portate medie si aggirano sui 0,8-1 mc/sec, con portate massime di piena di 10-15 mc/sec.

7.1 Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

È stato effettuato un censimento delle aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico, di cui al D. Lgs 258/2000, insistenti sul territorio Comunale, ossia delle zone

interessate dalla presenza di centri di pericolo e relativo ambito di influenza entro le aree ad alta vulnerabilità ed, in particolare, delle seguenti attività pericolose:

- discariche
- aree estrattive perimetrate nello strumento di pianificazione provinciale
- emergenze della falda in aree estrattive

Non è stata rilevata la presenza di alcuna delle attività elencate.

8 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (DEL. N° 18/2001 E SUCC.)

L'Autorità di Bacino del Fiume Po, ha adottato con deliberazione n° 18/2001 il "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico" (ai sensi dell'art. 4, comma1 lett. c della Legge 183/89), al fine di poter operare una corretta gestione del territorio compreso all'interno del bacino idrografico del Po e dei sui affluenti.
Per consentire l'attuazione delle norme tecniche il territorio è stato suddiviso in aree omogenee denominate fasce fluviali, e così definite:

Fascia A – fascia di deflusso della piena – rappresentata dalla porzione di alveo che viene interessata dal deflusso della corrente durante gli stati di piena, prendendo come termine di riferimento una piana con tempo di ritorno TR fissato in 200 anni

Fascia B – fascia di esondazione – area esterna alla precedente che occupa la porzione di alveo interessata da inondazione in presenza dell'evento di piena di riferimento. In questo caso il limite di fascia si estende fino ai terreni posti a quote superiori ai livelli idrici corrispondenti alla massima piena di riferimento o alle opere idrauliche (argini, terrapieni, etc.) dimensionate per il contenimento delle inondazioni. zona con quote d di esondazione protetta da opere di difesa
Fascia C - area di inondazione per piena catastrofica - porzione di territorio, esterna alla precedente fascia, che può essere inondata in presenza di eventi di piena che superino le portate di quelli di riferimento.

I limiti delle fasce fluviali definiti per il territorio in oggetto vengono riportati nelle allegate tavole grafiche.

9 CENNI DI METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA

Il clima della Lombardia è influenzato principalmente da alcuni fattori geografici di rilevante importanza. Il territorio della Lombardia è chiuso a Nord dalla catena alpina, a Sud dalla catena appenninica che divide la Pianura Padana dal Mar Tirreno e Ligure.
Oltre a queste due grandi barriere naturali il territorio lombardo ospita tutti i più grandi laghi del Nord Italia che influiscono tantissimo sul clima locale, il Mar Mediterraneo che influenza il clima di tutta la regione del Sud Europa, inoltre non possiamo dimenticare che in Lombardia è presente una delle più grandi conurbazioni urbane d'Europa la città di Milano.
Queste situazioni geografiche fanno si che in Lombardia troviamo tre fasce mesoclimatiche, padana, alpina, insubrica, a cui va aggiunta la fascia urbana di Milano, in quanto è stato dimostrato che in tutte le grandi aree urbane del mondo si è formato un clima particolare che porta ad avere delle caratterizzazioni specifiche dei fenomeni meteorologici, il principale fenomeno che influisce sul clima è il forte aumento della temperatura che abbiamo in queste grandi aree urbane, che può portare alla formazione di eventi meteorologici completamente autonomi rispetto il territorio circostante.
Il clima padano è caratterizzato da una certa uniformità, con quantità di piogge limitate a 600-1000 mm/anno, molta umidità, con frequenti episodi temporaleschi ed una temperatura media annua compresa tra gli 11 ed i 14°C.
In inverno l'area padana è caratterizzata da uno strato di aria fredda al suolo, che in assenza di vento da origine a gelate e a nebbie spesso persistenti, che normalmente tendono a diradarsi solo nelle ore pomeridiane. La primavera è caratterizzata da perturbazioni di una certa entità, e avvicinandosi alla stagione estiva, questi fenomeni diventano ancora più intensi.
L'attività temporalesca diventa molto forte nel periodo estivo, e in mancanza di vento le temperature diventano elevate.(fenomeno legato anche alla mancanza di vegetazione come alberi e cespugli, e all'elevato tasso di copertura con cemento ed asfalti del territorio).
L'autunno è caratterizzato dal frequente ingresso di perturbazioni atlantiche che portano precipitazioni abbondanti che causano sovente delle alluvioni.
La Lomellina in particolare presenta un clima che è influenzato dalla monocoltura intensiva del riso.
La risaia con la sua alternanza di periodi di allagamento e di periodi asciutti, favorisce il fenomeno della nebbia, che è uno degli elementi caratteristici del clima locale.

Vista la difficoltà di trovare dati climatici relativi al sito di intervento, in quanto l'area non è posta sotto osservazione con centraline di rilevamento, anche per quanto riguarda rilievi di inquinanti sospesi nell'aria, i dati e la descrizione dei fenomeni meteorologici che vengono allegati sono stati presi dal sito di ERSAL (Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia, Servizio Agrometeorologico), anche perché come detto nelle prime pagine di questo studio, questa area anche se legata amministrativamente alla Regione Piemonte, è a tutti gli effetti in Lombardia, in Lomellina.

Eventi meteorologici in Lombardia:
Foschia e nebbia
Fulmini
Grandine
Neve
Precipitazioni
Radiazione solare
Temperatura dell' aria
Temporali
Umidità
Venti

9.1 Foschia e nebbia

La foschia e la nebbia derivano dalla presenza di gocce finissime di vapore acqueo condensato in sospensione negli strati atmosferici vicini al suolo che determinano una più o meno forte riduzione della visibilità. In particolare si parla di foschia con visibilità lineare compresa fra 5000 e 1000 m, di nebbia con visibilità inferiore ai 1000 m e di nebbia fitta con visibilità inferiore ai 100 m.
Il meccanismo di innesco delle nebbie è analogo a quello delle gelate: occorre infatti un abbassamento della temperatura che faccia giungere la stessa al punto di rugiada, producendo la condensazione del vapore acqueo sui nuclei di condensazione presenti.
L'abbassamento di temperatura può verificarsi tanto per irraggiamento verso lo spazio che per avvezione di masse d'aria fredda (caso classico è l'irruzione in Valpadana di masse d'aria fredda da Est nel tardo autunno) oppure per scivolamento notturno di masse d'aria fredda dalle pendici verso i fondovalle o la fascia pedomontana.
Tutti questi meccanismi possono essere compresenti ed inoltre sono in buona parte sconosciuti i meccanismi che, agendo generalmente a microscala, spingono un

processo di condensazione per abbassamento termico ad evolvere verso la formazione di brina e rugiada ovvero verso una formazione nebbiosa. Comunque la genesi della nebbia necessita la presenza di una fonte di umidità nei bassi strati che è spesso rappresentata dai corsi d'acqua. Ciò spiega le insidiose nebbie in banchi che si riscontrano nella stagione fredda in vicinanza di fiumi, canali o di specchi d'acqua.
Tutto quanto sopra esposto evidenzia il fatto che la nebbia risulta un fenomeno difficile da prevedere anche a brevissimo termine. Il numero medio di giorni con nebbia è ricavabile da apposite statistiche riassunte nella tabella sotto riportata. Da tali dati si desume che il mese più esposto al rischio di nebbia è dicembre, seguito da gennaio e novembre. Molto basso è invece il rischio di nebbia nel periodo da maggio ad agosto.

Nebbia sulla pianura lombarda alle ore 7 del mattino (n° medio di giorni del mese in cui la visibilità è inferiore ai 1000 m) (da Fea, 1988 - modificato).

Mese	Giorni
Gennaio	6–16
Febbraio	4–10
Marzo	2-6
Aprile	1-2
Maggio	0-1
Giugno	0
Luglio	0
Agosto	0-1
Settembre	1-5
Ottobre	2-13
Novembre	4-14
Dicembre	10-20

9.2 Fulmini

I fulmini sono l'elettrometeora caratteristica dei temporali. Le statistiche pluriennali disponibili indicano per la Lombardia un numero medio di 2-4 fulmini per km2 Occorre tuttavia segnalare che tali statistiche sono state sviluppate quando ancora non esistevano strumenti sofisticati per il monitoraggio in tempo reale dei fulmini.
In particolare l'ERSAL utilizzando il sistema CESI Sirf ha rilevato circa 50.000 fulmini nel 1996 e circa 30.000 fulmini nel 1997. Tali cifre indicano l'estrema variabilità interannuale del fenomeno sul nostro territorio, caratteristica questa che è tipica di tutti i fenomeni associati ai temporali.

9.3 Grandine

La grandine risulta un evento meteorologico estremo in grado di causare danni elevati tanto all'agricoltura che ad altre attività umane. Associato ai cumulonembi temporaleschi il fenomeno è tipico di aree poste nelle vicinanze di grandi sistemi montuosi e dunque l'area padano-alpina risulta particolarmente esposta. Il periodo favorevole alle grandinate coincide con quello di presenza dei fenomeni temporaleschi e risulta dunque esteso da marzo a novembre. Tuttavia le grandinate più intense sono tipiche del periodo estivo, allorché l'atmosfera, ricchissima di energia, è in grado di dar luogo ai fenomeni di maggiore violenza.
I chicchi di grandine, che dalle dimensioni di un pisello possono giungere a quelle di una noce, di un uovo o addirittura di un'arancia, possono acquisire velocità elevatissime, in particolare quando la loro caduta si associa alle correnti discendenti presenti nel cumulonembo, correnti che non di rado possono giungere a velocità di 50 –100 km/h (Fea, 1988). Tali correnti discendenti sono in grado di produrre un sensibile aumento dei danni.
Il fenomeno della grandine è variabilissimo nello spazio (a volte in poche decine di metri si passa da una zona con forti danni ad una zona del tutto priva di danni) e nel tempo. Non esistono al momento serie storiche attendibili sugli eventi grandinigeni in Lombardia. Uniche indicazioni sono quelle fornite da Fea (1988) che per l'area pianeggiante della Lombardia indicano per il periodo 1960-1980 un numero medio annuo di grandinate compreso fra 0.5 e 2, con frequenze più elevate nella fascia pedemontana prealpina.

9.4 Neve

Una valutazione a parte merita la neve per i suoi effetti su tutta una serie di attività umane. La climatologia ci indica che la pianura lombarda riceve in media dai 20 ai 50

cm di neve l'anno, mentre nel fondovalle della Valtellina e sull'Appennino cadono in media dai 50 ai 100 cm di neve.

Le zone appenniniche più elevate registrano punte di 3 metri di neve l'anno mentre punte di 4-5 m sono riscontrabili nelle zone alpine.

Per quanto riguarda la pianura lombarda la serie storica recente più interessante è quella dell'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura di Bergamo, relativa al periodo 1958-87.

Secondo tale serie si registrano in media 39 cm di mese l'anno, con frequenze più elevate nel mese di Gennaio, seguito da Dicembre e Febbraio.

Occorre infine segnalare che raramente la pianura lombarda è interessata da nevicate nei mesi di ottobre e aprile (a titolo di curiosità si può citare la nevicata del 17 aprile 1991) e molto raramente in maggio (una lieve nevicata si verificò a Milano nel maggio 1879).

In tabella si riportano le maggiori nevicate del ventesimo secolo su Milano. Si noti che tali eventi estremi sono distribuiti abbastanza regolarmente nel tempo ed interessano esclusivamente il periodo Dicembre – Febbraio.

Le maggiori nevicate del 20° secolo a Milano (Collegio degli Ingegneri di Milano, 1986).

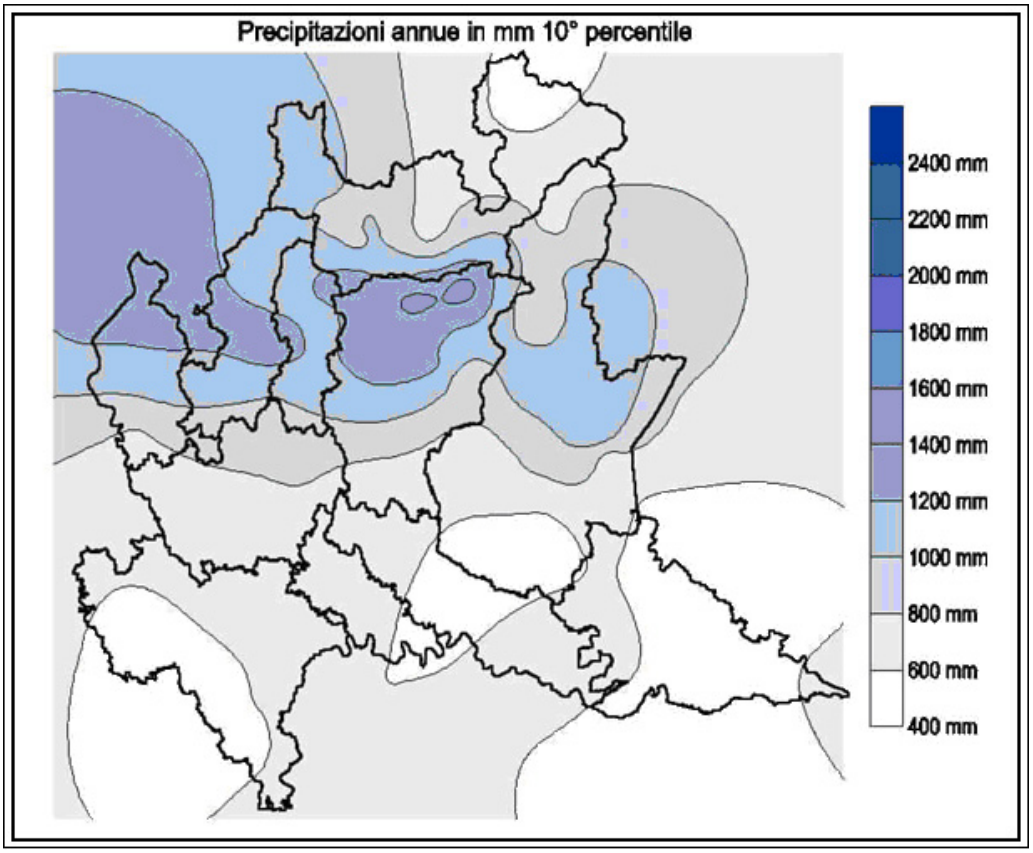
Data	Neve caduta (cm)
Gennaio 1985	70 (*)
Febbraio 1947	59
Dicembre 1935	48
Dicembre 1909	48
Gennaio 1933	47
Gennaio 1926	46
Gennaio 1954	43
Febbraio 1978	37
Dicembre 1938	33

(*) La nevicata si è protratta dal 13 al 17 gennaio e nelle diverse zone della città sono caduti dai 65 ai 110 cm di neve. A Linate sono stati registrati 92 cm.

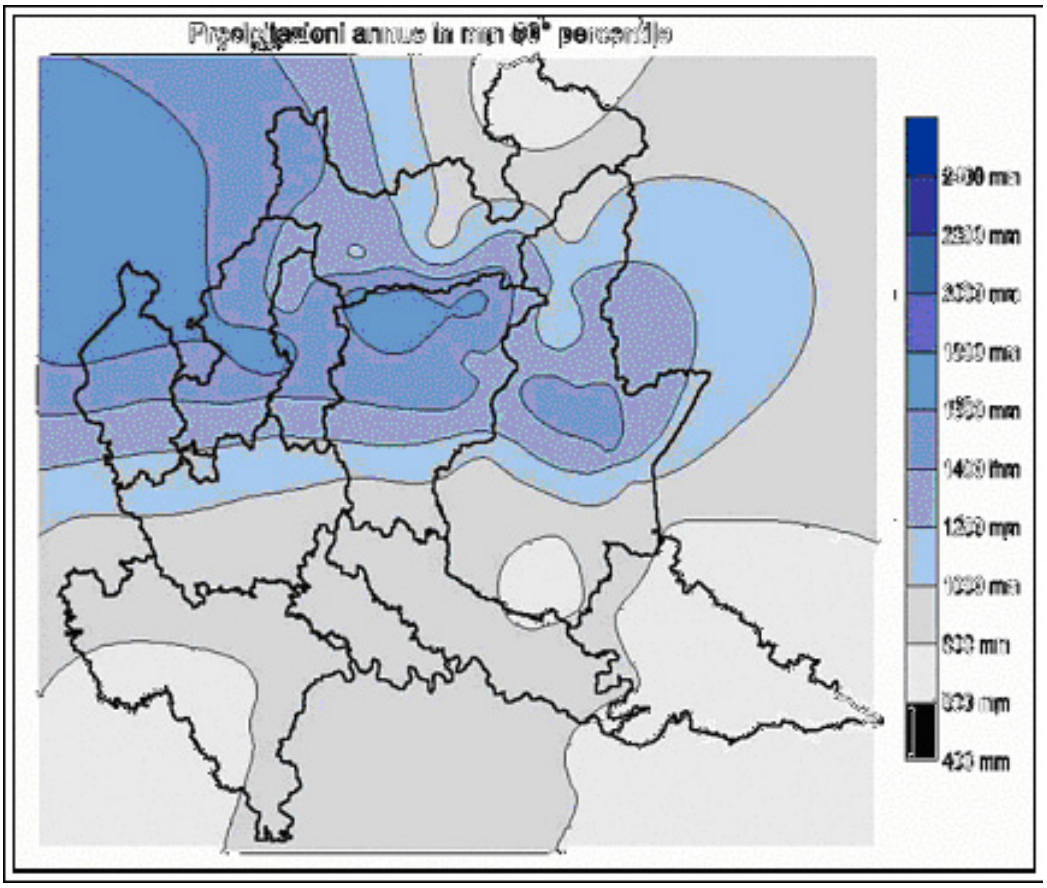
9.5 Precipitazioni

Le mappe rappresentano le precipitazioni (millimetri di pioggia o di neve fusa) sulla Lombardia nel periodo 1950-86, relative all'anno "secco" (Q10), all'anno mediano (Q50) ed all'anno "piovoso" (Q90) definiti attraverso la tecnica statistica dei percentili. Per facilitare la lettura si segnala che i valori di precipitazione sono uguali o superiori a quelli riportati in un anno su 10 nel caso del Q90 e in un anno su 5 nel caso del Q50. Si ricorda inoltre la mediana (50° percentile) presenta valori abbastanza simili a quelli forniti dalla media ma il suo utilizzo risulta preferibile quando si analizzano parametri, come le precipitazioni, che possono presentare una distribuzione statistica diversa da quella gaussiana.

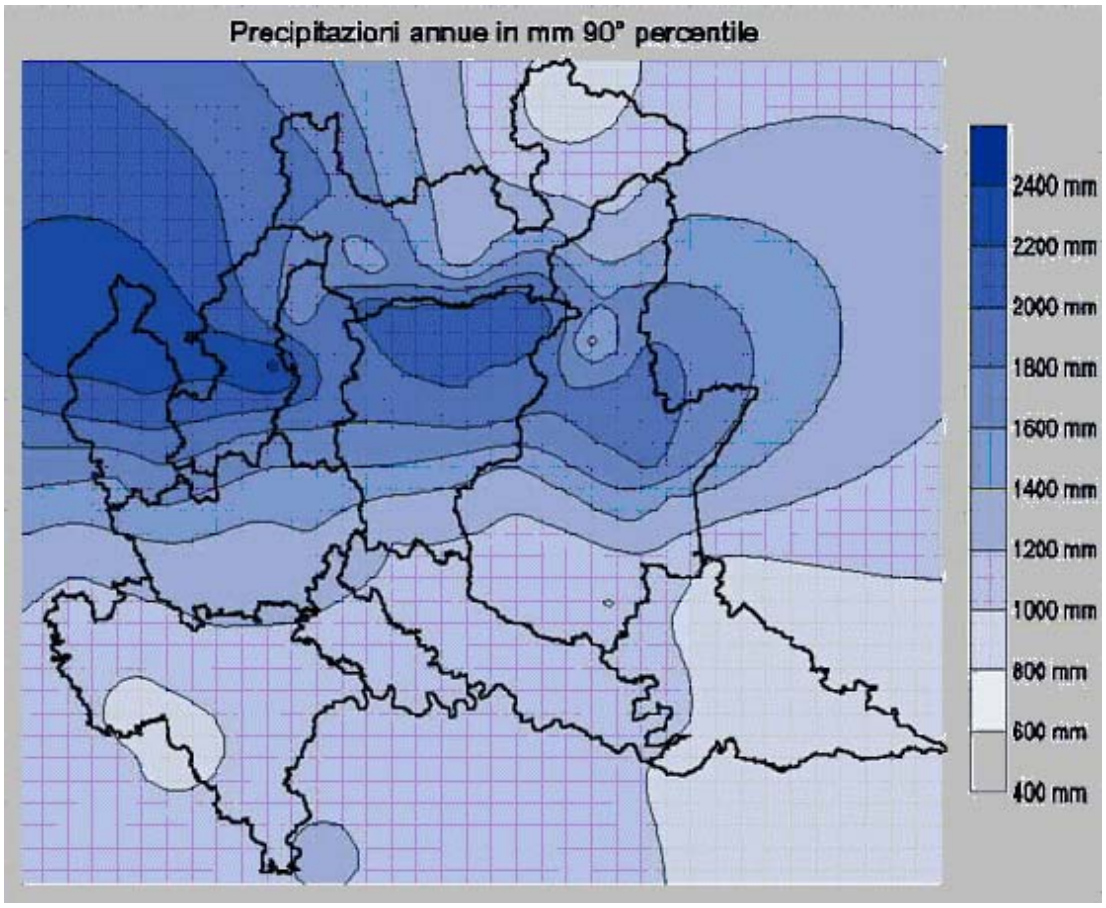
Sulla base della distribuzione della mediana (50° percentile) delle precipitazioni annue si individua un significativo gradiente positivo da Sudest verso Nordovest, con minimi nel mantovano (650 mm circa) e massimi nella fascia prealpina centro occidentale. Un gradiente negativo molto ripido si individua invece nell'area alpina, con precipitazioni che decrescono fortemente approssimandoci alla zona centrale del massiccio (clima endoalpino). In particolare il range delle precipitazioni risulta di 650-1100 mm/anno per la fascia di pianura, di 1100-2000 mm/anno per quella prealpina e di 2000-750 mm/anno per quella alpina, con minimi in Alta Valtellina. Le mappe riportate sono state elaborate dal Servizio Agrometeorologico Regionale della Lombardia, sono state elaborate utilizzando dati di stazioni meteorologiche lombarde e delle aree limitrofe di proprietà del Servizio Idrografico del Po e di altri enti.



Precipitazioni annue in mm 10° percentile



Precipitazioni annue in mm 50° percentile



Precipitazioni annue in mm 90° percentile

La variazione delle precipitazioni analizzando le carte dal 10° percentile al 90° percentile configurano che nella zona oggetto d'intervento variano da un minimo di 600 mm annui, ad un massimo di 1200 mm annui.

9.6 Radiazione solare

La radiazione solare costituisce la fonte di energia primaria per tutto l'ecosistema. Infatti l'energia solare, captata dai vegetali attraverso la fotosintesi clorofilliana, fluisce poi lungo le catene alimentari garantendo la sopravvivenza a tutti gli esseri viventi.

Inoltre la radiazione solare rappresenta la sorgente di energia alla base dei movimenti atmosferici, da quelli delle grandi aree cicloniche ed anticicloniche, con dimensioni di migliaia di chilometri, a quelli delle strutture più piccole come i mulinelli che sollevano le foglie secche in una giornata ventosa d'autunno. Quanto detto rende idea dell'importanza che la radiazione solare ha per il pianeta Terra e per i suoi abitanti.

La Lombardia è collocata alle medie latitudini (siamo infatti a metà strada fra equatore e polo) e dunque la radiazione presenta un massimo molto pronunciato in corrispondenza con il solstizio d'estate (21 giugno) ed un minimo altrettanto pronunciato il 21 dicembre (solstizio d'inverno).

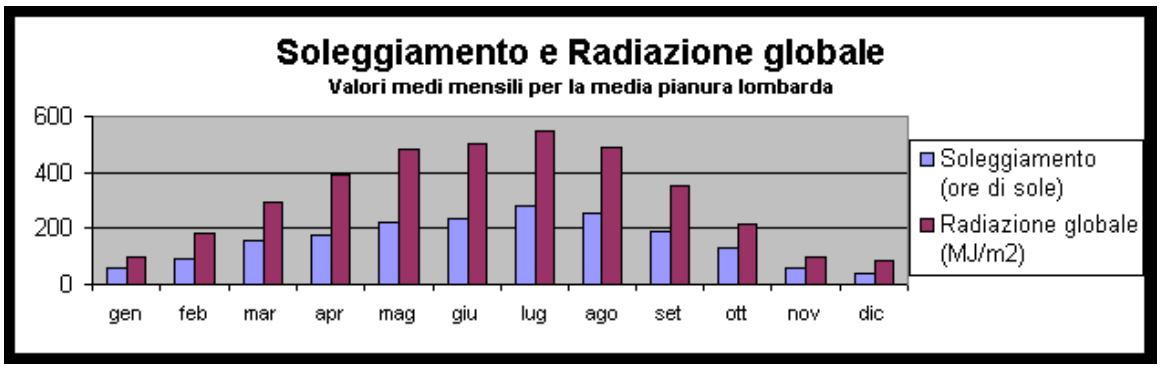
Levata e tramonto del sole ai solstizi in Lombardia

Data	**Levata del sole (ora solare)**	**Tramonto del sole (ora solare)**	**Durata del giorno (ore e minuti)**
21 giugno	4.36	20.19	15.43
21 dicembre	8.03	17.19	9.16

Più in particolare se esprimiamo l'energia solare in milioni di Joule (MegaJoule o MJ) possiamo osservare che, mentre la quantità di energia che giunge al di fuori dell'atmosfera è di circa 3530 MJ/m2 al mese ed è pressappoco costante in tutti i periodi dell'anno (è la cosiddetta costante solare), la quantità di energia che giunge al suolo in Lombardia nei diversi periodi dell'anno è variabile ed i valori medi sono riportati nella tabella seguente, nella quale si riporta anche il soleggiamento medio espresso in ore di sole mensili.

Valori medi mensili per la media pianura lombarda

	gen	Feb	mar	apr	mg	giu	Lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
Soleggiamento (ore di sole)	56	90	152	176	219	233	80	252	187	127	56	41	1869
Radiazione globale (MJ/m^2)	99	180	297	393	484	504	547	492	357	211	98	83	3746



I valori indicati sono ovviamente medie riferite ad aree pianeggianti, per le quali cioè non sussistono ostacoli orografici che impediscono la visione del sole nel corso del giorno. Per le aree montane occorrerà dunque decurtare tali quantità tenendo conto del cosiddetto

orizzonte apparente (rappresentato dai profili delle montagne). Un caso simile si verifica per le aree urbane ove l'orizzonte apparente è dato dai profili degli edifici.

9.7 Temperatura dell'aria

La temperatura dell'aria presenta nella regione una elevata variabilità spaziale in gran parte legata agli effetti topoclimatici connessi alla presenza dei rilievi. In particolare, con riferimento alla mappa di temperatura media annua si osserva che l'isoterma dei 12° C delimita l'area pedemontana e si incunea profondamente nel massiccio alpino attraverso i principali solchi vallivi mentre l'isoterma dei 2 °C delimita le zone di vetta.
Il mese mediamente più freddo risulta gennaio (solo parte delle stazioni presentano febbraio come mese più freddo) e quello più caldo luglio, con un tipico effetto di sfasamento rispetto ai minimi ed ai massimi di radiazione solare.
Un rilievo particolare per l'agricoltura è assunto dalle gelate.
Dalle statistiche si evidenzia come le gelate si presentino sulla pianura lombarda nel periodo compreso fra ottobre a maggio e la probabilità di gelate risulti significativa a partire dalla terza decade di ottobre e fino alla terza decade di aprile.

9.8 Temporali

Con il termine di temporale si indicano fenomeni atmosferici caratterizzati da:

- insolita violenza;
- durata limitata (in media 1-3 ore);
- ridotta estensione spaziale;
- precipitazioni intense, anche a carattere di rovescio, spesso associate a grandine**;**
- raffiche di vento e turbini;
- brusche variazioni della pressione e della temperatura;
- attività elettrica atmosferica più o meno intensa (fulmini e lampi).

I temporali sono da considerare gli eventi più violenti che si verificano nella nostra atmosfera e ad essi sono associati fenomeni estremi quali le alluvioni improvvise (flash floods) e le trombe d'aria.
I meccanismi di genesi dei temporali sono molteplici ed infatti è possibile parlare di temporali frontali (da fronte caldo, da fronte freddo e prefrontali) e temporali in massa d'aria (temporali di calore e temporali orografici).
Il cumulonembo è la nube caratteristica del temporale; nella nostra areai cb (celle temporalesche) sono spesso associate in famiglie (temporali multicella) che tendono ad organizzarsi in linee (linee temporalesche). La dinamica dei temporali multicella, il cui approfondimento si deve in larga misura all'impiego del radar meteorologico, è

caratterizzata dalle fasi di sviluppo, maturità e senescenza delle singole celle; a ciò si associa la progressiva genesi di nuove celle a partire da quelle mature.

Nella nostra area sono invece rari i temporali supercella, caratterizzati da enormi celle temporalesche isolate. Tali temporali sono infatti tipici delle aree tropicali anche se a strutture del tipo supercella sono state di recente attribuite le intense precipitazioni prefrontali verificatesi in occasione dell'alluvione del Piemonte (4-6 novembre 1985) e dell'alluvione di Varese (11-13 settembre 1995).

Una particolarità dell'area padano - alpina sono poi i temporali notturni, che si generano grazie all'instabilizzazione per irraggiamento verso lo spazio della parte sommitale di cumuli sviluppatisi nelle ore pomeridiane. I temporali notturni sono tipici dei periodi di piena estate ed i cumulonembi agiscono in questo caso come vere e proprie "torri di raffreddamento" per la nostra atmosfera estiva sovraccarica di energia. Tali temporali possono determinare anche il fenomeno abbastanza raro delle grandinate notturne.

Per quanto riguarda la distribuzione dei temporali nel corso dell'anno occorre segnalare che la stagione temporalesca in Lombardia si protrae in genere da Marzo a Novembre mentre rari sono i temporali a Dicembre, Gennaio e Febbraio. I mesi con maggiore frequenza di temporali sono Giugno, Luglio ed Agosto, mesi in cui circa il 25-30% delle giornate sono interessate da situazioni temporalesche.

Dalla tabella si evincono anche indicazioni circa la frequenza media delle situazioni temporalesche in Lombardia (circa 30 - 50 giorni l'anno per la pianura).La distribuzione giornaliera dei fenomeni vede un massimo nelle ore centrali del giorno (dalle 13 alle 17) ed un minimo al mattino.

Per un'analisi dei fenomeni meteorologici associati ai temporali si rimanda ai capitoli relativi alle precipitazioni, al vento ed ai fulmini.

9.9 Umidità

L'umidità gioca un ruolo chiave nella genesi e nello sviluppo dei fenomeni atmosferici, tant'è che un eminente meteorologo britannico, O.G. Sutton, ebbe a scrivere che "per gli scopi delle ricerche meteorologiche l'aria può essere considerata semplicemente come vapore diluito".

In particolare il vapore acqueo sottratto all'atmosfera attraverso le precipitazioni, viene continuamente reintegrato attraverso l'acqua che evapora non solo dalle superfici marine, fluviali e lacustri ma anche dalle coperture vegetali. Si pensi infatti che un chilometro quadrato di coltura di mais in fioritura libera giornalmente nell'atmosfera circa 6000 metri cubi d'acqua. L'umidità costituisce la fonte energetica

per sistemi violenti come i temporali, capaci di liberare quantità di energia spaventose, dell'ordine di quella liberata dagli ordigni nucleari.

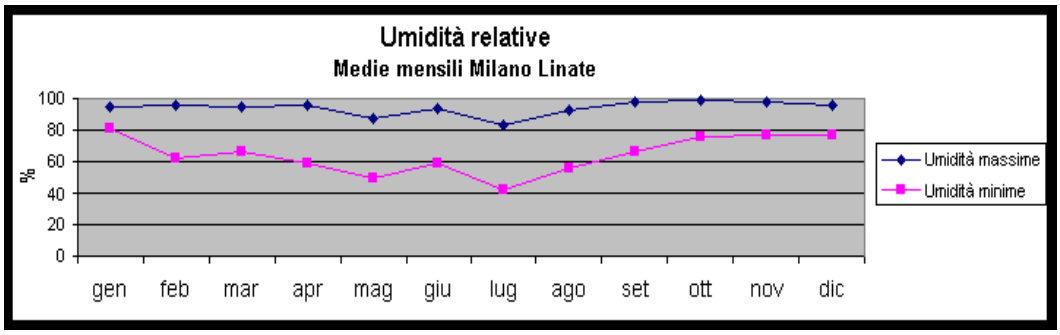
La distribuzione dell'umidità relativa sul territorio regionale è alquanto variabile perché funzione della copertura del suolo (presenza o meno di vegetazione e stadio di sviluppo della stessa), della vicinanza di corpi idrici (canali, fiumi, laghi, ecc.), ecc.

Il ciclo diurno dell'umidità relativa è opposto a quello della temperatura e vede un massimo all'alba, allorché non è infrequente raggiungere condizioni di saturazione indicate dalla comparsa di brina o rugiada, ed un minimo in coincidenza con il massimo termico diurno (grossomodo nelle prime ore del pomeriggio).

In Lombardia grossi abbassamenti nell'umidità relativa atmosferica si hanno in occasione degli episodi di foehn, allorché può verificarsi la sua discesa fino a valori inferiori al 10%. A titolo indicativo si riporta l'umidità relativa media mensile per la stazioni meteorologica di Milano Linate.

Umidità relative– medie mensili per Milano Linate.

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Umidità massime	95	96	95	96	88	94	83	93	98	99	98	96
Umidità minime	81	63	67	59	50	59	42	56	67	76	77	77



9.10 Venti

Lo studio particolareggiato del campo del vento sulla regione richiede la disponibilità di serie storiche pluriennali di dati relativi a molte località, cosa ben lontana dalla situazione attuale.

Un'impronta rilevante al quadro anemometrico generale dell'area è fornita dalle brezze (brezze di lago, di monte, di valle, ecc.) tipici delle situazioni di tempo stabile.

Si devono anche ricordare le circolazioni tipiche delle situazioni perturbate, con i venti al suolo meridionali ed orientali. Tali situazioni circolatorie si presentano in Lombardia con una frequenza media di 118 giorni all'anno (elaborazioni ERSAL sul periodo 1995-98) ed in tale occasione i venti possono risultare da deboli a moderati (valori dell'ordine di 2 – 8 m/s) anche se non sono da escludere locali intensificazioni per effetti d'incanalamento o in coincidenza con fenomeni di tipo temporalesco.

In particolare alle situazioni temporalesche sono associate intensificazioni locali del vento che, oltre a presentare una elevata variabilità nello spazio e nel tempo, può temporaneamente raggiungere velocità elevate, tali da costituire fonte di pericolo. In particolare si rammentano eventi acuti ma relativamente rari come le trombe d'aria, che si producono in associazione con i temporali. Infatti i moti verticali connessi ai cumulonembi temporaleschi provocano un richiamo d'aria dalla regione circostante che può innescare fenomeni di tipo vorticoso.

Le trombe d'aria, assimilabili nel meccanismo di genesi e di sviluppo ai tornado americani, interessano sporadicamente il nostro territorio con danni spesso rilevanti. Secondo i dati riportati da Palmieri e Pulcini (Fea, 1988) la Lombardia nel periodo 1946-73 è stata interessata da 38 trombe d'aria, con una media di circa 1.3 casi annui.

Il fenomeno delle trombe d'aria è importante per la sua violenza ma ha un'azione ristretta. I danni più gravi interessano infatti aree di norma al di sotto dei 5 km2 (Fea, 1988).

Nel caso delle trombe d'aria occorre ricordare che la nostra percezione della frequenza di tali fenomeni è alterata dal fatto che spesso i mass media tendono a definire con tale termine anche eventi quali le raffiche che sii formano quando la corrente discendente presente nei cumulonembi giunge in vicinanza del suolo.

Inoltre devono essere rammentati i venti moderati o forti associati agli episodi di foehn, che secondo le statistiche 1991-97 si presentano in media in 15-30 giorni l'anno.

Il foehn è un vento caldo e secco, con raffiche spesso violente, che si genera per l'impatto delle correnti umide settentrionali con l'arco alpino occidentale. In tal caso si parla di foehn da Nord e l'intensità delle raffiche (che possono superare i 100 km/h è accentuata dagli effetti di incanalamento particolarmente evidenti nelle vallate con andamento nord-sud (es: Valchiavenna, Ticino).

Nel caso di foehn da nord la direzione prevalente del vento è in genere da settentrione anche se sussiste la possibilità di temporanei e repentini mutamenti di direzione. Ai fenomeni di foehn sono associati alcuni effetti caratteristici:

- elevata probabilità di incendi boschivi;
- elevata probabilità di valanghe e slavine;
- precoce scioglimento delle nevi con aumento delle portate dei corsi d'acqua.
- A titolo di curiosità si potrà ricordare i casi di fohen prodotti dall'interazione di correnti umide meridionali con i rilievi appenninici. tuttavia il foehn appenninico è raro e scarsamente evidente stante le scarse altitudini dell'Appennino pavese.

I dati raccolti sui venti fanno riferimento alla stazione di Pavia dove sono stati rilevati i valori delle frequenze relative cumulate, espresse in percentuale, della direzione del vento a diverse ore nell'arco del giorno solare.

Le ore alle quali vengono fatte le misurazioni nell'arco dell'anno sono:

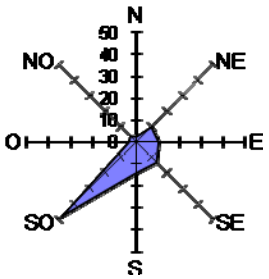
8.00 14.00 19.00

e, rispetto alle misurazioni registrate, si possono fare le seguenti considerazioni:

- la direzione prevalente e quella del settore S -O
- le misurazioni delle ore 8.00 evidenziano una prevalenza di orientamento del vento in direzione S-SO, che subisce un aumento durante il periodo invernale ed una conseguente attenuazione durante la primavera - estate, con una risalita graduale in autunno.
- i dati che fanno riferimento alle ore 14.00 confermano in pratica i dati relativi alle ore 8.00 per quanto riguarda la direzione che ha come orientamento S-SO, con minime variazioni per il periodo primaverile; i mesi di agosto ed ottobre sono caratterizzati da estrema variabilità, mentre solo nei mesi estivi si nota una certa prevalenza nei settori NE, SE e SO.
- risulta sempre prevalente la direzione SO per il periodo dicembre - febbraio, mentre da marzo a settembre prendono importanza i settori relativi a SE, E e NE.

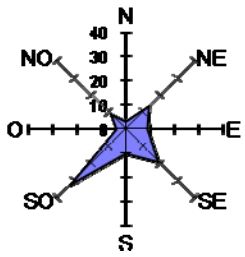
FREQUENZA PERCENTUALE DELLE DIREZIONI DEL VENTO DURANTE IL GIORNO ED AI SINGOLI RILEVAMENTI : ORE 8, 14 E 19 (Valori Mediati Sull'intero Anno).

ore 8

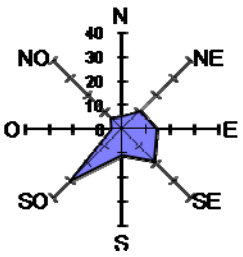


Direzione	ore 8	ore 14	ore 19
N	2.5	3.2	5.6
NE	9.8	13.6	10.7
E	10.3	9.0	14.3
SE	13.3	19.1	18.7

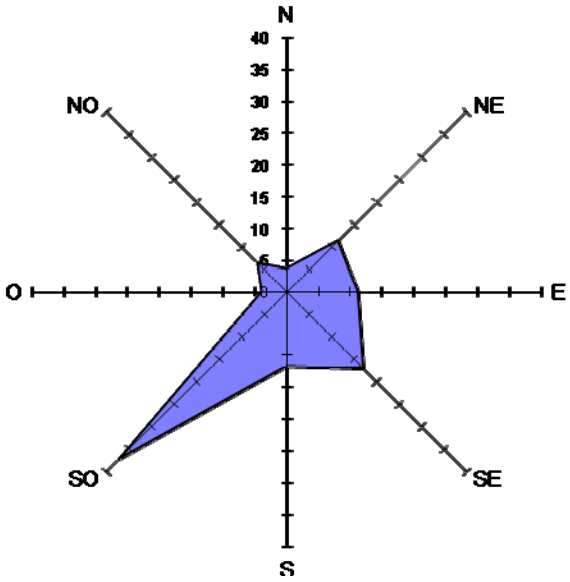
ore 14



ore 19



media



Per la determinazione delle condizioni climatiche al contorno della zona di studio sono stati utilizzati, in prima istanza, i dati, della stazione di Pavia, integrati da informazioni

raccolte presso alcune stazioni poste in Lomellina utilizzati dall'ERSAL ("I suoli della Lomellina Centro-meridionale").

Le precipitazioni medie annue risultano di 784 mm, con mesi più piovosi Novembre (con 88 mm), Ottobre e Maggio (con 82 mm) mentre le precipitazioni minime si registrano in Febbraio (48 mm), Luglio (51 mm), Agosto (53 mm) e Giugno (55 mm).

Le rilevazioni più antiche riguardano il ventennio 1911 -1930, dove per l'Osservatorio di Borgo S.Siro la quantità di pioggia media annua era di 805 mm.

Per il periodo 1960 - 1985, le precipitazioni medie mensili (mm) sono riportate nella sottostante tabella.

Stazione	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Gambolò	58.2	69.4	81.4	75.3	86	70.8	49.7	77	63.6	103.4	88	59.6	882.3
S. Giorgio	53.2	70.5	66.5	71.2	73	57.2	45.2	69	53	86	83.4	56.3	784.6
Gropello	67.1	66.5	76.9	65.6	81.6	69.1	48.4	78.1	64.9	98.2	88.4	56.7	861.5

Le precipitazioni presentano due massimi rispettivamente nel periodo autunnale ed in quello primaverile e due minimi in quello estivo ed invernale.

Secondo Rossetti (1995) "questi caratteri avvicinano la zona al regime appenninico in quanto, anche se poco differenziati da quelli secondari, il massimo principale è in autunno ed il minimo principale in estate. Il regime prealpino mostra invece il max principale in primavera ed il min principale in inverno"

Dalla tabella e dagli istogrammi (a fondo capitolo) si vede come il mese più piovoso sia Ottobre e quello a minor piovosità Luglio.

La sottostante tabella evidenzia la distribuzione percentuale sul totale della piovosità nei diversi periodi dell'anno in particolare per primo e il secondo, max e min.

Stazione	O - N	A- M	L - A	G - F
Gambolò	23.1 %	18.3 %	14.4 %	14.5 %
S. Giorgio	21.5 %	18.4 %	14.5 %	15.8 %

Gropello	21.6 %	17.1 %	14.7 %	15.5 %

Se si considerano le precipitazioni dall'inizio dell'anno civile per i singoli trimestri si ottengono le seguenti percentuali :

Stazione	G - F - M	A - M - G	L - A- S	O - N - D
Gambolò	23.7 %	26.3 %	21.6 %	28.4 %
S.Giorgio	24.2 %	25.7 %	21.3 %	28.8 %
Gropello	24.4 %	25.1 %	22.2 %	28.2 %

Per quanto riguarda le rilevazioni più recenti degli anni 90 si fa riferimento ai dati ERSAL in particolare per la stazione pluviometrica di Castello d'Agogna, posta nel medesimo comprensorio irriguo e circa alla stessa quota topografica di Tromello.
I dati completi riguardano gli anni 1993, 1995, 1996. Il periodo di osservazione è comunque troppo breve per raffronti con le altre stazioni e le misurazioni effettuate hanno solo uno scopo orientativo.

STAZIONE DI CASTELLO D 'AGOGNA

Anno	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Tot
1993	118	42.6	50.8	95.6	87.2	34	0.8	63.4	215.6	145.8	70.8	11.2	829.6
1995	216.6	73.6	30.2	45.8	165.6	92	42.2	20.2	158.8	25	107.8	56	1033.8
1996	194.2	43.6	14.8	74.8	86.4	35.8	33.8	36.2	65.2	126	40.4	127.4	878.6

Durante l'alluvione del 1993 nel solo mese di settembre caddero nell'ultima decade ed in 7 giorni 191 mm di pioggia ,seguiti da 84 mm in 6 gg nella prima decade di ottobre.

10 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRITORIO

I dati sono stati reperiti in parte da pubblicazioni esistenti ed in parte da studi compiuti da enti pubblici e da privati per la realizzazione di opere pubbliche e

fabbricati ed hanno permesso una ricostruzione geologico-tecnica del sottosuolo fino a quote di 10-15 metri dall'attuale piano-campagna.

Essendo stata riscontrata una reale omogeneità tra i singoli comparti di territorio individuati nell'ambito comunale, sia dal punto di vista geolitologico che morfologico, anche dal punto di vista geotecnico è possibile effettuare una spiegazione con riferimento alla unità litologica precedentemente descritta.

Vengono, nella tabella seguente, rappresentati i principali caratteri geotecnici necessari per un dimensionamento di massima delle opere fondazionali:

Unità litologica di riferimento	γ sat (t / mc)	attrito effettivo (°)	coesione effettiva (t / mq)
FlW	**1.6 - 1.9**	**30 - 32**	**0**

Con :

γ sat = peso di volume saturo del terreno

ϕ = angolo di attrito del terreno (in gradi)

C' = coesione, espressa in sforzi effettivi.

Questi parametri, ottenuti direttamente con prove in situ e/o di laboratorio, sarebbero integrabili con altri, quali la Densità relativa Dr (%) per terreni sabbiosi ed il contenuto in acqua W (%) prove, ottenibili però per successive estrapolazioni e quindi meno attendibili.

Per un corretto utilizzo dei parametri geotecnici indicati sopra e sulla loro validità ed attendibilità, vanno comunque fatte alcune considerazioni:

1. I parametri geotecnici relativi al terreno di copertura (vegetale) non vengono valutati, in quanto, per ogni tipo di intervento, viene asportato uno strato medio di 0.5 - 1.0 metri di tale materiale superficiale, onde evitare, considerata la sua disomogeneità, effetti indesiderati sulla stabilità delle fondazioni.

2. I parametri indicati sono stati dedotti dagli abachi di riferimento per prove penetrometriche statiche e dinamiche e per prove S.P.T., eseguite nei fori di sondaggio, condotte secondo gli standard consigliati dall'A.G.I. (Ass. Geotecnica Italiana - 1977).

3. Sono da considerarsi valori medi, che esprimono un intervallo di definizione a cui i tecnici possono fare riferimento nel calcolo progettuale.

4. Si ritiene comunque opportuno effettuare la verifica delle caratteristiche geotecniche con l'esecuzione di prove mirate a seconda delle opere da realizzare e della loro ubicazione ne, nel rispetto del D.M. 14/01/2008 ("Norme tecniche sui terreni e sulle rocce .....").

5. Considerata l'eterogeneità del territorio in oggetto, soggetto a variazioni sia litologiche che idrogeologiche anche all'interno di aree limitate, è sempre consigliabile una indagine preventiva delle reali condizioni del sottosuolo, anche nel caso di interventi effettuati in aree confinanti.

Sulla base di queste considerazioni generali possiamo classificare il territorio di Cergnago come appartenente alla:

Zona A *- Area in cui per la natura dei terreni superficiali e quelli posti nell'immediato sottosuolo i processi di consolidazione sono rapidi: ad essa corrispondono i terreni sabbiosi e ghiaiosi e quando lo spessore un'eventuale coltre limosa è talmente di modesta da essere praticamente trascurata.*

11 PRESCRIZIONI GEOTECNICHE

E' ovvio che il tipo e la quantità delle prospezioni geologiche da programmare dipendono dalla complessità litologica, dall'entità dell'opera, dalle fondazioni prospettate e dall'entità dei carichi che verranno trasmessi al sottosuolo (volume significativo).

Per i motivi esposti le indicazioni circa le analisi consigliate sono orientative e non vincolanti per il Progettista, il quale è chiamato solo ad una scrupolosa attuazione delle direttive emanate dal **D.M. D.M. 14/01/2008** – "*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"* **Circolare LL.PP. n. 30483 del 24. 09. 1988**, di istruzioni, dichiarazione del Progettista che sono verificate le condizioni di cui al **D.M. LL.PP. 20 /11/97** per lavori su fabbricati esistenti.

Ciò premesso si ritiene tuttavia di suggerire che la scelta dei mezzi di indagine debba essere effettuata in rapporto alle litologie prospettate nel Piano e verificate nel corso dell'indagine stessa.

Ogni relazione geotecnica va corredata da:

- litostratigrafia;
- proprietà fisiche e meccaniche dei terreni;
- rilevazione del livello della falda e relativa fascia di escursione.
- Per la determinazione delle proprietà geotecniche dei terreni vanno indicate :
- le attrezzature e gli strumenti utilizzati (prove di laboratorio e/o in situ)
- il grado di affidabilità e attendibilità.

Analogamente, per le fondazioni su pali, la caratterizzazione geotecnica dovrà essere rilevata lungo l'intero fusto del palo fino ad una profondità definita, ad esempio, dalle raccomandazioni A.G.I. .

Numero di indagini consigliate in funzione dell'entità dell'opera

Facendo proprie e integrando le osservazioni di Colombo & Colleselli nella seconda edizione di " Elementi di Geotecnica" (Zanichelli 1996) vengono indicate il numero di linee verticali (profili geotecnici) da realizzare in alcuni casi esemplificativi a cui i Progettisti fanno riferimento per i programmi d'indagine, e in particolare :

- **per manufatti di altezza ed estensione limitata** (fabbricati civili e industriali fino a cinque piani di altezza) dovranno essere esplorate n. 3 linee verticali (pozzi esplorativi e/o sondaggi) e n. 3 profili penetrometrici; nel caso di lottizzazioni le indagini possono essere diminuite qualora sia comprovata una sufficiente omogeneità litologica e geotecnica del sottosuolo;
- **per fondazioni di opere sviluppate in lunghezza e altezza contenute** (es. muri di sostegno con altezza di 4- 10 m. ; rilevati di altezza di 4 - 10 m.) dovrà essere realizzata una verticale ogni 50 - 100 m. (con un minimo di 1 - 2 verticali) e altrettanti profili penetrometrici;

- **per gli scavi con profondità 3 -10 m**. varrà quanto indicato, in rapporto alla superficie, per i due punti precedenti;
- **per strutture di grande estensione superficiale** le verticali dovranno essere ubicate ai vertici di una maglia con interasse di 20 - 40 m. .

La sostituzione di prove penetrometriche ai sondaggi e ai pozzi di rilevamento è ammessa quando sussiste una sufficiente uniformità litostratigrafica.

INDAGINI ORIENTATIVE PER FONDAZIONI SUPERFICIALI RIGUARDANTI LE DIVERSE AREE DEFINITE DALLA ZONIZZAZIONE GEOTECNICA

Zona A *(Terreni sabbiosi e ghiaiosi e quando lo spessore di un'eventuale coltre limosa è talmente modesto da essere praticamente trascurabile)*

1. Possono essere limitate all'esecuzione di pozzi esplorativi e a prove penetrometriche sia statiche che dinamiche ;
2. il profilo geotecnico può essere limitato allo spessore del volume significativo qualora le prove in situ, o altre poste in aree adiacenti, non evidenzino l'esistenza di strati compressibili interessati dai carichi dell'opera ;
3. tali indagini, ad esclusione delle lottizzazioni, per costruzioni di modesto rilievo che ricadono in zone già note, possono essere sostituite da un'analisi ottenuta per mezzo della raccolta di notizie e dati esistenti.

12 ANALISI DEL RISCHIO SISMICO

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area in esame.

Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati a riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area.

In funzione, quindi, delle caratteristiche del terreno presente si possono distinguere due grandi gruppi di effetti locali:

1) **effetti di sito o di amplificazione sismica locale** > interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono divisibili in due sottogruppi
   a) *effetti di amplificazione topografica*: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali articolate e irregolarità topografiche.
   b) *effetti di amplificazione litologica*: si verificano quando quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche
2) **effetti di instabilità** > interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche, che si manifesta con veri e propri collassi e/o movimenti di grandi masse di terreno e sono rappresentati da fenomeni diversi secondo le seguenti condizioni del sito:
   a) *versanti in equilibrio precario*, con attivazione e/o innesco di movimenti franosi
   b) *aree interessate da strutture geologiche sepolte e/o affioranti* tipo contatti tettonici o stratigrafici (faglie sismogenetiche)
   c) *terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico meccaniche* con fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo
   d) *siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo*

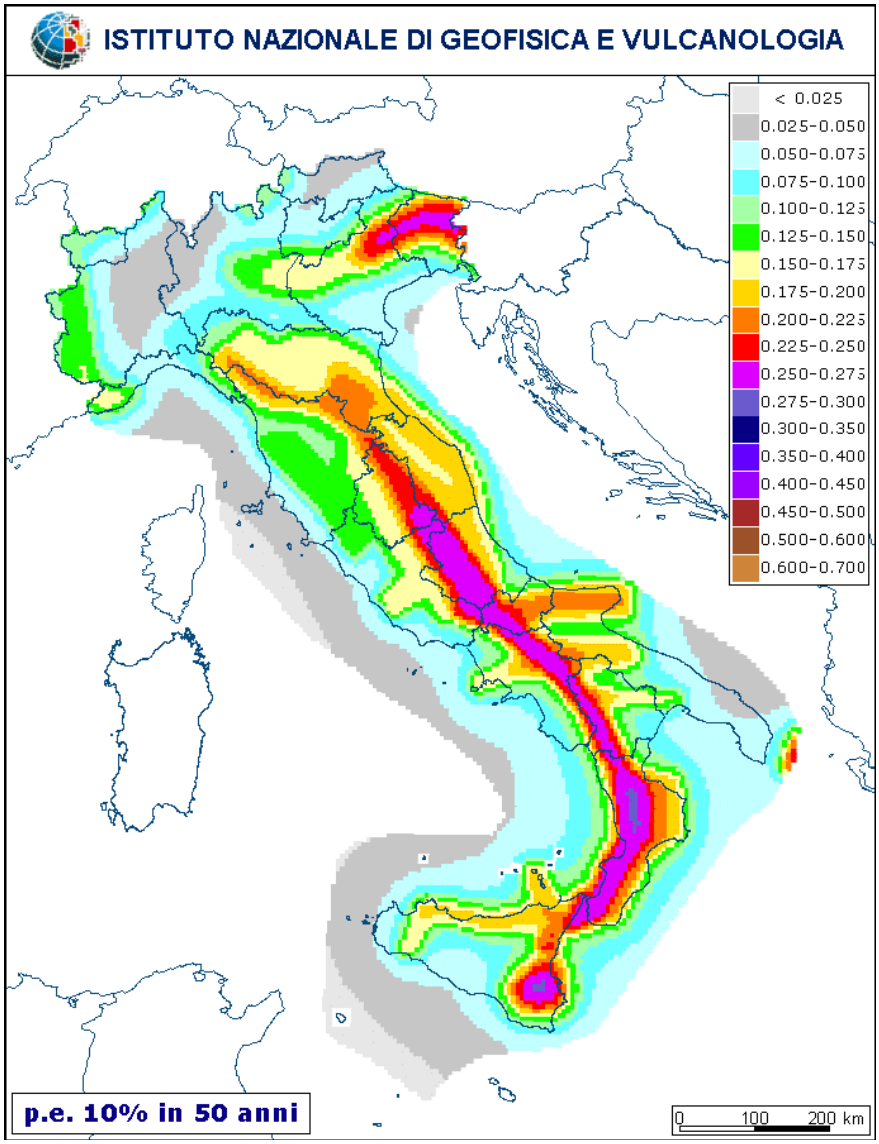
L'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274/2003 – "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" pubblicata sulla G.U. in data 08/05/2003 ed entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica dal 23/10/05 individua in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale e fornisce le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone stesse ed è stata recepita dalla Regione Lombardia con d.g.r. n° 14964 del 07/11/2003 .

- In adempimento, inoltre a quanto previsto dal successivo D.M. 14 sett. 2005 "Norme tecniche per le costruzioni" (attualmente in periodo sperimentale di 18 mesi di non obbligatorietà delle norme in esso contenute) viene prevista, ad integrazione dello Studio Geologico, geomorfologico ed idrogeologico per la pianificazione del territorio comunale, **l'analisi della sismicità** e la redazione di una "***Carta sismica***", secondo quanto stabilito nella **D.G.R. 9/2616 del 30 novembre 2011 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente**

geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374.

Il comune di Cergnago è censito nella Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 marzo 2003 come appartenente alla zona 4, cioè inserito nella classe di minima sismicità e con una accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico con probabilità di superamento pari al 10% in 50 inferiore al valore di ag/g < a 0,05.

Gli studi effettuati da gruppi di ricerca (INGV, 2004) hanno permesso di elaborare una "Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale", espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a max), riferita a suoli molto rigidi (Vs30 > 800 m/s), che rappresenta la probabilità che si verifichi un sisma con tempi di ritorno Tr=475 anni.



Mappa di Pericolosità sismica del Territorio nazionale *(Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)*

La metodologia utilizzata si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia, i cui risultati sono contenuti in uno «Studio-Pilota» redatto dal Politecnico di Milano – Dip. di Ingegneria Strutturale, reso disponibile sul SIT regionale.
Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento:

1° livello: riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche, sia di dati esistenti

E' obbligatorio per tutti i Comuni e prevede la redazione della **Carta della pericolosità sismica locale** con perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo (riportate in Tab.1- All. 5 /D.G.R. 8 dl 22/12/2005) in grado di determinare gli effetti sismici locali.

2° livello: caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrale nella carta di pericolosità sismica locale.

L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione della aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale
Il 2° livello è obbligatorio per i Comuni ricadenti nelle Zone sismiche 2 e 3, nelle aree PSL, individuate attraverso il 1° livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1, riportata in Tav. 5 -Carta della Pericolosità Sismica).
Per i Comuni in Zona sismica 4 tale livello deve essere applicato (aree PSL Z3 e Z4) solo nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti come definite in d.g.r. n°14964/2003; ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche ad altre categorie di edifici.

3° livello: definizione degli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi più approfondite.

Tale livello si applica, in sede di progettazione, nei casi:

- a seguito dell'applicazione del 2° livello, risulti inadeguata la normativa sismica nazionale per gli scenari PSL d zone Z3 e Z4;

- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabiltà, cedimenti e/o liquefazione e zone di contatto tra litotipi a caratteri fisico meccanici molto diversi (Zone Z1, Z2, Z5).

Il 3º livello è obbligatorio anche nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.
Gli approfondimenti di 2º e 3º livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perchè sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

Il territorio del **Comune di Cergnago** secondo la più recente classificazione sismica risulta inserito in **Zona 4a , di "sismicità bassa"** (S =6) e in **Zona 2a.**
A seguito di analisi degli elaborati grafici e dei dati raccolti per la redazione del presente studio, ed in considerazione della uniformità dei caratteri geomorfologici, geolitologici e fisico meccanici rilevati, si è proceduto alla definizione delle zone di PSL ed alla classe di pericolosità sismica di appartenenza.
A livello locale gli effetti da prendere in considerazione sono riconducibili ad amplificazioni litologiche e geometriche e si è ritenuto corretto considerare la superficie comunale (tra quelle definite nelle tabelle di riferimento) come appartenente alle seguenti zone di PSL (Pericolosità Sismica Locale):

- Z2a: Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)
si prevedono approfondimenti al 2° e/o al 3° in caso di aree particolarmente scadenti.

- Z4a: zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e fluvio – glaciali granulari e coesivi.
Per tali zona viene indicata una classe di pericolosità sismica H2 per la quale si prevedono eventuali approfondimenti al 2° solo per costruzioni strategiche e rilevanti (ai sensi della D.G.R. n° 14964/2003), non presenti allo stato attuale sul territorio di studio.

Nell'elaborato cartografico di riferimento (**TAV. 5 – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE**) è stata pertanto riportata la perimetrazione con retino trasparente azzurro e azzurro più chiaro, della zona unitaria di pericolosità con indicazioni della litologia superficiale.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
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

13 SINTESI E FATTIBILITA' GEOLOGICA

La sovrapposizione e la connessione dei dati rappresentati nelle varie carte tematiche allegate alla presente relazione hanno portato alla realizzazione di una Carta di Sintesi e Fattibilità geologica che identifica e riunisce in varie classi le porzioni di territorio assimilabili in base ai loro caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici e geotecnici.

La classificazione utilizzata ha il compito di fornire:

- le indicazioni di massima sulle varie destinazioni d'uso,
- gli elementi da valutare per gli interventi di piano
- le indagini da prescrivere (geologiche geotecniche, etc.) in sede di progettazione dei singoli interventi
- le direttive per programmare eventuali opere di riduzione di rischi potenziali

- le direttive per programmare controlli/verifiche periodici di fenomeni in atto.

Nel territorio in esame sono state individuate tre classi fondamentali di fattibilità geologica

CLASSE II - FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI (COLORE GIALLO)

Classe che comprende aree con condizioni limitative dovute alla presenza di terreni sabbiosi e sabbioso-limosi della falda acquifera (sospesa) e terreni sabbioso-ghiaiosi ad elevata permeabilità (vulnerabilità medio-alta).

Si richiedono approfondimenti di carattere geotecnico ed idrogeologico, al fine di verificare eventuali disomogeneità areali dei terreni di fondazione e di identificare le corrette tipologie fondazionali adottabili in relazione all'entità dell'intervento; va inoltre verificata puntualmente la soggiacenza della falda (per possibile presenza di falde "sospese" – temporanee) per la realizzazione di locali seminterrati e/o in sotterraneo (Box, cantine).

Sono richieste indagini dettagliate (studio geologico – geotecnico) in ottemperanza al D.M. 14/01/2008 .

CLASSE III - FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI (COLORE ARANCIO)

Aree per le quali sono state riconosciute consistenti limitazioni rferibili a scadenti caratteristiche geotecniche o per la loro vulnerabilità dal punto di vista idrogeologico.

In questa classe rientrano:

Nuovi insediamenti abitativi e produttivi saranno subordinati all'acquisizione di dati geologico-tecnici di dettaglio (studio geologico-geotecnico in ottemperanza al D.M. 11/03/88 e indagini come indicato in relazione)

- Grado di protezione della falda medio-bassa (Vulnerabilità media-alta)

CLASSE IV - FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI (COLORE ROSSO)

Le seguenti aree ad elevato rischio idrogeologico nelle quali è escluso l'uso a fini edificativi, se non opere tese a consolidamento, migliorie dell'assetto idrogeologico e/o rinaturalizzazione, ed esistono gravi limitazioni alla modifica di destinazione d'uso.

- **FASCIA DI PROTEZIONE ASSOLUTA PUNTI CAPTAZIONE ACQUE AD USO IDROPOTABILE** (10 metri / D. Lgs. 258/00 art. 5- comma 4)

- **FASCE DI RISPETTO (10 METRI) DAL CIGLIO DEI CORSI D'ACQUA MINORI** (rogge, canali irrigui e colatori principali indicati in cartografia) che transitano sul territorio comunale come da Disposizioni di cui al R.D. 523/1904 sulle acque pubbliche.
L'ampiezza di tale fascia potrà essere ridotta a seguito di assunzione da parte dei Comuni del provvedimento di cui alla D.G.R. 7/7868 del 25/01/02, punti 3 e 5.1 (Definizione del reticolo idrico minore).

Il tracciamento delle fasce fluviali alla scala di PGT ha portato all'individuazione nel territorio comunale delle seguenti **aree a rischio idraulico per esondazione dei corsi d'acqua superficiali**:

- aree in "fascia A" di PAI;
- aree in "fascia B" di PAI;

In conformità con la vincolistica PAI vigente, ai territori in "fascia A" è stata attribuita la classe di fattibilità IV, mentre alle rimanenti fasce è stata assegnata la classe di fattibilità III.

14 BIBLIOGRAFIA

CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, scala 1 : 100.000 - Fg. 58 Mortara -

Serv. Geol. Italiano, ROMA (1965)

Ing. L. CATI - Idrografia e Idrologia del PO - Ministero dei Lavori Pubblici -

Servizio Idrografico ; Istituto poligrafico e Zecca dello Stato - 1981

CELICO P. - Prospezioni Idrogeologiche / Liguori Ed.- Napoli.

CASATI P. - Acque sotterranee di Lombardia - Dip. Sc. della Terra
Università degli Studi di Milano.

P. COLOMBO, F. COLESELLI - Elementi di geotecnica - / Zanichelli, 1996

De WRACHIEN D., PREVITALI F. - Lineamenti geologico-agrari della media e bassa Lombardia - (GEOL. Tecnica, n. 2/1976).

ERSAL Progetto "CARTA PEDOLOGICA" / I suoli del Parco Ticino settore meridionale
-Regione Lombardia (1996)

FRANCANI V. (et alii)- Proposta di normativa per l'istituzione per le fasce di rispetto delle opere di captazione di acque sotterranee - GEO-GRAPH,Milano 1988.

LANCELLOTTA R. - Geotecnica - Zanichelli Bologna (1987)

MARCHETTI G. - Piano Prov. Cave - Note Illustrative - Pavia, 1990

OTTONE C., ROSSETTI R. - Condizioni termopluviometriche della Lombardia - Atti Ist. Geol. Università di Pavia, n 29 (1980)

G.PILLA, R.SAVARINO - Le risorse idriche nel sottosuolo della Città di Pavia
Atti Ticinensi di Scienza della Terra, Universita di Pavia-1998

PREVITALI F. - Introduzione allo studio dei suoli. Clesav, Milano (1984)

QUADERNI IRSA -Indagine preliminare sulle falde acquifere profonde, provincia di Pavia.

TARAMELLI - Descrizione geologica della Provincia di Pavia Istituto Geografico De Agostini di Novara-1916