

STUDIO GEOLOGICO
Dott. Geol. DANIELE CALVI

Indagini geognostiche geofisiche e geotecniche - Studi geologici territoriali

VIA ANTONIO GRAMSCI, 22 - 27049 STRADELLA (PV) _ tel.+fax 0385-49034
geocalvi@gmail.com

UNIONE DEI COMUNI LOMBARDA DELL'OLTREPO' CENTRALE

Corvino San Quirico - Mornico Losana - Oliva Gessi - Torricella Verzate

Provincia di Pavia

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

**COMPONENTE GEOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA**

L.R. 11 marzo 2005 n°12 - art. 57, lettera a), comma 1; D.G.R. 28 maggio 2008 n°8/7374



RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Comune di Corvino San Quirico
Sindaco: Prof. GIANCARLO GORRINI

Comune di Mornico Losana
Sindaco: Sig. PIER LUIGI FERRARI

Comune di Oliva Gessi
Sindaco: dott. GIUSEPPE ASCAGNI

Comune di Torricella Verzate
Sindaco: Sig. GIAN CARLO VERSIGLIA

Presidente dell'Unione
Prof. GIANCARLO GORRINI

Segretario dell'Unione
Avv. GIUSEPPE DE LUCA

**Responsabile del Servizio
Territorio e Ambiente**
Arch. MATTEO ARPESELLA

Il Professionista incaricato
Dott. Geol. DANIELE CALVI

maggio 2010

INDICE

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | INTRODUZIONE | 1 |
| 1.1 | OGGETTO DELLO STUDIO | 1 |
| 1.2 | DOCUMENTAZIONE REALIZZATA | 2 |
| 1.3 | DOCUMENTAZIONE UTILIZZATA | 3 |
| 1.4 | ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO | 5 |
| 2. | INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E CLIMATICO | 8 |
| 2.1 | CARATTERIZZAZIONE FISIOGRAFICA | 8 |
| 2.2 | UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE AFFIORANTI | 9 |
| | 2.2.1 Coperture quaternarie di natura alluvionale | 10 |
| | 2.2.2 Formazioni marine (bed-rock) | 10 |
| 2.3 | ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE | 12 |
| 2.4 | GEOMORFOLOGIA | 15 |
| | 2.4.1 Versanti collinari | 15 |
| | 2.4.2 Settore pianeggiante | 17 |
| 2.5 | CARATTERIZZAZIONE DEI DISSESTI FRANOSI – QUADRO DEL DISSESTO | 17 |
| | 2.5.1 Tipologia | 19 |
| | 2.5.2 Cause indotte | 19 |
| 2.6 | ASPETTI PEDOLOGICI E DI USO DEL SUOLO | 20 |
| 2.7 | INQUADRAMENTO CLIMATICO | 25 |
| 3. | INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO | 27 |
| 3.1 | IDROGRAFIA SUPERFICIALE | 27 |
| 3.2 | DETERMINAZIONE DEL RETICOLO IDRICO PRINCIPALE E MINORE | 27 |
| 3.3 | STRUTTURA IDROGEOLOGICA DI DETTAGLIO DELL'AREA STUDIATA | 29 |
| | 3.3.1 Ambito di pianura | 29 |
| | 3.3.2 Ambito collinare | 30 |
| 3.4 | CLASSI DI PERMEABILITÀ | 30 |
| 3.5 | EMERGENZE SORGENTIZIE | 31 |
| 3.6 | GEOSITI | 33 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 4. | ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO FINALIZZATE ALLA DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE SISMICA NEI PIANI DI GOVERNO DEL TERRITORIO | 35 |
| 4.1 | PREMESSA | 35 |
| 4.1.1 | Pericolosità, vulnerabilità e rischio | 37 |
| 4.2 | INFORMAZIONI RELATIVE ALLA SISMICITÀ DEI TERRITORI COMUNALI DI CORVINO SAN QUIRICO, MORNICO LOSANA, OLIVA GESSI E TORRICELLA VERZATE (PV) | 42 |
| 4.2.1 | Dati storici | 42 |
| 4.2.2 | Database Macrosismico Italiano 2004 (DBMI04) – Estrazione dei dati | 44 |
| 4.3 | QUADRO NORMATIVO NAZIONALE E REGIONALE | 48 |
| 4.3.1 | Azione sismica – Categorie di sottosuolo | 51 |
| 4.3.2 | Azione sismica – Zone sismiche | 52 |
| 4.4 | METODOLOGIA UTILIZZATA PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI SISMICI DI SITO | 54 |
| 4.5 | VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE DEL TERRITORIO DEI COMUNI DI CORVINO SAN QUIRICO, MORNICO LOSANA, OLIVA GESSI E TORRICELLA VERZATE SECONDO LE INDICAZIONE DELLE D.G.R. 22 DICEMBRE 2005, N°8/1566 | 57 |
| 5. | CARATTERISTICHE GEOLOGICO – APPLICATIVE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO | 61 |
| 5.1 | INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE | 61 |
| 5.2 | GRADO DI PROTEZIONE DELL'ACQUIFERO SFRUTTATO AD USO IDROPOTABILE (SETTORE PIANEGGIANTE) E DI QUELLO SUPERFICIALE (SETTORE COLLINARE) | 64 |
| 6. | ZONAZIONE DEL TERRITORIO – METODOLOGIA UTILIZZATA | 66 |
| 6.1 | CARATTERISTICHE DI VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI | 66 |
| 6.2 | INDIVIDUAZIONE DELLE AREE OMOGENEE DAL PUNTO DI VISTA DELLA PERICOLOSITÀ / VULNERABILITÀ RIFERITA ALLO SPECIFICO FENOMENO CHE LE GENERA | 68 |
| 6.3 | ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI DI INGRESSO | 69 |

FIGURE IN TESTO

| | | |
|---------|---|----|
| Fig. 1 | <i>Inquadramento dell'area nel sistema cartografico regionale</i> | 8 |
| Fig. 2 | <i>Schema strutturale dell'Appennino pavese-piacentino</i> | 9 |
| Fig. 3 | <i>Sezione geologica illustrante le strutture sepolte presso Casteggio (Pieri & Groppi, 1982)</i> | 14 |
| Fig. 4 | <i>Carta dei movimenti verticali del suolo (Arca & Beretta, 1985)</i> | 14 |
| Fig. 5 | <i>Scartamento medio annuo di pioggia caduta rispetto al valore medio di 706 mm calcolato per il periodo che va dal 1951 al 2000</i> | 26 |
| Fig. 6 | <i>Schema presunto di circolazione profonde delle acque che alimentano la Fontana Camarà</i> | 32 |
| Fig. 7 | <i>Tabella comparativa Grado Richter – Grado M.C.S.</i> | 36 |
| Fig. 8 | <i>Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV, aprile 2004)</i> | 38 |
| Fig. 9 | <i>Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale. - Dettaglio per la Regione Lombardia (INGV, aprile 2004)</i> | 39 |
| Fig. 10 | <i>Massime intensità Macrosismiche osservate in Italia (Fonte I.N.G.V.)</i> | 43 |
| Fig. 11 | <i>Massime intensità macrosismiche registrate in Lombardia (fonte INGV)</i> | 44 |
| Fig. 12 | <i>Elenco dei terremoti in cui risulta citata la località di Casteggio (PV)</i> | 45 |
| Fig. 13 | <i>Diagramma della storia sismica delle località di Casteggio limitatamente ai terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5</i> | 45 |
| Fig. 14 | <i>Zonazione sismogenetica ZS9 (da Rapporto conclusivo del Gruppo di lavoro per la redazione della Mappa di pericolosità sismica – INGV, aprile 2004)</i> | 47 |

TABELLE IN TESTO

| | | |
|---------|---|----|
| TAB.1/A | <i>Sistema, sottosistemi e unità di paesaggio dei rilievi montuosi dell'Appennino pavese (P)</i> | 22 |
| TAB.1/B | <i>Sistema, sottosistemi e unità di paesaggio dei terrazzi rilevati sull'attuale pianura (R)</i> | 23 |
| TAB.1/C | <i>Sistema, sottosistemi e unità di paesaggio delle valli alluvionali di pianura (V)</i> | 24 |
| TAB.2 | <i>Osservazioni sismiche a Pavia</i> | 46 |
| TAB.3 | <i>Classificazione del territorio regionale a seguito dell'entrata in vigore dell'O.P.C.M. 3274/03</i> | 49 |
| TAB.4A | <i>Provincia di Pavia - Raffronto tra il precedente quadro normativo e l'attuale</i> | 50 |
| TAB.4B | <i>Comuni della Provincia di Pavia ricadenti in zona 2 e zona 3 a seguito dell'entrata in vigore dell'O.P.C.M. 3274/03</i> | 50 |
| TAB.5 | <i>Livello di approfondimento dello studio in relazione alla zona sismica di appartenenza</i> | 56 |
| TAB.6 | <i>Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale - Scenari di pericolosità sismica locale ed effetti sismici locali attesi</i> | 58 |
| TAB.7 | <i>Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale- Classi di pericolosità sismica per ogni scenario di pericolosità sismica locale</i> | 59 |
| TAB.8 | <i>Caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione in relazione ai valori di R_p misurati desunti dalla rielaborazione delle prove penetrometriche statiche CPT eseguite a supporto degli interventi edilizi realizzati od in itinere in territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale</i> | 63 |
| TAB.9 | <i>Classi di ingresso dei poligoni individuati nella carta di sintesi</i> | 70 |

ALLEGATI

BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

1. INTRODUZIONE

1.1 OGGETTO DELLO STUDIO

Lo studio in oggetto si propone di fornire All'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale (costituta dai comuni di Corvino San Quirico, Mornico Losana, Oliva Gessi e Torricella Verzate), una conoscenza aggiornata e completa del proprio territorio dal punto di vista geologico - geotecnico e della vocazione d'uso, basata sull'analisi dettagliata e sulla valutazione incrociata dei fattori ambientali, territoriali ed antropici che lo contraddistinguono, al fine di una tutela ambientale preventiva nei riguardi dei fenomeni di dissesto idrogeologico.

Il presente lavoro, redatto congiuntamente al Piano di governo del Territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale, è stato predisposto secondo due livelli conoscitivi e diagnostici: uno generale di inquadramento, riguardante l'intera superficie territoriale dell'Unione (20,05 Km²) ed un suo significativo intorno (Tavole 1-2-3 - scala 1:10.000), ed uno di dettaglio, limitatamente al territorio dell'Unione interessato in tutta la sua estensione dalla copertura aerofotogrammetrica (riferimento Tavole 4-5-7-8-9 - scala 1:5.000; Tavola 6 - scala 1:10.000).

In particolare, lo studio di dettaglio ha interessato le seguenti località:

- Corvino San Quirico (capoluogo comunale)
- Mornico Losana (capoluogo comunale)
- Oliva Gessi (capoluogo comunale)
- Torricella Verzate (capoluogo comunale)
- Fumo
- Castelletto
- Mazzolino
- Novellina
- Romera
- Verzate
- Valle
- Piano
- Montepezzuto
- Losana
- Rosso

oltre che numerosi cascinali uniformemente distribuiti su tutto il territorio collinare e pedecollinare, a testimonianza della spiccata vocazione agricola di questi luoghi.

1.2 DOCUMENTAZIONE REALIZZATA

La valutazione delle componenti fisiche che hanno interagito o interagiscono con il territorio e che lo caratterizzano (elementi geologici, geomorfologici, idrogeologici e geotecnici), ha permesso di giungere alla stesura di 8 elaborati cartografici di riferimento, concepiti per essere letti in funzione della pianificazione urbanistica e dell'edificabilità del territorio, allestiti sia alla scala 1:10.000 (Tavole n°1-2-3-6), che alla scala 1:5.000 (Tavole n°4-5-7-8-9).

Tutti gli elaborati grafici vengono realizzati su supporto informatico. In particolare, tutte le tavole vengono realizzate in formato numerico File *AutoCAD drawing* (.dwg); inoltre la Tavola n°4 "CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) CON UBICAZIONE DEI DATI LITOSTRATIGRAFICI, GEOGNOSTICI E GEOTECNICI", la Tavola n°6 "CARTA DEL DISSESTO UNIFICATO ALLA LEGENDA DEL P.A.I." e la Tavola n°9 "CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ESTESA ALL'INTERO TERRITORIO DELL'UNIONE", vengono fornite su supporto informatico in formato shapefile ArcView (.shp), per l'aggiornamento del Sistema Informativo Territoriale, ai sensi dell'art. 3 della L.R. 12/05.

Documentazione di analisi – carte di inquadramento generale

| | SCALA |
|---|----------|
| 1. CARTA DI INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO E STRUTTURALE | 1:10.000 |
| 2. CARTA GEOMORFOLOGICA | 1:10.000 |
| 3. CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO | 1:10.000 |

Documentazione di analisi – carta di inquadramento di dettaglio

| | |
|--|---------|
| 4. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) CON UBICAZIONE DEI DATI LITOSTRATIGRAFICI, GEOGNOSTICI E GEOTECNICI | 1:5.000 |
| 5. CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO | 1:5.000 |

Documentazione di sintesi

| | |
|---|----------|
| 6. CARTA DEL DISSESTO UNIFICATO ALLA LEGENDA DEL P.A.I. | 1:10.000 |
| 7. CARTA DEI VINCOLI ESISTENTI | 1:5.000 |
| 8. CARTA DI SINTESI | 1:5.000 |
| 9. CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ESTESA ALL'INTERO TERRITORIO DELL'UNIONE | 1:5.000 |

La tavola n°9, in particolare, riporta la zonazione del territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale in classi e sottoclassi di fattibilità geologica a diversa limitazione (numerate da 2A a 4D in ordine crescente di limitazioni e condizionamenti, secondo quanto stabilito dalla D.G.R. 22 dicembre 2005, n°8/1566 e suo aggiornamento - D.G.R. 28 maggio 2008, n°8/7374 -, con riferimento alla *Norme geologiche di Piano*) consentendo, in ultima analisi, di trarre delle indicazioni generali relativamente alle cautele da adottare per gli interventi di Piano e alla tipologia degli studi

geologici e delle indagini da effettuare per gli approfondimenti del caso, finalizzati alla riduzione del rischio idrogeologico e idraulico.

Fanno infine parte integrante del presente lavoro le seguenti relazioni:

Relazioni tecniche

- a) RELAZIONE ILLUSTRATIVA
- b) NORME GEOLOGICHE DI PIANO
- c) RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DEL TERRITORIO DELL'UNIONE – STRATIGRAFIE POZZI PER ACQUA

In particolare, la "RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DEL TERRITORIO DELL'UNIONE" contiene la documentazione recuperata presso l'Ufficio Tecnico dei comuni di Corvino San Quirico, Mornico Losana, Oliva Gessi e Torricella Verzate, presso Enti Pubblici e studi professionali privati relativa ad indagini a diverse finalità (studi geologico - tecnici e idrogeologici) condotte nell'ambito del territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale, utili alla caratterizzazione dell'area di studio.

I dati relativi alle opere di captazione ad uso pubblico o privato censite nel corso del presente studio e di cui sia nota la stratigrafia, vengono allegate alla relazione medesima e trasmesse su supporto informatico in formato .pdf.

1.3 DOCUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per lo studio fotogeologico, i rilievi diretti condotti in sito e la stesura degli elaborati scritto - grafici ci si è avvalsi della seguente documentazione di base:

— C.T.R. Regione Lombardia 1994 scala 1:10.000:

Sezioni

- B8b2 "Santa Giuletta"
- B8b3 "Casteggio"
- B8c2 "Broni"
- B8c3 "Santa Maria della Versa"

— Cartografia I.G.M. scala 1:25.000

Sezioni

- | | | | |
|-------------|---------------|-----------|-------------------|
| — Foglio 59 | quadrante III | Tavola SE | "Casteggio" |
| — Foglio 59 | quadrante II | Tavola SO | "Stradella" |
| — Foglio 71 | quadrante IV | Tavola NE | "Torrazza Coste" |
| — Foglio 71 | quadrante I | Tavola NO | "Montalto Pavese" |

- Cartografia scala 1:5.000 e 1:2.000 del territorio dei comuni di Corvino San Quirico, Mornico Losana, Oliva Gessi e Torricella Verzate da fotorestituzione
- fotografie aeree a colori alla scala 1:20.000 - volo del 28-06-1980
- fotografie aeree B/N alla scala 1:33.000 - volo 1991 I.G.M.
- fotografie aeree in B/N alla scala \cong 1:25.000 relative al volo del 1994

Nella fase di analisi si è inoltre utilizzata la seguente documentazione (con riferimento ai disposti di cui all'Allegato 1 della D.G.R. 22 dicembre 2005, n°8/1566 e suo aggiornamento - D.G.R. 28 maggio 2008, n°8/7374 -):

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO

- *"PROGETTO DI PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)"* 2. Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - Delimitazione delle aree di dissesto
Foglio 178 SEZ. IV "Voghera" - SCALA 1:25.000
- *"MODIFICHE E INTEGRAZIONI AL PROGETTO DI PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)"* 2. Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - Delimitazione delle aree di dissesto
FOGLIO 160 SEZ. II "STRADELLA" - SCALA 1:25.000
FOGLIO 160 SEZ. III "CASTEGGIO" - SCALA 1:25.000
- *"MODIFICHE E INTEGRAZIONI AL PROGETTO DI PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)"* 2. Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - Delimitazione delle aree di dissesto
Aggiornata con le ulteriori integrazioni ai sensi art. 5 deliberazione Comitato Istituzionale n.18/2001
Foglio 178 SEZ. I "Montalto Pavese" - SCALA 1:25.000

REGIONE LOMBARDIA

- GeoPortale
<http://www.cartografia.regione.lombardia.it/geoportale>
⇒ Basi tematiche ⇒ Geologia e difesa del suolo
Studi Geologici - Servizio di Mappa (ArcIMS) - PAI Dissesti
Studi Geologici - Servizio di Mappa (ArcIMS) - PAI Fasce Fluviali
Applicativo Studi Geologici Comunali
- Base dati geografica: GEOIFFI
PROGETTO IFFI - Inventario dei Fenomeni Franosi in Lombardia
Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia
<http://www.cartografia.regione.lombardia.it/GeoIFFI>

PROVINCIA DI PAVIA

- Carta Inventario del Dissesto - scala 1:10.000 (*Cartografia tratta dal Programma Provinciale di Previsione e Prevenzione*)
 - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale - Provincia di Pavia - (P.T.C.P., Approvato con deliberazione di Consiglio Provinciale n°53/33382 del 7 novembre 2003).
Tavola 3.2b / 3.2c *Previsioni di tutela e valorizzazione delle risorse paesistiche e ambientali*
Tavola 3.3b / 3.3c *Quadro sinottico delle Invarianti*
 - Piano Cave della Provincia di Pavia approvato dal Consiglio Regionale – Regione Lombardia - in data 20/02/2007 con D.C.R. n°VIII/344.
 - Provincia di Pavia - Settore Cave – Individuazione di possibili geositi nel territorio della Provincia di Pavia (2003)
 - Provincia di Pavia - Settore Cave - "I Geositi della Provincia di Pavia" - L. Pellegrini - P.L. Vercesi, dicembre 2005
- Carta dei centri abitati instabili (*Centri abitati instabili della Provincia di Pavia. Vol.1 - Centri interessati da provvedimento di risanamento, consolidamento o trasferimento*. Pubblicazione CNR-GNDICI n°1780);
- Progetto Speciale Oltrepò Proposta di Piano di riassetto globale del territorio, ai sensi dell'art.2 della L.R. n°59/78. AQUATER 1986.

1.4 ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO

Lo studio geologico - tecnico territoriale si è articolata nelle seguenti fasi:

- raccolta e interpretazione dei dati e dei documenti disponibili in letteratura nonché reperiti presso enti pubblici e studi professionali privati, relativi a studi precedenti a diverse finalità (studi geologici, geotecnici e idrogeologici) condotti nell'ambito del territorio dei comuni di Corvino San Quirico, Mornico Losana, Oliva Gessi e Torricella Verzate ed utili alla caratterizzazione dell'area di studio.

La ricerca ha coinvolto, in diversa misura, i seguenti Enti:

- Ufficio Tecnico Comunale di Corvino San Quirico, Mornico Losana, Oliva Gessi e Torricella Verzate
- Regione Lombardia – Struttura Territoriale Regionale (STER) di Pavia
- Amministrazione Provinciale di Pavia Assessorato al Territorio - Servizio Geologico e Settore Tutela e Valorizzazione Ambientale – Settore acqua
- Università degli Studi di Pavia - Dipartimento di Scienze della Terra
- A.C.A.O.P. S.p.A.

- analisi fotointerpretativa
- analisi areale di tutto il territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale e di un suo significativo intorno che ha previsto, accanto ai rilievi geologici di tipo tradizionale, una preliminare caratterizzazione geotecnica dei terreni di copertura, sia attraverso la raccolta e la successiva elaborazione dei dati esistenti, sia attraverso l'esame di alcune scarpate naturali e artificiali (scassi stradali, sbancamenti). Per quanto il lavoro di rilevamento in ambito collinare sia stato condizionato dalla scarsità degli affioramenti, i rilievi hanno comunque consentito anche in questi areali l'individuazione degli elementi che possono influire sull'idoneità delle aree stesse in funzione urbanistica
- analisi idrogeologica, eseguita sia attraverso il censimento dei pozzi per acqua (rifer. Tavola 3 "CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO" e Tavola 5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO"), sia attraverso la rielaborazione dei dati idrogeologici relativi ai pozzi a stratigrafia nota presenti all'interno del territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale, con definizione delle modalità di circolazione delle acque nel primo sottosuolo e individuazione delle aree di potenziale vulnerabilità idrogeologica
- elaborazione dei dati climatici (piovosità, temperatura)
- mappatura del reticolo idrografico principale e minore (rifer. Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO").
- valutazione delle problematiche inerenti la sismicità del territorio dell'Unione, finalizzate alla predisposizione della Tavola n°4 "CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) CON UBICAZIONE DEI DATI LITOSTRATIGRAFICI, GEOGNOSTICI E GEOTECNICI"

Le informazioni inerenti alla caratterizzazione stratigrafico - geotecnica e idrogeologica del territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale, desunte dalle stratigrafie delle indagini geognostiche eseguite, sono state rielaborate al fine di renderle uniformi e quindi facilmente confrontabili.

Esse costituiscono parte integrante della "RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DEL TERRITORIO DELL'UNIONE – STRATIGRAFIE POZZI PER ACQUA", allegata al presente lavoro.

I dati raccolti, successivamente rielaborati al fine di renderli omogenei e confrontabili tra loro, sono costituiti da (rifer. Tavola n°4 "CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) CON UBICAZIONE DEI DATI LITOSTRATIGRAFICI, GEOGNOSTICI E GEOTECNICI"):

- n°31 diagrafie relative a prove penetrometriche statiche "*cone penetration test*" (C.P.T. 01_31)
- n°1 diagrafia relativa a prove penetrometriche dinamiche "*Dynamic Continuous Penetration Test*" con avanzamento di 10 centimetri (D.C.P.T.₁₀ 01)
- n°4 diagrafie relative a prove penetrometriche dinamiche "*Dynamic Continuous Penetration Test*" con avanzamento di 20 centimetri (D.C.P.T.₂₀ 01_04)

- n°15 diagrafie relative a prove penetrometriche dinamiche "*Dynamic Continuous Penetration Test*" con avanzamento di 30 centimetri (*D.C.P.T.30* 01_15)
- n°5 stratigrafie relative a trincee geognostiche esplorative (T 01_05)

Viene inoltre fornita la stratigrafia dell'unico pozzo per acqua ad uso idropotabile attualmente in uso presente all'interno dell'areale studiato: pozzo "CENTRALE", in Comune di Corvino San Quirico (rifer. Tavola 3 "CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO"). Per quanto riguarda gli altri pozzi ad uso idropotabile presenti (FALEGGNAME; SCUOLE FUMO; LANATI; MONTEMARTINI; CALANDRA), attualmente dismessi, non risulta nota la stratigrafia.

Per quanto riguarda infine l'ubicazione dei pozzi per acqua a diverso uso ricadenti nell'ambito del territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale, oltre alla Tavola 3 "CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO", si faccia riferimento alla Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO".

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E CLIMATICO

2.1 CARATTERIZZAZIONE FISOGRAFICA

Il territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale (PV) si sviluppa su di una superficie complessiva di 20,05 Km² (pari a 2005 ettari), compreso dal punto di vista amministrativo tra i comuni di Casatisma, Robecco Pavese e Santa Giuletta a Nord, Casteggio ad Ovest, Pietra de Giorgi ad Est, Calvignano e Montalto Pavese a Sud.

Dal punto di vista fisiografico, il territorio studiato si trova ubicato in destra idrografica del Fiume Po, lungo la propaggine settentrionale dell'Appennino pavese-piacentino, interessando una fascia collinare dell'Oltrepò Pavese compresa tra il fosso Nuovo Riale San Zeno, ad Ovest, e la linea di crinale che separa il bacino del rile Verzate da quello del torrente Scuropasso, ad Est.

Dal punto di vista altimetrico la zona può essere considerata di bassa collina / pianura, essendo contenuta tra le quote di 77 metri circa s.l.m. (fondovalle del rile Verzate nei pressi di Cascina Raine e 405 metri circa s.l.m. (promontorio tra Cascina Bignolino e Costaiola, in Comune di Montalto Pavese).

Nella figura sottostante è rappresentata la collocazione dell'area studiata rispetto al sistema cartografico regionale (C.T.R. Regione Lombardia).

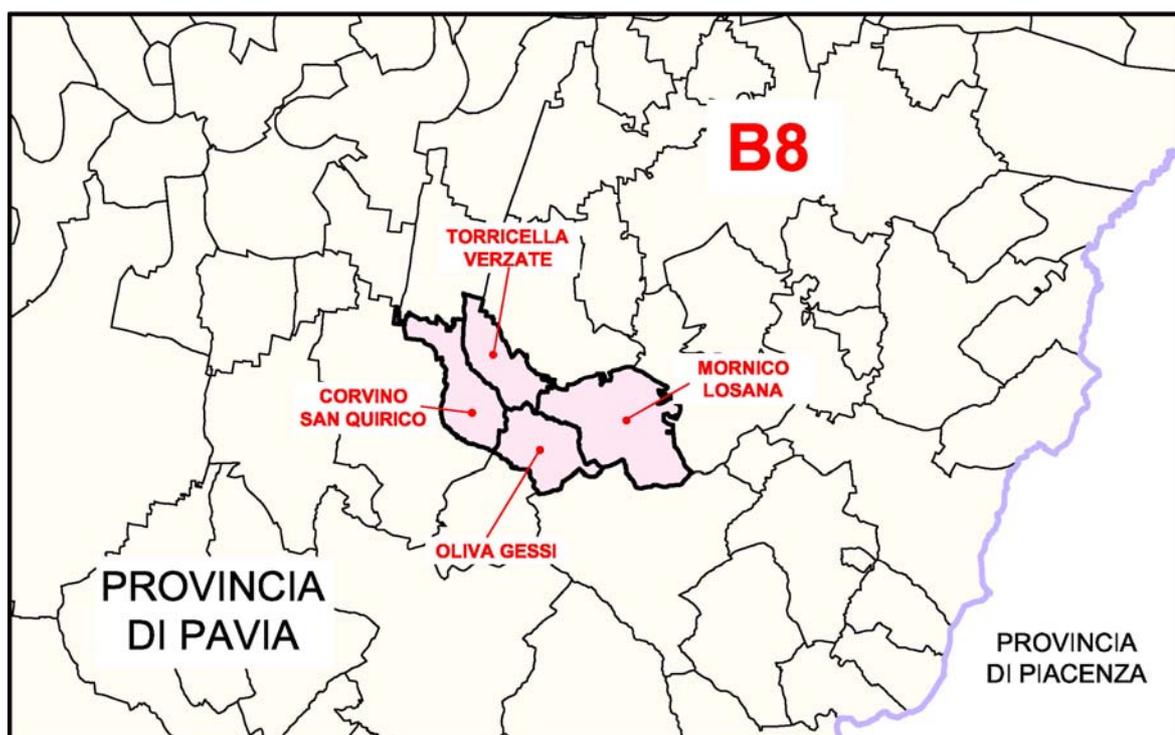


Fig. 1 Inquadramento dell'area nel sistema cartografico regionale

2.2 UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE AFFIORANTI

Le unità rocciose affioranti nel territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale, conformemente a quanto accettato nell'ambito della letteratura geologica attuale (CNR - Carta Strutturale dell'Appennino Settentrionale, 1982 e relative Note Illustrative, 1987), vengono raggruppate, nel quadro paleogeografico - strutturale regionale, secondo il seguente schema (rifer. Fig. 2):

- COPERTURE QUATERNARIE DI NATURA ALLUVIONALE
- UNITÀ EPILIGURI
- UNITÀ LIGURI

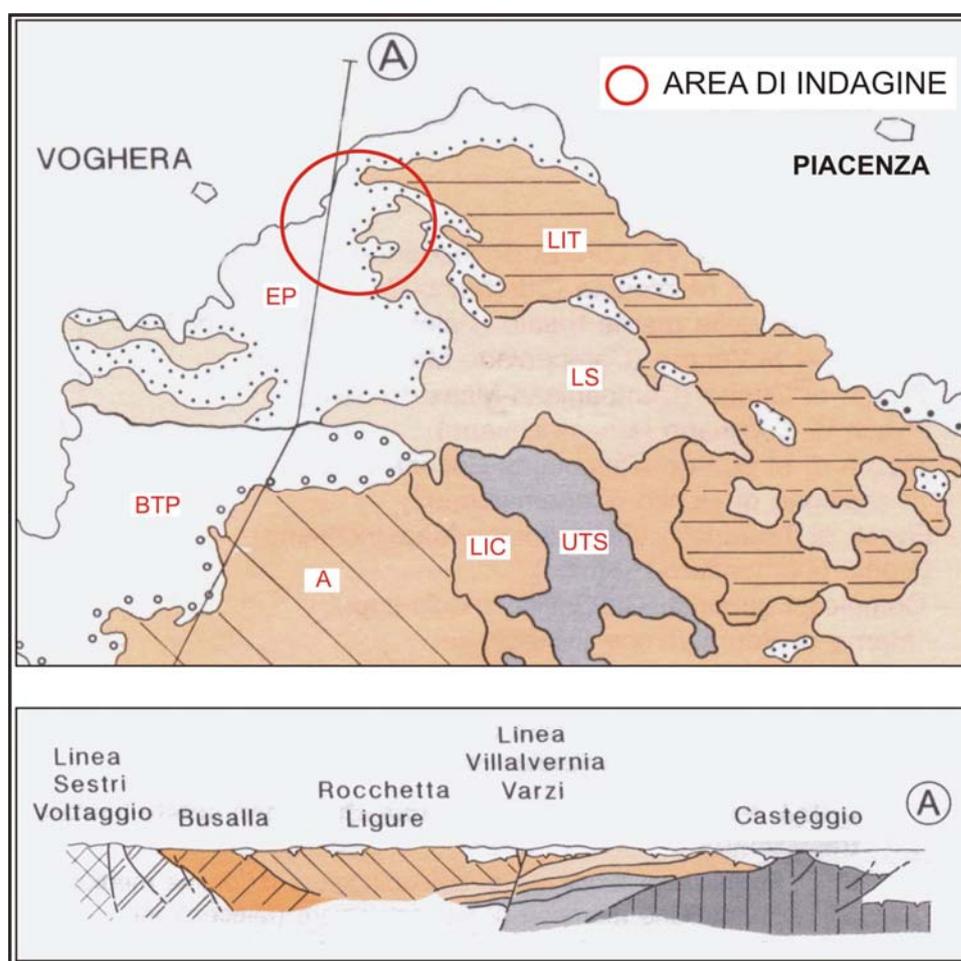


Fig. 2 Schema strutturale dell'Appennino pavese-piacentino

EP = EPILIGURI (ricoprono in discordanza stratigrafica le liguridi esterne)

BTP = Bacino Terziario Piemontese (Sigilla in discordanza stratigrafica la giustapposizione delle Alpi Marittime all'Appennino Settentrionale)

UNITÀ LIGURI: Unità superiore dei Flysch ad Elmintoidi (A = Unità Antola; LS = liguri esterne superiori); Unità inferiore dei Flysch ad Elmintoidi (LIC = liguri esterne inferiori cretatiche; LIT = liguridi esterne inferiori terziarie)

UTS = Unità tosco-umbre e subliguridi (Successione carbonatica; torbiditi di avanfossa dell'ossatura appenninica; unità subliguridi).

Di seguito vengono descritte, in ordine cronologico a partire dalle più recenti, le formazioni geologiche affioranti all'interno dell'area studiata (rifer. Tavola n°1 "CARTA DI INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO E STRUTTURALE"), indicando per ciascuna di esse i principali caratteri litologici e, quando caratterizzabili, la morfologia degli affioramenti e le proprietà del suolo agrario.

In generale i litotipi argillosi, argilloso - marnosi e marnosi riferibili alle formazioni sotto elencate (bed-rock) non risultano affiorare, se non in corrispondenza di scassi o sbancamenti artificiali, in quanto ammantati da una copertura limoso - argillosa pressoché continua di spessore variabile (generalmente metrico in corrispondenza dei crinali e plurimetrico lungo i versanti).

2.2.1 COPERTURE QUATERNARIE DI NATURA ALLUVIONALE

FLUVIALE RECENTE (*Pleistocene superiore - Wurm*)

Questi depositi costituiscono la "*superficie principale della pianura padana*" a Sud de Po, o Piano Generale Terrazzato (P.G.T.).

Risultano costituiti da depositi di età diversa, difficilmente separabili tra loro sia dal punto di vista morfologico che litologico. Sono dati da argille e limi prevalenti alla sommità della successione ("limi di stanca"), limi sabbiosi, sabbie poco alterate, localmente ghiaie e ciottoli con alterazione notevole.

FLUVIALE MEDIO (*Pleistocene medio - Riss*)

"*Piano di Stradella*" della C.G.I. foglio 59 Pavia

Alluvioni costituite da limi sabbiosi, sabbie grossolane poco alterate, localmente ghiaie e ciottoli con alterazione notevole, spesso laccati di incrostazioni di manganese, dalla caratteristica tinta bruno - nera. Esse risultano ricoperte da una coltre di copertura costituita da silt argilloso - sabbioso e argilla siltoso - sabbiosa, di colore grigio - bruno tendente al giallastro di prevalente origine eolica (loess) e/o colluviale, contenente concrezioni di natura calcarea e ferro - manganesifera.

FLUVIALE ANTICO (*Pleistocene inferiore - Mindel*)

"*Piano di Villa Bosco e Bosnasco*" della C.G.I. foglio 59 Pavia. Alluvioni costituite da sabbie o ghiaie fortemente alterate, generalmente con matrice limosa, talora abbondante, e ricoperte da coltri limose. Si tratta di depositi di età diversa, costituiti da più ordini di ripiani mal distinguibili su cui sorge l'abitato di Montebello della Battaglia e in parte l'abitato di Casteggio.

2.2.2. FORMAZIONI MARINE (BED-ROCK)

UNITÀ EPILOGURI

Post fase pliocenica inferiore

ARGILLE DI LUGAGNANO (*Pliocene*)

Argille marnose e siltoso - sabbiose grigio-azzurre, arenarie poco cementate con inclusioni pelitiche, conglomerati con frequenti superfici erosive passanti a strati arenacei con abbondante tritume conchigliare. Comprende la "*formazione di Corvino S. Quirico*" e la "*formazione di Sparano*" del foglio 59 "Pavia" della C.G.I.

CONGLOMERATI DI CASSANO SPINOLA (*Miocene superiore*)

Si tratta di depositi clastici conglomeratici e paraconglomeratici, eterometrici e poligenici, intercalati a lenti di arenarie in grosse bancate; verso l'alto sono prevalenti livelli sabbiosi di color grigio-giallastro con potenza che raggiunge anche il metro, alternati a strati pelitico-siltosi mal definiti e di potenza variabile. In generale gli affioramenti sono ricoperti da boschi e i suoli, a tessitura sabbiosa, non sono molto profondi (da 0,25 metri a circa 1,50 metri), anche perché tali litofacies costituiscono l'ossatura delle zone morfologicamente più rialzate. I Conglomerati di Cassano Spinola risultano stratigraficamente sovrapposti in debole discordanza angolare alla Formazione Gessoso - Solfifera.

Post fase burdigaliana**FORMAZIONE GESSOSO - SOLFIFERA (*Messiniano inferiore*)**

Litologicamente questa formazione è costituita da alternanze di marne grigio-azzurre, calcari cariati, calcareniti e argille alla base, mentre verso l'alto si nota la presenza di livelli arenacei (20-30 cm di spessore) a diverso grado di cementazione, localmente con intercalazioni lentiformi di gesso inglobati nelle marne. La facies evaporitica è la più tipica ed è costituita quasi sempre da lenti di gessi di potenza ed estensione areale variabile. Affioramenti della facies evaporitica si rinvengono a monte dell'abitato di Losana - dove è presente una sorgente solforosa -, a Case Ferrari ed alla base del versante destro del Rio Zuso alla frazione Ronchi.

MARNE DI SANT'AGATA FÒSSILI (*Tortoniano*)

Questa formazione risulta composta da marne e argille di colore grigio-azzurro o giallastro, leggermente sabbiose, con intercalazioni sabbiose e arenacee verso l'alto (detti livelli raggiungono una potenza di 10-20 cm), poco cementate. La stratificazione, non molto chiara nelle argille e nelle marne, diventa evidente quando sono presenti dette intercalazioni. I contatti tra la formazione delle "Marne di Sant'Agata Fòssili" e la "formazione Gessoso - solfifera" sono stratigrafici.

Post fase Aquitaniana**MARNE DI MONTE LUMELLO (*Langhiano - Miocene prelanghiano*)**

La formazione è costituita da marne calcaree grigio - biancastre con livelli cineritici o marnosi, talora impregnati di silice, ed alternanze di argille marnose di elevata consistenza, con livelli calcareo - marnosi di spessore maggiore. Localmente sono presenti marne sabbiose ed arenarie grigio-verdastre, con resti fossili.

Pre fase Rupeliana**ARENARIE DI RANZANO (*Priaboniano-Rupeliano inferiore*)**

Arenarie, sabbie debolmente cementate di colore grigio o grigio-giallastro, marne grigie o grigio-verdastre spesso sabbioso-argillose e con abbondanti frustoli vegetali, conglomerati talora

grossolani, associati secondo vari rapporti laterali e verticali. La facies più diffusa è costituita da sequenze ritmiche arenaceo-marnose da centimetriche a decimetriche.

I conglomerati, a clasti ben arrotondati (da 5 fino a 30-40 cm), sono costituiti prevalentemente di calcari, calcareniti e arenarie, subordinatamente di "pietre verdi" e rocce diasprigne in matrice sabbiosa grossolana, localmente argillosa.

MARNE DI MONTE PIANO (*Bartoniano - Priaboniano*)

L'unità è costituita prevalentemente da argille marnose - siltose nella parte inferiore, seguite verso l'alto da marne e marne argillose - siltose di colore grigio-verdastro, piuttosto omogenee e compatte, localmente in banchi ocracei spesso biancastri in superficie, senza evidente stratificazione e sfaldabili in schegge o forme pseudo-ovoidali.

Localmente, alla base della formazione si trovano delle "septarie", tipiche concrezioni globose di diametro superiore al decimetro. La marna che circonda le septarie assume una caratteristica colorazione rosso mattone.

MÉLANGE DI BAISO auct. Auct. "*Complesso indifferenziato*" (*Luteziano superiore*)

Complesso rappresentato da alternanze ritmiche di calcari, argille e arenarie, con abbondanza di intervalli argillosi grigio-scuri, con chiare caratteristiche di caoticità, entro il quale anche per le modalità di affioramento non è possibile riconoscere serie stratigrafiche definite.

Spiccano lembi rossastri attribuibili alle Argille Varicolori e lembi grigio-rosati di Marne di Monte Piano; nella massa pelitica di gran lunga prevalente si notano frammenti lapidei arenacei e subordinatamente calcarei.

UNITA' LIGURI

Unità inferiore dei Flysch ad Elmintoidi

FORMAZIONE DELLA VAL LURETTA (*Maastrichtiano superiore - Luteziano inferiore*)

Superiormente alternanze medio - sottili di arenarie, marne, calcari ed argille; più in basso alternanze analoghe con sviluppo di banchi calcarei grigio-chiaro talora calcarenitici nella loro porzione inferiore. Alla base prevalgono le alternanze medio - sottili di arenarie ed argille con associati frequenti banchi di marne rosate a base calcarenitica.

2.3 ASSETTO GEOLOGICO – STRUTTURALE

Il territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale è suddivisibile, dal punto di vista geologico, in due distinti ambiti:

- *il settore pianeggiante*, impostato nei depositi quaternari alluvionali che costituiscono il ripiano fondamentale della Pianura Padana a Sud del fiume Po e che si raccordano regolarmente con le alluvioni presenti nelle principali valli appenniniche presenti all'interno dell'areale studiato (fosso Nuovo riale San Zeno, riale Verzate e rio Zuso)

- *il settore collinare*, costituito in prevalenza da depositi marini rimaneggiati ed in minima parte da depositi quaternari pre-wurmiani di età diversa, disposti su più ordini di ripiani non sempre ben distinguibili.

L'insieme dei depositi quaternari alluvionali giace direttamente su terreni marini terziari, come testimoniato dalle stratigrafie dei pozzi profondi AGIP presenti nella zona.

Per quanto riguarda *l'assetto strutturale*, l'area d'indagine è interessata dalla presenza di strutture tettoniche collegate al margine appenninico.

In particolare, le caratteristiche generali riguardanti le strutture sepolte possono essere desunte oltre che dalla bibliografia geologica, dalle ricostruzioni strutturali effettuate dall'AGIP sulla base dei risultati delle prospezioni geofisiche e dalle numerose perforazioni eseguite nel territorio di Casteggio e Montebello della Battaglia per la ricerca di idrocarburi (Pieri & Groppi, 1982).

Dalle risultanze di detti studi si evince come la porzione pedecollinare dell'Oltrepò Pavese è caratterizzata da numerosi lineamenti tettonici di tipo compressivo, che suddividono l'area in comparti differenti, con zone a diverso comportamento e movimento. In particolare, l'area centrale (areale di Casteggio) è caratterizzata da innalzamenti più accentuati rispetto ai settori occidentali ed orientali. L'attività compressiva nel sottosuolo di Casteggio è documentata dalla presenza di un sistema di strutture anticlinali che hanno infatti portato, in relazione a detti movimenti compressivi, il substrato marino terziario in prossimità del piano campagna e – conseguentemente – un assottigliamento dei depositi alluvionali continentali quaternari (rifer. Fig. 3).

L'attività neotettonica indica infine un recente sollevamento della zona appenninica in cui è ubicata l'area in esame ed è sottolineata da una serie di evidenze morfologiche quali irregolarità piano-altimetriche delle linee di crinale, andamento di alcuni corsi d'acqua, allineamento di frane, rotture di pendenza che si riscontrano lungo i versanti.

Queste discontinuità tettoniche favoriscono la circolazione delle acque sotterranee con locale intensificazione dei processi di degradazione delle rocce.

Alla scala locale le numerose pieghe presenti nell'ammasso roccioso determinano frequenti variazioni di giacitura della stratificazione sui versanti e controllano di fatto sia le condizioni idrogeologiche che l'assetto geostatico.

Per quanto riguarda infine i movimenti verticali del suolo, da bibliografia risulta come la parte settentrionale del territorio più strettamente pianeggiante è attualmente stabile o in debole abbassamento, mentre la parte di raccordo con le prime colline e la parte collinare invece sono interessate - già a partire dal Pliocene -, da un generale sollevamento (Boni et al., 1981).

Analizzando gli spostamenti verticali dei capisaldi delle linee di livellazione di alta precisione rilevati dall'Istituto Geografico Militare (Arca & Beretta, 1985), omogeneizzati al periodo 1897-1957, si sono riscontrate sul margine appenninico della Pianura Padana aree in innalzamento superiori a 25 mm in corrispondenza della anticlinale di San Colombano e della faglia Vogherese (rifer. Fig. 4).

In particolare si nota una variazione della velocità di sollevamento dell'ordine di 0,5 mm/anno tra la bassa e la medio - alta pianura proprio nella zona studiata, caratterizzata dal progressivo sollevamento del substrato miocenico.

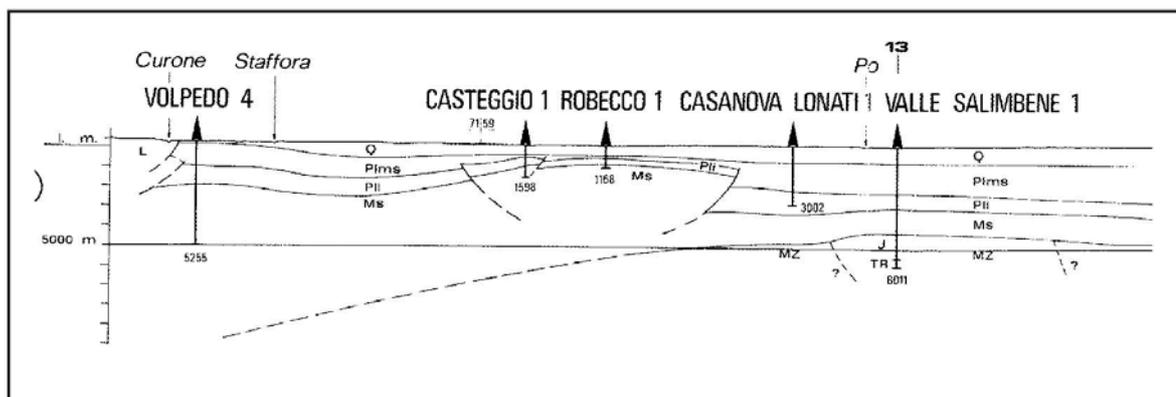


Fig. 3 Sezione geologica illustrante le strutture sepolte presso Casteggio (Pieri & Groppi, 1982)

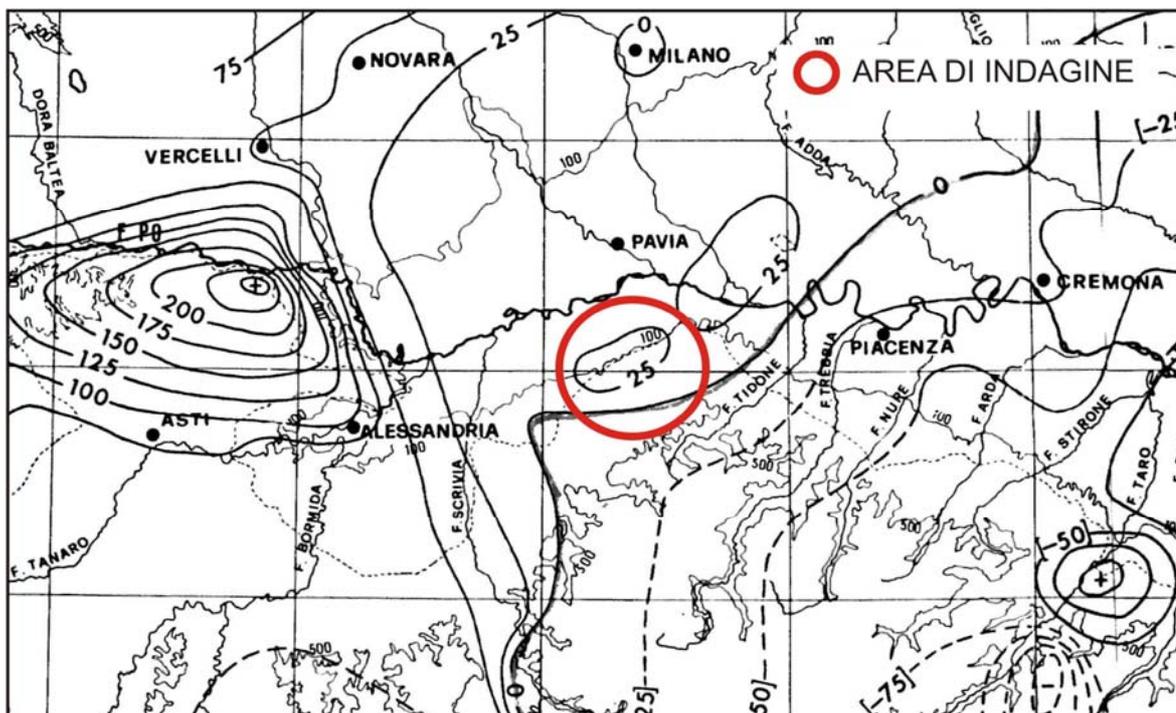


Fig. 4 Carta dei movimenti verticali del suolo (Arca & Beretta, 1985)

2.4 GEOMORFOLOGIA

Il territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale può essere suddiviso in due unità di paesaggio relativamente uniformi: *la collina*, presente nelle aree centrali e meridionali del territorio studiato e demarcata dalle aste vallive dei tre corsi d'acqua principali – il fosso Nuovo riale San Zeno, il riale Verzate e il rio Zuso - e *la pianura*, a Nord di Fumo e Verzate e della ex Strada Statale 10 Padana Inferiore (SS 10). Quest'ultima -in particolare- costituisce, nel tratto da Voghera a Stradella, la linea di demarcazione tra la pianura oltrepadana e le colline dell'Oltrepò Pavese.

Elementi significativi dal punto di vista geomorfologico sono le scarpate di terrazzo che segnalano il passaggio tra i depositi alluvionali di fondovalle del fluviale Recente e i ripiani terrazzati del fluviale Medio - su uno dei quali si colloca anche il centro storico di Casteggio, detto "Pistornile" -, ovvero tra i ripiani dello stesso fluviale Medio e quelli soprastanti del fluviale Antico.

2.4.1 VERSANTI COLLINARI

La morfologia del settore collinare del territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale, pur risultando complessivamente dolce, è nel dettaglio localmente contraddistinta da numerose irregolarità (scarpate, rotture di pendenza, avvallamenti, ecc...), la cui presenza è strettamente connessa sia ai processi di degradazione dei versanti (soliflusso -agevolato dalla presenza delle coltri agrarie- e movimenti franosi, costituiti prevalentemente da scivolamenti traslazionali e rotazionali), sia al quadro neotettonico quaternario, evidenziato dalla presenza di elementi morfotettonici, quali il rilievo morfoselettivo ove è stato eretto il Santuario della Passione di Torricella Verzate, costituito da uno sperone di "calcere cariato" ascrivibili alla Formazione Gessoso - solfifera; la presenza di selle e di allineamenti di vette, nonché l'evidente asimmetria dell'asta valliva del rio Zuso (rifer. Tavola n°2 "CARTA GEOMORFOLOGICA").

Ai piedi dei versanti appenninici si sviluppano inoltre, con una certa continuità, le scarpate di terrazzo di origine alluvionale che separano i depositi principali della pianura oltrepadana del fluviale Recente da quelli wurmiani (fluviale Medio) e rissiani (fluviale Antico), questi ultimi topograficamente sovrapposti ai precedenti.

La stessa scarpata principale di raccordo tra i depositi del fluviale Recente e del fluviale Medio, con altezze che in alcuni tratti raggiungono anche i 15 metri, risulta frequentemente interrotta da numerosi interventi di antropizzazione.

La combinazione di diversi caratteri litologici, e quindi la presenza sia di terreni caratterizzati da bassa erodibilità, sia di litologie facilmente erodibili, conferisce all'area collinare un assetto morfologico in cui si individuano sostanzialmente due tipologie di versante:

- pendii caratterizzati da una morfologia a tratti irregolare e dotati di pendenze modeste, generalmente non superiori ai 10÷15° (parte occidentale del territorio dell'Unione)
- declivi relativamente uniformi, contraddistinti da pendenze medio - elevate, attorno ai 25°÷30° (parte centro-orientale)

Questa situazione morfologica riveste significato pratico, in quanto rende ragione della diffusione e della localizzazione dei fenomeni franosi censiti, per quanto essi sono almeno in parte connessi all'attività umana e il più delle volte all'inosservanza delle più elementari norme di regimazione delle acque superficiali.

La combinazione di diversi caratteri litologici e quindi la presenza sia di terreni caratterizzati da bassa erodibilità, sia di litologie facilmente erodibili, conferisce quindi all'area un assetto morfologico in cui si individuano in via semplificativa le seguenti tipologie di versante:

1. Versanti modellati in unità prevalentemente arenacee e conglomeratiche

Queste litologie danno origine ad una morfologia piuttosto aspra, con declivi relativamente uniformi, contraddistinti da pendenze medio - elevate, attorno ai $25^{\circ} \div 30^{\circ}$ (linea di crinale tra Montepuzzuto, Sfogliata e Mornico Losana).

I prodotti risultanti dalla disgregazione fisica della roccia danno origine ad un suolo agrario a scheletro riccamente sabbioso, sui quale si è sviluppata una fitta vegetazione boschiva.

2. Versanti modellati in unità prevalentemente marnoso - argillose

Si tratta dei versanti ubicati in corrispondenza delle successioni della Formazione della Val Luretta, della Formazione Gessoso - solfifera e delle Argille di Lugagnano (aree disposte lungo i versanti tra Corvino San Quirico e Torricella Verzate e ad Est di Oliva Gessi). La morfologia delle alternanze marnoso - argillose è caratterizzata dall'assenza di rilievi ad elevate pendenze.

La superficie è ricoperta da una coltre di alterazione generalmente di notevole spessore. Queste caratteristiche fanno sì che gli affioramenti siano molto scarsi e di limitata estensione. Il mosaico della vegetazione è composto di vigneti, incolti e macchie di alberi sparsi.

3. Versanti modellati in litologie prevalentemente argillose e limose

Sono costituiti dai ripiani terrazzati del fluviale Medio e dalle scarpate di raccordo che segnalano il passaggio con le alluvioni di fondovalle del rile Verzate e degli altri corsi d'acqua minori (fosso Nuovo Riale San Zeno e rio Zuso).

Alla presenza di una coltre di copertura argilloso - limosa di elevato spessore sono localmente associati i fenomeni franosi censiti.

Queste zone sono in larga parte interessate da vigneti.

Complessivamente, dal punto di vista agronomico il suolo che si sviluppa su questi terreni è da considerare complessivamente abbastanza fertile, per quanto particolarmente sensibile ai periodi di siccità: la sua vocazione più spiccata è per la coltivazione della vite, specie nelle zone esposte in modo più favorevole.

2.4.2 SETTORE PIANEGGIANTE

L'ambito pianeggiante del territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale è caratterizzato dalla presenza del conoide del rile Verzate, i cui depositi si sovrappongono a quelli costituenti il ripiano principale della pianura oltrepadana.

Ne deriva una superficie topografica degradante verso Nord, con un gradiente iniziale di circa il 3,0÷3,5% in corrispondenza della stessa conoide del rile Verzate, che diminuisce fino allo 0,6% circa al confine con i comuni di Robecco Pavese e Santa Giuletta.

La presenza della suddetta conoide rende ragione, oltre che della locale maggiore acclività del piano campagna, del mancato sviluppo dei terrazzi fluviali verso il Fiume Po e del carattere di pensilità dello stesso rile Verzate, il che ha reso necessario la realizzazione di una serie di arginature artificiali a protezione degli abitati presenti lungo il suo corso, a partire dall'abitato di Verzate sino a Verrua Po.

Le caratteristiche di pensilità del rile Verzate si esauriscono in prossimità della foce dove, incidendo le alluvioni oloceniche, lo stesso corso d'acqua confluisce nel fiume Po.

Altri elementi morfologici, seppur di chiara natura antropica, sono rappresentati dalle scarpate dei tracciati ferroviari (linea Torino – Bologna), oltre che dalla già menzionata arginatura del rile Verzate -la quale si eleva di circa 2 metri rispetto alla piana circostante- e da due cave a fossa di argilla dismesse, in parte colmate ed in parte ancora da recuperare.

2.5 CARATTERIZZAZIONE DEI DISSESTI FRANOSI – QUADRO DEL DISSESTO

La cartografia tematica di riferimento (Tavola n°2 "CARTA GEOMORFOLOGICA" e Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO") evidenzia lo sviluppo areale dei dissesti franosi censiti, distribuiti in modo complessivamente omogeneo lungo le propaggini collinari del territorio studiato.

In particolare, i dissesti attivi di maggiori dimensioni risultano concentrati lungo i versanti che conferiscono negli impluvi del rio Della Valle (settore orientale del territorio) e, ad Ovest, del fosso Nuovo Riale San Zeno, impostati in litologie facilmente erodibili (Argille di Lugagnano).

Lo studio ha inoltre provveduto ad aggiornare la cartografia dei dissesti a seguito dell'evento calamitoso verificatosi dal 26 al 28 aprile 2009 nell'Oltrepò orientale. In particolare in Tavola 5 vengono evidenziati i movimenti franosi di neo-formazione, ovvero le parziali riattivazioni di movimenti franosi già cartografati, le aree in erosione accelerata (ruscellamento in rocce deboli) e le nicchia di frana di neoformazione. L'analisi fotointerpretativa e le approfondite verifiche di campagna condotte nel periodo gennaio - febbraio 2009, hanno permesso di definire l'esatta perimetrazione dei dissesti, aggiornandola alla data dei rilievi.

In particolare, sono stati definiti:

- stato di attività dei movimenti franosi (attivi quiescenti, stabilizzati)
- tipologia prevalente del movimento (scivolamento, scivolamento-colata e colata)

- materiale coinvolto (roccia, deposito superficiale a granulometria prevalentemente grossolana / fine, misto)
- effetti indotti su fabbricati o infrastrutture

Relativamente ad ogni singola frana o gruppi di frane con caratteristiche comuni e giustapposte tra loro, nelle tavole citate sono stati evidenziati, mediante codice alfanumerico i primi tre parametri, lo stato di attività, la tipologia del movimento e il tipo di materiale coinvolto.

I risultati sono stati successivamente confrontati con gli studi geologici inventariati svolti o da Enti Pubblici (Provincia di Pavia) o da parte di liberi professionisti per conto di Enti Pubblici (comuni dell'Unione), al fine di verificare oltre che la corrispondenza dei rilievi, l'eventuale evoluzione successiva dei movimenti medesimi.

I rilevamenti di campagna, condotti nel periodo gennaio - febbraio 2010, hanno utilizzato come base di lavoro, al fine della verifica puntuale della perimetrazione dei dissesti franosi cartografati e del loro stato di attività, la documentazione cartografica indicata al paragrafo 1.3 della presente relazione illustrativa.

COMUNI DI CORVINO SAN QUIRICO E MORNICO LOSANA

Il presente studio non propone significative modifiche al quadro del dissesto di cui agli elaborati PAI derivanti da una precedente proposta di aggiornamento (CORVINO SAN QUIRICO: Applicativo Studi Geologici Comunali ⇒ PAI dissesto aggiornato; MORNICO LOSANA: Applicativo Studi Geologici Comunali ⇒ Mosaico della fattibilità), sia per quanto riguarda la perimetrazione areale, che per lo stato di attività dei singoli movimenti franosi cartografati. Alla luce dei rilievi eseguiti (gennaio - febbraio 2010), il quadro del dissesto è rispondente a quanto consultabile nella Banca Dati Regionale.

OLIVA GESSI E TORRICELLA VERZATE

Oliva Gessi e Torricella Verzate non hanno ad oggi avviato l'iter di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI (riferimento allegato 13 alla 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'articolo 57 della L.R. 11 marzo 2005, n°12"* e suo aggiornamento - D.G.R. 28 maggio 2008, n°8/7374-).

Sia per quanto riguarda la perimetrazione areale, che per lo stato di attività dei singoli movimenti franosi cartografati, i rilievi eseguiti (gennaio - febbraio 2010) consentono di recepire senza sostanziali modifiche i perimetri dei dissesti di cui alla Base dati geografica GEOIFFI - PROGETTO IFFI - *Inventario dei Fenomeni Franosi in Lombardia- Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia*.

Il presente studio viene inviato alla competente struttura regionale, unitamente a due copie cartacee della Tavola n°6 "CARTA DEL DISSESTO UNIFICATO ALLA LEGENDA DEL P.A.I." e ad una copia su supporto informatico in formato ArcView compatibile della stessa carta del dissesto e del mosaico della fattibilità, al fine della trasmissione all'Autorità di Bacino della proposta di aggiornamento all'Elaborato 2 del PAI, nonché per l'aggiornamento del Sistema Informativo Territoriale, ai sensi dell'art. 3 della legge 12/05.

La trasmissione all'Autorità di Bacino del fiume Po da parte delle strutture regionali avverrà una volta completato l'iter amministrativo di adeguamento dello strumento di pianificazione comunale alle risultanze dello studio geologico secondo le procedure di cui alla L.R. 12/05.

La stessa Tavola n°6 "CARTA DEL DISSESTO UNIFICATO ALLA LEGENDA DEL P.A.I.", redatta in scala 1:10.000 utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale, costituisce proposta di aggiornamento dell'Elaborato 2 del PAI e contiene una rappresentazione delle aree in dissesto classificate conformemente alle Tavole di delimitazione delle aree in dissesto del PAI.

2.5.1 TIPOLOGIA

In relazione alla dinamica di movimento, alla morfologia del corpo di frana e al grado di evoluzione, si distinguono, in ordine di diffusione:

- scivolamenti traslazionali o roto-traslazionali delle coltri di copertura eluvio - colluviali costituite da terreni limoso - argillosi, con piani di scorrimento piuttosto superficiali, posti principalmente al contatto tra la stessa coltre di alterazione ed il substrato, ovvero all'interno della medesima coltre di copertura (profondità fino a 5 - 6 metri);
- colamenti dei terreni di copertura da ricollegare alla presenza, entro la stessa, della falda freatica sospesa, generalmente prossima al piano campagna;
- frane superficiali (smottamenti, lame) con profondità ridotta a 1,0 - 2,0 metri;
- frane di scivolamento roto/traslazionale in coltri eluvio-colluviali generalmente potenti, caratterizzate da marcate nicchie di distacco e da accumuli a morfologia irregolare, con profondità variabile, localmente anche superiore a 8 - 10 metri;
- fenomeni complessi alla testata dei bacini idrografici laterali, con erosione diffusa, confluenti nel tratto inferiore ed a luoghi evolventi in vere e proprie colate a diverso grado di attività.

2.5.2 CAUSE INDOTTE

A contribuire in misura talvolta determinante ai generalizzati fenomeni di instabilità dei versanti, hanno contribuito anche i seguenti fattori:

- mancanza di una adeguata rete superficiale di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche, presente invece in passato benché insufficiente;
- scarsa manutenzione dei fossi stradali o presenza di cunette con tombature a immissione diretta e disordinata nei pendii;
- reti fognarie e pluviali delle abitazioni, per lo più abbandonate lungo i pendii senza prosecuzione in canalette di scolo;
- sviluppo incontrollato di vegetazione negli alvei, che ha impedito il normale deflusso delle acque; gran parte dei fossi e dei rii si sono ridotti a solchi di 30-40 cm di profondità;

- diffusa inutilizzazione di pozzi per acqua superficiali (refer. Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO" per l'individuazione di quelli censiti in corrispondenza del territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale).

A conferma di questi dati, i rilievi hanno evidenziato in particolare come le frane in evoluzione (attive) interessano versanti con insufficiente drenaggio: la loro attività è stata perciò negli ultimi anni esaltata dalle intense precipitazioni occorse nell'autunno 1993, 1994, 2000, 2002 e nella primavera 2009; inoltre, le frane attive di dimensioni più limitate (molte delle quali di evidente neoformazione), sono molto spesso interconnesse con fenomeni erosivi per ruscellamento concentrato.

In relazione all'abbandono del territorio il minore controllo e la minor manutenzione a livello puntuale della rete drenante superficiale non permettono quindi di escludere l'eventualità di un'evoluzione dei movimenti franosi che, al momento o nel corso degli ultimi anni, si trovano allo stato di prevalente quiescenza.

2.6 ASPETTI PEDOLOGICI E DI USO DEL SUOLO

Per quanto concerne gli aspetti pedologici, si fa riferimento allo studio Progetto "Carta Pedologica" Regione Lombardia (E.R.S.A.L. 2001), ed in particolare al volume "I suoli dell'Oltrepò Pavese - serie SSR n°34". La metodologia d'indagine seguita dall'E.R.S.A.L. ha consentito la suddivisione del territorio lombardo in sistemi, unità e sottounità pedo-paesaggistiche, distinte sulla base di criteri idro-geomorfologici.

In corrispondenza dell'areale studiato sono presenti tre dei cinque sistemi di pedo-paesaggio con cui viene catalogato il territorio lombardo. Essi sono:

- Il *sistema dei rilievi montuosi dell'Appennino pavese (P)*;
- il *sistema dei terrazzi rilevati sull'attuale pianura (R)*;
- il *sistema delle valli alluvionali di pianura (V)*.

Il limite morfologico è demarcato da scarpate di erosione più o meno evidenti ed è confermato da importanti variazioni nelle caratteristiche pedogenetiche dei suoli.

I tre sistemi sono stati suddivisi in sottosistemi e unità di paesaggio, che rappresentano ambiti morfogenetici più circoscritti (refer. Tabelle 1A – 1B – 1C).

Il *sistema dei rilievi montuosi dell'Appennino pavese (P)* si differenzia nettamente dagli altri due non solo dal punto di vista morfologico, ma anche da quello climatico.

Nell'area di studio è presente:

- *il sottosistema PB, relativo alla fascia collinare più bassa (300-700 metri s.l.m.)*
- *il sottosistema PV, relativo ai fondivalle montani di origine alluvionale*

Il *sottosistema PB* è caratterizzato da substrato roccioso a litologia molto varia (marne, argille, conglomerati), il cui diverso grado di consistenza influenza la maggiore o minore suscettività all'erosione e, di conseguenza, la pendenza (più elevata in corrispondenza delle litologie consistenti – arenarie e conglomerati).

Sui versanti coltivati l'azione erosiva delle piogge, in alcuni settori esaltata da livellamenti e sbancamenti antropici, determina la presenza di suoli poco evoluti (*Udorthents*), spesso con substrato roccioso inalterato a breve distanza dalla superficie.

Suoli con orizzonte profondo di alterazione (*Eutrochrepts*) sono maggiormente diffusi sulle superfici sommatili a moderata pendenza e sui versanti adeguatamente protetti da copertura boscosa. Vecchi corpi di frana stabilizzati alla base di versanti a substrato marnoso presentano generalmente suoli a tessitura fine, caratterizzati da un'elevata dinamicità delle argille (*Hapluderts*).

Il *sottosistema PV* è costituito da fondivalle montani di origine alluvionale, comprendenti le superfici di raccordo (di origine colluviale) con i versanti limitrofi, in cui trovano ampia diffusione le colture agrarie. I suoli sono sottili, con problemi di idromorfia (*Entisols - Inceptisols aquic*).

Il *sistema dei terrazzi rilevati sull'attuale pianura (R)* è divisibile in due sottosistemi:

— *il sottosistema dei terrazzi superiori o "pianalti" (RA)*

— *il sottosistema dei terrazzi intermedi di età rissiana (RI)*

Il *sottosistema RA* si compone di superfici a moderata pendenza molto incise, impostate su sedimenti di origine fluvio-glaciale di età Mindel.

I suoli presenti sulle superfici meglio conservate sono estremamente evoluti (*Paleustalfs*), con perdita dei carbonati e migrazione dell'argilla in profondità (orizzonti argillitici).

Man mano che aumenta la pendenza, possono venir rimossi gli orizzonti argillitici (*Ustochrepts*) oppure affiorare orizzonti profondi a neoformazione d'argilla (*Haplusterts*).

Il *sottosistema RI* è caratterizzato da superfici generalmente ampie con pendenza minore ed incisioni meno approfondite su sedimenti di origine fluvio-glaciale di età Rissiana.

Come per il sottosistema RA, sulle parti piane predominano suoli con perdita di carbonati e migrazione dell'argilla in profondità (*Haplustalfs*), ovvero meno evoluti a causa del minor tempo intercorso dalla messa in posto dei sedimenti.

In alcune zone depresse della stessa età i processi legati all'idromorfia prevalgono su quelli di rimozione delle argille (*Ustochrepts aquic*), mentre sui versanti e sulle parti in transizione alla pianura sono presenti suoli in cui l'erosione ha rimosso gli orizzonti argillitici (*Ustochrepts*).

Il *sistema delle valli alluvionali di pianura (V)* comprende la parte di pianura olocenica, ed è costituito nell'area studiata dal *sottosistema delle superfici influenzate dalle dinamiche fluviali appenniniche (VP)*

Il *sottosistema VP* ha suoli con un'ampia gamma di situazioni pedogenetiche: nei lembi residuali di piana antica, probabilmente attribuibili al Wurm, si riscontrano ancora suoli con evidenze di migrazione dell'argilla in profondità (*Haplustalfs*), mentre nella parte alta della pianura e sui dossi sono diffusi i suoli con orizzonte profondo di alterazione (*Ustochrepts*), che, nei termini più evoluti

(Olocene antico), presentano una evidente perdita di carbonati negli orizzonti superficiali e conseguente accumulo dei medesimi a profondità comprese fra il metro ed il metro e mezzo. In aree di valle antica sono diffusi suoli caratterizzati da un'elevata dinamicità delle argille (*Haplusterts*), talvolta con evidenti orizzonti ad accumulo di carbonati (*Calcisterts*), ma non sono rari quelli con orizzonti superficiali a deciso arricchimento di sostanza organica (*Calcistolls*). Nelle valli recenti la dinamicità delle argille non è più il carattere dominante (*Ustochrepts*), mentre, nelle parti più depresse, predominano le evidenze legate alla difficoltà di drenaggio e alla presenza di falde sottosuperficiali (*Endoaquepts*). Dal punto di vista agronomico il suolo che si sviluppa su questi terreni è da considerare complessivamente abbastanza fertile: la superficie agricola è costituita da seminativi in rotazione e colture erbacee poliennali.

| SISTEMA | SOTTOSISTEMA | UNITA' |
|--|--|--|
| P Rilievi montuosi delle Alpi e Prealpi lombarde, rilievi collinari dell'Appennino pavese, caratterizzati da substrato roccioso e, sovente, da affioramenti litoidi. | PB Piano basale, coincidente con la fascia fitoclimatica del "Castanetum" ubicato a quote inferiori ai 700 m (\pm 300 m). Comprende l'orizzonte submediterraneo con sclerofille (<i>Quercus ilex</i> , <i>Olea europea</i>) e l'orizzonte submontano con boschi di latifoglie eliofile (<i>Quercus robur pedunculata</i> , <i>Olea petraea</i> , <i>Castanea sativa</i>). | PB 1 Versanti con pendenze da moderatamente elevate a estremamente elevate, con soprassuolo a bosco di latifoglie termofile (occasionalmente mesofile) per la prevalente esposizione a meridione, da cui dipende il frequente utilizzo a pascolo, vigneto e frutteto, sulle superfici meno acclivi o artificialmente terrazzate. <u>Numero Unità Cartografica 1-3</u> |
| | | PB 2 Versanti con pendenze da elevate ad estremamente elevate, con soprassuolo a bosco di latifoglie mesofile, raramente interrotto dall'utilizzo a pascolo, per la prevalente esposizione a settentrione. <u>Numero Unità Cartografica 4</u> |
| | | PB 3 Crinali arrotondati, superfici cacuminali blandamente convesse e versanti con pendenze da moderate a moderatamente elevate, utilizzati prevalentemente a pascolo, prato e seminativo. <u>Numero Unità Cartografica 10-11-12</u> |
| | PV Fondivalle montani di origine alluvionale, comprendenti le superfici di raccordo (di origine colluviale) con i versanti limitrofi, in cui trovano ampia diffusione le colture agrarie. | PV 1 Valli a fondo piatto e piane intermontane con pendenze basse o nulle, spesso interessate da una falda sottosuperficiale. <u>Numero Unità Cartografica 15</u> |

Tabella 1/A

Sistema, sottosistemi e unità di paesaggio dei rilievi montuosi dell'Appennino pavese (P)

| SISTEMA | SOTTOSISTEMA | UNITA' |
|---|--|--|
| R Terrazzi subpianeggianti, rilevati rispetto al livello fondamentale della pianura, costituenti antiche superfici risparmiate dall'erosione e comprendenti la maggior parte dei rilievi isolati della pianura. | RA Terrazzi superiori - o "pianalti mindeliani" - più rilevati delle altre superfici terrazzate, costituiti da materiali fluvioglaciali grossolani molto alterati attribuiti al Pleistocene inferiore, generalmente ricoperti da sedimenti eolici e/o colluviali. Sono diffusi suoli antichi (paleosuoli) con orizzonti induriti a fragipan. | RA 3 Porzioni di "pianalto" degradate, a morfologia ondulata o collinosa, solcate da una fitta rete drenante proveniente dai rilievi montuosi o richiamata dalle limitrofe superfici ribassate. La pendenza dei versanti va da moderata a elevata. Uso del suolo a vite e seminativo. <u>Numero Unità Cartografica 16</u> |
| | RI Terrazzi intermedi o "rissiani" rilevati rispetto al livello Fondamentale della pianura, ma ribassati rispetto ai "pianalti mindeliani", costituiti da materiali fluvioglaciali grossolani Mediamente alterati attribuiti al Pleistocene medio, generalmente ricoperti da sedimenti eolici e/o colluviali. Sono diffusi suoli antichi (paleosuoli). | RI 1 Superfici più rappresentative - modali - e meglio conservate dei "terrazzi rissiani", caratterizzate da una morfologia subpianeggiante o ondulata. Uso del suolo a seminativo (mais, frumento), più raramente a vigneto. <u>Numero Unità Cartografica 20</u> |

Tabella 1/B

Sistema, sottosistemi e unità di paesaggio dei terrazzi rilevati sull'attuale pianura (R)

| SISTEMA | SOTTOSISTEMA | UNITA' |
|--|--|---|
| V Valli alluvionali corrispondenti ai piani di divagazione dei corsi d'acqua attivi o fossili, rappresentanti il reticolato idrografico olocenico. | VP Pianure alluvionali pedeappenniniche. Piana dell'Oltrepo Pavese costituita da sedimenti fluviali recenti deposti dalle divagazioni dei torrenti appenninici; prevalgono sedimenti argilloso - limosi. Questo sottosistema identifica una superficie di età olocenica più recente del livello fondamentale della pianura, ma rilevata rispetto all'attuale piana olocenica del fiume Po. Suoli generalmente meno evoluti e sviluppati di quelli del sottosistema VT, ma più evoluti di quelli del sottosistema VA. | VP 2 Dossi e paleodossi di forma generalmente allungata e sinuosa, poco rilevati e dolcemente raccordati alle superfici adiacenti. Uso del suolo a seminativo (frumento, mais). <u>Numero Unità Cartografica 27</u> VP 3 Superfici modali antiche, a morfologia subpianeggiante o lievemente ondulata, solo marginalmente interessate dagli apporti alluvionali più recenti. Su di esse si riscontrano talvolta tracce di antichi ordinamenti agrimensori (centuriazioni). <u>Numero Unità Cartografica 33</u> VP 4 Superficie modale recente della piana alluvionale appenninica, facente transizione tra le aree più rilevate (dossi) e quelle più depresse (valli); uso del suolo a seminativo (mais, soia, frumento). <u>Numero Unità Cartografica 35</u> |

Tabella 1/C

Sistema, sottosistemi e unità di paesaggio delle valli alluvionali di pianura (V)

2.7 INQUADRAMENTO CLIMATICO

Diverse sono le classificazioni del clima proposte per la zona dell'Oltrepo Pavese dai diversi autori. In generale, il "versante padano dell'Appennino" è associate alla zona di pianura e collinare, mentre viene distinta la parte montana (Rossetti, 1994). A titolo di esempio, secondo la classificazione di Pinna del 1970, i limiti termici e pluviometrici dell'Oltrepo Pavese fanno rientrare la zona di pianura e quella collinare nel *clima temperato sub-continentale* e quello montano nel *temperato fresco*.

L'Oltrepo Pavese, in relazione alla conformazione morfologica, è caratterizzato infatti da condizioni di notevole variabilità tra la fascia di pianura e l'area montana. I valori medi registrati in un periodo superiore ai 50 anni mostrano che le temperature medie annue variano tra i 12.4 °C della pianura (Voghera, 93 metri s.l.m.) a valori di 11.4 °C nella zona collinare (Montalto Pavese, 466 metri s.l.m.) mentre per la zona montana (Brallo di Pregola, 951 metri s.l.m.) si hanno informazioni solo per un periodo più breve che indicano una media di 8.5 °C.

Le precipitazioni, relative all'Oltrepo pavese e a zone finitime, sono invece registrate in un maggior numero di stazioni e mostrano uno scostamento da 706 mm/anno di Voghera ai 1418 mm/anno di Casale Staffora (1079 metri s.l.m.) attraverso i 785 mm/anno di Montalto Pavese.

La distribuzione delle piogge sia nello spazio che nell'arco dell'anno, mostra che nell'Oltrepo Pavese si ha un incremento da NO verso SE e che, mediamente, si hanno due massimi rispettivamente nei mesi di novembre (massimo assoluto) e di maggio e due minimi nei mesi di luglio (minimo assoluto) e di gennaio.

I dati pluviometrici utilizzati si riferiscono alla stazione meteorologica di Voghera.

Al fine di valutare l'andamento delle precipitazioni si è realizzato un grafico (Fig. 5) su cui sono riportati i deficit / surplus di precipitazioni annue calcolati come differenza rispetto al valore medio calcolato per il periodo compreso tra il 1951 ed il 2000, pari a 706 mm.

Dall'analisi del grafico emerge che i periodi di siccità riferiti alla media del periodo sono stati seguenti:

- dal 1961 al 1962 con un deficit minimo di -162.9 mm
- dal 1964 al 1965 con un deficit minimo di -192.11 mm nel 1965
- dal 1967 al 1968 con un deficit minimo di -186.4 mm nel 1967
- dal 1970 al 1971 con un deficit minimo di -116.7 mm nel 1970
- dal 1973 al 1974 con un deficit minimo di -96.0 mm nel 1974
- dal 1980 a fine 1983 con due picchi, nel 1981 di -196.5 mm e nel 1983 con -195.4 mm
- dal 1985 al 1986 con un picco di - 142.7 mm nel 1985
- dal 1989 al 1991 con un picco di -277.6 mm nel 1989
- nel 1998 con un picco di -262.3 mm
- nel 2001 con un picco di -204.3 mm

Mediante un'analisi finale dei risultati possiamo concludere che i maggiori periodi di siccità si sono verificati nei seguenti anni:

- 1962 con un picco di -162.9 mm
- 1965 con un picco di -192.11 mm
- 1981 con un picco di -196.5 mm
- 1989 con un picco di -277.6 mm
- 1998 con un picco di - 262.3 mm

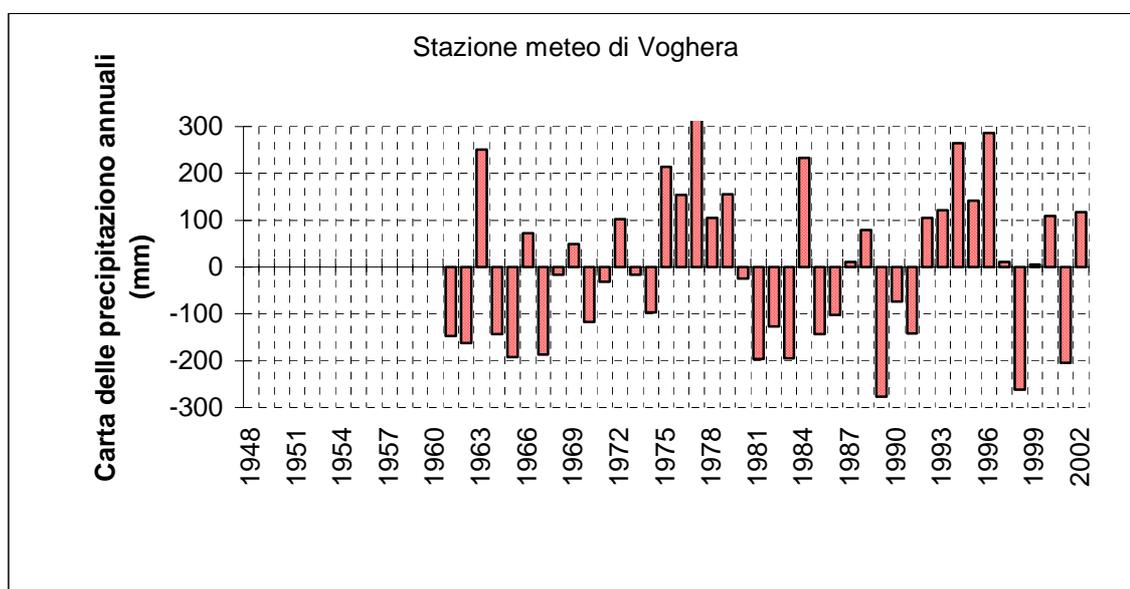


Fig. 5 Scartamento medio annue di pioggia caduta rispetto al valore medio di 706 mm calcolato per il periodo che va dal 1951 al 2000

Da i dati in possesso siamo in grado di poter concludere dicendo che nel cinquantennio considerato ci sono stati numerosi periodi di notevole siccità, accompagnati da periodi eccezionalmente piovosi, fattore di predisposizione per il fenomeno del ritiro rigonfiamento.

3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

3.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Il territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale da un punto di vista geografico fisico si colloca in parte in un ambito di bassa pianura ed in parte in un ambito di prima collina, in un areale compreso tra i rilievi collinari dell'Oltrepò Pavese ed il corso del fiume Po.

Per quanto riguarda l'idrografia di superficie l'elemento dominante è rappresentato dal rile Verzate (affluente di destra del Fiume Po) e secondariamente dal rio Zuso (tributario dello stesso rile Verzate) e dal fosso Nuovo Riale San Zeno, che definisce verso Ovest il confine comunale tra Corvino San Quirico e Casteggio (rifer. Tavola n°3 "CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO"). La valle del Rile Verzate presenta un orientamento Sud Est - Nord Ovest, mentre il Rio Zuso ha un decorso all'incirca Est - Ovest. Entrambe le valli sono caratterizzate da un profilo asimmetrico, condizionato dalla giacitura degli strati - immergente a Nord - e quindi dal quadro neotettonico quaternario.

L'idrografia secondaria del *settore pianeggiante* è rappresentata da una rete di canali, in parte naturali ed in parte artificializzati (rogge e fossi colatori, con funzione irrigua e/o di scolo per le acque meteoriche) dotati di modeste portate e che drenano le acque superficiali in occasione delle piogge.

In corrispondenza dei terreni del fluviale Recente la loro diffusione è strettamente legata alla scarsa permeabilità del terreno superficiale (copertura e substrato pedologico), di natura prevalentemente limoso - argillosa, depositosi a seguito dell'intensa azione di colluvamento operata dalle acque meteoriche sulle formazioni a prevalente componente terrigena formanti i rilievi collinari che si affacciano sulla pianura.

Per quanto riguarda il *settore collinare*, quale elemento idrografico secondario vanno indicati una serie di corsi d'acqua minori, tributari direttamente del rile Verzate e del fosso Nuovo Riale San Zeno, a carattere stagionale o temporaneo, che drenano le acque superficiali in occasione delle piogge.

3.2 DETERMINAZIONE DEL RETICOLO IDRICO PRINCIPALE E MINORE

Con riferimento ai disposti delle seguenti delibere regionali:

- **D.G.R. n°7/7868/02** *"Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il reticolo idrico minore come indicato dall'art. 3, comma 114, della L.R. 1/2000 "Determinazione dei canoni regionali di polizia idraulica"*
- **D.G.R. n°7/13950/03** *"Modifica della D.G.R. 25 gennaio 2002 n°7/7868 "Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il reticolo idrico minore come indicato dall'art. 3, comma 114, della L.R. 1/2000 "Determinazione dei canoni regionali di polizia idraulica"*

il presente lavoro è stato integrato e completato attraverso l'individuazione dei corsi d'acqua riferibili al reticolo principale ed a quello minore, nonché mediante l'individuazione delle relative fasce di rispetto (rifer. Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO" e Tavola n°7 "CARTA DEI VINCOLI ESISTENTI").

I corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico principale che percorrono il territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale, ovvero le cui fasce di rispetto interessano parte del territorio, iscritti nell'elenco delle acque pubbliche di cui al Testo Unico n°1775/1933 e riportati in evidenza nelle Tavole 5 e 7 (riferimento denominazione *allegato A* della D.G.R. n°7/13950/03) sono:

1. RILE VERZATE
2. FOSSO NUOVO RIALE SAN ZENO

Essi sono stati individuati in Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO" mediante apposito codice alfanumerico (es: rile Verzate PV_014), costituito per le prime due lettere dalla sigla della provincia di appartenenza e da un numero progressivo.

Per quanto riguarda il reticolo idrico minore, esso è stato individuato in base alla definizione del regolamento di attuazione della legge 36/94, ossia "il reticolo idrografico costituito da tutte le acque superficiali" (art. 1 comma 1 del regolamento) "ad esclusione di tutte le acque piovane non ancora convogliate in un corso d'acqua" (art. 1 comma 2 del regolamento).

In particolare sono stati considerati i corsi d'acqua rispondenti ad almeno uno dei seguenti criteri:

- siano indicati come demaniali nelle carte catastali o in base a normative vigenti
- siano stati oggetto di interventi di sistemazione idraulica con finanziamenti pubblici
- siano interessati da derivazioni d'acqua
- siano rappresentati come corsi d'acqua delle cartografie ufficiali (I.G.M., C.T.R.).

I corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore che percorrono il territorio dell'Unione, ovvero che ricadono lungo la linea di demarcazione di un confine comunale, identificati mediante un apposito toponimo (indicato sulla cartografia C.T.R. in scala 1:10000 e I.G.M. scala 1:25.000) e una sigla identificativa, riportati in evidenza nella Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO" sono:

| | | |
|------------------|------------------------------|---|
| <i>CLAST_001</i> | <i>Fosso La Cerca</i> | |
| | <i>Fosso Valle Straggini</i> | <i>Affluente del Fosso Nuovo Riale San Zeno</i> |
| | <i>Rio Zuso</i> | <i>Affluente del rile Verzate</i> |
| | <i>Rio della Valle</i> | <i>Affluente del rile Verzate</i> |
| | <i>Riale dei Boschi</i> | <i>Affluente del Fosso Nuovo Riale Can Zeno</i> |

Per ciascun corso d'acqua appartenente al reticolo idrico principale e minore sono state identificate delle fasce di rispetto e normate le attività vietate o soggette ad autorizzazione (rifer. Paragrafo 4.3 e capitolo 5 delle "Norme geologiche di Piano").

Le derivazioni terziarie ed i fossi di scolo secondari, comunque identificati in Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO", non vengono presi in considerazione ai fini della gestione delle funzioni di polizia idraulica, mantenendo l'onere della manutenzione periodica a carico dei singoli proprietari frontisti.

3.3 STRUTTURA IDROGEOLOGICA DI DETTAGLIO DELL'AREA STUDIATA

3.3.1 AMBITO DI PIANURA

I depositi alluvionali che costituiscono la pianura oltrepadana nella zona studiata, caratterizzata dalla presenza della conoide del rile Verzate, risultano costituiti dal punto di vista idrogeologico da un'alternanza di orizzonti semipermeabili o impermeabili superficiali (costituiti da sedimenti a dominante argillosa), che localmente contengono intercalazioni lenticolari più grossolane, sede di piccole falde sospese, sovrapposti ad orizzonti a permeabilità medio alta a dominante sabbioso - ghiaiosa.

La presenza di depositi fini superficiali è in buona parte legata ad episodi esondativi del rile Verzate intercorsi in epoca storica e protostorica, come risulta dai ritrovamenti di suppellettili di epoca romana emersi nel corso di numerosi scavi. Questi ritrovamenti confermano quanto citato in diverse fonti storiche, cioè che il suolo all'Epoca Romana al piede della collina fosse più basso di tre metri circa rispetto al piano campagna attuale.

Al di sotto di questo primo orizzonte argilloso - limoso, le numerose stratigrafie della zona hanno permesso di individuare una litozona prevalentemente sabbiosa e sabbiosa - ghiaiosa, derivata probabilmente dalla sovrapposizione di più corpi sedimentari riferibili agli antichi conoidi dei corsi d'acqua appenninici.

I corpi sabbioso - ghiaiosi tendono ad assottigliarsi proseguendo da Nord verso Sud, avvicinandosi al margine collinare. In questa seconda litozona è impostato il sistema acquifero a cui attinge la maggior parte dei pozzi della zona.

Al di sotto di essa si sviluppano nuovamente orizzonti più fini e prevalentemente argillosi che corrispondono alla base dell'acquifero. Essi hanno una geometria con andamento irregolare, in quanto presumibilmente condizionati dai soprastanti orizzonti ghiaioso - sabbiosi.

Questa configurazione stratigrafica del sottosuolo, caratterizzata dalla presenza di diaframmi impermeabili relativamente potenti e continui che si intercalano a litozone poroso-permeabili, crea condizioni per la formazione di un sistema a più acquiferi sovrapposti, a falda imprigionata, caratterizzati da un grado di artesianità crescente con la profondità.

Dalla stratigrafia del pozzo "CENTRALE" di Corvino San Quirico (refer. 'RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DEL TERRITORIO DELL'UNIONE - STRATIGRAFIE POZZI PER ACQUA'), in particolare si può notare come le falde sospese contenute negli orizzonti lentiformi poroso - permeabili intercalati nella litozona superficiale, risultino dal punto di vista pratico di scarso interesse ai fini di un loro eventuale sfruttamento.

La direzione di flusso della falda acquifera principale è verso Nord, in relazione all'effetto drenante esercitato dal fiume Po (Cotta Ramusino, 1985).

3.3.2 AMBITO COLLINARE

Per quanto riguarda l'ambito collinare, dal punto di vista idrogeologico l'indagine ha verificato la presenza nel primo sottosuolo di una modesta falda freatica, generalmente poco profonda e arealmente discontinua. L'assetto idrogeologico di questo orizzonte acquifero risulta strettamente condizionato dall'andamento del tetto del substrato sul quale esso appoggia, dallo spessore delle coperture (coltre di alterazione eluvio-colluviale e depositi continentali terrazzati) e da possibili locali intercalazioni di livelli semipermeabili, in grado di far assumere alla falda stessa caratteri di blanda artesianità.

In linea di massima si può considerare come vigente, per l'intero territorio, un'alimentazione degli orizzonti più superficiali attraverso il processo di percolazione.

Le direttrici di deflusso dominanti sono assimilabili a quelle dell'idrografia di superficie, incentrate sull'alveo del rile Verzate e del fosso Nuovo Riale San Zeno, per quanto essenziale si rivela il ruolo svolto dalle stesse coperture, la cui distribuzione rappresenta infatti il più importante dei fattori che determinano le condizioni idrauliche della falda libera.

Per quanto riguarda infine la circolazione delle acque nelle falde profonde, essa risulta legata alla tipologia e all'orientamento delle fratture e dei giunti di stratificazione dell'ammasso roccioso, le quali costituiscono le vie preferenziali di movimento delle acque.

3.4 CLASSI DI PERMEABILITÀ

In base all'analisi svolte, si possono individuare in via semplificativa cinque aree omogenee dal punto di vista della permeabilità (refer. Tavola n°3 "CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO"):

- AREE A PERMEABILITÀ BASSA O NULLA

Argille di Lugagnano; formazione della Marne di Sant'Agata Fossili; Mèlange di Baiso (Complesso Indifferenziato). Presenza di un substrato a dominante argilloso - marnosa poco permeabile o praticamente impermeabile, in cui è particolarmente sviluppato il dissesto idrogeologico.

Depositi continentali del fluviale Medio e del fluviale Antico.

- AREE A PERMEABILITA' MEDIO-BASSA
Marne di Monte Lumello, Marne di Monte Piano.
La quasi totalità dei depositi ascrivibili al fluviale Recente
- AREE A PERMEABILITA' MEDIA
Formazione Gessoso - Solfifera; formazione della Val Luretta.
Presenza di un substrato marnoso e sabbioso-arenaceo, localmente carbonatico, con presenza di calcari cariati, sbracciati, calcareniti e gessoareniti.
Aree del fluviale Recente interessate dalla presenza di piccole falde sospese contenute entro la coltre di copertura del primo acquifero continuo.
- AREE A PERMEABILITA' MEDIO-ALTA
Conglomerati di Cassano Spinola; Arenarie di Serravalle; formazione delle Arenarie di Ranzano.
- AREE AD ELEVATA PERMEABILITA'
Alluvioni Attuali di fondovalle del torrente Rile e del fosso Nuovo Riale San Zeno (non cartografate per la ridotta estensione areale, non rappresentabile alla scala della carta).

3.5 EMERGENZE SORAGENTIE

Partendo dal margine settentrionale della catena appenninica, lungo una fascia grossomodo compresa tra gli abitati di Stradella e Retorbido, è presente una successione marina di età miocenica / pliocenica riferibile - dall'alto al basso - alla formazione delle Argille di Lugagnano, ai Conglomerati di Cassano Spinola, alla Formazione Gessoso - Solfifera e alle Marne di Sant'Agata Fossili.

Nei punti di affioramento della Formazione Gessoso - Solfifera, ovvero nelle zone di contatto diretto tra i depositi arenaceo - conglomeratici continentali ascrivibili ai Conglomerati di Cassano Spinola e le sottostanti Marne di Sant'Agata Fossili, diversi studi a carattere scientifico hanno documentato la presenza di numerose sorgenti sulfuree.

La distribuzione di queste sorgenti, secondo Braga et alii (1996), sarebbe da ricollegare all'assetto geologico - strutturale del margine appenninico e del substrato pre-aternario della Pianura Padana, in cui predominano deformazioni compressive, come faglie inverse e fronti di sovrascorrimento; la risalita delle acque avverrebbe quindi lungo queste superfici di discontinuità.

Per quanto riguarda la zona pedecollinare riferibile all'areale studiato, gli stessi studi hanno evidenziato la presenza di una emergenza sorgentizia di fondovalle la cui origine e posizione è riconducibile a quanto sopra citato: la *Fontana Camarà*.

Nel caso specifico della *Fontana Camarà*, l'emergenza delle acque - a connotazione solfato-calcica -, sarebbe condizionata dall'assetto litologico delle successioni attraversate, che presentano alla base un complesso a bassa permeabilità, quale quello delle Argille di Lugagnano, sormontato da depositi da localmente permeabili - attribuibili alla Formazione Gessoso - Solfifera -, a permeabili, dati dai Conglomerati di Cassano Spinola (Cavanna et alii, 1996).

Secondo gli stessi autori la mineralizzazione delle acque e le locali condizioni geologiche porterebbero ad ipotizzare circuiti localizzati nelle zone a più alta permeabilità; la ricarica locale avverrebbe per percolazione delle acque attraverso i depositi conglomeratico-arenacei, mentre la particolare mineralizzazione sarebbe imputabile al passaggio attraverso litozone gessose (Formazione Gessoso - Solifera), o marnose (Marne di S. Agata Fossili) nelle quali fenomeni di dissoluzione e riprecipitazione di sali evaporitici avrebbero consentito l'arricchimento in solfati (Scagni & Vercesi, 1987).

All'origine della presenza di idrogeno solforato in fase gassosa nelle acque della *Fontana Camarà*, oltre al fenomeno di lisciviazione dei depositi evaporitici o dei loro prodotti di rimaneggiamento, si aggiungerebbe l'instaurarsi di condizioni riducenti, causato dalla costante presenza di materia organica all'interno dei terreni con cui queste acque entrerebbero in contatto (Cavanna et alii, 1996).

Gli elevati tenori in solfati e in idrogeno solforato, ma anche l'elevata concentrazione in ossigeno riferibili alle acque della sorgente sulfurea della *Fontana Camarà*, non compatibili con un ambiente riducente, troverebbero giustificazione nell'ipotizzare un mescolamento di acque profonde con acque di provenienza più superficiale (quindi ricche in ossigeno), che avverrebbe poco prima della loro emergenza in superficie, impedendo così -di fatto-, l'ossidazione dell'idrogeno solforato presente da parte del gas.

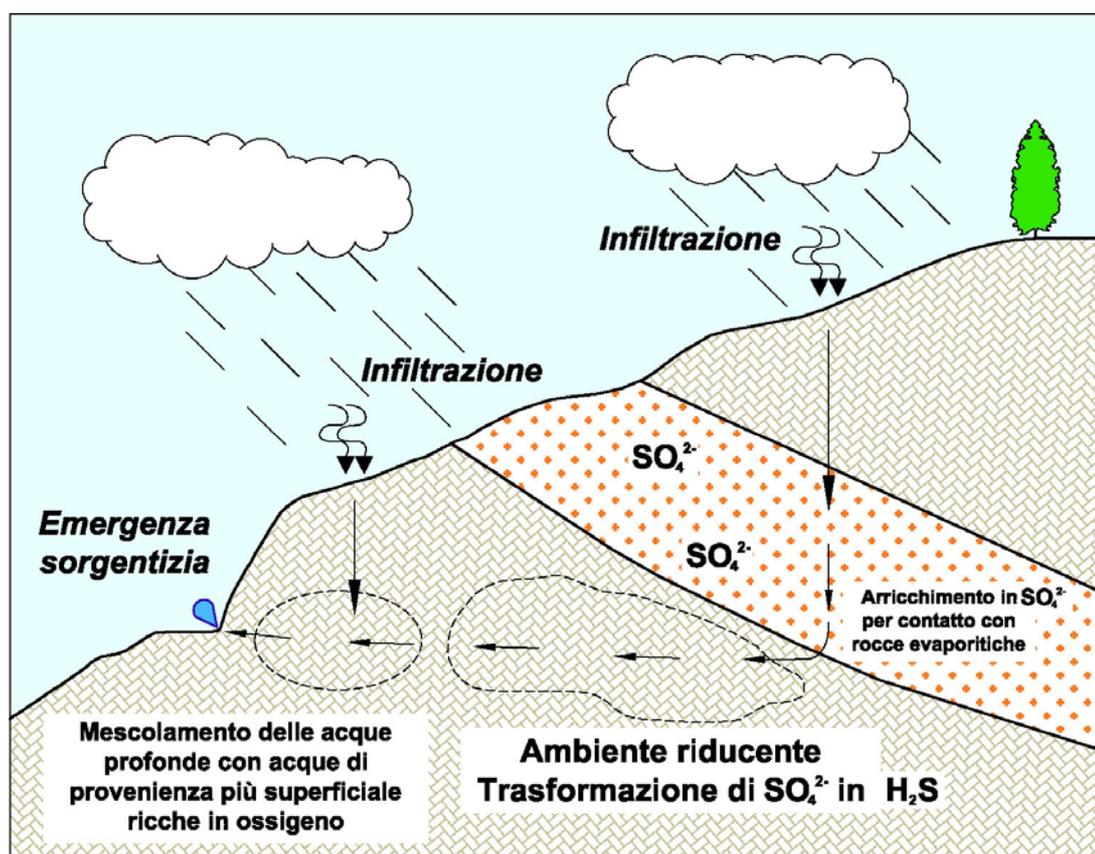


Figura 6

Schema presunto di circolazione profonda delle acque che alimentano la Fontana Camarà

Le acque della *Fontana Camarà*, proprio per la loro peculiarità chimica, costituiscono un vero e proprio Patrimonio Geologico per il territorio casteggiano: la rarità legata al loro chimismo, fa infatti di queste acque degli "*Idrogeositi*" a tutti gli effetti, aree in cui la situazione idrogeologica risulta decisamente peculiare e legata alla storia geologica di quella regione.

Come tali, queste acque andrebbero valorizzate e fatte conoscere al pubblico, elevando la loro importanza allo stesso livello delle acque che nel nostro territorio vengono da tempi storici sfruttate a scopo idrotermale nelle celebri Terme di Salice, Miradolo, San Colombano e Rivanazzano.

3.6 GEOSITI

Con riferimento alla proposta contenuta negli elaborati di cui al P.C.P. Provincia di Pavia del marzo 2004 e alla pubblicazione "*I geositi della Provincia di Pavia*" - L. Pellegrini - P.L. Vercesi del dicembre 2005, in corrispondenza del territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale risultano individuabili 2 geositi: a quello citato al paragrafo precedente (*Fontana Camarà*), si aggiunge il *rilievo morfoselettivo di Torricella Verzate*, costituito da un isolato spuntone roccioso costituito dai calcari cariati della Formazione Gessoso - solfifera. La protuberanza rocciosa è il risultato dell'azione combinata prodotta dalla tettonica e dagli agenti morfogenetici.

In mancanza di indicazioni metodologiche regionali e provinciali finalizzate alla tutela e valorizzazione dei geositi, nell'ambito del presente studio si propone l'individuazione di una "zona di protezione idrogeologica", definita con riferimento all'art.136 del D.Lgs.vo 42/04 "Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137" - punto b): *cose immobili che hanno cospicui caratteri di bellezza naturale o di singolarità geologica*, ai fini della "protezione del patrimonio idrico" e della salvaguardia e protezione dei siti medesimi.

Dette norme sono riportate al paragrafo 4.4 delle *Norme geologiche di Piano*.



Fontana Camarà



Rilievo morfoselettivo di Torricella Verzate (www.panoramio.com)

4. ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO FINALIZZATE ALLA DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE SISMICA NEI PIANI DI GOVERNO DEL TERRITORIO

4.1 PREMESSA

Il terremoto è un fenomeno naturale connesso all'improvviso rilascio di energia, prodotto dalla fratturazione di rocce profonde della crosta terrestre, a seguito di un complesso processo di accumulo di energia direttamente connesso alla deformazione delle stesse rocce.

La fase di accumulo richiede tempi molto lunghi (decine - centinaia di anni) a fronte di tempi molto più ridotti (misurati in secondi per un dato evento) della fase di rilascio dell'energia.

Il fenomeno non è mai costituito da un evento isolato, ma il processo di rilascio di energia avviene attraverso una successione di terremoti (*periodo sismico*), e quindi attraverso una serie di fratture in un determinato intervallo di tempo, che può essere anche molto lungo (mesi o anni).

All'interno del periodo sismico (detto anche *sciame sismico*) è in genere possibile distinguere il terremoto più violento (scossa principale), da altri che lo precedono (*foreshock*) o lo seguono (*aftershock*). Talvolta le repliche possono presentare energie paragonabili alla scossa principale.

La zona sorgente si assimila ad un punto detto *ipocentro*, il corrispondente sulla superficie terrestre è detto *epicentro*. Tuttavia quando si parla di ipocentro di un terremoto non va inteso un punto preciso, come nel caso di un'esplosione sotterranea, ma una superficie di faglia di una certa ampiezza e variamente orientata.

Le rocce attorno alla frattura si deformano elasticamente: le singole particelle si allontanano dalla posizione di equilibrio e vi ritornano per azione delle forze elastiche di richiamo; così oscillando trasmettono la deformazione alle porzioni adiacenti.

Il luogo geometrico dei punti che vengono raggiunti dalla perturbazione nello stesso istante costituisce un fronte d'onda. La velocità di propagazione dipende da caratteri di elasticità del mezzo attraversato, diversi per ciascuno dei tipi di onde, oltre che dalla densità del mezzo stesso.

In estrema sintesi le onde sismiche possono essere così distinte:

- **onde P o primarie:** sono quelle onde che partendo direttamente dall'ipocentro, raggiungono per prime i sensori dei sismografi attraversando gli strati profondi della crosta terrestre. Sono onde di tipo longitudinale e viaggiano comprimendo e dilatando le rocce che attraversano;
- **onde S o secondarie:** raggiungono i sensori dei sismografi dopo un certo intervallo di tempo rispetto alle onde P (la velocità di propagazione è circa 2/3 di quella delle onde P). A differenza delle onde primarie, le onde S sono di tipo trasversale e si muovono con un moto simile all'ondeggiare di una frusta. Dal momento che viaggiano più lentamente rispetto alle onde primarie, confrontando i tempi di arrivo tra le onde P e le onde S è possibile determinare la distanza della stazione sismica dal luogo in cui è avvenuto il terremoto;

- **onde lunghe (o di superficie):** sono onde che si muovono sugli strati superficiali della crosta terrestre, con ampiezza molto variabile. Sono le onde responsabili dei maggiori danni in quanto danno luogo a fenomeni di scuotimento molto irregolari.

La misurazione di un terremoto avveniva nei secoli scorsi in base agli effetti prodotti e, secondo questo approccio, furono definite alcune scale di misurazione macrosimiche, la più famosa delle quali è la *Scala Mercalli*, poi modificata e attualmente impiegata come *Scala M.C.S.* (Mercalli – Cancani – Sieberg).

Le scale macrosismiche misurano *l'intensità* di un terremoto ovvero gli effetti che un terremoto produce sulle costruzioni, sul terreno e sulle persone: il suo valore cambia da luogo a luogo.

Viceversa la *magnitudo* di un terremoto è una grandezza che si rapporta con la quantità di energia trasportata da un'onda sismica e viene calcolata sulla base di misure effettuate sul sismogramma.

L'introduzione del concetto di magnitudo risale al 1935 ad opera di Richter, che in seguito definì la *magnitudo locale (M)*: correlata alla distanza dall'epicentro e all'ampiezza di registrazione (in genere delle onde S o P). In prima approssimazione si usa spesso la *magnitudo durata (Md)* correlata alla durata di registrazione.

Di conseguenza un terremoto è definito da un solo valore di magnitudo, ma da più valori di Intensità a seconda degli effetti locali che produce.

| magnitudo Richter | energia (joule) | grado Mercalli |
|--------------------------|------------------------|-----------------------|
| < 3.5 | $< 1.6 \times 10^7$ | I |
| 3.5 | 1.6×10^7 | II |
| 4.2 | 7.5×10^8 | III |
| 4.5 | 4×10^9 | IV |
| 4.8 | 2.1×10^{10} | V |
| 5.4 | 5.7×10^{11} | VI |
| 6.1 | 2.8×10^{13} | VII |
| 6.5 | 2.5×10^{14} | VIII |
| 6.9 | 2.3×10^{15} | IX |
| 7.3 | 2.1×10^{16} | X |
| 8.1 | $> 1.7 \times 10^{18}$ | XI |
| > 8.1 | . | XII |

Figura 7 - Tabella comparativa Grado Richter – Grado M.C.S.

4.1.1. PERICOLOSITÀ, VULNERABILITÀ E RISCHIO

PERICOLOSITÀ SISMICA

La *PERICOLOSITÀ SISMICA* è la probabilità che si verifichi in un dato luogo o entro una data area ed entro un certo periodo di tempo un terremoto capace di causare dei danni.

In termini schematici si può parlare di:

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE - La pericolosità sismica di base è intesa come la misura dello scuotimento al suolo atteso in un dato sito. La pericolosità di base definisce l'entità massima dei terremoti ipotizzabili per una determinata area in un determinato intervallo di tempo: è indipendente dalla presenza di manufatti e persone ed è correlata alle caratteristiche sismo-genetiche dell'area.

PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE - La pericolosità sismica locale rappresenta la modificazione indotta da particolari condizioni geologiche e/o morfologiche all'intensità con cui le onde sismiche si manifestano in superficie.

Per la determinazione della *PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE* si procede alla determinazione della sequenza temporale degli eventi sismici nel territorio considerato, ottenuta a partire dai dati contenuti in cataloghi storici dei terremoti.

Viceversa per la definizione della *PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL)* vengono considerate le condizioni geologiche e geomorfologiche locali, che possono produrre delle variazioni della risposta sismica e, tra queste, le aree che presentano particolari conformazioni morfologiche (quali creste rocciose, dorsali, scarpate), dove possono verificarsi focalizzazioni dell'energia sismica incidente. Variazioni dell'ampiezza delle vibrazioni e delle frequenze si possono avere anche alla superficie di depositi alluvionali e di falde di detrito, anche con spessori di poche decine di metri, a causa dei fenomeni di riflessione multipla e di interferenza delle onde sismiche entro il deposito stesso, con conseguenti modificazioni rispetto al moto di riferimento.

Altri casi di comportamento sismico anomalo dei terreni sono quelli connessi con le deformazioni permanenti e/o cedimenti dovuti a liquefazione di depositi sabbiosi saturi di acqua o a densificazioni dei terreni granulari sopra la falda, nel caso si abbiano terreni con caratteristiche meccaniche scadenti.

Sono da segnalare i problemi connessi con i fenomeni di instabilità di vario tipo, come quelli di attivazioni o riattivazione di movimenti franosi e crolli di massi da pareti rocciose.

In relazione alla *PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL)*, va definita l'*Amplificazione locale*, ovvero il rapporto tra l'accelerazione di picco in superficie e l'accelerazione di picco del substrato. L'accelerazione di picco in superficie può dunque essere aumentata dalle condizioni morfologiche, geologiche e geotecniche.

L'acquisizione delle conoscenze circa la *PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL)* è demandata a studi di dettaglio ed in particolare agli studi di *microzonazione sismica (MZS)*, che costituiscono la base di ogni politica di difesa dai terremoti, prima e dopo gli eventi sismici. Ne consegue che la prevenzione del rischio sismico trova la sua naturale applicazione nella programmazione territoriale e nella pianificazione urbanistica.

Per quanto concerne lo studio della *PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE*, sono state avviate numerose attività di ricerca, la più importante delle quali ha portato nell'aprile 2004 alla redazione della nuova *Carta della pericolosità sismica del territorio italiano* (Fig. 8), unitamente al relativo rapporto tecnico-scientifico (http://zonesismiche.mi.ingv.it/mappa_ps_apr04/italia.html).

Le sempre maggiori conoscenze in materia portano a far ritenere che gli elaborati sin qui prodotti siano da considerare un importante punto di partenza per le scelte tecnico-amministrative (classificazione sismica), senza tuttavia escludere possibili modifiche e aggiornamenti nel tempo.

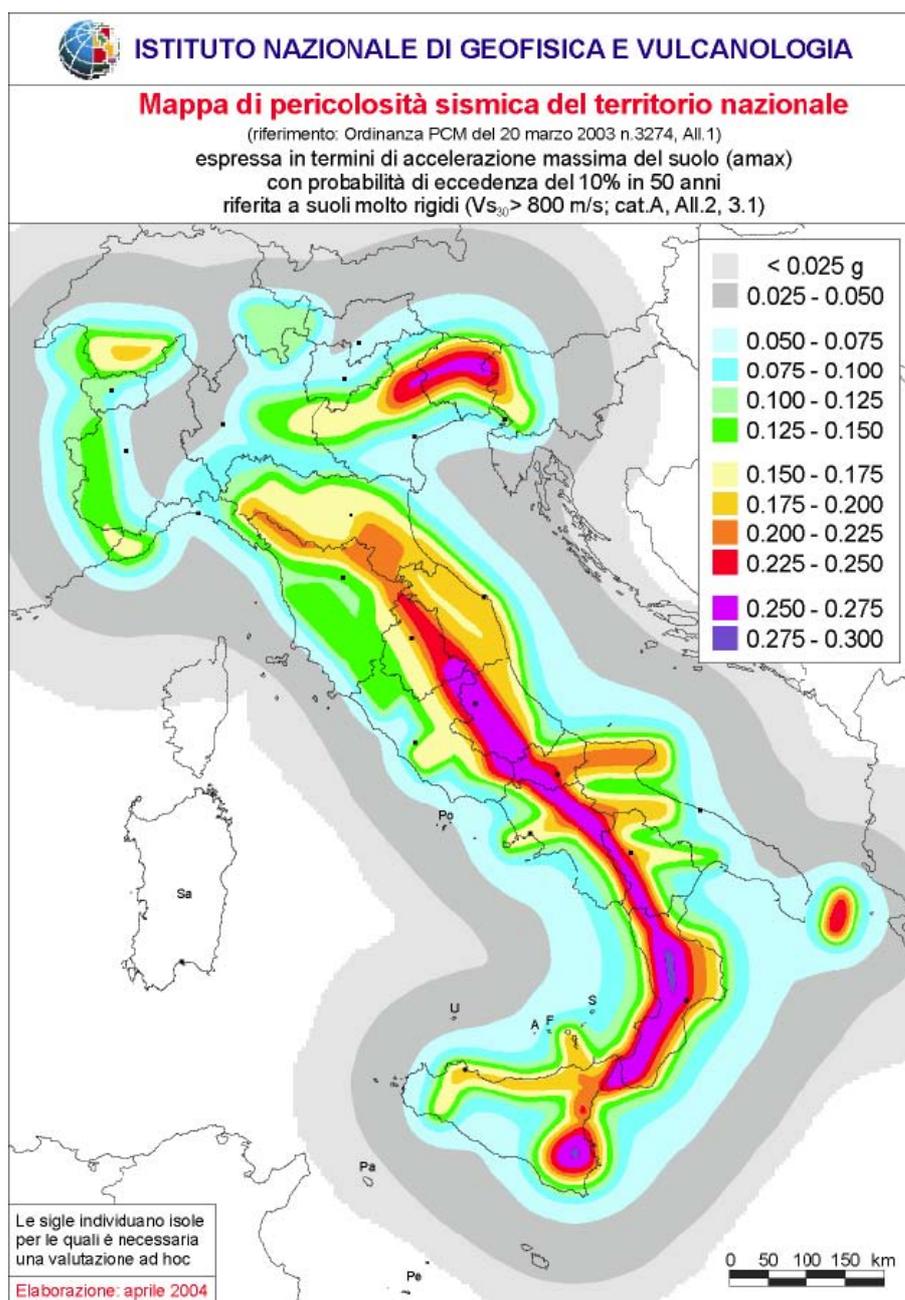


Figura 8 - *Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV, aprile 2004)*

Nella nuova Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) per suoli molto rigidi ($V_{S30} > 800$ m/sec, cat. A, paragrafo 4.3.1), viene rappresentata l'attesa probabilistica di terremoti (periodo di ritorno $T_r = 475$ anni), caratterizzati da maggiore o minore energia.

Osservando la mappa emerge chiaramente come le aree in cui l'attesa sismica è più significativa corrispondono al settore nord-orientale (Friuli Venezia Giulia e parte del Veneto), l'Appennino settentrionale, l'Appennino centrale e meridionale, l'arco calabro e la Sicilia orientale.

Dall'esame della mappa di dettaglio per la Regione Lombardia (Fig. 9), si può osservare che la Provincia di Pavia è ricompresa in valori di a_{max} mediamente bassi ($0.025 \text{ g} < a_{max} < 0.125 \text{ g}$).

Tali valori di picco sono indotti da attività sismica proveniente dalle vicine aree sismogenetiche nord-appenninica e gardesana.

Va comunque precisato che nel rapporto conclusivo, gli stessi estensori della Mappa suggeriscono comunque di non trascurare la sismicità delle aree rappresentate in grigio, poiché anche in queste zone possono manifestarsi terremoti con intensità significativa ($M = 5$)

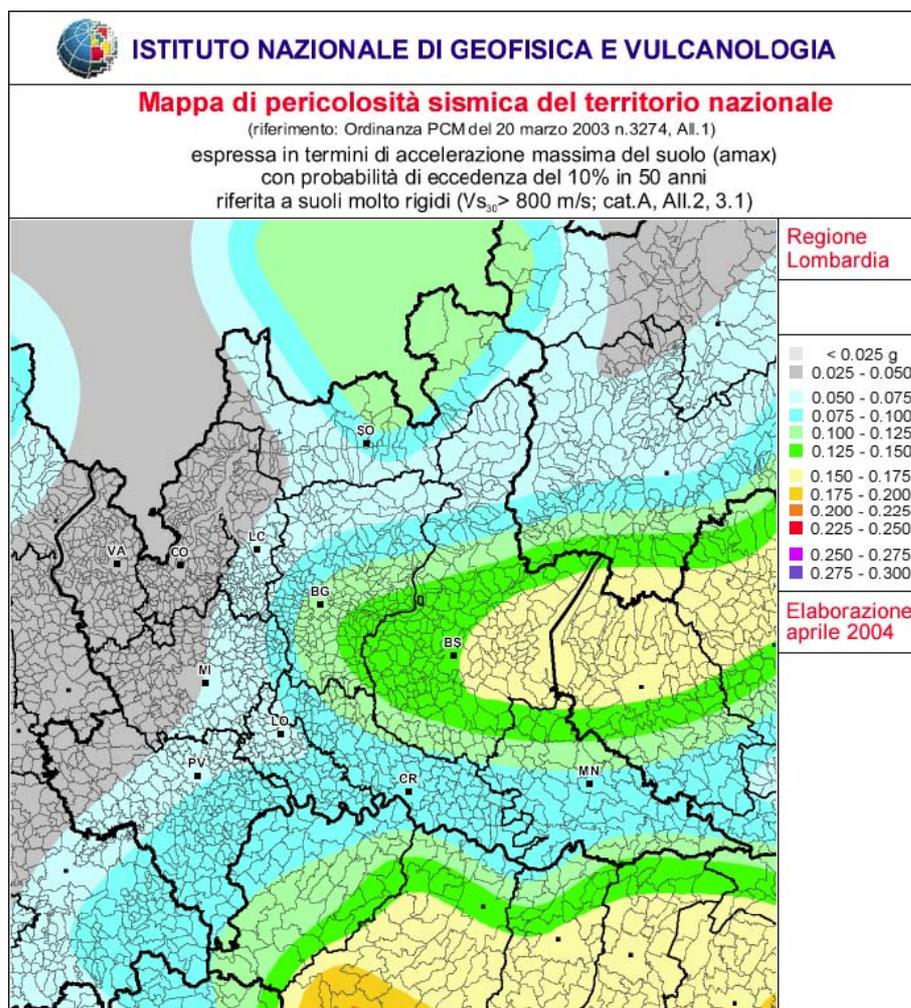


Figura 9 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale.
 Dettaglio per la Regione Lombardia (INGV, aprile 2004)

VULNERABILITÀ SISMICA

La *VULNERABILITÀ SISMICA* consiste nella valutazione della propensione di persone, beni o attività a subire danni al verificarsi dell'evento sismico. Essa misura da una parte la perdita o la riduzione di efficienza, dall'altra la capacità residua a svolgere e assicurare le funzioni che il sistema territoriale nel complesso normalmente esplica a regime.

Nell'ottica di una analisi completa della vulnerabilità si pone il problema di individuare non solo i singoli elementi che possono collassare sotto l'impatto del sisma, ma di individuare e quantificare gli effetti che il loro collasso determina sul funzionamento del sistema territoriale.

Le componenti che concorrono alla definizione del concetto di *VULNERABILITÀ* possono essere distinte in:

- *VULNERABILITÀ DIRETTA*: definita in rapporto alla propensione del singolo elemento fisico a subire danni (es: la vulnerabilità di un edificio o di un viadotto)
- *VULNERABILITÀ INDOTTA*: definita in rapporto agli effetti di crisi dell'organizzazione del territorio generati dal collasso / danneggiamento di uno degli elementi fisici (es: la crisi del sistema di trasporto indotta dall'interruzione di una strada)
- *VULNERABILITÀ DIFFERITA*: definita in rapporto agli effetti che si manifestano nella fasi successive all'evento e tali da modificare il comportamento delle popolazioni (es: il disagio della popolazione causa la riduzione occupazionale per il danneggiamento di attività produttive).

Tra i principali elementi fisici della vulnerabilità vanno ricordati:

- danneggiamenti e/o crolli ad edifici residenziali
- danneggiamento e/o crolli ad edifici di pubblico servizio o produttivi
- danneggiamenti al sistema viario e dei trasporti e/o infrastrutture di servizio
- crolli, frane e modifiche all'ambiente naturale.

RISCHIO SISMICO

La seguente definizione e relativi commenti sono tratti da recenti pubblicazioni che il G.N.D.T. (Gruppo Nazionale Difesa Terremoti del C.N.R.) ha pubblicato sull'argomento.

Qualsiasi terremoto sufficientemente forte produce tre tipi di effetti principali: sul suolo, sugli edifici e sulle persone.

Pertanto, dato un evento sismico di caratteristiche prefissate, il *RISCHIO SISMICO* è dipendente dall'estensione e dalla tipologia della zona interessata dall'evento, dal valore dei beni esposti e dal numero di persone coinvolte.

Per un sistema urbanizzato il *RISCHIO SISMICO* (R) può essere descritto simbolicamente dalla relazione:

$$R = Pr \cdot (Pl \cdot Eu \cdot Vs)$$

In cui:

Pr *pericolosità di riferimento*

definisce l'entità massima dei terremoti ipotizzabili per una determinata area in un determinato intervallo di tempo. Questo fattore è indipendente dalla presenza di manufatti o persone, non può essere in alcun modo modificato dall'intervento umano essendo esclusivamente correlato alle caratteristiche sismogenetiche dell'area interessata. Costituisce l'input energetico, in base al quale commisurare gli effetti generabili da un evento sismico.

Pl *pericolosità locale*

rappresenta la modificazione indotta da condizioni geologiche particolari e dalla morfologia del suolo all'intensità con cui le onde sismiche si manifestano in superficie.

Eu *esposizione urbana*

descrive tutto quanto esiste ed insiste su di un determinato territorio, dalla consistenza della popolazione, al complesso del patrimonio edilizio - infrastrutturale e delle attività sociali ed economiche.

Vs *vulnerabilità del sistema urbano*

è riferita alla capacità strutturale che l'intero sistema urbano o parte di esso ha di resistere agli effetti di un terremoto di data intensità. Può essere descritta per mezzo di indicatori sintetici come la tipologia insediativa, o dalla combinazione di parametri quali materiale, struttura, età, numero di piani ecc., al fine di definire zone a vulnerabilità omogenea.

4.2 INFORMAZIONI RELATIVE ALLA SISMICITÀ DEI TERRITORI COMUNALI DI CORVINO SAN QUIRICO, MORNICO LOSANA, OLIVA GESSI E TORRICELLA VERZATE (PV)

4.2.1 DATI STORICI

Per lo studio del fenomeno terremoti, è fondamentale poter disporre di informazioni relativamente al passato, in quanto i terremoti, essendo provocati da cause geologiche, si ripresentano sempre nei medesimi areali.

La ricerca su quanto avvenuto in passato si è avvalsa dei cataloghi predisposti dalla Comunità scientifica ed in particolare della documentazione prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.).

Più in dettaglio sono stati esaminati:

- il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), I.N.G.V., Bologna.
- il Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani (DBMI04) utilizzate per la compilazione dello stesso catalogo parametrico (CPTI04).

Attraverso l'accesso via web al Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani (DBMI04), realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia per la compilazione del catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI04) è possibile disporre delle osservazioni macrosismiche di tutto il territorio italiano attraverso due modalità: *consultazione per terremoto di riferimento* ovvero *consultazione per località*.

La consultazione per località permette di visionare la storia sismica delle località italiane presenti almeno tre volte in DBMI04 (5325 località in totale). Al click sulla località prescelta comparirà nel frame l'elenco dei terremoti in cui essa è citata.

La tabella della storia sismica è ordinabile per intensità al sito (I_s) ovvero per anno di accadimento del fenomeno. La stessa tabella è salvabile in formato MS Excel.

E' inoltre disponibile il diagramma della storia sismica del sito, limitatamente ai terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5.

Anche i diagrammi sono consultabili sia in modalità statica, tramite semplici immagini in formato GIF, sia in modalità interattiva per chi ha installato il plug-in Adobe SVG Viewer.

In modalità interattiva vengono visualizzati i dati relativi ai terremoti al passaggio del puntatore e cliccando sui pallini verrà aperta una finestra in pop-up con la tabella delle osservazioni e relativa mappa. I diagrammi delle storie sismiche sono salvabili in formato PNG ad alta risoluzione cliccando sull'apposito bottone.

Entrambi gli strumenti sono stati impiegati da appositi gruppi di lavoro per la redazione di studi fondamentali, quali la "*Carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani*" (Fig. 10) e la "*Mappa di pericolosità sismica*" di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche.

Per quanto riguarda la Carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani, si tratta di un elaborato che, per quanto sia stato prodotto alla metà degli anni '90, rappresenta a tutt'oggi un utile strumento di riferimento per l'approccio al rischio sismico.

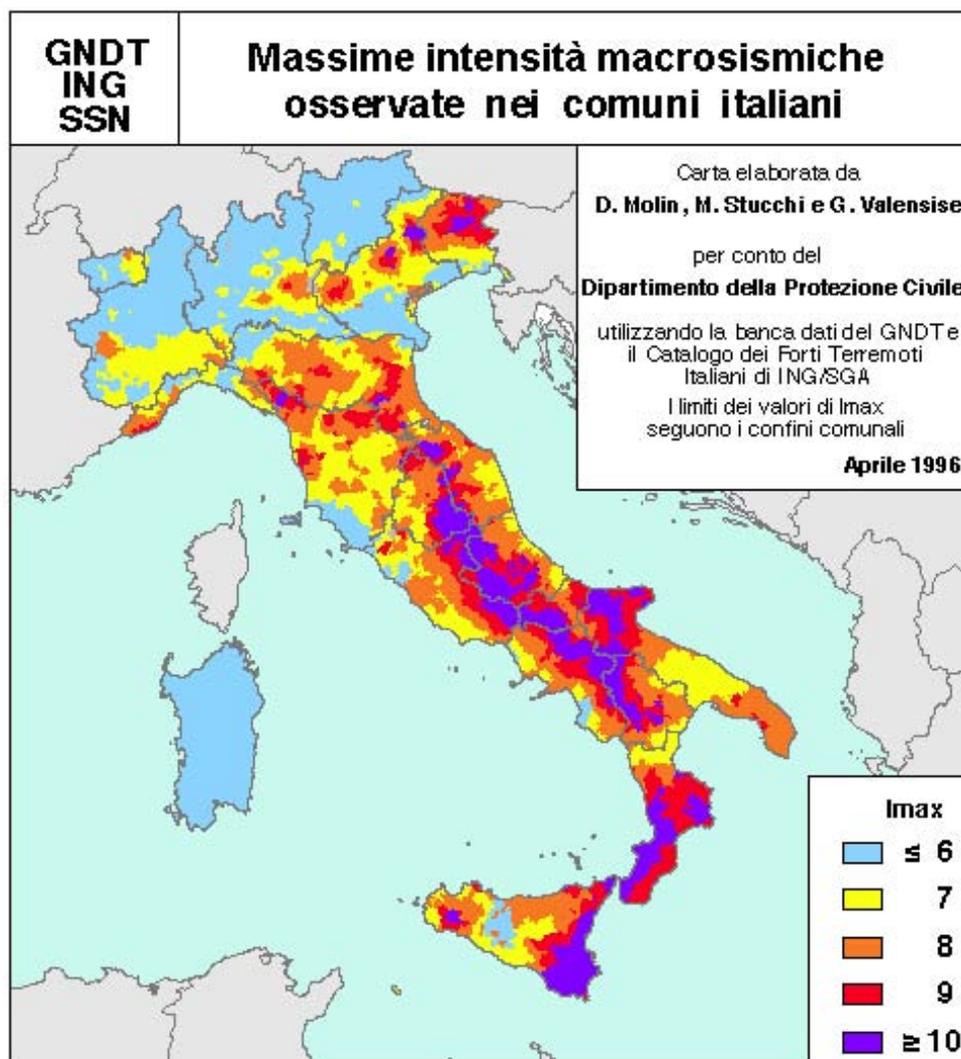


Figura 10 - Massime intensità Macrosismiche osservate in Italia (Fonte I.N.G.V.)

In Figura 11 è riportata la situazione in dettaglio per quanto riguarda le massime intensità macrosismiche osservate in Lombardia. Trattandosi di un elaborato che utilizza i limiti comunali quale cella unitaria, l'aspetto a "macchie di leopardo" che ne deriva, necessita di un'interpretazione elastica alla luce delle conoscenze geologico - morfologiche e tettonico - strutturali che sono alla base del fenomeno sismico.

In ogni caso appare evidente che vengono confermate aree più significative sotto il profilo sismico, quelle del bresciano e dell'oltrepò pavese, mentre vanno approfondite le motivazioni dei risentimenti nel milanese ($I_{max} = 7$).

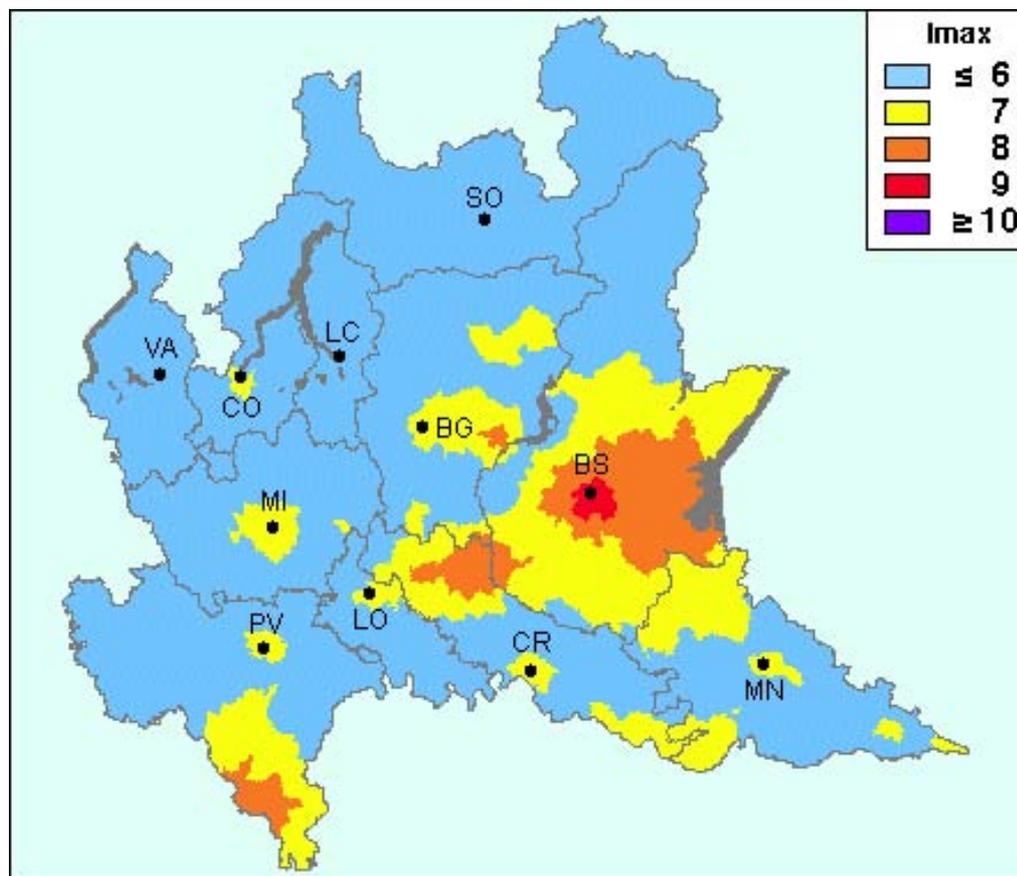


Figura 11 - Massime intensità macrosismiche registrate in Lombardia (fonte INGV)

4.2.2 DATABASE MACROSISMICO ITALIANO 2004 (DBMI04) - ESTRAZIONE DEI DATI

Consultando il Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani (DBMI04) per località (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/consultazione/localita.php?visualizzazione=bitmap>) non sono emerse osservazioni relative ai comuni di Corvino San Quirico, Mornico Losana, Oliva Gessi e Torricella Verzate. Vista la loro collocazione geografica si ritiene, per le finalità del presente lavoro, di poter assumere quali osservazioni di riferimento quelle citate nel Database e riferite al comune di Casteggio.

La storia sismica della Città di Casteggio è segnalata a partire dal 1828, con 9 osservazioni accertate (Fig. 12) tra cui l'evento massimo rappresentato dallo stesso terremoto del 9 ottobre 1828 con epicentro in Valle Staffora.

Altri eventi significativi sono riferiti al 7 settembre 1920, con area epicentrale nella Garfagnana e al terremoto molto più recente del 9 novembre 1983, con area epicentrale nel parmense.

A questi potrebbe essere ragionevolmente aggiunto anche il recente sisma del 24.11.2004 che ha avuto come epicentro la zona di Salò, sulla sponda bresciana del Lago di Garda.

Tutti gli eventi documentati negli ultimi 1000 anni non hanno mai raggiunto né casteggiano la soglia dell'8° grado della scala MCS, anche se nelle rispettive zone epicentrali questi effetti sono stati abbondantemente superati.

| Effetti | In occasione del terremoto: | | | | | | | | | |
|---------|-----------------------------|------|----|----|----|----|----|----------------------|------|------|
| | Is | Anno | Me | Gi | Or | Mi | Se | AE | Io | Mw |
| 7 | 1828 | 10 | 09 | 02 | 20 | | | Valle dello Staffora | 7-8 | 5.67 |
| F | 1891 | 06 | 07 | 01 | 06 | 14 | | Valle d'Illasi | 8-9 | 5.71 |
| 2 | 1898 | 03 | 04 | | | | | CALESTANO | 6-7 | 5.07 |
| NF | 1905 | 04 | 29 | 01 | 46 | 45 | | Alta Savoia | 7-8 | 5.79 |
| 4-5 | 1913 | 12 | 07 | 01 | 28 | | | NOVI LIGURE | 5 | 4.72 |
| 5 | 1920 | 09 | 07 | 05 | 55 | 40 | | Garfagnana | 9-10 | 6.48 |
| 3 | 1960 | 03 | 23 | 23 | 08 | 49 | | Vallese | 6-7 | 5.36 |
| 4 | 1983 | 11 | 09 | 16 | 29 | 52 | | Parmense | 6-7 | 5.10 |
| 3 | 1987 | 05 | 02 | 20 | 43 | 53 | | REGGIANO | 6 | 5.05 |

Fig. 12 - Elenco dei terremoti in cui risulta citata la località di Casteggio (PV)

Is Intensità al sito (MCS)
 AE Denominazione dell'area dei maggiori effetti
 Io Intensità epicentrale (MCS)
 Mw Magnitudo momento

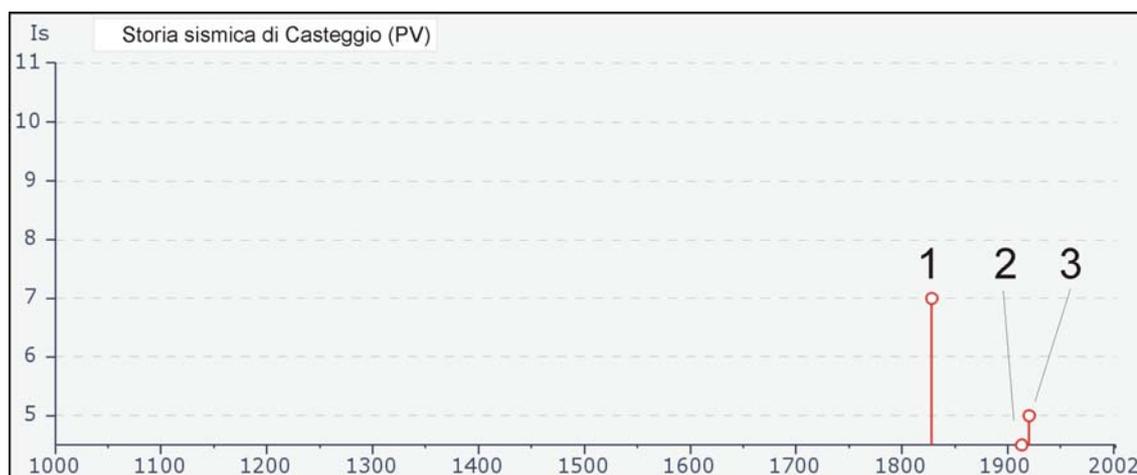


Fig. 13 - Rappresentazione della storia sismica di Casteggio limitatamente ai terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5

- 1) Terremoto del 9 ottobre 1828 – Area epicentrale Valle Staffora
- 2) Terremoto del 7 dicembre 1913 – Area epicentrale Novi Ligure
- 3) Terremoto del 7 settembre 1920 – Area epicentrale Garfagnana

A completamento dell'analisi storica, sono stati estratti 44 terremoti dal Catalogo CPTI04, che hanno avuto intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5 (cfr. Tabella sottostante).

| DATA | | | | | | AE | Ix | Io | Mw | Is |
|------|----|----|-----|----|----|--|-------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|
| An | Me | Gi | Ora | Mi | Se | Denominazione dell'area dei maggiori effetti | Intensità massima (MCS) | Intensità epicentrale (MCS) | Magnitudo momento | Intensità al sito (MCS) |
| 1117 | 1 | 3 | 13 | | | Veronese | 9 | 9-10 | 6,49 | D |
| 1541 | 10 | 22 | 18 | | | VALLE SCRIVIA | 8 | 8 | 5,48 | 4 |
| 1695 | 2 | 25 | 5 | 30 | | Asolano | 10 | 9-10 | 6,61 | 4-5 |
| 1759 | 5 | 26 | 1 | 30 | | PAVIA | 6 | 6 | 4,83 | 6 |
| 1802 | 5 | 12 | 9 | 30 | | Valle dell'Oglio | 8-9 | 8 | 5,67 | 6 |
| 1810 | 12 | 25 | 0 | 45 | | NOVELLARA | 7 | 7 | 5,28 | 4 |
| 1826 | 6 | 24 | 12 | 15 | | SALO' | 5-6 | 5-6 | 4,74 | 2-3 |
| 1828 | 10 | 9 | 2 | 20 | | Valle dello Staffora | 8 | 7-8 | 5,67 | 6 |
| 1832 | 3 | 13 | 3 | 30 | | Reggiano | 7-8 | 7-8 | 5,59 | F |
| 1854 | 12 | 29 | 1 | 45 | | Liguria occidentale | 7-8 | 7-8 | 5,77 | 3-4 |
| 1875 | 3 | 17 | 23 | 51 | | Romagna sud-orient. | 8 | 8 | 5,74 | 2 |
| 1885 | 2 | 26 | 20 | 48 | | SCANDIANO | 6 | 6 | 5,22 | 3 |
| 1887 | 2 | 23 | 5 | 21 | 50 | Liguria occidentale | 10 | 9 | 6,29 | 4-5 |
| 1891 | 6 | 7 | 1 | 6 | 14 | Valle d'Illasi | 9 | 8-9 | 5,71 | 4 |
| 1892 | 1 | 5 | | | | GARDA OCC. | 7-8 | 6-7 | 4,96 | 4 |
| 1894 | 11 | 27 | | | | FRANCIACORTA | 6-7 | 6-7 | 4,95 | 2-3 |
| 1895 | 3 | 23 | | | | COMACCHIO | 6-7 | 6 | 4,83 | RS |
| 1896 | 10 | 16 | | | | ALBENGA | 6 | 6 | 4,90 | RS |
| 1898 | 1 | 16 | 12 | 10 | 5 | Romagna settent. | 7 | 6-7 | 5,03 | NF |
| 1898 | 3 | 4 | | | | CALESTANO | 7 | 6-7 | 5,07 | 3 |
| 1901 | 10 | 30 | 14 | 49 | 58 | Salò' | 8 | 8 | 5,67 | 5 |
| 1902 | 6 | 27 | 16 | 48 | | CASENTINO | 6 | 6 | 4,83 | RS |
| 1905 | 11 | 26 | | | | IRPINIA | 7-8 | 7 | 5,32 | RS |
| 1907 | 4 | 25 | 4 | 52 | | BOVOLONE | 6 | 6 | 4,94 | RS |
| 1908 | 7 | 10 | 2 | 13 | 35 | Carnia | 7-8 | 7-8 | 5,34 | NF |
| 1909 | 1 | 13 | 0 | 45 | | BASSA PADANA | 6-7 | 6-7 | 5,53 | 4 |
| 1909 | 8 | 25 | 0 | 22 | | MURLO | 7-8 | 7-8 | 5,40 | RS |
| 1911 | 9 | 13 | 22 | 29 | | CHIANTI | 7-8 | 7 | 5,14 | RS |
| 1913 | 12 | 7 | 1 | 28 | | NOVI LIGURE | 5 | 5 | 4,72 | 5 |
| 1914 | 10 | 27 | 9 | 22 | | GARFAGNANA | 7 | 7 | 5,79 | 4 |
| 1914 | 10 | 26 | 3 | 45 | | TAVERNETTE | 7 | 7 | 5,36 | F |
| 1915 | 1 | 13 | 6 | 52 | | AVEZZANO | 11 | 11 | 6,99 | NF |
| 1920 | 9 | 7 | 5 | 55 | 40 | Garfagnana | 10 | 9-10 | 6,48 | 5 |
| 1945 | 6 | 29 | 15 | 37 | 13 | Valle dello Staffora | 7-8 | 7-8 | 5,15 | 4-5 |
| 1945 | 12 | 15 | 5 | 27 | | VARZI | 6 | 5-6 | 4,78 | 2-3 |
| 1951 | 5 | 15 | 22 | 54 | | LODIGIANO | 6 | 6-7 | 5,24 | 6 |
| 1960 | 3 | 23 | 23 | 8 | 49 | Vallese | 6-7 | 6-7 | 5,36 | 3 |
| 1967 | 12 | 9 | 3 | 9 | | ADRIATICO MER. | 5 | 6 | 4,83 | RS |
| 1971 | 7 | 15 | 1 | 33 | 23 | Parmense | 8 | 7-8 | 5,61 | 3 |
| 1972 | 10 | 25 | 21 | 56 | | PASSO CISA | 5 | 5 | 4,95 | 4 |
| 1976 | 5 | 6 | 20 | | | FRIULI | 9-10 | 9-10 | 6,43 | 3-4 |
| 1976 | 9 | 15 | 9 | 21 | 18 | Friuli | 8-9 | 8-9 | 5,92 | 4 |
| 1983 | 11 | 9 | 16 | 29 | 52 | Parmense | 7 | 6-7 | 5,10 | 4 |
| 1987 | 5 | 2 | 20 | 43 | 53 | REGGIANO | 6 | 6 | 5,05 | 3-4 |

Tabella 2 - Osservazioni sismiche a Pavia

Dall'esame della tabella si osserva che gli epicentri dei terremoti selezionati ricadono in 14 casi nella zona sismogenetica ZS911 ("arco di Pavia" e strutture tettoniche connesse).

L'accenno alle zone sismogenetiche, ricorda la stretta relazione che intercorre tra i cataloghi parametrici sismici e le varie zone del territorio nazionale, distinguibili tra loro perché all'interno di ciascuna è individuabile un modello sismotettonico omogeneo.

La più recente zonazione del territorio nazionale, denominata ZS9, è stata presentata nell'appendice 2 al Rapporto conclusivo del Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica, di cui all'Ordinanza PCM 20.03.2003, n°3274.

Si tratta di un'evoluzione della precedente zonazione denominata ZS4 (1996) e pur confermandone il quadro cinematico generale, ha introdotto importanti modifiche, rese possibili dalle conoscenze più recenti sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche.

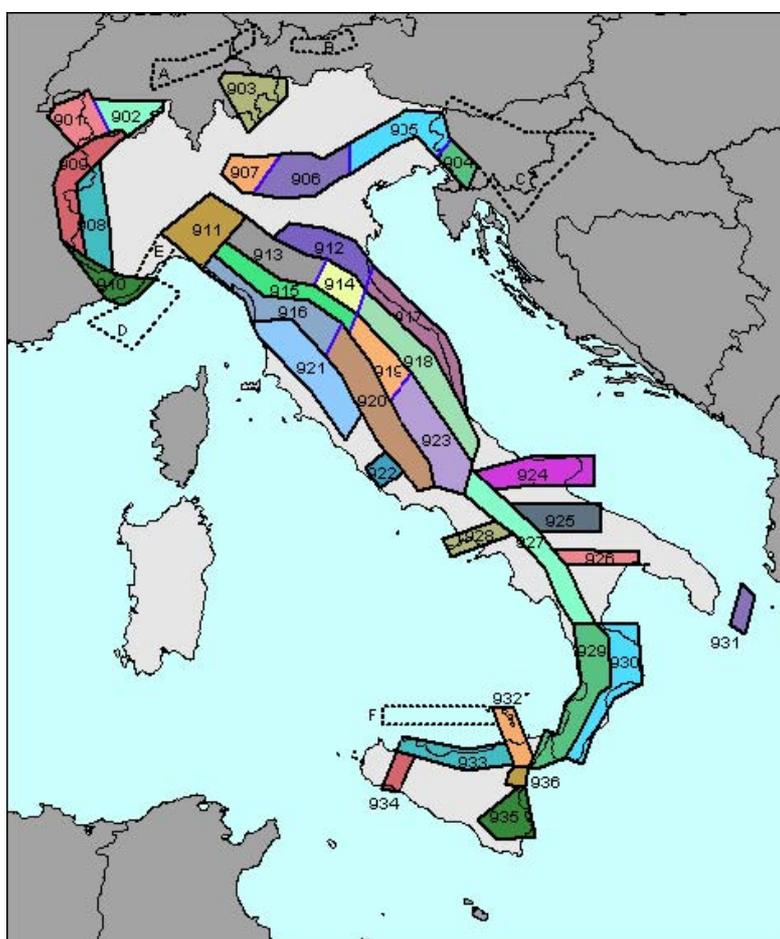


Figura 14

Zonazione sismogenetica ZS9 (da Rapporto conclusivo del Gruppo di lavoro per la redazione della Mappa di pericolosità sismica – INGV, aprile 2004)

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia Database Macrosismico Italiano 2004 (DBMI04)

Il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico dei terremoti italiani CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/> Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38. Stucchi et alii. (2007).

4.3 QUADRO NORMATIVO NAZIONALE E REGIONALE

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 marzo 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. n°105 dell'8 maggio 2003 Supplemento ordinario n°72, sono state individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale, e fornita le normative tecnica da adottare per le costruzioni nelle stesse zone sismiche.

La Regione Lombardia, con D.G.R. n°14964 del 7 novembre 2003, ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione dalla citata Ordinanza 3274/03.

L'Ordinanza n°3274, in regime transitorio più volte prorogato fino al 23.10.2005, è stata ripresa nel D.M. 14 settembre 2005 "*Norme tecniche per le costruzioni*", pubblicato sulla G.U. n°222 del 23 settembre 2005, Supplemento ordinario n°159 e successivamente nel D.M. 14 gennaio 2008 - "*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*", pubblicato sulla G.U. n°29 del 4 febbraio 2008 - Supplemento Ordinario n°30.

A far tempo da tale data è confermata quindi la nuova classificazione sismica del territorio nazionale, così come deliberato dalle singole regioni, e le relative normative, con regime transitorio di 18 mesi a partire dal 23.10.2005 - inizialmente prorogato al 31.12.2007 - (possibilità cioè di applicare la nuova normativa o in alternativa quella previgente individuata dal D.M. 16.01.1996).

Con la pubblicazione sulla G.U. n°302 del 31 dicembre 2007 del D.L. n°248/2007, recante "*Proroga di termini previsti da disposizioni legislative e disposizioni urgenti in materia finanziaria*", veniva ulteriormente prorogato il regime transitorio per l'operatività delle norme tecniche per le costruzioni e la loro conseguente applicazione, di cui al D.M. 14.09.2005 "*Norme tecniche per le costruzioni*", dalla scadenza già prorogata al 31 dicembre 2007 sino al 30 giugno 2009.

A partire dal 1 Luglio 2009 l'unica normativa tecnica di riferimento per le costruzioni è il Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14/01/08, in seguito alla pubblicazione Sulla Gazzetta Ufficiale n°147 del 27/6/2009 - Suppl. Ordinario n°99 della legge di conversione 24 giugno 2009, n°77 «Interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici nella regione Abruzzo nel mese di aprile 2009 e ulteriori interventi urgenti di protezione civile» che, fra le altre, contiene la disposizione che fissa al 1° luglio 2009 l'inizio della vigenza esclusiva del D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" per tutte le tipologie di opera.

La nuova classificazione sismica è articolata in 4 zone (refer. Tabella 3), le prime tre corrispondono, dal punto di vista degli adempimenti previsti dalla Legge 64/74 e s.m. e i., alle zone di sismicità alta (zona 1 ovvero S=12), media (zona 2 ovvero S=9) e bassa (zona 3 ovvero S=6); nella zona 4, di nuova introduzione, è data facoltà alle regioni di imporre l'obbligo della progettazione antisismica.

La Regione Lombardia, con la citata D.G.R. n°14964 del 7 novembre 2003, ha imposto in zona 4, all'interno della quale risultano ricadere anche i comuni di Corvino San Quirico, Mornico Losana, Oliva Gessi e Torricella Verzate, l'obbligo della progettazione antisismica per le sole costruzioni "*strategiche e rilevanti*", così come rilevate dal Decreto n°19904 del 21.11.2003.

In sintesi, si è quindi passati dalla precedente classificazione sismica di cui al D.M. 5 marzo 1984, che individuava 41 comuni distribuiti tra le province di Bergamo, Brescia, Cremona e Pavia, tutti in zona 2, alla attuale classificazione sismica, con:

- 41 comuni in zona 2 distribuiti tra le province di Bergamo, Brescia, Cremona, e Pavia,
- 238 comuni in zona 3 distribuiti tra le province di Bergamo, Brescia, Mantova e Pavia
- i restanti 1267 comuni della regione in zona 4

La nuova normativa introduce inoltre, per la definizione delle azioni sismiche di progetto, cinque categorie principali di sottosuolo, individuate dai valori della velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri di sottosuolo (V_{S30}), mettendo così in evidenza l'importanza nella progettazione, oltre che dei normali parametri geotecnici del terreno di fondazione, anche di quelli elastici, ed enfatizzando l'importanza della velocità delle onde di taglio (V_S) che meglio rappresenta la variabilità geotecnica dei terreni in risposta sismica.

| | Zona 1 | Zona 2 | Zona 3 | Zona 4 |
|---------------|--------|-----------|------------|-------------|
| Bergamo | = | 4 | 85 | 155 |
| Brescia | = | 32 | 116 | 58 |
| Como | = | = | = | 163 |
| Cremona | = | 4 | = | 111 |
| Lecco | = | = | = | 90 |
| Lodi | = | = | = | 61 |
| Mantova | = | = | 21 | 49 |
| Milano | = | = | = | 188 |
| Pavia | = | 1 | 16 | 173 |
| Sondrio | = | = | = | 78 |
| Varese | = | = | = | 141 |
| TOTALE | = | 41 | 238 | 1267 |

Tabella 3

Classificazione del territorio regionale a seguito dell'entrata in vigore dell'O.P.C.M. 3274/03

Per quanto concerne la Provincia di Pavia, il raffronto tra il precedente quadro normativo e l'attuale, evidenzia quanto riportato in Tabella 4A e 4B.

Secondo la nuova classificazione i 190 comuni della Provincia di Pavia risultano così distribuiti: nessun comune ricade nella zona 1, un solo comune ricade nella zona 2, 16 comuni risultano compresi nella zona 3 ed i restanti 173 comuni sono attribuiti alla zona 4.

La vecchia classificazione (D.M. 5 Marzo 1984) comportava invece che nessun comune ricadesse nelle zone a grado di sismicità alto e basso (caratterizzate rispettivamente da $S = 12$ e $S = 6$), mentre un solo comune ricadeva nella zona a grado di sismicità medio ($S = 9$).

| Rischio sismico: classificazione del territorio in Provincia di Pavia | | | | |
|--|---|---|---|---------------|
| Vecchia Classificazione (D.M. 5 marzo 1984) | Grado di sismicità alto S = 12 | Grado di sismicità medio S = 9 | Grado di sismicità basso S = 6 | |
| Comuni interessati | 0 | 1 | 0 | |
| Classificazione a seguito dell'entrata in vigore dell' O.P.C.M. 3274/03 | Zona 1 | Zona 2 | Zona 3 | Zona 4 |
| Comuni interessati | 0 | 1 | 16 | 173 |

Tabella 4A

Provincia di Pavia - Raffronto tra il precedente quadro normativo e l'attuale

| Rischio sismico: classificazione del territorio | Classificazione Precedente (D.M. 5 marzo 1984) | Classificazione a seguito dell'entrata in vigore dell' O.P.C.M. 3274/03 |
|--|---|--|
| Comuni della Provincia di Pavia ricadenti in zona 2 e zona 3 a seguito dell'entrata in vigore dell'O.P.C.M. 3274/03 | Categoria | Zona |
| 1. Bagnaria | N.C. | 3 |
| 2. Borgoratto Mormorolo | N.C. | 3 |
| 3. Brallo di Pregola | N.C. | 3 |
| 4. Cecima | N.C. | 3 |
| 5. Fortunago | N.C. | 3 |
| 6. Godiasco | N.C. | 3 |
| 7. Menconico | N.C. | 3 |
| 8. Montesegeale | N.C. | 3 |
| 9. Ponte Nizza | N.C. | 3 |
| 10. Rocca Susella | N.C. | 3 |
| 11. Romagnese | N.C. | 3 |
| 12. Ruino | N.C. | 3 |
| 13. Santa Margherita di Staffora | N.C. | 3 |
| 14. Val di Nizza | N.C. | 3 |
| 15. Valverde | N.C. | 3 |
| 16. Varzi | 2 | 2 |
| 17. Zavattarello | N.C. | 3 |

Tabella 4B

*Comuni della Provincia di Pavia ricadenti in zona 2 e zona 3
a seguito dell'entrata in vigore dell'O.P.C.M. 3274/03*

4.3.1 AZIONE SISMICA - CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

La normativa prevede l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del sottosuolo ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, mediante l'individuazione di cinque categorie di sottosuolo di riferimento (A - B - C - D - E), più altri due speciali (S1 e S2).

Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

- A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 metri.
- B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $CU_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < CU_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $CU_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
- E Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 metri, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo (*), ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{S30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità.

(*) Per *volume significativo* di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso.

La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (*Standard Penetration Test*) N_{SPT30} nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente CU_{30} nei terreni prevalentemente a grana fina.

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori due categorie S1 ed S2 di seguito indicati, è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

- S1** Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{S30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < CU_{30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 metri di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 metri di torba o di argille altamente organiche.
- S2** Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Il parametro V_{S30} utilizzato per la classificazione del terreno corrisponde alla velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 metri di profondità dal piano di posa delle fondazioni e viene calcolato con la seguente espressione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} \quad (1)$$

dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

In assenza d'informazioni sulle velocità delle onde di taglio, il sito sarà classificato sulla base del valore della resistenza penetrometrica N_{SPT} ovvero della coesione non drenata C_u .

4.3.2 AZIONE SISMICA - ZONE SISMICHE

Ai fini dell'applicazione di questa normativa, il territorio nazionale viene suddiviso in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore dell'accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A (a_g).

I valori di (a_g), espressi come frazione dell'accelerazione di gravità (g), da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono riportati nella tabella seguente, unitamente ai valori di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g/g).

La procedura messa a punto fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) e può essere implementata considerando altri periodi di ritorno.

| ZONA | ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA SU SUOLO DI CATEGORIA A (a_g) | ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI ANCORAGGIO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (NORME TECNICHE) (a_g/g) | ACCELERAZIONE ORIZZONTALE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g/g) |
|------|--|---|--|
| 1 | 0,35g | 0,35 | > 0,25 |
| 2 | 0,25g | 0,25 | 0,15-0,25 |
| 3 | 0,15g | 0,15 | 0,05-0,15 |
| 4 | 0,05g | 0,05 | <0,05 |

Si nota come per i comuni di Corvino San Quirico, Mornico Losana, Oliva Gessi e Torricella Verzate, inclusi nella zona sismica 4, l'accelerazione orizzontale di picco con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (a_g/g) è inferiore a 0,05 g e l'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g/g) è fissato pari a 0,05.

Per ogni categoria di suolo di fondazione l'O.P.C.M. n°3274 del 20 marzo 2003 indica un fattore S (che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione), variabile tra 1 e 1,35, moltiplicatore dell'accelerazione a_g relativa alla zona indagata.

Per le diverse categorie di terreno, il livello di sismicità di una specifica area viene caratterizzato attraverso il valore dell'accelerazione massima ($a_g S$) e vengono anche definiti i periodi TB – TC – TD che individuano la forma della componente orizzontale e della componente verticale dell'azione sismica.

| Categoria suolo | S | TB | TC | TD |
|-----------------|------|------|------|-----|
| A | 1,0 | 0,15 | 0.40 | 2.0 |
| B, C, E | 1,25 | 0.15 | 0.50 | 2.0 |
| D | 1,35 | 0.20 | 0.80 | 2.0 |

Valori dei parametri dello spettro di risposta elastica della componente orizzontale

| Categoria suolo | S | TB | TC | TD |
|-----------------|-----|------|------|-----|
| A, B, C, D, E | 1,0 | 0,05 | 0.15 | 1.0 |

Valori dei parametri dello spettro di risposta elastica della componente verticale

In definitiva, in un determinato sito il moto sismico è definito da uno spettro di risposta elastico la cui espressione dipende, tramite opportuni coefficienti numerici, dalle caratteristiche del terreno (fattore S e periodi TB – TC - TD), dal periodo di vibrazione proprio della struttura (T_0), dall'accelerazione al suolo (a_g) e del fattore η che tiene conto dello smorzamento viscoso della struttura.

4.4 METODOLOGIA UTILIZZATA PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI SISMICI DI SITO

In adempimento a quanto previsto delle predette normative nazionali, la Regione Lombardia con D.G.R. n°8.1566.2005 del 22.12.2005 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n°12", ha individuato una apposita metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, fondata sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione regionali, 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, di seguito sintetizzati (il 1° e il 2° relativi alla fase pianificatoria; il 3° alla fase progettuale):

1° livello Riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti. Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata la classificazione e la perimetrazione delle aree suscettibili di amplificazione sismica (*aree a Pericolosità Sismica Locale - PSL*).

2° livello Caratterizzazione semi - quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree individuate dalla carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di *Fattore di Amplificazione (Fa)*. Il confronto con il valore soglia fornito dalla Regione Lombardia per ciascun Comune (vedi tabella seguente) consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato, superiore a Fa di soglia). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore (ad es. i comuni in zona 3 utilizzeranno i valori previsti per la zona 2).

| <u>Comune di CORVINO SAN QUIRICO</u> Valori di soglia del <i>Fattore di Amplificazione (Fa)</i> | Suolo tipo A | Suolo tipo B-C-E | Suolo tipo D |
|---|-----------------|---------------------|-----------------|
| VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s | 0,60 | 0,80 | 0,90 |
| VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s | 0,90 | 1,40 | 2,30 |

| Comune di MORNICO LOSANA Valori di soglia del <i>Fattore di Amplificazione (Fa)</i> | Suolo tipo A | Suolo tipo B-C-E | Suolo tipo D |
|--|-----------------|---------------------|-----------------|
| VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s | 0,60 | 0,80 | 0,90 |
| VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s | 0,90 | 1,30 | 2,20 |
| Comune di OLIVA GESSI Valori di soglia del <i>Fattore di Amplificazione (Fa)</i> | Suolo tipo A | Suolo tipo B-C-E | Suolo tipo D |
| VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s | 0,60 | 0,80 | 0,90 |
| VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s | 0,90 | 1,40 | 2,20 |
| Comune di TORRICELLA VERZATE Valori di soglia del <i>Fattore di Amplificazione (Fa)</i> | Suolo tipo A | Suolo tipo B-C-E | Suolo tipo D |
| VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s | 0,60 | 0,80 | 0,90 |
| VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s | 0,90 | 1,40 | 2,20 |

Per i comuni di Corvino San Quirico, Mornico Losana, Oliva Gessi e Torricella Verzate, ricadenti in zona sismica 4, l'applicazione di tale livello è obbligatoria, all'interno delle aree PSL Z3 e Z4, solo nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi del d.d.u.o. n°19904/2003; ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e per le zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1a, Z1b, Z1c, Z2 e Z5 della Tabella 5) non è prevista l'applicazione degli studi di 2° livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3° livello, come specificato al punto successivo.

3° livello

Definizione quantitativa degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite. Tale livello si applica in fase progettuale, obbligatoriamente, nei seguenti casi:

- nelle zone sismiche 2 e 3, quando l'indagine di 2° livello (zone Z3 e Z4) indica un fattore di amplificazione F_a maggiore del valore soglia comunale e

in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità (zone Z1), cedimenti e/o liquefazione (zone Z2) e zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z5).

- nelle zone sismiche 4, quando l'indagine di 2° livello indica un fattore di amplificazione F_a maggiore del valore soglia comunale e, limitatamente agli edifici strategici e rilevanti, in presenza di aree perimetrate Z1, Z2 e Z5

Il 3° 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 2° e 3° livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica. Nella Tabella 5 vengono sintetizzati gli adempimenti e le tempistica in funzione della zona sismica di appartenenza.

In sintesi, la metodologia utilizzata, con riferimento alla D.G.R. n°8.1566.2005, prevede quindi 3 livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente: i primi due livelli (1° livello e 2° livello) sono obbligatori in fase di pianificazione (con le opportune differenze in funzione della zona sismica di appartenenza, come meglio specificato nel testo della direttiva), mentre il 3° livello è obbligatorio in fase di progettazione nei casi sopra specificati.

| Livelli di approfondimento e fasi di applicazione | | | | |
|--|--------------------------------------|---|---|--|
| | 1° livello fase pianificatoria | 2° livello fase pianificatoria Obbligatorio per situazioni specifiche | | 3° livello fase progettuale Obbligatorio per situazioni specifiche |
| Zona sismica 2- 3 | Obbligatorio in generale | Obbligatorio: | Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già dichiarate inedificabili | Nelle aree indagate con il 2° livello, quando F_a calcolato è maggiore del valore soglia comunale; Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5. |
| Zona sismica 4 | Obbligatorio in generale | Obbligatorio: | Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) | Nelle aree indagate con il 2° livello quando F_a calcolato è maggiore del valore soglia comunale; Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5 per edifici strategici e rilevanti |

Tabella 5

Livello di approfondimento dello studio in relazione alla zona sismica di appartenenza

4.5 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE DEL TERRITORIO DEI COMUNI DI CORVINO SAN QUIRICO, MORNICO LOSANA, OLIVA GESSI E TORRICELLA VERZATE SECONDO LE INDICAZIONI DELLA D.G.R. 22 DICEMBRE 2005, N°8/1566

Per i comuni di Corvino San Quirico, Mornico Losana, Oliva Gessi e Torricella Verzate, ricadenti in zona sismica 4 (quella a minor grado di sismicità, definita come "bassa sismicità"), la D.G.R. 22 dicembre 2005, n°8/1566 prevede obbligatoriamente, in fase pianificatoria, l'applicazione del primo livello di approfondimento.

Esso consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti. Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di:

- osservazioni geologiche
- raccolta dei dati disponibili (cartografia topografica di dettaglio, cartografia geologica e dei dissesti)
- risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

Perciò, salvo per quei casi in cui non siano disponibili informazioni geotecniche di alcun tipo, nell'ambito del 1° livello di approfondimento non sono necessarie nuove indagini geotecniche. Per quanto riguarda il territorio dei comuni di Corvino San Quirico, Mornico Losana, Oliva Gessi e Torricella Verzate, lo studio relativo al primo livello di approfondimento è consistito in:

- analisi dei dati esistenti, già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento (Tavola n°1 "CARTA DI INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO E STRUTTURALE"; Tavola n°2 "CARTA GEOMORFOLOGICA"; Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO")
- redazione della Tavola n°4 "CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) CON UBICAZIONE DEI DATI LITOSTRATIGRAFICI, GEOGNOSTICI E GEOTECNICI", elaborata a partire dalle informazioni di carattere litologico e geotecnico utilizzate per la redazione delle precedenti carte di base, in cui viene riportata la perimetrazione areale e la definizione lineare delle diverse situazioni tipo (vedi Tabella 6) in grado di determinare gli effetti sismici locali. La tabella è conforme nelle sigle e nella numerazione a quella individuata dalla normativa di settore; sono state pertanto derubricate le zone non riscontrate nel territorio in studio

Per quanto riguarda le modalità di restituzione della Tavola n°4 "CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) CON UBICAZIONE DEI DATI LITOSTRATIGRAFICI, GEOGNOSTICI E GEOTECNICI", si sono considerate le indicazioni fornite dall'*Allegato 5* della D.G.R. 22 dicembre 2005, N°8/1566 con relative successive integrazioni (Integrazioni all'*Allegato 5*, Convenzione tra Regione Lombardia e Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Febbraio 2006).

| <i>Sigla</i> | UNIONE DEI COMUNI LOMBARDA DELL'OLTREPO' CENTRALE SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE | EFFETTI SISMICI LOCALI |
|--------------|---|--|
| Z1a | Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi | Instabilità |
| Z1b | Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti | |
| Z1c | Zona caratterizzata da movimenti franosi stabilizzati | |
| Z2 | Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti. Riporti compatti (rilevati stradali e ferroviari); riporti eterogenei non compattati o poco compattati | Cedimenti diffusi |
| Z3a | Zone di ciglio con altezza H > 10 metri (orlo di terrazzo fluviale; orlo di scarpata morfologica) | Amplificazioni topografiche |
| Z3b | Zona di cocuzzolo arrotondata | |
| Z4a | Zone con prevalenza di depositi alluvionali coesivi (Piano Generale Terrazzato" (P.G.T.) o "Livello Fondamentale della Pianura a Sud del fiume Po). | Amplificazioni litologiche e geometriche |
| Z4a* | Zona di fondovalle con depositi a grana fine di origine colluviale e/o alluvionale (valli laterali del reticolo idrico minore) | |
| Z5 | Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse | Comportamenti differenziali |

Tabella 6

*Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale
Scenari di pericolosità sismica locale ed effetti sismici locali attesi*

Nella fase di redazione della CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) sono stati rappresentati con:

- elementi lineari gli scenari Z3a, Z3b e Z5: in particolare per lo scenario Z3a si è evidenziato il ciglio della scarpata, per lo scenario Z3b la linea di cresta sommitale e per lo scenario Z5 il limite di contatto tra i litotipi individuati;
- elementi areali gli scenari Z1, Z2, Z4a e Z4a*.

In particolare, per quanto riguarda le superfici caratterizzate dalla presenza di materiale di riporto, esse sono state attribuite allo scenario Z2, considerando in questo modo il riporto in generale come materiale poco addensato; questa attribuzione, sebbene non sempre verificabile, è sicuramente cautelativa rispetto alla risposta sismica effettiva.

Gli scenari Z1 e Z2 nell'analisi di primo livello sono evidenziati sulla base del fenomeno prioritario che li caratterizza, quali fenomeni di instabilità e cedimenti.

Le prescrizioni da assegnare a questi scenari in fase di pianificazione riguardano, oltre al fenomeno prioritario, anche i fenomeni di possibile amplificazione sismica che dovranno essere valutati in fase di progettazione sulla base degli interventi adottati per risolvere le problematiche prioritarie.

Gli scenari PSL individuati con l'analisi di primo livello sono stati riportati con appositi retini trasparenti nella Tavola n°9 "CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ESTESA ALL'INTERO TERRITORIO DELL'UNIONE", assegnando a ciascuno le prescrizioni opportune, con specifico riferimento a quanto riportato al paragrafo 2.6 "Normativa sismica del territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale" delle Norme geologiche di Piano.

Tale sovrapposizione non comporta comunque un automatico cambio di classe di fattibilità ma fornisce indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dal D.M. 14 gennaio 2008, oppure dove sia necessario realizzare preventivamente gli studi di 3° livello, fermo restando la possibilità di utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore. La CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) permette anche l'assegnazione diretta della classe di pericolosità sismica (da H1 a H4) e dei successivi livelli di approfondimento necessari (vedi Tabella 7):

| Sigla | UNIONE DEI COMUNI LOMBARDA DELL'OLTREPO' CENTRALE SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE | CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA |
|--------------|---|--|
| Z1a | Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi | H3 |
| Z1b | Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti | H2 – livello di approfondimento 3° |
| Z1c | Zona caratterizzata da movimenti franosi stabilizzati | |
| Z2 | Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti. Riporti compatti (rilevati stradali e ferroviari); riporti eterogenei non compattati o poco compattati | H2 – livello di approfondimento 3° |
| Z3a | Zone di ciglio con altezza H > 10 metri (orlo di terrazzo fluviale; orlo di scarpata morfologica) | H2 – livello di approfondimento 2° |
| Z3b | Zona di cocuzzolo arrotondata | |
| Z4a | Zone con prevalenza di depositi alluvionali coesivi (Piano Generale Terrazzato" (P.G.T.) o "Livello Fondamentale della Pianura a Sud del fiume Po). | H2 – livello di approfondimento 2° |
| Z4a* | Zona di fondovalle con depositi a grana fine di origine colluviale e/o alluvionale (valli laterali del reticolo idrico minore) | |
| Z5 | Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse | H2– livello di approfondimento 3° |

Tabella 7

*Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale
Classi di pericolosità sismica per ogni scenario di pericolosità sismica locale*

La CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL) rappresenta perciò il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento:

il 2° livello di approfondimento permetterà:

- la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi
- l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione (zone Z3a, Z3b, Z4a e Z4a*), di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici.

il 3° livello di approfondimento permetterà:

- la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi per le sole aree in cui la normativa nazionale risulta inadeguata,
- la quantificazione degli effetti di instabilità dei versanti (zone Z1) e dei cedimenti (zone Z2).

Non è necessaria la valutazione quantitativa a livelli di approfondimento maggiore dello scenario inerente le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (zone Z5), in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi.

In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

5. CARATTERISTICHE GEOLOGICO - APPLICATIVE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO

5.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

Per la caratterizzazione del suolo e del primo sottosuolo del territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale si è proceduto, contestualmente alla mappatura dei pozzi per acqua (rifer. Tavola n°3 "CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO" e Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO"), alla raccolta e alla rielaborazione dei dati relativi alle indagini geologico - geotecniche eseguite a supporto degli interventi edilizi realizzati od in itinere, recuperate presso l'ufficio Tecnico dei Comuni dell'Unione.

I dati raccolti si riferiscono a:

- n°31 diagrafie relative a prove penetrometriche statiche "*cone penetration test*" (C.P.T. 01_31)
- n°1 diagrafia relativa a prove penetrometriche dinamiche "*Dynamic Continuous Penetration Test*" con avanzamento di 10 centimetri (D.C.P.T.₁₀ 01)
- n°4 diagrafie relative a prove penetrometriche dinamiche "*Dynamic Continuous Penetration Test*" con avanzamento di 20 centimetri (D.C.P.T.₂₀ 01_04)
- n°15 diagrafie relative a prove penetrometriche dinamiche "*Dynamic Continuous Penetration Test*" con avanzamento di 30 centimetri (D.C.P.T.₃₀ 01_15)
- n°5 stratigrafie relative a trincee geognostiche esplorative (T 01_05)

Per i parametri geotecnici delle singole litologie, utili per valutazioni di carattere geologico - applicativo ed ingegneristico finalizzate allo sviluppo di calcoli di portanza e cedimenti del terreno di fondazione, si può quindi in prima analisi fare riferimento ai diagrammi ed ai tabulati allegati (riferimento 'RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DEL TERRITORIO DELL'UNIONE - STRATIGRAFIE POZZI PER ACQUA').

Attraverso i diagrammi rielaborati relativi in particolare alle prove penetrometriche statiche (C.P.T. 01_31) è quindi possibile ricavare utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni esplorati, sulla base dei valori delle resistenze di punta "Rp" e laterali "Rl" e del rapporto Rp/Rl (Begemann 1965) oppure del rapporto $FR = Rl/Rp$ (Schmertmann, 1978).

Per quanto riguarda le trincee geognostiche esplorative (T 01_05), l'analisi delle stratigrafie -talvolta supportata da parametri geotecnici ricavati da prove in sito -, consente di valutare sia l'esatta successione dei depositi investigati, sia il comportamento geotecnico in sito del terreno naturale, tenendo conto in particolare di coesione, consistenza e grado di permeabilità.

In corrispondenza di numerose prove penetrometriche (statiche e dinamiche), eseguite in corrispondenza dei diversi depositi indagati, è stata rinvenuta la falda freatica. Il dato assume in ogni caso un'importanza relativa, in relazione al fatto che le prove medesime sono state eseguite in un intervallo di circa 10 anni e comunque in stagioni diverse.

Va infine rilevato che le considerazioni sopra riportate fanno riferimento a indagini eseguite su larga maglia, quindi, considerata la variabilità litologica caratteristica dei terreni alluvionali in genere, è possibile che le estrapolazioni operate non risultino esattamente corrispondenti alla situazione riscontrabile in sito per ogni singolo intervento edilizio futuro.

Per quanto riguarda le aree precedentemente investigate, sulla base della rielaborazione delle prove penetrometriche statiche CPT "*cone penetration test*" (C.P.T. 01_31), si è cercato di fornire un giudizio geotecnico di tipo qualitativo del terreno di fondazione, ai fini di un eventuale riutilizzo dell'area per scopi edificatori, e comunque utile ad indirizzare la pianificazione territoriale.

I valori di R_p (resistenza alla punta) hanno consentito di suddividere il *range* dei valori misurati allo strumento in cinque classi, ad ognuna delle quali si è associata una stima qualitativa della portanza del terreno di fondazione, secondo il seguente rapporto:

| R_p (Kg/cmq) | Valori di portanza stimati |
|---|---|
| < 10 | bassi |
| 10 < 20 | medio - bassi |
| 20 < 30 | medi |
| 30 < 40 | medio - alti |
| > 40 | alti |

I risultati di queste valutazioni sono riassunti nella tabella seguente.

Le aree caratterizzate dalla presenza fino a profondità uguale o addirittura maggiore di 10 metri di litologie prevalentemente limoso - argillose con limitata capacità portante, sono prevalentemente collocate lungo il fondovalle del Rile Verzate e del fosso Nuovo riale San Zeno.

È opportuno precisare, con riferimento alle pratiche esaminate, che la presenza di condizioni geotecniche sfavorevoli non è stata preclusiva della fattibilità degli interventi in progetto: in tali situazioni il più delle volte è risultato necessario ricorrere a tecniche costruttive particolari (es. fondazioni su pali), la cui attuazione ha inoltre chiesto un'attenta valutazione del rapporto costi / benefici.

| Resistenza alla punta Rp (Kg/cm ²) per intervalli di approfondimento | | | | | | |
|--|--------------------------|-------|-------------|-------|------------|---------|
| n° Prova penetrometrica statica | 1-3 m | 3-5 m | 5-7 m | 7-9 m | 9-11 m | 11-13 m |
| CPT_001 | 24 | 21 | 24 | 60 | | |
| CPT_002 | 79 | 94 | 32 | 31 | | |
| CPT_003 | 44 | 57 | | | | |
| CPT_004 | 43 | 50 | | | | |
| CPT_005 | 18 | 21 | | | | |
| CPT_006 | 18 | 18 | 19 | | | |
| CPT_007 | 13 | 55 | 6 | 23 | | |
| CPT_008 | 27 | 28 | 26 | 41 | 29 | |
| CPT_009 | 22 | 36 | 46 | 30 | 31 | |
| CPT_010 | 22 | 20 | 22 | 21 | 23 | |
| CPT_011 | 19 | 24 | 21 | 13 | 14 | |
| CPT_012 | 20 | 24 | 23 | 41 | 51 | |
| CPT_013 | 16 | 25 | 20 | 31 | 57 | |
| CPT_014 | 21 | 26 | 21 | 19 | 22 | |
| CPT_015 | 26 | 23 | 21 | 22 | 49 | |
| CPT_016 | 19 | 27 | 28 | 27 | 90 | |
| CPT_017 | 19 | 25 | 22 | 27 | 68 | |
| CPT_018 | 21 | 21 | 21 | 18 | 21 | |
| CPT_019 | 20 | 21 | 24 | 20 | 109 | |
| CPT_020 | 25 | 85 | 108 | 325 | | |
| CPT_021 | 110 | 119 | 128 | | | |
| CPT_022 | 29 | 20 | 41 | | | |
| CPT_023 | 18 | 33 | 31 | | | |
| CPT_024 | 52 | 64 | 103 | 121 | | |
| CPT_025 | 56 | 91 | 100 | 115 | | |
| CPT_026 | 80 | 55 | 76 | 98 | | |
| CPT_027 | 49 | 41 | 67 | 61 | 69 | |
| CPT_028 | 60 | 60 | 59 | 89 | 52 | |
| CPT_029 | 51 | 87 | | | | |
| CPT_030 | 59 | 74 | 63 | | | |
| CPT_031 | 11 | 26 | 34 | | | |
| Caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione in relazione ai valori di Rp misurati | | | | | | |
| | Rp (Kg/cm ²) | <10 | 10<20 | 20<30 | 30<40 | >40 |
| | Valori di portanza | bassi | medio-bassi | medi | medio-alti | alti |

Tabella 8

Caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione in relazione ai valori di Rp misurati desunti dalla rielaborazione delle prove penetrometriche statiche CPT eseguite a supporto degli interventi edilizi realizzati od in itinere in territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale

5.2 GRADO DI PROTEZIONE DELL'ACQUIFERO SFRUTTATO AD USO IDROPOTABILE (SETTORE PIANEGGIANTE) E DI QUELLO SUPERFICIALE (SETTORE COLLINARE)

In relazione ai dati relativi a spessore, caratteristiche litologiche, composizione granulometrica e grado di permeabilità dei terreni sovrastanti il primo acquifero sfruttato ad uso idropotabile (settore pianeggiante del territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale) ovvero dell'acquifero superficiale (settore collinare) si è tentato di fornirne una valutazione preliminare di carattere applicativo del grado di protezione della falda.

Per quanto riguarda il grado di protezione dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile (settore pianeggiante del territorio dell'Unione), si fa riferimento a quanto descritto al capitolo 3 ed in particolare al paragrafo 3.3.1 della presente relazione, ed alle considerazioni idrogeologiche dedotte esaminando la stratigrafia dell'unico pozzo attualmente utilizzato ad uso idropotabile (rifer. Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO"). Nel complesso, al fine della protezione delle acque sotterranee, dai dati raccolti emerge che il territorio studiato è dotato di depositi superficiali (da piano campagna sino alla quota di emungimento della falda) dati prevalentemente di tipi litologici impermeabili (argille), localmente alternati, sia in orizzontale che in verticale, da orizzonti permeabili -sabbie, ghiaie- o mediamente permeabili -sabbie limose o limoso - argillose.

Per quanto riguarda il grado di protezione dell'acquifero superficiale (settore collinare del territorio dell'Unione), dal punto di vista idrogeologico l'indagine ha verificato la presenza nel primo sottosuolo di una modesta falda freatica, generalmente profonda e arealmente discontinua.

L'assetto idrogeologico di questo orizzonte acquifero - come già evidenziato nel paragrafo 3.3.2 -, risulta strettamente condizionato dall'andamento del tetto del substrato sul quale esso appoggia, dallo spessore delle coperture (coltre di alterazione eluvio - colluviale e depositi alluvionali terrazzati) e da possibili locali intercalazioni di livelli semipermeabili, in grado di far assumere alla falda stessa caratteri di blanda artesianità.

Per tale motivo non sempre è possibile stabilire se i livelli riscontrati nei pozzi di misura siano da attribuirsi alla reale morfologia della falda o alla sua occasionale risalita.

Nell'area d'indagine sono stati censiti 83 pozzi per acqua (rifer. Tavola n°3 "CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO"); per quanto riguarda l'ambito collinare, la loro distribuzione è prevalentemente concentrata nelle aree di crinale, in corrispondenza dei principali nuclei abitati.

Si tratta per lo più di vecchi pozzi in muratura, realizzati a mano e originariamente usati per uso potabile o a scopo agricolo, per le colture vitivinicole. Molti risultano in disuso, ma possono ancora essere utilizzati come piezometri. I dati raccolti sono comunque sufficienti per evidenziare la presenza di una modesta falda freatica.

Attraverso la valutazione dei dati raccolti si è quindi giunti all'individuazione, nell'ambito del territorio dell'Unione, di cinque aree con diverso grado di protezione idrogeologica, evidenziate con apposite retinature e con diversa colorazione in Tavola n°5 "CARTA GEOLOGICO - APPLICATIVA DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO E DEL PRIMO SOTTOSUOLO".

GRADO DI PROTEZIONE BASSO O NULLO

Aree in frana attiva

GRADO DI PROTEZIONE MEDIO-BASSO

Aree in frana quiescente

Aree in frana stabilizzata

Coltre eluvio - colluviale associata alla Formazione dei Conglomerati di Cassano Spinola e alla Formazione delle Arenarie di Ranzano, a permeabilità medio - alta.

GRADO DI PROTEZIONE MEDIO

Coltre eluvio - colluviale associata alla Formazione Gessoso - Solffera e alla Formazione della Val Luretta, a media permeabilità.

Settori pianeggianti del fluviale Recente, con coltre di copertura semipermeabile.

Aree di fondovalle del torrente Rile di Verzate e del fosso Nuovo Riale San Zeno, con coltre di copertura data da ghiaie in matrice limosa.

GRADO DI PROTEZIONE MEDIO-ALTO

Coltre eluvio - colluviale associata alla Formazione delle Marne di Monte Piano, a medio - bassa permeabilità.

Settori pianeggianti del fluviale Recente, con coltre di copertura impermeabile localmente associata alla presenza a ridotta profondità di orizzonti mediamente permeabili, dati da sabbie limose o limoso - argillose.

Settori collinari (fluviale Medio) con coltre di copertura impermeabile. Aree di raccordo tra i ripiani terrazzati, a blanda pendenza e contraddistinte da una copertura argilloso - limosa.

GRADO DI PROTEZIONE ELEVATO

Coltre eluvio - colluviale associata alla formazione delle Argille di Lugagnano, alla formazione delle Marne di Sant'Agata Fossili e al Melange di Baiso auct. "Complesso Indifferenziato", a permeabilità bassa o nulla.

Settori pianeggianti del fluviale Recente (superfici di piana antica), situati nella fascia pedecollinare allo sbocco del Rile Verzate, con coltre di copertura impermeabile argilloso - limosa di elevato spessore.

Va infine sottolineato come, in particolare, il grado di protezione dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile (settore pianeggiante del territorio dell'Unione), così come deducibile dai dati disponibili, può tuttavia essere soggetto a locali variazioni dovute da una parte a modifiche della composizione granulometrica dei sedimenti di copertura (aumento/diminuzione del rapporto sabbia/argilla), dall'altra dalla discontinuità dello spessore dei terreni di copertura superficiali.

6. ZONAZIONE DEL TERRITORIO - METODOLOGIA UTILIZZATA

L'insieme delle indagini esperite e dei dati raccolti nel corso del presente studio hanno consentito la stesura di un elaborato cartografico finale (Tavola n°8 "CARTA DI SINTESI") che fornisce, per tutto il territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale, una prima sostanziale valutazione delle aree omogenee dal punto di vista della pericolosità / vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera.

La tavola è costituita da una serie di poligoni che definiscono una porzione di territorio caratterizzata da pericolosità / vulnerabilità omogenea per la presenza di una o più fenomenologie in atto o potenziali. La delimitazione dei poligoni è stata fatta con valutazioni sulla pericolosità e sulle aree di influenza dei fenomeni desunte dalla fase di analisi. La sovrapposizione di più ambiti genera dei poligoni misti con pericolosità determinata da più fattori limitanti. Gli ambiti di pericolosità / vulnerabilità sono stati individuati tenendo conto di fattori di ordine idrogeologico, geotecnico e idraulico.

La Tavola n°8 "CARTA DI SINTESI" risulta di particolare importanza pratica non solo per valutazioni di carattere propriamente ambientale, nei confronti ad esempio dell'ipotesi di realizzazione di impianti o insediamenti pericolosi, ma anche in relazione ad altri interventi antropici di una certa consistenza, comportanti consistenti modificazioni dell'attuale assetto fisico del territorio (quali ad esempio attività estrattive).

6.1 CARATTERISTICHE DI VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI

La valutazione della vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile (settore pianeggiante del territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale) e dell'acquifero superficiale (settore collinare) nei confronti di potenziali agenti inquinanti liquidi o idroveicolati è stata effettuata tenendo conto di vari fattori geologici ed idrogeologici quali:

- tipo e grado di permeabilità dei depositi: ad essi va ricondotta la velocità di percolazione degli inquinanti e l'azione eventuale di attenuazione dei loro effetti;
- tipo e spessore delle coperture a granulometria fine e con bassa permeabilità (argille e limi), che costituiscono elementi di protezione degli acquiferi soggiacenti;
- eventuale presenza di livelli ghiaioso - sabbiosi intercalati nella coltre di copertura, elementi che favoriscono la diffusione di sostanze inquinanti;
- soggiacenza della superficie piezometrica dell'acquifero;
- condizioni di alimentazione degli acquiferi e regime di scambio con i corsi d'acqua superficiali;
- condizioni geomorfologiche particolari, quali la presenza di terrazzi fluviali.

In Tavola n°8 "CARTA DI SINTESI", attraverso la valutazione dei dati raccolti si è quindi giunti all'individuazione, nell'ambito del territorio dell'Unione dei Comuni Lombarda dell'Oltrepò Centrale, di cinque aree con diverso grado di vulnerabilità idrogeologica variabili fra *basso o nullo* ed *elevato*, evidenziate con apposite retinature e con diversa colorazione. Il metodo utilizzato definisce una vulnerabilità di tipo intrinseco, quindi asettica rispetto al tipo di attività antropiche presenti sul territorio.

GRADO DI VULNERABILITA' ELEVATO

Aree in frana attiva

GRADO DI VULNERABILITA' MEDIO-ALTO

Aree in frana quiescente

Aree in frana stabilizzata

Coltre eluvio - colluviale associata alla Formazione dei Conglomerati di Cassano Spinola e alla Formazione delle Arenarie di Ranzano, a permeabilità medio - alta.

GRADO DI VULNERABILITA' MEDIO

Coltre eluvio - colluviale associata alla Formazione Gessoso - Solifera e alla Formazione della Val Luretta, a media permeabilità.

Settori pianeggianti del fluviale Recente, con coltre di copertura semipermeabile.

Aree di fondovalle del torrente Rile di Verzate e del fosso Nuovo Riale San Zeno, con coltre di copertura data da ghiaie in matrice limosa.

GRADO DI VULNERABILITA' MEDIO-BASSO

Coltre eluvio - colluviale associata alla Formazione delle Marne di Monte Piano, a medio - bassa permeabilità.

Settori pianeggianti del fluviale Recente, con coltre di copertura impermeabile localmente associata alla presenza a ridotta profondità di orizzonti mediamente permeabili, dati da sabbie limose o limoso - argillose.

Settori collinari (fluviale Medio) con coltre di copertura impermeabile. Aree di raccordo tra i ripiani terrazzati, a blanda pendenza e contraddistinte da una copertura argilloso - limosa.

GRADO DI VULNERABILITA' BASSO O NULLO

Coltre eluvio - colluviale associata alla formazione delle Argille di Lugagnano, alla formazione delle Marne di Sant'Agata Fossili e al Melange di Baiso auct. "Complesso Indifferenziato", a permeabilità bassa o nulla.

Settori pianeggianti del fluviale Recente (superfici di piana antica), situati nella fascia pedecollinare allo sbocco del Rile Verzate, con coltre di copertura impermeabile argilloso - limosa di elevato spessore.

Va infine sottolineato come, in particolare, il grado di vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile (settore pianeggiante del territorio dell'Unione), così come deducibile dai dati disponibili, può tuttavia essere soggetto a locali variazioni dovute da una parte a modifiche della composizione granulometrica dei sedimenti di copertura (aumento/diminuzione del rapporto sabbia/argilla), dall'altra dalla discontinuità dello spessore dei terreni di copertura superficiali. Vengono di seguito definiti gli ambiti di pericolosità / vulnerabilità che costituiscono la legenda della CARTA DI SINTESI.

6.2 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE OMOGENEE DAL PUNTO DI VISTA DELLA PERICOLOSITÀ / VULNERABILITÀ RIFERITA ALLO SPECIFICO FENOMENO CHE LA GENERA

Vengono di seguito definiti gli ambiti di pericolosità e di vulnerabilità che costituiscono la legenda della carta di sintesi. La sovrapposizione di più ambiti determina dei poligoni misti per pericolosità determinata da più fattori limitanti. La delimitazione dei poligoni viene fatta con valutazioni sulla pericolosità e sulle aree di influenza dei fenomeni desunte dalla fase di analisi precedente.

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

- Aree di frana attiva
- Aree di frana quiescente
- Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo: versanti collinari da poco acclivi a mediamente acclivi, con inclinazione generalmente compresa tra 15° - 20°, localmente a morfologia irregolare. Copertura eluvio-colluviale dotata di spessori medio - elevati; possibile formazione di effimere falde idriche al passaggio con la parte superiore del substrato. Substrato marnoso - argilloso di consistenza e struttura variabili, localmente con giacitura sfavorevole.

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

- Aree a diverso grado di vulnerabilità idrogeologica (*) dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile (settore pianeggiante) e di quello superficiale (settore collinare) nei confronti di potenziali agenti inquinanti liquidi o idrovesicolati
 - GRADO DI VULNERABILITÀ ELEVATO
 - GRADO DI VULNERABILITÀ MEDIO-ALTO
 - GRADO DI VULNERABILITÀ MEDIO
 - GRADO DI VULNERABILITÀ MEDIO - BASSO
 - GRADO DI VULNERABILITÀ BASSO O NULLO

(*) valutato in relazione ai dati relativi a spessore, caratteristiche litologiche, composizione granulometrica e grado di permeabilità dei terreni sovrastanti il primo acquifero sfruttato ad uso idropotabile (settore pianeggiante del territorio dell'Unione) ovvero dell'acquifero superficiale (settore collinare)

- Aree con emergenze di acque sotterranee (sorgenti captate)
- Aree precedentemente escavate / cave dismesse (rifer. Catasto Cave Cessate - P.C.P. Provincia di Pavia - marzo 2004)
- Zone interessate dalla presenza di piccole falde sospese contenute entro la coltre di copertura del primo acquifero continuo
- Zone con coltre di copertura semipermeabile

Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche / Aree che potenzialmente possono presentare problematiche di tipo geotecnico

- Aree con riporto di materiale
- Frane stabilizzate, con caratteristiche geotecniche scadenti e limitata capacità portante

Beni di interesse paesaggistico (geositi)

Nella Tavola n°8 "CARTA DI SINTESI" sono stata infine riportate le aree meritevoli di particolare tutela o salvaguardia (ambiti di particolare interesse geologico, geomorfologico, naturalistico) sulle quali l'Unione potrebbe proporre un "vincolo", oggetto del quadro conoscitivo del territorio comunale all'interno del Documento di Piano (L.R. 12/05, art. 8, comma 1, punto b). Ne discende la loro individuazione all'interno del Piano delle Regole, con inerenza alle aree di valore paesaggistico - ambientale ed ecologico (L.R. 12/05 art. 10, comma 1, punto e, numero 2).

Le aree individuate, in quanto di particolare interesse geologico e idrogeologico sono costituite da:

- la Fontana Camarà
- il rilievo morfo-selettivo di Torricella Verzate

6.3 ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI D'INGRESSO

La Tavola n°9 "CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ESTESA ALL'INTERO TERRITORIO DELL'UNIONE", è desunta dalla carta di sintesi attribuendo una valore di classe di fattibilità a ciascun poligono, con un automatismo come specificato nella Tabella 9.

Successivamente si è aumentato o diminuito il valore della classe di fattibilità in base a valutazioni di merito tecnico per lo specifico ambito, riclassificandolo totalmente o solo parzialmente e suddividendolo in porzioni a differente fattibilità.

La carta di fattibilità è dunque una carta di pericolosità che fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici, agli studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, alle opere di mitigazione del rischio ed alle necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali.

Nel caso in cui nei poligoni della carta di sintesi risultano presenti contemporaneamente più aree omogenee per pericolosità / vulnerabilità, la classe di fattibilità è stata aumentata solo in caso di interazione fra i fenomeni, viceversa coesistono le classi di fattibilità corrispondenti e derivate dalla

carta di sintesi (nelle carte di fattibilità viene indicato il valore maggiore) e vigono le prescrizioni per ciascuno degli ambiti rappresentati.

| | |
|--|---|
| <i>Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti</i> | |
| Aree di frana attiva | 4 |
| Aree di frana quiescente | 4 |
| Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo: versanti collinari da poco acclivi a mediamente acclivi, con inclinazione generalmente compresa tra 15° - 20°, localmente a morfologia irregolare. Copertura eluvio-colluviale dotata di spessori medio - elevati; possibile formazione di effimere falde idriche al passaggio con la parte superiore del substrato. Substrato marnoso - argilloso di consistenza e struttura variabili, localmente con giacitura sfavorevole. | 3 |
| <i>Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico</i> | |
| Aree a grado di vulnerabilità idrogeologica ELEVATO (*) | 3 |
| Aree a grado di vulnerabilità idrogeologica MEDIO – ALTO (*) | 3 |
| Aree a grado di vulnerabilità idrogeologica MEDIO (*) | 2 |
| Aree a grado di vulnerabilità idrogeologica MEDIO – BASSO (*) | 2 |
| Aree a grado di vulnerabilità idrogeologica BASSO O NULLO (*) | 1 |
| Aree con emergenze di acque sotterranee (sorgenti captate) | 4 |
| Aree precedentemente escavate (cave dismesse) | 3 |
| Zone interessate dalla presenza di piccole falde sospese contenute entro la copertura del primo acquifero continuo | 3 |
| Zone con coltre di copertura semipermeabile | 2 |
| <i>Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche</i> <i>Aree che potenzialmente possono presentare problematiche di tipo geotecnico</i> | |
| Aree con riporto di materiale | 3 |
| Frane stabilizzate, con caratteristiche geotecniche scadenti e limitata capacità portante | 3 |

Tabella 9

Classi di ingresso dei poligoni individuati nella carta di sintesi

(*) riferita al primo acquifero sfruttato ad uso idropotabile (settore pianeggiante) ovvero all'acquifero superficiale (settore collinare)

In alcuni casi si è verificata l'interazione / sovrapposizione di più fenomeni limitativi, con aumento della classe di fattibilità finale al valore maggiore:

- le aree a grado di vulnerabilità idrogeologica MEDIO - ALTO (classe di ingresso 3) localmente coincidono con
 - aree in frana quiescente (classe di ingresso 4)
 - Aree precedentemente scavate (cave dismesse) (classe di ingresso 3).

Le porzioni di territorio esterne ai poligoni individuati mediante le procedure precedentemente descritte e/o ricomprese in Aree a grado di vulnerabilità idrogeologica BASSO O NULLO (classe di ingresso 1) corrispondono ad areali per i quali sono state comunque individuate parziali limitazioni alla modifica dell'uso dei terreni dal punto di vista geologico, con riferimento alle *Norme geologiche di Piano* – sottoclassi di fattibilità 2A e 2B. Tali aree sono pertanto anch'esse soggette all'applicazione del D.M. 14 gennaio 2008.

Nella Tavola 9 "CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ESTESA ALL'INTERO TERRITORIO DELL'UNIONE", non è richiesta l'individuazione dei perimetri delle aree di tutela assoluta e di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile, nonché dei cimiteri e dei depuratori, in quanto soggette a specifica normativa. L'attribuzione della classe di fattibilità di tali aree deriva esclusivamente dalle caratteristiche geologiche delle stesse.

Stradella, maggio 2010

Il Professionista Incaricato
Dott. Geol. Daniele Calvi

BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

AQUATER S.P.A. - TECNECO (1981-1984) - *Progetto Speciale Oltrepò - Proposta di Piano di riassetto globale del territorio - ai sensi dell'art.2 della L.R. n°59/78* - Piano per il riassetto territoriale dell'Oltrepò Pavese. Carte litologiche 1:25.000: fogli Montalto Pavese, Torrazza Coste, Stradella, Castel San Giovanni, Casteggio. Regione Lombardia, Ufficio Speciale per l'Oltrepò Pavese.

ARCA S., BERETTA G.P. (1985) - *Prima sintesi geodetica-geologica sui movimenti verticali del suolo nell'Italia settentrionale*. Anno XLIV Bollettino di geodesia e affini -n°2 pp. 125-157.

BARONI D., COTTA RAMUSINO S. & PELOSO G.F. (1988) - *La falda freatica nella pianura oltrepadana pavese ed in quella alessandrina: considerazioni sulla vulnerabilità potenziale*. Atti Tic. Sc. della Terra 31 (1987-88) 351-376.

BARTOLINI C. ET ALII (1982) - *Carta neotettonica dell'Appennino settentrionale. Note illustrative*. Boll. Soc. Geol. It, 101, 523-549.

BEATRIZZOTTI G., BELLINZONA G., BELTRAMI G., BONI A., BRAGA G., MOSNA S. (1965) - *Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000, Foglio 59 "Pavia"* II edizione, Servizio Geologico d'Italia, Roma.

BEATRIZZOTTI G., BELLINZONA G., BELTRAMI G., BONI A., BRAGA G., MARCHETTI G., MOSNA S. (1969) - *Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000, Foglio 71 "Voghera"* II edizione, Servizio Geologico d'Italia, Roma.

BELLINZONA G., BONI A., BRAGA G., MARCHETTI G. (1971) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, Foglio 71 "Voghera"* Nuova Tecnica Grafica, Roma.

BERNINI, M. ET AL. (1978) - *Dati Preliminari sulla Neotettonica di un settore dell'Appennino nord-occidentale e dell'antistante Pianura Padana*. Estratto da "Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia". Pubbl. n. 155 del Progetto Finalizzato Geodinamica, pp. 261-327, Roma.

BONI A. (1967) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio 59 PAVIA*. Nuova Tecnica Grafica, 1-68 Roma.

BONI A., BONI P., PELOSO G.F. & GERVASONI S. (1980) - *Dati sulla neotettonica del foglio Pavia (59) e di parte dei fogli Voghera (71) ed Alessandria (70)*. Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, CNR - Progetto Finalizzato geodinamica - Sottoprogetto Neotettonica, parte III, Pubbl. 356, pp. 1199-1244, Napoli.

BONI P. ET ALII (1996) - *Considerazioni preliminari sulla morfologia e sul reticolo idrografico dell'Appennino settentrionale tra i torrenti Orba (AL) e Nure (PC)*. Il Quaternario, 9 (1), 233-238, Roma.

BONI, A. (1957) - *Elementi per la struttura geologica della porzione di NW dell'Appennino settentrionale*. La Ricerca Scientifica, 27/10:2977-2987.

BONI, A. (1980) - *Geologia e sismicità del Territorio pavese*. In: Seminari su "Eventi naturali ed antropici", Università di Pavia, pp.148-277, Pavia.

BONI, P., LAURETI, L., MARCHETTI G., OTTONE C., PELLEGRINI L. & ROSSETTI R. (1996) - *Considerazioni preliminari sulla morfologia e sul reticolo idrografico dell'Appennino settentrionale tra i torrenti Orba (Prov. di Alessandria) e Nure (Prov. di Piacenza)*. "Il Quaternario", 9 (1): 233-238.

BRAGA G. - CERRO A. (1988) - *Le strutture sepolte della pianura pavese e le relative influenze sulle risorse idriche sotterranee*. Atti Tic. Sc. della Terra, 31, pp. 421-433, Pavia

BRAGA G. (1972) - *La degradazione dei versanti nell'alta vai Tidone (Appennino Pavese-Piacentino)* Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, Vol.13, Pavia

BRAGA G. ET ALII (1976) - *Indagine preliminare sulle falde acquifere profonde della porzione di pianura padana compresa nelle province di Brescia, Cremona, Milano, Piacenza, Pavia e Alessandria*. Quaderni dell'Istituto di Ricerca sulle Acque, 28 (2), Roma

BRAGA G. ET ALII (1985) - *I fenomeni franosi nell'Oltrepò Pavese: tipologia e cause*. Geol. Appl. e Idrogeol., Bari, vol. 20, parte II, pp.621-666.

BRAGA G., MEISINA C. (2000) - *Caratteristiche geologiche e geotecniche che condizionano la stabilità delle fondazioni di edifici storici: esempi nell'Oltrepò Pavese (Lombardia Italia)*. "Quary – Laboratori – Monument" International Congress – Pavia.

BRAGA G., MEISINA C., PILLA G. (1996) - *Manifestazioni sorgentizie di fondovalle e loro valenza nel contesto delle risorse idriche dell'Oltrepò Pavese*. Atti Convegno Salice Tenne "Acque sotterranee nell'Oltrepò Pavese: contributi alla valorizzazione delle risorse idriche", I quaderni delle acque sotterranee, 5, 151-163. GEO-GRAPH, Segrate.

BRAGA, G. (1978) - *Agricoltura e assetto del territorio pavese*. Pavia Economica, 23: 122-129.

BRAGA, G. ET AL. (1985) - *I fenomeni franosi nell'Oltrepò Pavese: tipologia e cause*. Geol. App. e Idrogeol., XX, 2: 621-666.

BRAGA, G., CASNEDI, R., MARCHETTI, G. (1982) - *Carta strutturale dell'Appennino settentrionale, alla scala 1:250.000, Foglio 4*. C.N.R. - Progetto finalizzato Geodinamica, s. 5 "Modello strutturale" – Gruppo Appennino settentrionale. Pubbl. n. 429.

BRAGA, G., MARCHETTI, G. (1978) - *L'incidenza delle faglie sulla franosità dei pendii: esempi nell'Appennino settentrionale*. Mem. Soc. Geol. It., 19: 111-118.

BRAGA, G., ZEZZA, U. (1995) - *Le rocce gessose dell'Appennino Pavese: coltivazione, proprietà fisico-meccaniche e impieghi nell'edilizia*. Mem. Soc. Geol. It., LI, 3: 210-222.

BRAGHIERI, R., MAGGI, D., PICCIO, A. (1997) - *I movimenti franosi nel territorio di S. Giuletta (Pavia)*. Pubbl. 1646 GNDCI, Atti Tic. Sc. Terra, 33.

BRAMBILLA G. (1992) - *Prime considerazioni cronologico - ambientali sulle filliti del Miocene superiore di Portalbera (Pavia - Italia settentrionale)*. Atti del Convegno di Casteggio (PV), 109-113, Casteggio.

CASTELLARIN A. EVA, C., GIGLIA, G., VAI, G.B. (1985) - *Analisi strutturale del Fronte Appenninico Padano*. Giornale di geologia, 47, 47-75.

CASTIGLIONI, G.B. ET AL. (1997) - *Carta Geomorfologica della Pianura Padana in scala 1:250.000*. SELCA, Firenze.

- CAVANNA F., DI GIULIO A., GALBIATI B., MOSNA S., PEROTTI C.R. & PIERI M. (1989) - *Carta geologica dell'estremità orientale del Bacino Terziario Ligure - Piemontese*. Atti Tic. Sc della Terra, Vol.XXXII.
- CAVANNA F., GUADO G., VERCESI P.L. (1996) - *Assetto strutturale del margine appenninico Pavese-Piacentino e connessione con la mineralizzazione delle acque*. Atti Convegno Salice Tenne "Acque sotterranee nell'Oltrepò Pavese: contributi alla valorizzazione delle risorse idriche", I quaderni delle acque sotterranee, 5, 193-234 - GEOGRAPH, Segrate.
- CERRINA FERONI A., MARTELLI L., MARTINELLI P., OTTRIA G., CATANZARITI R. (2002) - *Note illustrative alla Carta Geologico - Strutturale dell'Appennino Emiliano - Romagnolo - Scala 1:250000*. S.E.L.C.A. , Firenze.
- CI.VI.FRUC.E - Centro Regionale per l'incremento della Vitivinicoltura, Frutticoltura e Cerealicoltura - *Dati di temperatura e piovosità relativi alla stazione di misura di Rovescala. Periodi di riferimento 1987-1997*.
- COBIANCHI M., PICCIN A., VERCESI P.L. (1994) - *La Formazione di Val Luretta (Appennino piacentino). Nuovi dati litostratigrafici e biostratigrafici*. Atti Tic. Sc. Terra. 37: 235-262.
- COTTA RAMUSINO S. (1982) - *Caratteri idrogeologici della prima falda acquifera nella prima zona di pianura dell'Oltrepò Pavese*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 30, 171-181.
- DALLAGIOVANNA, G., MARCHETTI, G., VERCESI, P.L. (1991) *Sulla presenza di spezzoni di successioni giurassiche nel "complesso indifferenziato" dell'Appennino pavese-piacentino*. Rend. Soc. Geol. It., 14: 37-42.
- DRISCOLL R. (1983) - *The influence of vegetation on swelling and shrinkage of clays in Britain*. Geotechnique 33 (2), 93-106.
- ENTE REGIONALE DI SVILUPPO AGRICOLO DELLA LOMBARDIA. *Aggiornamenti di agrometeorologia e pedologia*. Quaderno n°18 Commento climatico all'annata agraria 1996
- ENTE REGIONALE DI SVILUPPO AGRICOLO DELLA LOMBARDIA. *Progetto "Carta Pedologica" Regione Lombardia* (E.R.S.A.L. 2001) "I suoli della Pianura Pavese Centrale - serie SSR n°33" "I suoli dell'Oltrepò Pavese - serie SSR n°34
- GATTI G., POZZI R. (1979) - *Interventi di consolidamento in aree dissestate dell'Oltrepò Pavese*. Gel. Appl. e Idrogeol., vol. 14/3, pp. 35-52, Bari.
- GELATI R., BRUZZI D., CATASTA G., CATTANEO P.C. (1974) - *Evoluzione stratigrafico - strutturale dell'Appennino Vogherese a NE della Val Staffora*. Atti Ist. di Geol. e Paleont. dell'Univ. degli Studi di Milano, 154: 483-493.
- GELATI R., MANCUSO M., MASSIOTTA P. (1986) - *Il settore Nord-Occidentale dell'Appennino settentrionale: inquadramento geologico*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 35, 11-16.
- GELATI R., MASSIOTTA P. (1974) - *Indizi geomorfologici di deformazioni neotettoniche lungo la "Linea Villalvernia - Varzi - Bobbio" (Appennino Settentrionale)*. Rend. Sc. Ist. Lombardo, III: 79-88.
- GELATI R., MASSIOTTA P., SFONDRINI G. (1978) - *Saggi di cartografia geoambientale, Carta Geologica; Carta della Geologia superficiale e dei processi geomorfici in atto; Carta Geoambientale del bacino del torrente Aronchio (Val Staffora, Pavia)*. CNR - P.F. "promozione della Qualità dell'ambiente", Roma.

GELATI R., MASSIOTTA P., SFONDRINI G. (1979) - *I lineamenti strutturali del settore NW dell'Appennino settentrionale*. Mem. Soc. Geol. It., vol. 19, pp. 437-443, Roma.

GELATI, R. (1985) - *Risultati preliminari di ricerche sulle successioni paleogeniche e neogeniche al bordo padano della catena appenninica*. Rend. Soc. Geol. It., 8: 59-60.

GOBETTI A., PEROTTI CR. (1990) - *Genesi e caratteristiche dell'arco strutturale di Pavia*. Atti Tic. Se. Terra, 33, 143-156.

GUAGNINI G., GELATI R., SFONDRINI G., SOGGETTI F., VENIALE F. (1975) - *Principali dissesti franosi dell'Appennino Pavese in rapporto alla litologia e alla struttura geologica*. Estr. Conv. Mineralogia delle argille e Meccanica dei terreni. Applicazioni allo studio delle frane, Pavia.

GUIDE GEOLOGICHE REGIONALI – *Appennino Ligure - Emiliano*. Società Geologica Italiana - 1994.

LAURETI L., PELLEGRINI L. (1993) - *Broni e Stradella nell'Oltrepò pavese*. Geogr. Fis. e Din. Quat., 16/2: 141-143.

MANCUSO M., MASSIOTTA P., SFONDRINI G. & STERLACCHINI S. (1992) - *La franosità nel bacino del Torrente Versa (PV) - Evoluzione nel tempo e nello spazio*. Convegno Internazionale "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica", pp. 431-442. Pubblicazione CNR del G.N.D.C.I. n. 1817.

MANTELLI L., YEREESI P.L. (2000) - *Evoluzione morfostrutturale recente del Pedepennino Vogherese – Tortonese*. Atti Tic. Se. Terra, 41,49-58.

MARCHETTI G., CAVANNA F., VERCESI P.L. (1998) - *Idrogeomorfologia e insediamenti a rischio ambientale. Il caso della pianura dell'Oltrepò Pavese e del relativo margine collinare*. Fondazione Lombardia per l'Ambiente.

MARCHETTI G., MOSNA S. & VERCESI P.L. (1978) - *Nuovi affioramenti di terreni paleogenici al margine dell'Appennino pavese (a est di Stradella) e loro possibile significato*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 28, 87-95.

MARCHETTI G., PEROTTI C.R., VERCESI P.L., BARONI C. (1980) - *Note illustrative degli elaborati cartografici presentati il 31-5-80 (F. 60 - Piacenza e 61 - Cremona p.p.) e il 31-3-1979 (F71 Voghera, F.72 Fiorenzuola d'Arda, F. 83 Rapallo e F. 84 Pontremoli p.p.)*. Estratto da: "Contributi alla realizzazione della carta neotettonica d'Italia", Pubbl. n. 356 del Progetto Finalizzato Geodinamica. pp. 915-964, Roma.

MASSIOTTA P., SFONDRINI G. (1979) - *La cartografia geo-ambientale nell'ambito del territorio dell'Oltrepò pavese*. Geol. Appl. e Idrogeol., 14/3: 61-66.

MEISINA C. (1996) - *Criteri e metodi per la valutazione della capacità di rigonfiamento di alcuni terreni e suoli affioranti nel territorio Pavese*. Dottorato di ricerca in Sc. Della Terra VIII ciclo 1996.

MEISINA C., CHASSAGNEUX D., MONGE O. (2001) - *Swelling-shrinkage hazard prevention using thematic maps : some examples in the French area*. Mem. Soc. Geol. It., 56 (2001), 353-365, 9 ff., 3 tabb.

MOUROUX P., MARGROM P., PINTÉ J.C. (1988) - *La construction économique sur sols gonflant*. Bureau de Recherches Géologique et Minières - Manuels et méthodes n. 14 , Orléans.

PELLEGRINI L. & VERCESI P.L. (1995) - *Considerazioni morfoneotettoniche sulla zona a sud del Po tra Voghera (PV) e Sarmato (PC)*. Atti Tic. Sc. della Terra, vol. 38, pp 95-118, 7 figg.

PELLEGRINI L., VERCESI P.L. (2005) - *I geositi della provincia di Pavia*. Luigi Ponzio e figlio, Pavia.

PELOSO G.F. (1995) - *Considerazioni idrogeologiche sulla pianura bronese-stradellina*. Atti Convegno Salice Tenne "Acque sotterranee nell'Oltrepò Pavese: contributi alla valorizzazione delle risorse idriche". I quaderni delle acque sotterranee, 5, GEO-GRAPH, Segrate.

PELOSO G.F., COTTA RAMUSINO S. (1979) - *Idrogeologia della pianura bronese-stradellina (oltrepò pavese): caratteristiche dei corpi idrici sotterranei e considerazioni sul loro sfruttamento*. Atti Tic. Sc. della Terra, 32, pp. 125-162, Pavia.

PEROTTI C.R. (1991) - *Osservazioni sull'assetto strutturale del versante padano dell'Appennino nord-occidentale*. Atti Tic. Sc. Terra, 34: 11-22.

PEROTTI C.R. (1991) - *Osservazioni sull'assetto strutturale del versante padano dell'Appennino nord-occidentale*. Atti Tic. Sc. della Terra, vol. 34, (note brevi 11-22).

PEROTTI C.R. (1995) - *Analisi strutturale dei depositi conglomeratici neogenici affioranti lungo il margine padano dell'Appennino pavese-piacentino*. Atti Tic. Sc. della Terra 1995 (Serie speciale) 3, 89-98, 6 figg.

PHILIPPONAT G. (1991) - *Retrait gonflement des argiles, préposition de méthodologie*. Rev.Franc Géotech, 57, pp5-22

PICCIO A., SETTI M., VENIALE F. (1990) - *Caratterizzazione mineralogico-geotecnica delle Marne di S. Agata Fossili (Appennino vogherese tortonese/PV-AL)*. Atti Conv. SIMP. Bologna.

PICCIO S. (2003) - *Individuazione di possibili geositi nel territorio della Provincia di Pavia*. Studio nell'ambito della convenzione tra il Dipartimento di Scienze della Terra e la Provincia di Pavia, Settore Cave.

PIERI M., GROPPI G. (1982) - *Subsurface geological structure of the Po plain, Italy*. C.N.R., pubbl. 414, P.F. Geodinamica, 13 pp.

REGIONE LOMBARDIA (1996) - *Determinazione del rischio sismico a fini urbanistici in Lombardia*. Regione Lombardia – IRRS - Milano.

REGIONE LOMBARDIA (1998) - *Valutazione della stabilità dei versanti in condizioni statiche e dinamiche nella zona campione dell'Oltrepò Pavese*. Regione Lombardia – IRRS - Milano.

REGIONE LOMBARDIA (1999) - *Scenari di rischio idrogeologico in condizioni dinamiche per alcuni versanti tipo dell'Oltrepò Pavese valutati tramite caratterizzazione geotecnica*. Regione Lombardia - IRRS - Milano.

REGIONE LOMBARDIA, ENI DIVISIONE AGIP (2002) - *Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia*.

ROSSETTI R. & OTTONE C. (1979) - *Esame preliminare delle condizioni pluviometriche dell'Oltrepò Pavese e dei valori critici delle precipitazioni in relazione ai fenomeni di dissesto franoso*. Gel. Appl. e Idrogeol., vol. 14/3, pp. 83-99, Bari.

ROSSETTI R. (1997) - *Centri abitati instabili della Provincia di Pavia. Vol.1 - Centri interessati da provvedimento di risanamento, consolidamento o trasferimento*. Pubblicazione CNR-GNDICI n°1780.

ROSSETTI R., BONI P., MARCHETTI G., OTTONE C., PELLEGRINI L. (1997) - *Geomorphology of the Piacenza and Pavia Apennine*. In: "Guide for the excursion of IV Int. Conf. On Geomorphology, Italy 1997: Mountains, Hills and Plains in north-Western Italy. *Suppl. Geogr. Fis. Din. Quaternaria*, III, 2: 59-61, Com. Glaciol. It., Torino.

SCAGNI G. & VERCESI P.L. (1987) - *Il Messiniano tra la valle Versa e la valle Staffora (Appennino pavese-vogherese). Considerazioni paleogeografiche*. Atti Tic. Sc. della Terra 31, 1-20.

SFONDRINI G. (1981) - *Metodologia geologico - tecnica per la prevedibilità del rischio frana nell'Oltrepò Pavese*. Estr. Geol. Appl. e Idrogeol., Bari, v.14, 67-81.

TROPEANO D. – GOVI M. – MORTARA G. – TURITTO O. – SORZANA P. – NEGRINI G. – ARATTANO M. (1999) - *Eventi alluvionali e frane nell'Italia Settentrionale – Periodo 1975-1981*. C.N.R. – Pubblicazione n°1927 del GNDCI.

VERCESI P.L. & SCAGNI G. (1985) - *Osservazioni sui depositi conglomeratici dello sperone collinare di Stradella*. Rend. Soc. Geol. It., 7 (1984), 23-26, 2 ff.