



Comune di

LINAROLO

PGT

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Componente geologica, idrogeologica e sismica

Aggiornamento dello Studio Geologico Comunale ai sensi della Legge Regionale n. 12/2005

Approvato con Delibera del Consiglio Comunale n° del

Il Sindaco

PIETRO SCUDELLARI

Il Segretario comunale

Dott.ssa ELISABETH NOSOTTI

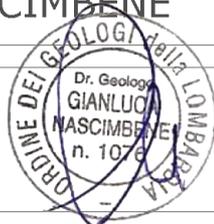
RELAZIONE GEOLOGICA

Redatto da

Dott. Geol. GIANLUCA NASCIMBENE

Data

APRILE 2011



ECOGIS
studio associato di geologia



GIANLUCA NASCIMBENE - GIUSEPPE ZUFFADA

Sede legale ed uffici:

Via Aldo Moro, n. 5 - 27028 San Martino Siccomario (PV)
Tel. 0382/1751046 Fax 0382/1752557
e-mail ecogis@ecogis.it

DOCUMENTO DI PIANO

| | |
|---|-----------|
| 1. PREMESSA | 4 |
| 1.1. RIFERIMENTI LEGISLATIVI | 5 |
| 1.2. CARTOGRAFIA DI INQUADRAMENTO | 6 |
| 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE | 7 |
| 3. INQUADRAMENTO METEO - CLIMATICO | 8 |
| 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO | 13 |
| 4.1. ASSETTO GEOLITOLOGICO | 13 |
| 4.2. TETTONICA | 14 |
| 4.3. MORFOLOGIA | 14 |
| 5. USO DEL SUOLO | 16 |
| 6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO | 17 |
| 6.1. IDROGRAFIA SUPERFICIALE | 17 |
| CORSI D'ACQUA ESCLUSI DAL RETICOLO IDRICO MINORE | 21 |
| RETICOLO IDRICO PRIVATO | 21 |
| 6.1.1 FASCE DI RISPETTO DEL RETICOLO MINORE | 22 |
| 6.2. ESONDAZIONI STORICHE DEL FIUME PO | 24 |
| 6.3. IDROGRAFIA SOTTERRANEA | 27 |
| 6.4. VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI | 29 |
| 6.5. I POZZI ACQUEDOTTISTICI | 31 |
| 7. PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) | 32 |
| 8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA | 33 |
| 9. LIQUEFAZIONE | 35 |
| 10. DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE SISMICA | 37 |
| 10.1. LA ZONAZIONE SISMOGENETICA DEL TERRITORIO ITALIANO | 37 |
| 10.2. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE | 39 |
| 10.3. CRITERI GENERALI PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE SISMICHE | 42 |
| 10.4. NORMATIVA REGIONALE | 46 |
| 10.5. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO DAL PUNTO DI VISTA SISMICO | 48 |
| 10.5.1 Azione sismica | 49 |

| | |
|---|-----------|
| 10.6. RISPOSTA SISMICA LOCALE | 51 |
| 10.7. ANALISI DELLA SISMICITÀ LOCALE | 51 |
| 10.7.1. Analisi 1° livello | 53 |
| 10.7.2. Analisi 2° livello | 55 |
| 10.7.3. Analisi 3° livello | 57 |
| 10.8. SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE NEL TERRITORIO COMUNALE | 58 |
| 11. GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA | 60 |
| 11.1. DEFINIZIONI | 60 |
| 11.2. TIPOLOGIE DI IMPIANTI | 60 |
| 11.2.1. Impianti geotermici " <i>a circuito chiuso</i> " e impianti geotermici " <i>a circuito aperto</i> " | 60 |
| 11.2.2. Impianti geotermici " <i>a circuito aperto</i> " | 61 |
| 11.3. ASPETTI AMBIENTALI | 62 |
| 11.3.1. Sonde geotermiche verticali e impianti ad acqua di falda | 62 |
| 11.4. STUDI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI | 63 |
| 12. VINCOLI ESISTENTI SUL TERRITORIO COMUNALE | 63 |
| 13. CARTOGRAFIA DI SINTESI | 67 |
| 14. FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO | 68 |
| ◇ CLASSE 2 - FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI | 68 |
| ◇ CLASSE 3A - FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI | 68 |
| ◇ CLASSE 3B - FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI | 69 |
| ◇ CLASSE 3C - FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI | 69 |
| ◇ CLASSE 4A - FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI | 69 |
| ◇ CLASSE 4B - FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI | 69 |
| ◇ CLASSE 4C - FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI | 70 |

| CARTOGRAFIA | | | |
|--------------------|------------------------------|-----------------|------------------|
| N° | TAVOLA | BASE | SCALA |
| Tavola 1 | INQUADRAMENTO TERRITORIALE | CTR | grafica |
| Tavola 2 | GEOLOGICA | CTR | scala 1 : 10.000 |
| Tavola 3 | GEOMORFOLOGICA | CTR | scala 1 : 10.000 |
| Tavola 4 | IDROGEOLOGICA | CTR | scala 1 : 10.000 |
| Tavola 5 | VINCOLI | Fotogrammetrico | scala 1 : 10.000 |
| Tavola 6 | PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE | Fotogrammetrico | scala 1 : 10.000 |
| Tavola 7a | SINTESI | Fotogrammetrico | scala 1 : 5.000 |
| Tavola 7b | SINTESI | Fotogrammetrico | scala 1 : 5.000 |
| Tavola 8a | FATTIBILITA' GEOLOGICA | Fotogrammetrico | scala 1 : 5.000 |
| Tavola 8b | FATTIBILITA' GEOLOGICA | Fotogrammetrico | scala 1 : 5.000 |

| ALLEGATI | |
|-------------------|----------------------------|
| ALLEGATO 1 | SEZIONI LITOSTRATIGRAFICHE |
| ALLEGATO 2 | SEZIONE IDROGEOLOGICA |
| ALLEGATO 3 | SCHEDE POZZI |

1. PREMESSA

Il presente studio, eseguito su incarico dell'Amministrazione Comunale di Linarolo (PV), costituisce l'aggiornamento, ai sensi della D.g.r. n. 8/1566 del 22 Dicembre 2005 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", dello Studio Geologico allegato al vigente Piano Regolatore Generale comunale.

La delibera della giunta regionale n. 8/1566 del Dicembre 2005 ha definito gli indirizzi tecnici per gli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici generali dei Comuni, secondo quanto stabilito dalla L.r. 12/2005; i criteri ed indirizzi approvati con la D.G.R. 8/1566/05 sono stati successivamente aggiornati ed integrati a seguito della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008 dell'approvazione del D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008, S.O. n. 30 ed entrato in vigore il 6 marzo 2008, e della legge n. 31 del 28 febbraio 2008 "Conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 31 dicembre 2007, n. 248".

La metodologia adottata è stata articolata in tre principali fasi di attività:

- ❖ Fase di analisi che consiste nel rilevare ed analizzare tutti i dati geolitologici, geomorfologici ed idrogeologici, al fine di elaborare le carte tematiche indicate; tali dati vengono poi utilizzati per l'analisi del rischio sismico e la stesura della carta della pericolosità sismica locale
- ❖ Fase di sintesi/valutazione è definita tramite la redazione della carta dei vincoli, che individua le limitazioni d'uso del territorio, derivanti da normative in vigore, di contenuto prettamente geologico e la carta di sintesi che propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica ed idrogeologica
- ❖ Fase di proposta definita attraverso la redazione della carta di fattibilità geologica delle azioni di piano e delle norme geologiche di attuazione; il territorio viene pertanto classificato secondo ambiti omogenei per pericolosità geologica-geotecnica ed idraulica-idrogeologica a cui devono essere sovrapposti gli ambiti soggetti ad amplificazione sismica locale

Le linee guida generali prevedono la ricerca bibliografica, condotta su documenti e pubblicazioni tecnico-scientifiche, la consultazione della documentazione pubblica dalla Banca Dati Geologica Regionale e la ricerca storica confrontabile con la banca dati, documentata e verificabile.

1.1. Riferimenti legislativi

- **L.R. 22 gennaio 2010, n. VIII/951** "Approvazione del Piano Territoriale Regionale"
- **L.R. 10 marzo 2009, n. 5** "Disposizioni in materia di territorio e opere pubbliche"
- **D.M. 14 gennaio 2008** "Norme Tecniche delle Costruzioni"
- **D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374** "Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12, approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n. 8/1566"
- **D.D.G. 3 agosto 2007, n. 8943** "Linee Guida di Polizia Idraulica"
- **D.G.R. 15 marzo 2006, n. 8/2121** "Criteri e procedure per l'esercizio delle funzioni amministrative in materia di tutela dei beni paesaggistici in attuazione della l.r. 11 marzo 2005, n.12"
- **D.G.R. 29 marzo 2006, n. 8/2244** "Approvazione del Programma di tutela e uso delle acque, ai sensi dell'art. 44 del D.lgs. 152/99 e dell'art. 55, comma 19 della l.r. 26/2003"
- **L.R. 11 marzo 2005, n. 12** "Legge per il Governo del Territorio"
- **D.L. 3 aprile 2005, n.152** "Norme in materia ambientale"
- **D.lgs. 22 gennaio 2004, n.42** "Codice dei beni culturali e del paesaggio ai sensi dell'art. 10 della l. 6 luglio 2002, n. 137"
- **D.G.R. VII/18453 30 luglio 2004** "Individuazione degli enti gestori dei proposti siti di importanza comunitaria (pSIC) e dei siti di importanza comunitaria (SIC) non ricadenti in aree protette, e delle zone di protezione speciale (zPS), designate dal Decreto del Ministro dell'Ambiente 3 aprile 2000"
- **D.G.R. 1 agosto 2003 n. 7/13950**. 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".
- **D.G.R. n.VII/14106 8 agosto 2003** "Elenco dei pSIC ai sensi della Direttiva 92/43/CEE per la Lombardia, individuazione dei soggetti gestori e modalità procedurali per l'applicazione della valutazione d'incidenza"
- **D.G.R. 29 ottobre 2001 n.7/6645** "Approvazione direttive per la redazione dello studio geologico ai sensi dell'art. 3 della L.R. 41/97".
- **D.lgs. 2 febbraio 2001, n. 31** "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano"

- **D.G.R. 29 ottobre 2001 n.7/6645** "Approvazione direttive per la redazione dello studio geologico ai sensi dell'art. 3 della L.R. 41/97"
- **D.lgs. 258/2000** "Disposizioni correttive e integrative del D. Lgs 11 maggio 1999 n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'art.1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n.128..."
- **D.lgs. 17 luglio 1998, n. 6/37466** "Approvazione dello statuto del consorzio per la gestione del Parco Regionale della Valle del Ticino" (l.r. 30 novembre 1983, n. 86, l.r. 16 settembre 1996, n.26)
- **L. 3 agosto 1998, n. 267** e ss.mm.ii., art. 1, comma 1-bis, "Piano Straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato (PS267)
- **L. 14 febbraio 1992 n. 225** "Istituzione del Servizio nazionale della Protezione Civile; organizzazione degli studi atti a definire le aree a maggior rischio idrogeologico"
- **D.M. LL.PP. 11 marzo 1988** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione, emanato in attuazione dell'art. 1 della Legge n. 64/1974".

1.2. Cartografia di inquadramento

I diversi elaborati cartografici di inquadramento, estesi al solo territorio comunale o ad un intorno significativo, sono stati redatti in funzione del tematismo considerato.

Le basi cartografiche utilizzate per la redazione degli elaborati sono:

- *Rilievo Fotogrammetrico (scala 1:5.000 – scala 1:10.000)*
- *Carta Tecnica Regionale (CTR) (scala 1:10.000)*

Il sistema di riferimento utilizzato è *Gauss-Boaga nel Datum Roma40*.

A supporto del presente studio sono state realizzate **n. 10 Tavole** di inquadramento:

- **Tavola 1:** Inquadramento territoriale
- **Tavola 2:** Carta Geologica (CTR – scala 1:10.000)
- **Tavola 3:** Carta Geomorfologia (CTR – scala 1:10.000)
- **Tavola 4:** Carta Idrogeologica (CTR – scala 1:10.000)
- **Tavola 5:** Carta dei Vincoli (Fotogrammetrico – scala 1:10.000)
- **Tavola 6:** Carta della Pericolosità Sismica Locale (Fotogrammetrico – scala 1:10.000)
- **Tavola 7a:** Carta di sintesi – zona nord (Fotogrammetrico – scala 1:5.000)
- **Tavola 7b:** Carta di sintesi – zona nord (Fotogrammetrico – scala 1:5.000)
- **Tavola 8a:** Carta di Fattibilità geologica – zona nord (Fotogrammetrico – scala 1:5.000)

➤ **Tavola 8b:** Carta di Fattibilità geologica – zona sud (Fotogrammetrico – scala 1:5.000)

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il comune di Linarolo occupa una superficie di 12,25 km², dista circa 9 km in direzione sud - est dal centro abitato di Pavia, a cui si collega attraverso la strada statale n. 234 "Pavia - Cremona" e la strada statale n. 617 che collega Pavia con Broni - Stradella.

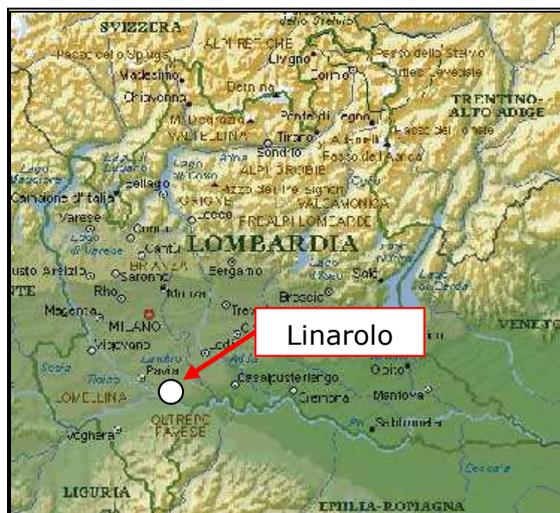


Fig. 1 - Inquadramento territoriale

Dal punto di vista amministrativo il comune di Linarolo confina con i comuni, tutti appartenenti alla provincia di Pavia, di Valle Salimbene e Albuzzano a nord, di Mezzanino e Albaredo Arnaboldi a sud-ovest, di Belgioioso a est.

Il comune di Linarolo è uno dei 21 comuni della provincia di Pavia aderenti al Consorzio del Parco del Ticino.

Sul territorio comunale di Linarolo gli insediamenti residenziali risultano concentrati nel capoluogo situato a nord-est, nelle frazioni di Vaccarizza e di Ospitaletto ubicate a sud e San Leonardo ad ovest di cui solo una piccola parte del comune ricade nel territorio comunale di Linarolo.

Dal punto di vista altimetrico il Comune di Linarolo risulta riferito ad una quota media di 74 m s.l.m. con valori che variano da 76 m s.l.m. a nord della zona artigianale fino a 56 m s.l.m. a sud della frazione Ospitaletto nella zona golenale del Fiume Po.

L'attività economica prevalente è quella agricola; le colture più frequenti sono i cereali (mais, riso, frumento e soia) e i foraggi inoltre è sviluppata anche la pioppicoltura.

Nella zona golenale sono presenti alcune lanche come ad esempio a sud della frazione Ospitaletto è situata la lanca Chiappo destinata alla pesca sportiva.

Il territorio comunale di Linarolo risulta cartografato sul Foglio n. 59 denominato "Pavia" della Carta Geologica d'Italia in Scala 1 : 100.000 e sulla Carta Tecnica Regionale alla scala 1 : 10.000 sui Fogli B7c4 – B7c5.

3. INQUADRAMENTO METEO - CLIMATICO

Il clima lombardo a grande scala è controllato da diversi fattori quali la natura del rilievo, la continentalità della valle Padana, l'umidità proveniente dal Mediterraneo e dalle correnti atlantiche di Nord-Ovest.

Le condizioni climatiche padane sono sostanzialmente di tipo continentale, con inverni rigidi ed estati calde, elevata umidità specie nelle zone con più ricca idrografia, nebbie frequenti specie in inverno, piogge piuttosto limitate e relativamente ben distribuite durante tutto l'anno; la ventosità è ridotta e frequenti sono gli episodi temporaleschi estivi.

In generale si constata che la quantità di pioggia che cade in questa stagione è superiore a quella invernale anche se più irregolarmente distribuita.

In autunno il clima è caratterizzato dall'ingresso sull'area padana di intense perturbazioni e le piogge che ne derivano sono in genere di rilevante entità.

In complesso la distribuzione annuale delle precipitazioni nell'area a clima padano presenta due massimi, uno principale in autunno (intorno ad ottobre-novembre) ed uno secondario in primavera (intorno a maggio - giugno).

I dati utilizzati per questo studio sono stati raccolti dal Centro Meteo Lombardo in particolare sono stati analizzati i dati raccolti presso la stazione meteorologica di Spessa Po (PV) nel periodo compreso tra il 1986 – 2009.

L'analisi e il trattamento dei dati hanno permesso di ottenere un inquadramento delle condizioni meteo-climatiche alla microscala relativamente i seguenti fattori:

- precipitazioni medie mensili, precipitazioni medie suddivise per decenni, temperature medie massime e minime mensili, temperature medie massime e minime suddivise per decenni, giorni di pioggia con precipitazione al suolo superiori a 1 mm e 10 mm, direzione dei venti.



Fig. 2 – Andamento temperatura (periodo primaverile)

L'Analisi dati di temperatura relativi alla stazione meteorologica di Spessa Po evidenzia come la primavera 2008 risulta tra le più calde con **15.3°C** di media , la terza più calda dal 1986 ; siamo a **+1.8°C** rispetto alla norma.

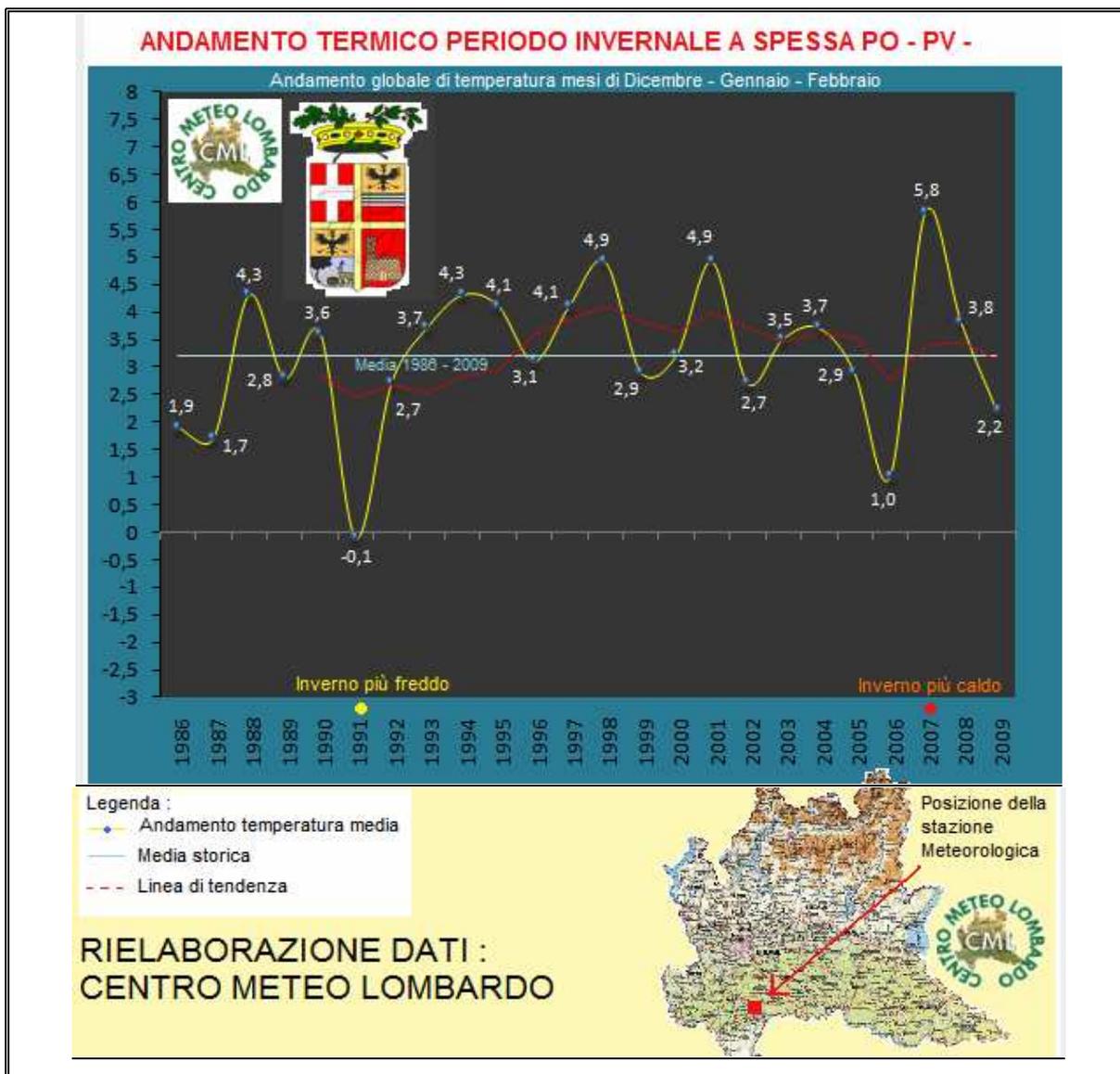


Fig. 3 – Andamento temperatura (periodo invernale)

L'Analisi dati di temperatura relativi alla stazione meteorologica di Spessa Po evidenzia come la l'inverno più freddo sia stato il 1991 con **-0.1°C** di media , mentre l'inverno più mite con **+5.8°C** rispetto alla norma. Il valore medio del periodo 1986 – 2009 è pari a **+ 3,2 °C**.

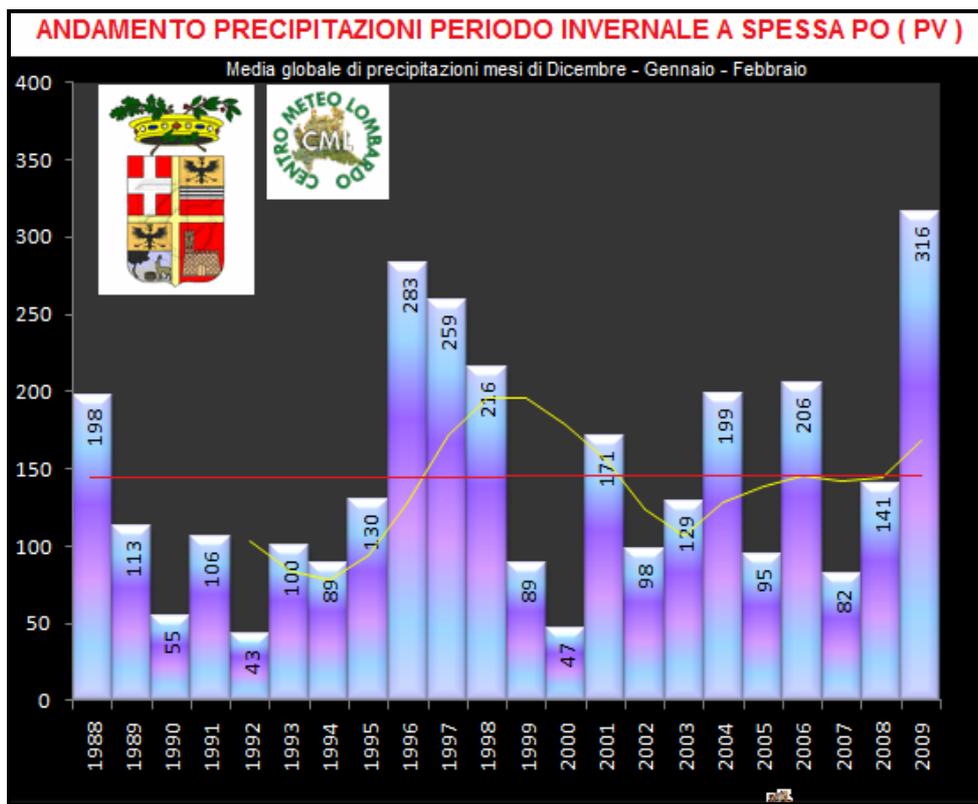
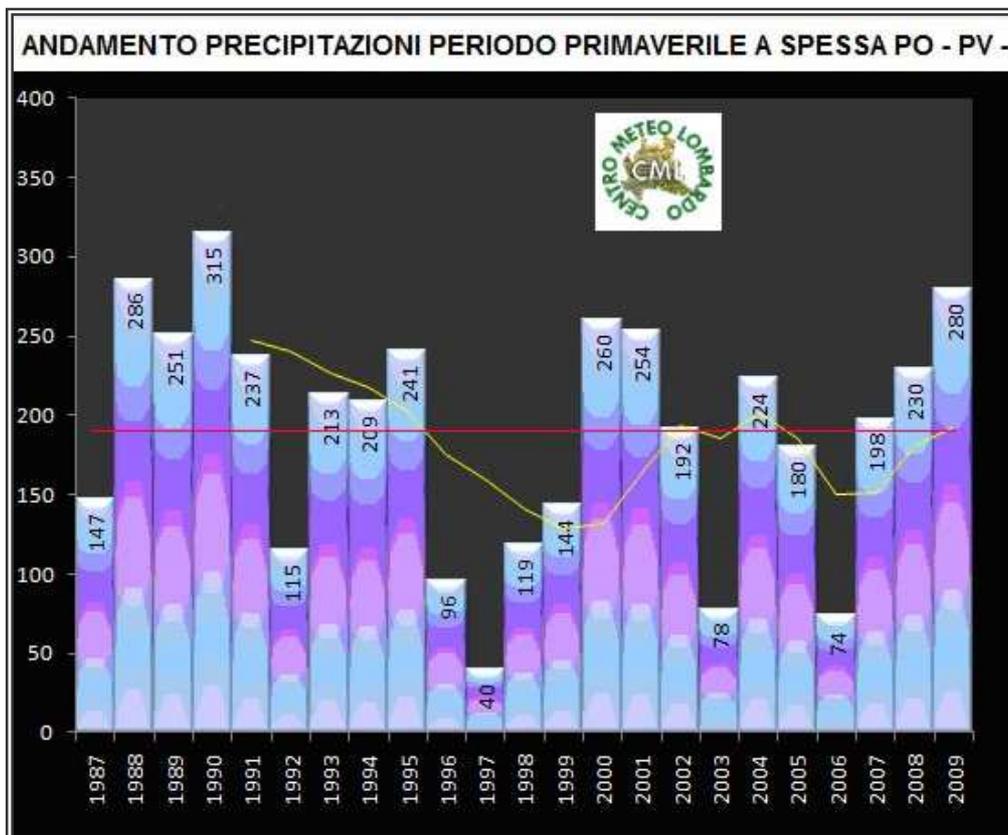


Fig. 4 – Andamento precipitazioni (periodo invernale)

L'analisi dati di precipitazione relativi alla stazione meteorologica di Spessa Po mostra come nell'ultimo decennio il periodo invernale 2009 nella bassa Lombardia occidentale è stato complessivamente sopra la norma ; si sono registrati **316 mm** di accumulo contro una media di **149 mm**.



Legenda :

-  Andamento prp invernali
-  Media storica
-  Linea di tendenza

Fig. 5 – Andamento precipitazioni (periodo primaverile)

L'analisi dati di precipitazione relativi alla stazione meteorologica di Spessa Po mostra come nell'ultimo decennio il periodo primaverile 2009 nella bassa Lombardia occidentale è stato complessivamente sopra la norma ; si sono registrati **280 mm** di accumulo contro una media di **190 mm**.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO

4.1. Assetto geolitologico

L'assetto geologico dell'area è riportato sul Foglio 59 "Pavia" della Carta Geologica d'Italia (1966), rappresentata alla scala 1:100.000 e sulla Carta Geolitologica (Tavola 2) alla scala 1:10.000.

Il comune di Linarolo è situato sulla sponda idrografica sinistra del Fiume Po, in prossimità della confluenza con il Fiume Ticino.

Le **alluvioni attuali** o **depositi fluviali dei greti attuali** (Olocene) si ritrovano nella zona meridionale del comune e costituiscono la piana posta a livello del Fiume Po (56 – 57 m s.l.m.), che in occasione degli eventi alluvionali viene allagata dalle acque di esondazione.

Le **alluvioni antiche** o **depositi terrazzati** (Olocene) costituiscono il primo terrazzo di origine fluviale, su cui sorgono gli abitati di S.Leonardo ed, in parte, di Vaccarizza ed Ospitaletto.

I depositi appartenenti al **Fluvioglaciale** e **Fluviale Wurm** costituiscono la gran parte del territorio comunale, che si colloca ad una quota topografica media di circa 74.00 m s.l.m., su cui sorge l'abitato di Linarolo.

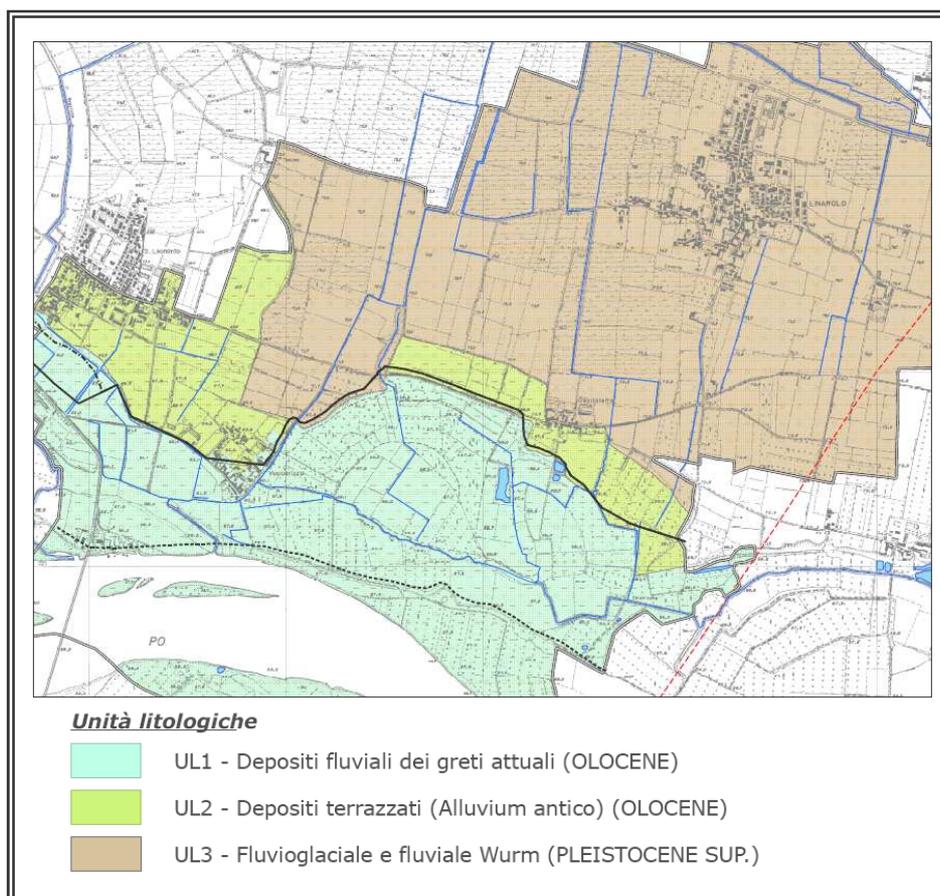


FIG. 6 : STRALCIO CARTA GEOLOGICA

4.2. Tettonica

La pianura pavese è costituita da una successione di depositi alluvionali, di età quaternaria, rilasciati dall'attività del fiume Po e dai suoi affluenti, che si poggia direttamente su un substrato formato da sedimenti marini (argille di età miopliocenica) coinvolti in peculiari strutture morfo - tettoniche, instauratesi nel corso delle ultime fasi dell'orogenesi alpina e, in alcuni casi, rimaste attive anche durante l'Era Quaternaria (Braga G. et al., 1987).

Elemento fondamentale della tettonica relativamente alla pianura pavese è la "faglia vogherese" (faglia diretta), che attraversa il territorio del Comune di Linarolo, con direzione NE-SW.

L'andamento della suddetta faglia è stato ricostruito mediante i dati elaborati sfruttando le prospezioni dell'Agip.

4.3. Morfologia

Il comune di Linarolo è situato sulla sponda orografica sinistra del Fiume Po in prossimità della confluenza con il Fiume Ticino.

La morfologia di questa porzione di territorio, è caratterizzata da un piano campagna uniformemente degradante verso le sponde del fiume (le pendenze sono dell'ordine di circa 2÷3 ‰); tale superficie è il risultato della giustapposizione di più conoidi coalescenti, costituiti dal trasporto di materiali degli affluenti del Fiume Po e dei suoi affluenti.

La zona di pianura è interessata da una fitta rete di canali artificiali di scolo, cavi e rogge adibiti al drenaggio delle acque meteoriche. La morfologia pianeggiante è interrotta dal terrazzo fluviale che raccorda i depositi wurmiani dai depositi recenti ed attuali del Fiume Po che costituiscono essenzialmente l'area golenale.

Frequenti sono i passaggi di facies, sia laterali che verticali, per interdigitazioni e variazioni di granulometria, in particolare nelle zone di contatto tra i depositi del fiume Ticino e le alluvioni del Fiume Po.

Pertanto, la coltre alluvionale è complessivamente caratterizzata da uno sviluppo eterogeneo dei sedimenti che la costituiscono anche a causa delle alterne fasi di sedimentazione e di erosione del Fiume Po e del Fiume Ticino nonché delle ripetute migrazioni dei loro alvei.

Il territorio comunale di Linarolo è percorso da numerose rogge e canali irrigui:

- ✓ il Cavo Sartirana e il Cavo Moro che scorrono parallelamente in parte nel comune di Valle Salimbene e si immettono direttamente nel F. Po costeggiando il centro abitato di Vaccarizza;

- ✓ la Roggia Pissona che taglia a metà il comprensorio comunale lambendo il centro abitato di Ospitaletto;
- ✓ il Cavo Cerlesca che attraversa solo per un breve tratto il territorio di Linarolo nella zona est;
- ✓ il Cavo Sesso di Belgioioso che in parte rappresenta il confine tra il comune di Linarolo e quello di Belgioioso;
- ✓ lo Scolo Morcizza che scorre a sud della frazione Ospidaletto;
- ✓ il Cavo Alberico situato nella zona settentrionale del territorio comunale quasi al confine con il territorio comunale di Albuzzano;
- ✓ la Roggia la Fuga che alimenta la Lanca Chiappo situata a sud di Ospitaletto;
- ✓ lo Scolo Stelletta situato ad ovest del Ponte della Becca.

5. Uso del suolo

Il territorio di Linarolo è caratterizzato da estese superfici coltivate a riso, mais e seminativi semplici, intervallati, soprattutto nella fascia più prossima al Fiume Po, a boschi di pioppeti e vegetazione spontanea.

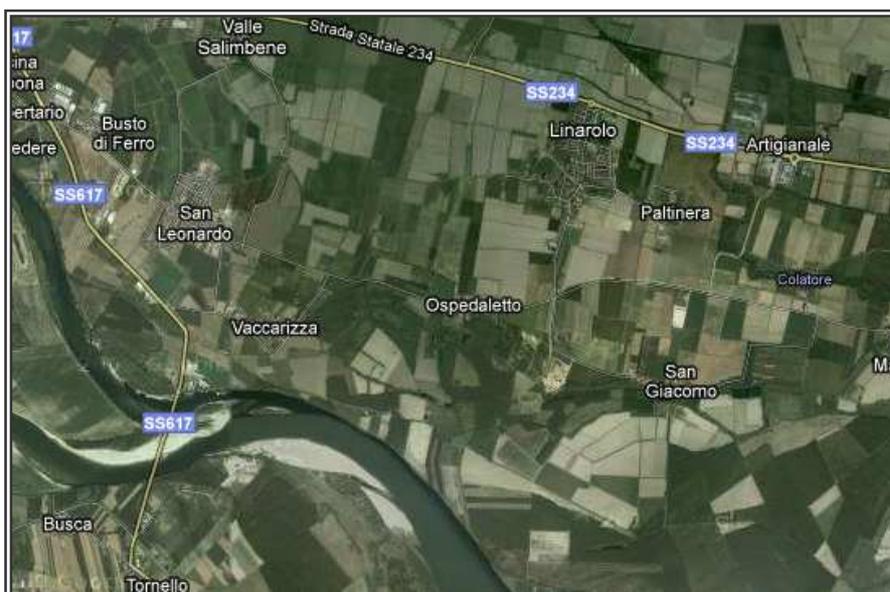


Fig. 7 - Immagine satellitare (Google Map)

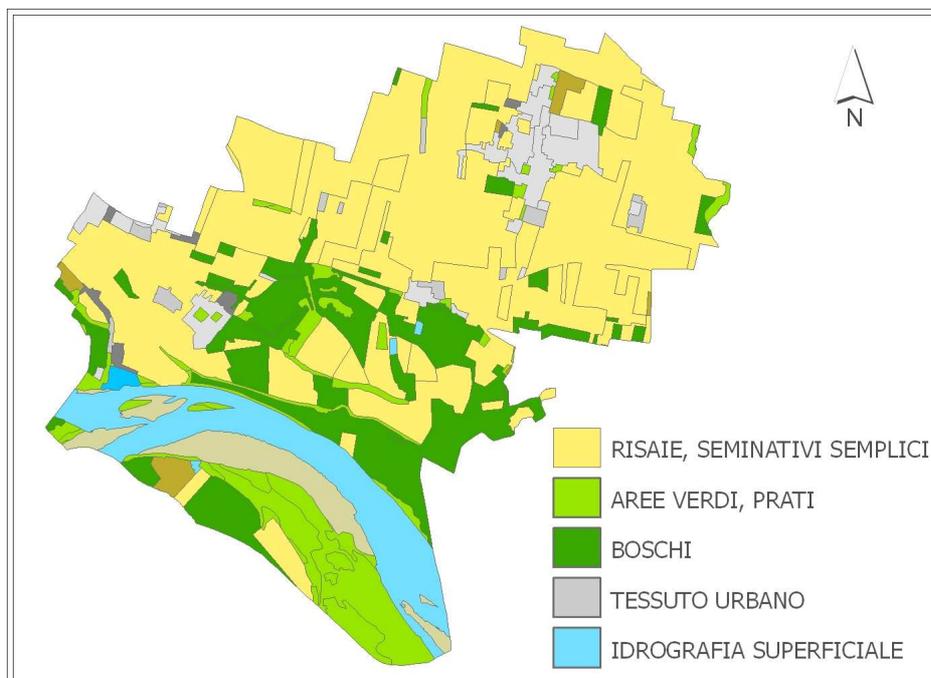


Fig. 8 - CARTA D'USO DEL SUOLO

6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

6.1. Idrografia superficiale

Il territorio comunale di Linarolo si trova nella zona di confluenza del Fiume Po con il Fiume Ticino ossia i due principali corsi d'acqua della pianura pavese; le loro attività di erosione e di deposito, nell'arco dei millenni hanno modificato e modellato il territorio che circonda le loro sponde.

La zona di meandreggiamento recente del Fiume Po e del Fiume Ticino (anche se quest'ultimo non attraversa fisicamente il territorio comunale) risultano essere costituite da depositi attribuibili alla "unità dei depositi alluvionali incoerenti a permeabilità primaria elevata (per porosità)".

I depositi della zona di meandreggiamento recente del fiume Po sono costituiti da sabbie, limi sabbiosi e limi, ghiaie e sabbie lungo gli alvei dei principali corsi d'acqua provenienti dalla pianura milanese come il Fiume Lambro, il Fiume Adda e il Fiume Serio che hanno tutti senso di scorrimento Nord-Sud.

Per la difesa dal rischio di inondazioni, sulla sponda destra del Po è presente un'arginatura continua (Argine maestro) tale da consentire il contenimento degli episodi di piena a tutt'oggi ha dimostrato un buon grado di efficienza.

Il comune di Linarolo situato sulla sponda sinistra del Fiume Po presenta un argine (V° categoria) che delimita in parte la zona golenale; quest'area funziona come "cassa di espansione" nelle fasi di piena.

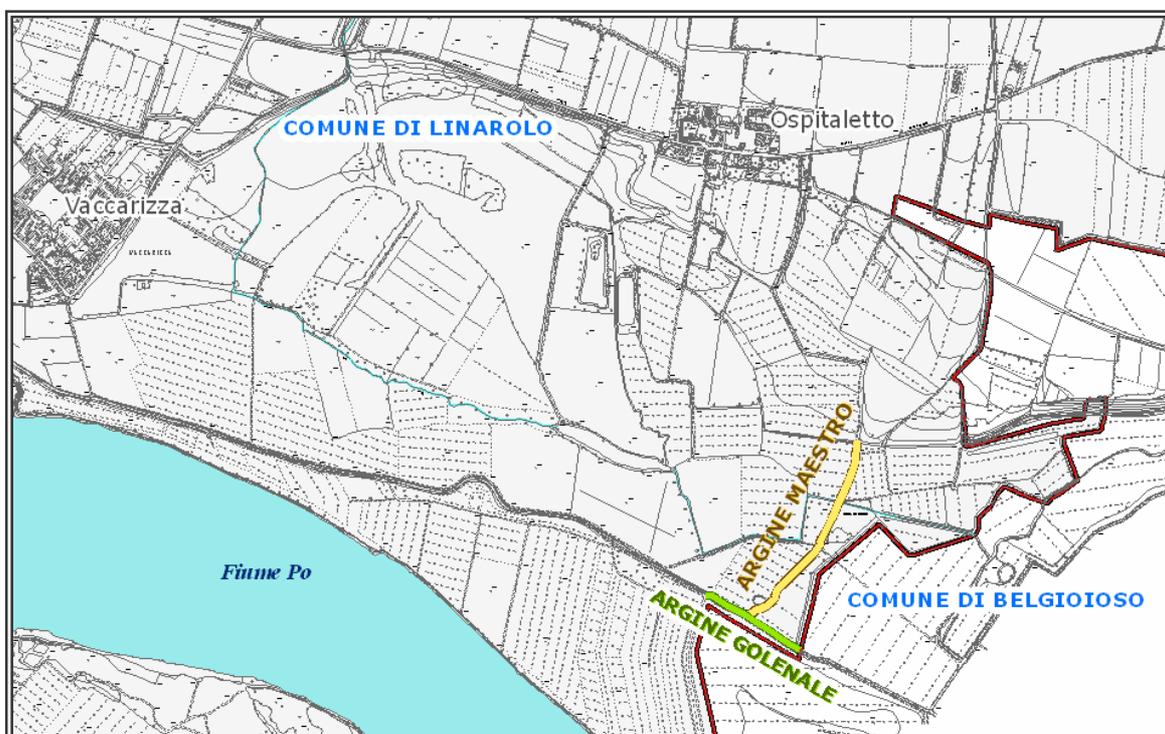


Figura 9 - Particolare degli argini del Fiume Po realizzati nel territorio comunale di Linarolo

Il rischio di esondazione è pertanto connesso soprattutto ad eventuali rotture dell'argine stesso, per fenomeni di crollo o di sifonamento, che possono verificarsi quando la corrente idrica, espandendosi su tutta la zona golenale, giunge a interessare le abitazioni della parte inferiore della frazione di Vaccarizza, ubicate all'interno della fascia B del PAI.

Durante gli eventi di piena possono verificarsi i fontanazzi¹ in prossimità degli argini e i fenomeni di rigurgito, causati dai corsi d'acqua minori e della rete dei canali di scolo che non riescono a smaltire nel Fiume Po il loro flusso idrico.

Fiume Po

Il fiume Po nasce a Crissolo, a Pian del Re, ai piedi del Monviso ad una altitudine di 2022 m e la sua lunghezza è di oltre 650 km. Lungo il suo corso, il Po è alimentato da 141 affluenti.

La portata massima registrata è di 12.800 m³/sec a Piacenza (nov. 1951). Il suo delta è di 380 kmq e si dirama in cinque bocche: Po della Maestra, Po della Pila, Po di Tolle, Po della Gnocca, Po di Goro.

La mutevolezza del suo aspetto è stato il tratto saliente di questo fiume e del paesaggio che lo accompagna. Nel corso degli ultimi millenni si è radicalmente trasformato per l'azione di molteplici fattori. I confini tra l'emerso ed il sommerso si sono mutati ed il territorio è stato letteralmente costruito assumendo una relativa stabilità.

Il bacino del fiume Po è il bacino idrografico più grande d'Italia.

La sua superficie si estende per oltre 71.000 kmq, interessando 3.200 comuni, sei regioni: Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Veneto, Liguria, Emilia Romagna, e la Provincia Autonoma di Trento.

Il regime delle acque del Po è considerato composito con due massimi (primaverile e autunnale) e due minimi (invernale ed estivo) tra loro pressoché uguali. Nonostante i grandi scarti che si possono notare rispetto alla portata media (1560 m³/sec. alla foce), il deflusso delle acque si presenta regolare in condizioni meteorologiche normali.

La diversità di regime degli affluenti fa sì che l'importanza delle piene del Po venga smorzata ma quando le piogge cadono contemporaneamente su tutto il bacino con una certa intensità e durata, o si spostano da monte a valle, le piene possono diventare rovinose rompendo gli argini protettivi che ingabbiano il fiume da Valenza Po fino al mare per una lunghezza di circa 450 km.

Le esondazioni avvengono su tutti i territori rivieraschi del Po e dei suoi affluenti ma in modo maggiore verso il delta del fiume.

¹ I fontanazzi si verificano quando l'innalzamento del livello del fiume è tale per cui si instaura una pressione di alcuni metri d'acqua sulle pareti dell'argine, provocando un flusso delle acque superficiali contrario a quello naturale. I fontanazzi sono assai pericolosi se si verificano in prossimità dell'argine perché il flusso d'acqua trascina con sé grandi quantitativi di materiale fino a formare dei veri canali sotterranei che possono far crollare l'argine sovrastante.

A monte, colpisce soprattutto l'irruenza dei corsi d'acqua, dovuta alla forte pendenza e all'intervento eccessivo dell'uomo; a valle, colpiscono il sovraccarico e la forte pressione delle acque. Qui inoltre, il fiume corre pensile e la formazione di fontanazzi (all'esterno dei ripari) determina successivamente la rottura degli argini.

Nell'autunno degli anni 580, 1438, 1928, 1951, 1994, 2000 e nella primavera degli anni 1872,1917, 1926, 1957, le piene ordinarie sono state esaltate da particolari condizioni climatiche.

La portata del Po può crescere fino a 8900 m³/sec (Pontelagoscuro, giugno 1917) e a ben 12.800 m³/sec (Piacenza, nov. 1951).

Nel ottobre 2000, la portata del Po arrivò a più di 13.000 m³/s, (Piacenza) superando i livelli del 1951 già uguagliati nel 1994.

Tabella 1 - valori al colmo delle suddette piene storiche :

| Stazione | 1926 | 1951 | 1994 | 2000 | 2002 | Liv. guardia |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Ponte Becca | <i>7.88</i> | <i>7.85</i> | <i>7.60</i> | <i>7.81</i> | <i>4.96</i> | <i>4.50</i> |

Per la difesa dal rischio di esondazioni, sulla sponda destra del Fiume Po è presente un'arginatura continua (Argine maestro) tale da consentire il contenimento degli episodi di piena dimostrando un buon grado di efficienza.

Per il monitoraggio continuo del livello del fiume, durante gli episodi di piena, è stato installato un idrometro a lettura diretta nelle vicinanze dell'argine in prossimità del casello di guardia all'interno del territorio comunale di Rea Po .

Il rischio di esondazione può essere collegato ad eventuali rotture dell'argine stesso, per fenomeni di crollo o di sifonamento, meno probabile appare viceversa la possibilità di sormonto dell'arginatura; si possono verificare limitati allagamenti in occasione delle piene del fiume Po, causati da fenomeni di rigurgito che possono interessare i corsi minori e la rete di canali di scolo.

Il fenomeno principale da monitorare durante gli eventi di piena è quello dei fontanazzi, che possono favorire una rapida erosione del terreno costituente l'argine stesso, i fontanazzi sono contrastati mediante la posa di sacchi di sabbia attorno al foro in modo da formare una coronella.

Fiume Ticino

Il fiume Ticino è tra i maggiori affluenti del Fiume Po, il suo bacino imbrifero ha un'estensione di circa 7200; lungo circa 280 km, attraversa il territorio italiano procedendo da nord a sud, interessando le province di Varese, Milano e Pavia.

La portata massima supera i 3000 m³/s; la portata media annua è di 300 mc/s ; il suo andamento stagionale è quello caratteristico dei bacini sublitoranei alpini, con i massimi in maggio, giugno e

luglio ed i minimi nel periodo invernale, le punte massime di portata si raggiungono, di norma, in autunno.

La larghezza media del bacino imbrifero è di 7 km; tale bacino, con poche eccezioni, è circoscritto alle sole aree golenali ed ai terreni agricoli le cui colature giungono, più o meno direttamente, al fiume.

Il Ticino sublacuale scorre in una valle a fondo quasi piatto incisa nella superficie fondamentale della pianura, cui si è raccordata mediante un terrazzo principale ed altri minori; il Fiume decorre dapprima con un alveo semplice, quindi amplia progressivamente il suo letto divagando e formando isole e meandri. Quest'ultima caratteristica si evidenzia superato l'abitato di Bereguardo e sino alla confluenza con il Po.

L'utilizzazione delle acque del Ticino ha permesso, attraverso opere di derivazione anche di notevoli dimensioni, di costituire una rete irrigua con una superficie di 15.400 ha, nelle provincie di Novara, Milano e Pavia.

Per quello che riguarda il regime idrometrico del Ticino sublacuale viene condizionato dall'azione regolatrice del Lago Maggiore, dalle cui condizioni dipendono i ritardi dei tempi di corrivazione (20 ore) alla confluenza in Po.

Il fiume Ticino è quindi influenzato dalle piene del Fiume Po, si verifica un rigurgito risalente sino a 12 km circa dal punto di confluenza. Quest'ultimo tratto di Ticino è quindi sottoposto a piene con caratteristiche idrometriche e idrodinamiche complesse dipendenti, oltre che dalle condizioni climatiche, dalle condizioni di piena concomitanti dei due, ovvero dei singoli fiumi.

Generalmente l'effetto delle piene di rigurgito si traducono nell'innalzamento dei tiranti idrici con pericolo di sormonto e rifranamento delle arginature.

Diversamente le piene proprie del Ticino presentano, oltre all'innalzamento dei livelli, forti velocità di deflusso e con effetti aggravati da irregolarità e modificazioni morfologiche dell'alveo.

In tali casi deriva un'accentuata azione erosiva (spondale e di fondo) con effetti molto spesso dirompendi sulle opere di presidio esistenti.

Reticolo idrico Minore:

Lo studio della Rete Idrica nel comune di Linarolo (realizzato nel maggio del 2005) ha permesso di individuare nove corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Idrico Minore.

Colatore Sesso di Belgioioso:

Iscritto nel vecchio elenco delle acque pubbliche al numero 155.

Ha origine immediatamente a monte del territorio comunale di Linarolo, sottopassa la strada provinciale Pavia-Broni per poi scorrere lungo il confine orientale del comune. Si immette nel Colo Morcizza in comune di Belgioioso

Roggia del Vallone:

Nasce da un fontanile e scorre totalmente all'interno del comune di Linarolo per poi immettersi nella Roggia Fuga.

Roggia Fuga-Lanca Chiappo- Colatore Morcizza- Colatore Tombone:

Raccogliono le acque di colò provenienti dalla pianura sovrastante.

Scorrono parallelamente al fiume Po anch'essi totalmente all'interno del comune di Linarolo.

La Roggia Fuga si immette nella Lanca Chiappo che a sua volta scarica nel colatore Morcizza.

Quest'ultimo, in prossimità del chiavicone prende il nome di colatore Tombone, e prosegue il suo corso fino a immettersi nello Scolo Morcizza.

Scolo Morcizza:

Iscritto nel vecchio elenco delle acque pubbliche al numero 156.

Scorre nella parte sud ovest del comune per un breve tratto (circa 10 metri). Prosegue in comune di Belgioioso fino ad immettersi nell'alveo del Po Morto che convoglia le acque nel Po.

Colatore Stelletta:

Iscritto nel vecchio elenco delle acque pubbliche al numero 151.

Scorre lungo il confine occidentale del comune di Linarolo, immediatamente a Sud del paese di San Leonardo ed immette le sue acque in prossimità della confluenza Po-Ticino.

Corsi d'acqua esclusi dal Reticolo Idrico Minore

Scolo Stelletta:

Iscritto nel vecchio elenco delle acque pubbliche al numero 152.

Anche se iscritto nel vecchio elenco delle acque pubbliche, questo corso d'acqua nel comune di Linarolo ha perso la sua funzionalità idraulica e di conseguenza non è stato inserito nel Reticolo Idrico Minore. È stato comunque individuato il vecchio tracciato dello Scolo Stelletta e riportato su carta.

Reticolo idrico Privato

I corsi d'acqua privati, presenti nel comune di Linarolo, sono gestiti principalmente dal Consorzio Naviglio Olona e sono derivazioni per lo più provenienti dal Naviglio Grande.

I corsi d'acqua privati sono stati schematizzati nella seguente tabella:

Tabella 2 - Corsi d'acqua soggetti alle norme dettate dal Codice Civile.

| CORSO D'ACQUA | GESTORE | DERIVAZIONE |
|------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| CAVO ALBERICO (o Belgioioso) | Consorzio Irriguo Naviglio Olona | Naviglio Grande e Naviglio Pavese |
| CAVO CERLESCA | Consorzio Irriguo Naviglio Olona | Naviglio Grande |
| CAVO SESSO | Consorzio Irriguo Naviglio Olona | Naviglio Grande |
| ROGGIA PISSONA (o Oppizzona) | Privato | Colatore Sesso di Sartirana |
| CAVO MORO | Privato | |
| CAVO SARTIRANA (o Mantovani) | Privato | |
| ROGGIA CAVETTO | Privato | |
| CAVO NUOVO | Privato | |
| CAVO NOCCA | Privato | |

6.1.1 Fasce di rispetto del Reticolo Minore

Fasce di rispetto del Reticolo idrico Minore:

Si è stabilito di delimitare i corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Idrico Minore con una fascia di rispetto di 10 m. Tale fascia è stata suddivisa in due ulteriori fasce caratterizzate da normative differenti:

- **Fa**= fascia di tutela assoluta o di inedificabilità avente un'estensione di 5 m
- **Fb**= fascia di rispetto esterna a F.A. avente estensione di 5 metri ma con norme meno restrittive rispetto alla precedente.

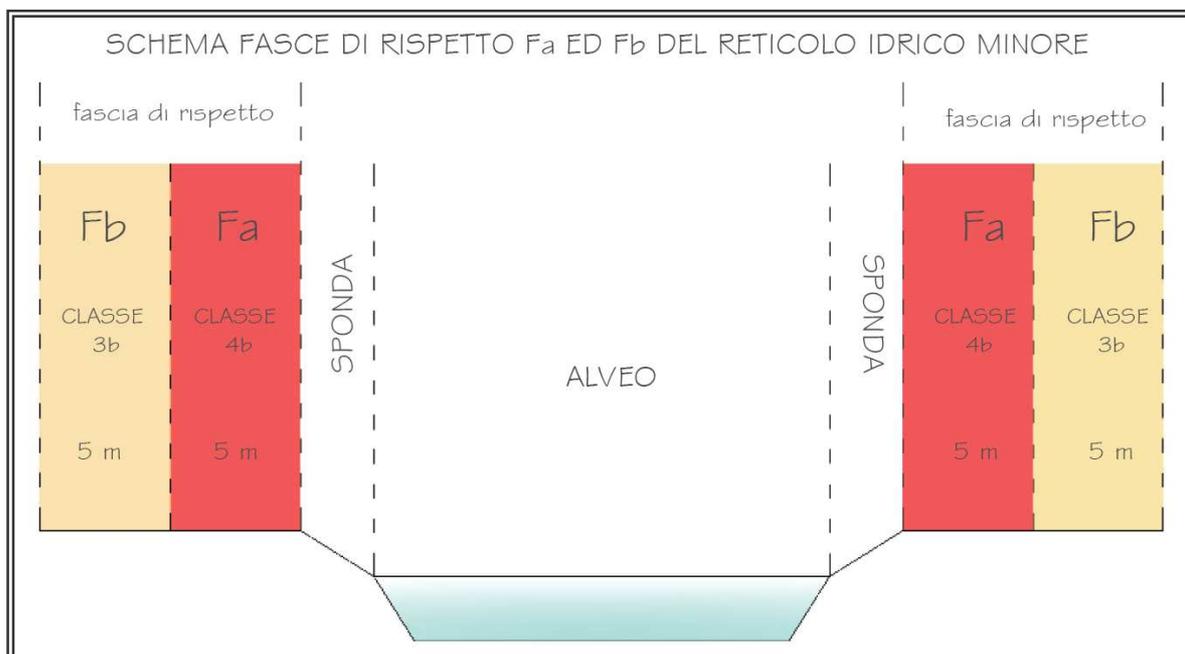
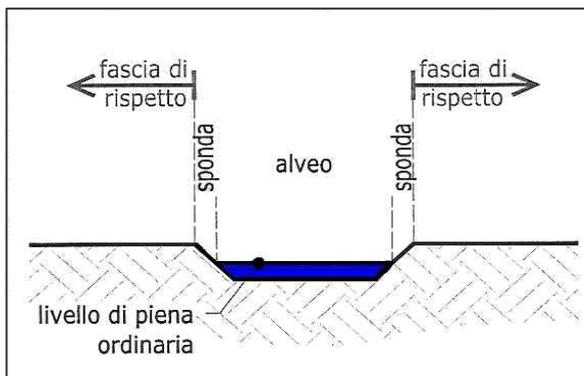
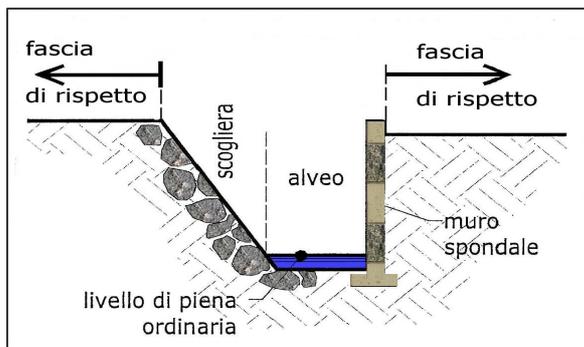


Fig. 10: fasce del reticolo idrico minore

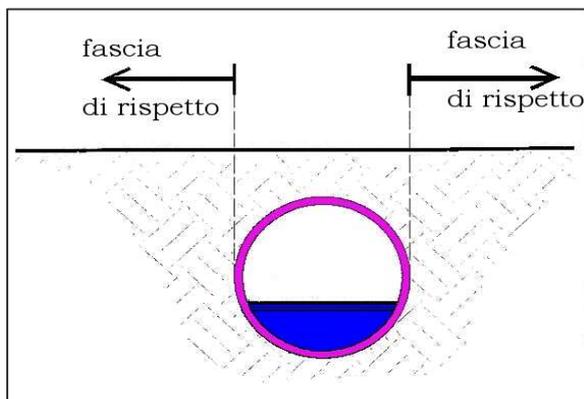
Va comunque sottolineato che le diverse ampiezze rappresentano solo approssimativamente, nella scala della carta, la fascia stessa, dovendosi individuare le distanze minime da rispettare con misure dirette in sito. La misura della fascia di rispetto, effettuata in orizzontale, presenta la seguente casistica non derogabile:



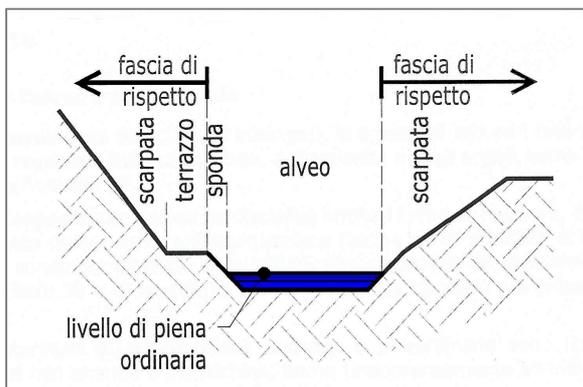
Caso 1 : Corso d'acqua con sponde variabili o stabili: la fascia di rispetto decorre dalla sommità della sponda incisa.



Caso 2: Corso d'acqua con sponde stabili (idoneamente consolidate o protette): la fascia di rispetto decorre dalla sommità dei manufatti di consolidamento e/o protezione



Caso 3: Corso d'acqua tombinato (intubato) con sezione di deflusso idonea: la fascia di rispetto decorre dal lato esterno del manufatto di tombinatura. In caso di presenza di aree del demanio fluviale, la fascia di rispetto decorre dal limite del demanio



Nel caso in cui la morfologia lungo il corso d'acqua sia caratterizzata dalla presenza di scarpate o versanti con sponde non completamente stabili, la fascia di rispetto si sviluppa comunque sulla base della casistica sopra riportata e come graficamente esemplificato.

6.2. Esondazioni storiche del Fiume Po

Si riportano di seguito i valori di massima piena del Fiume Po registrati presso l'idrometro del ponte della Becca gestito da Arpa Lombardia.

Tabella 3 – PIENE STORICHE TRA IL 1907 E IL 2008

| Anno | Quota di massima piena Livello sopra lo zero idrometrico (m) | Anno | Quota di massima piena Livello sopra lo zero idrometrico (m) |
|------|--|------|--|
| 1907 | 7,56 | 1977 | 6,03 |
| 1914 | 6,86 | 1994 | 7,65 |
| 1917 | 7,56 | 2000 | 7,81 |
| 1926 | 7,88 | 2008 | 3,79 |
| 1928 | 6,34 | | |
| 1951 | 7,85 | | |

Le stazioni idrometriche di Ponte dell'Impero (comune di Pavia) e Ponte della Becca hanno rilevato nel giorno 29 aprile 2009, giorno di massima piena, livelli del Fiume Ticino pari a 3,46 m, 3,48 m e 5,47 m sopra lo zero idrometrico.

Si riportano di seguito i dati relativi alle diverse stazioni con l'andamento del deflusso della piena nei giorni 29 e 30 aprile.

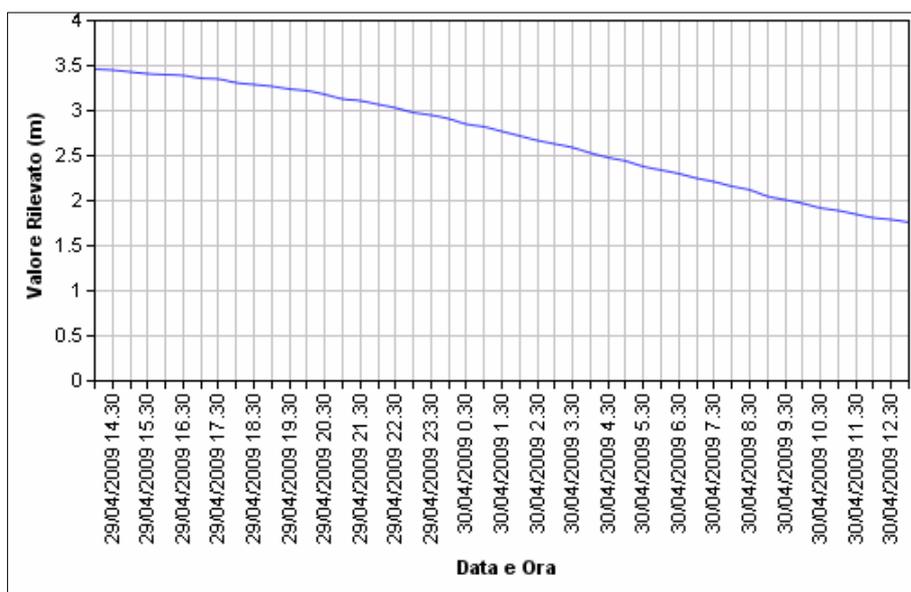


FIG. 11: DATI IDROMETRICI – STAZIONE DI PONTE DELL'IMPERO

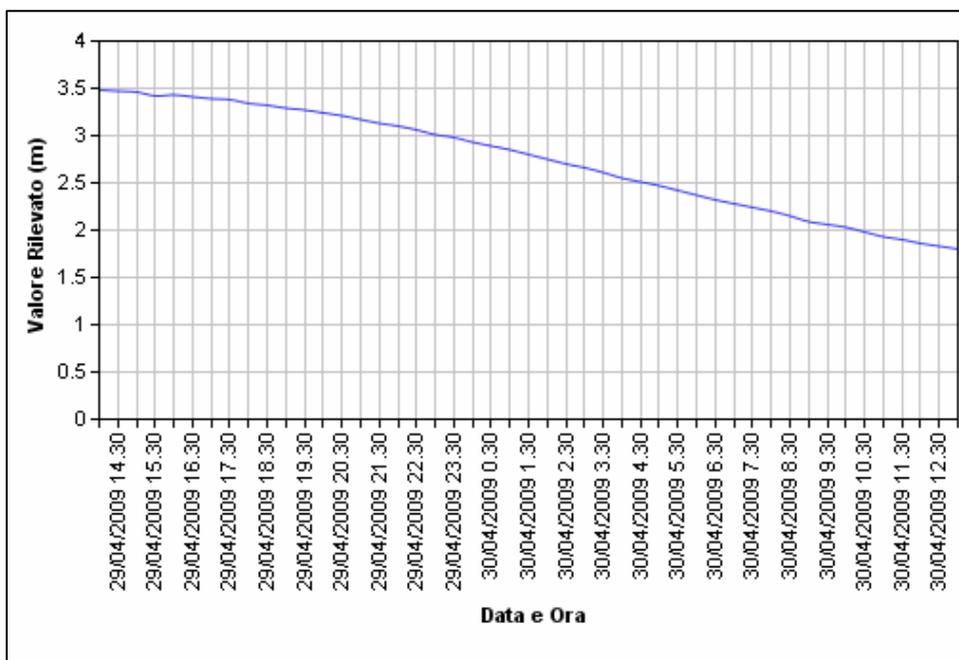


FIG. 12 : DATI IDROMETRICI – STAZIONE DI PAVIA

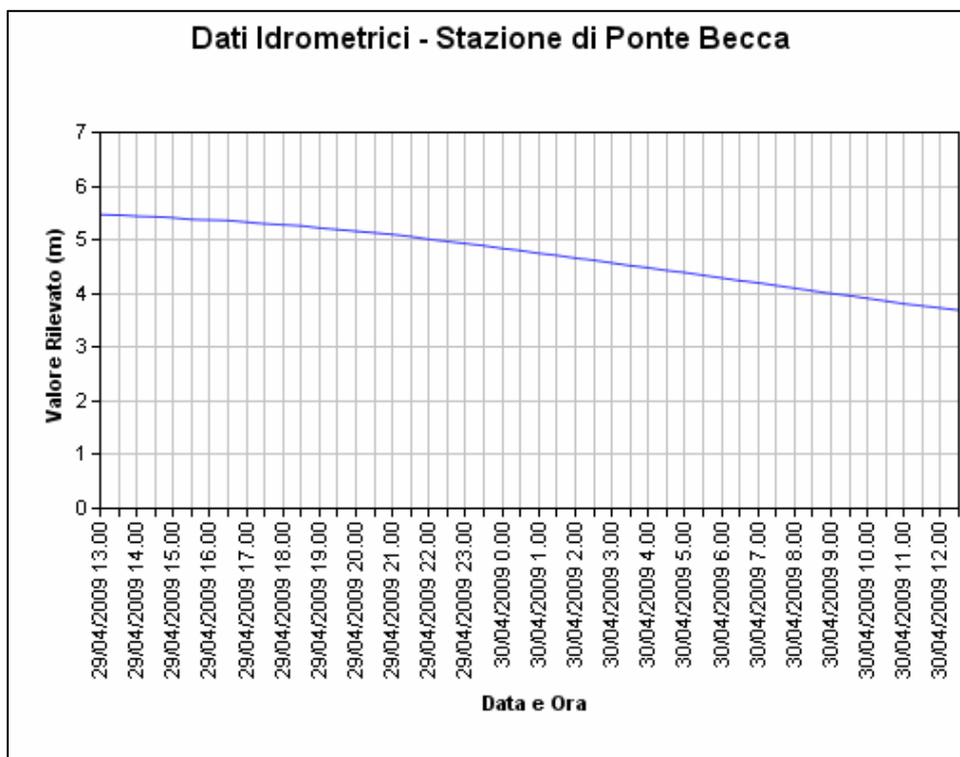


FIG. 13: DATI IDROMETRICI – STAZIONE DI PONTE DELLA BECCA

Durante le piene, il livello delle acque del Fiume Ticino dipende, soprattutto nel tratto terminale, dalle condizioni del Fiume Po, il cui rigurgito risale fino a 12 km dal punto di confluenza ubicato in corrispondenza del Ponte della Becca.

Generalmente l'effetto delle piene di rigurgito si traduce nell'innalzamento dei tiranti idrici con pericolo di sormonto e franamento delle arginature.

Diversamente le piene proprie del Ticino presentano, oltre all'innalzamento dei livelli, anche forti velocità di deflusso con effetti aggravati da irregolarità e modificazioni morfologiche dell'alveo.

In tali casi deriva un'accentuata azione erosiva (spondale e di fondo) con effetti molto spesso dirompenti sulle opere di presidio esistenti.

6.3. Idrografia sotterranea

La ricostruzione della struttura idrogeologica ossia il numero degli orizzonti alluvionali acquiferi varia in funzione della composizione litologica e dall'assetto strutturale del materasso alluvionale (IRSA – CNR, 1981).

In tutto il comprensorio della pianura pavese la superficie piezometrica si colloca ad una profondità variabile da qualche metro ad una decina in funzione della topografia e della idrografia superficiale. La falda è prossima al piano campagna nelle vallate del Ticino e del Po mentre si approfondisce lungo i bordi dei terrazzi alti che delimitano la superficie principale della pianura.

Gli orizzonti alluvionali acquiferi superficiali sono limitati a letto da lenti argilloso-limose che date le piccole dimensioni delle particelle risultano pressoché impermeabili.

Questi depositi, a permeabilità scarsa o nulla, costituiscono un elemento di protezione dall'inquinamento per l'acquifero sottostante; la loro presenza riduce le possibilità di ricarica diretta della falda per gli apporti derivanti dall'infiltrazione efficace.

In questi settori le litologie superficiali, rappresentate da prevalenti sabbie più o meno limose, assicurano un buon drenaggio dei terreni e consentono un'attiva ricarica della falda superficiale ad opera delle acque meteoriche.

Nel territorio di Linarolo, la soggiacenza della prima falda varia da valori inferiori ai 2 m a valori compresi tra 4,00 e 6,00 m dal piano campagna.

Il senso di deflusso della falda più superficiale, individuato dall'andamento delle curve isofreatiche, presenta una direzione NE - SW, dovuto all'effetto drenante dei fiumi Po e Ticino; si può notare inoltre l'effetto di richiamo delle acque sotterranee prodotto dal terrazzo alluvionale con relativo aumento del gradiente idraulico (dato evidenziato sulla carta idrogeologica dalla minore distanza delle isofreatiche nella porzione di compresa tra l'abitato di Ospitaletto e la frazione S.Leonardo).

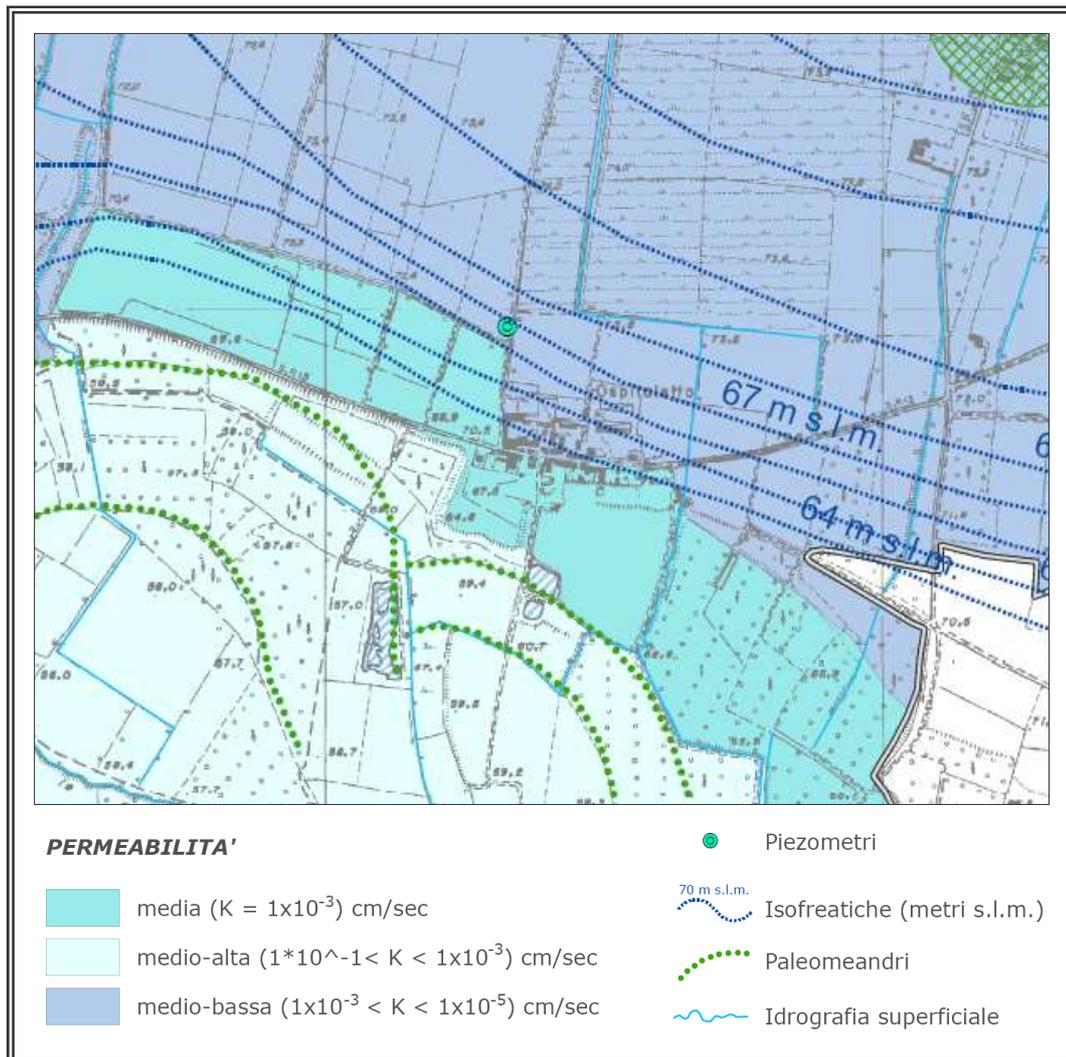


FIG. 14 : STRALCIO CARTA IDROGEOLOGICA

Nelle stazioni freatiche più prossime all'alveo del fiume Po (Mezzanino, Bressana Bottarone, Portalbera) è stato appurato che le oscillazioni piezometriche sono condizionate, sia direttamente che indirettamente, dalle variazioni del livello idrometrico del fiume che rappresenta in regime normale, il principale elemento drenante della falda.

Nelle zone limitrofe all'alveo del Po, in situazioni di piena, si possono avere temporanei effetti di ricarica della falda da parte del fiume; tale fenomeno scompare già a ridotte distanze dall'alveo fluviale.

6.4. Vulnerabilità degli acquiferi

La vulnerabilità nei confronti delle acque sotterranee dipende principalmente dall'entità della soggiacenza del primo acquifero e dallo spessore delle coperture a bassa permeabilità.

In particolare occorre valutare:

1. La possibilità di penetrazione di un eventuale inquinante;
2. La possibilità di propagazione di un eventuale inquinante.

Il primo fattore è legato alla litologia, alla permeabilità ed allo spessore del non saturo, mentre il secondo è legato alle caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero stesso.

Una interessante metodologia di valutazione della vulnerabilità di un acquifero è stata proposta da De Luca D.A e Verga G (1991); analizza il grado di vulnerabilità di un acquifero a partire dalla superficie del suolo (Vulnerabilità Verticale [VV]), il grado di propagazione dell'eventuale inquinante una volta raggiunta la falda acquifera (Vulnerabilità Orizzontale [VO]) e il grado di vulnerabilità complessiva [VC])

La vulnerabilità verticale indica la facilità con cui l'acquifero può essere raggiunto da un inquinante immerso dalla superficie, e dipende dalla litologia, dallo spessore e dalla permeabilità della zona non satura che separa la superficie dalla falda acquifera.

Il parametro che definisce il grado di vulnerabilità è rappresentato dal tempo (teorico) di arrivo di un eventuale inquinante dal piano campagna all'acquifero; il tempo di arrivo si ricava dal rapporto tra i valori di soggiacenza e la velocità d'infiltrazione dell'inquinante.

La vulnerabilità orizzontale invece indica la facilità con cui l'acquifero può propagare o trasmettere un eventuale inquinante; la propagazione avviene attraverso un percorso prevalentemente orizzontale lungo la direzione di deflusso della falda.

Il parametro che meglio quantifica la vulnerabilità orizzontale è rappresentato dalla velocità di deflusso delle acque sotterranee, che può essere agevolmente calcolata considerando relazioni valide per regimi di deflusso lineare in mezzi porosi.

Il valore di vulnerabilità complessiva è rappresentativo della potenzialità di un acquifero a ricevere e a diffondere un inquinante e si esprime attraverso il rapporto tra la velocità di deflusso delle acque sotterranee ed il tempo di arrivo di un inquinante attraverso la zona non satura.

Il potenziale rischio di contaminazione è stato valutato soprattutto in funzione della presenza o meno di coperture superficiali impermeabili in grado di costituire una barriera fisica alla percolazione verticale di inquinanti, nonché delle condizioni di soggiacenza della superficie piezometrica della falda.

La soggiacenza definisce lo spessore della zona insatura che risulta direttamente proporzionale all'azione di attenuazione di eventuali inquinanti da parte dei terreni (Civita, 1988); per questo

motivo la prima falda, data la sua vicinanza al piano campagna, costituisce il principale ricettore di inquinanti superficiali.

La coltre superficiale che separa la falda acquifera superficiale è costituita da terreni costituiti da sabbie – sabbie limose, caratterizzate da una permeabilità medio-alta e pertanto non in grado di garantire un adeguato grado di sicurezza nel caso in cui un eventuale inquinante venga a contatto con la superficie del suolo.

Dall'analisi delle stratigrafie di alcuni pozzi presenti nella zona (Allegato 2 – Sezione idrogeologica) si evidenzia la presenza di un primo orizzonte argilloso arealmente costante e di potenza uniforme alla profondità di circa 20 – 30 m da p.c. ed un secondo orizzonte argilloso dalla profondità di circa 60 m a 90 m da p.c.

Tali orizzonti impermeabili permettono la formazione di falde più profonde a carattere semiconfinato o del tutto confinato contraddistinte da un elevato indice di protezione come quelle effettivamente captate dal pozzo dell'acquedotto comunale situato in P.zza Alighieri e quello del Consorzio Acquedotto Linarolo - Valle Salimbene situato in Via Nobili.

6.5. I pozzi acquedottistici

All'interno del comprensorio comunale è presente n. 1 pozzo acquedottistico situato in Piazza Alighieri.

| POZZO | PROFONDITA' | QUOTA | FILTRI |
|------------------------|-------------|----------------|--------------------------------|
| Pozzo Piazza Alighieri | 89 m da p.c | 74.31 m s.l.m. | da 44 a 52 m; da 73,5 a 75,5 m |

L'acquedotto comunale è gestito in consorzio con il comune di Valle Salimbene (Loc. San Leonardo) dove è presente un ulteriore pozzo acquedottistico:

| POZZO | PROFONDITA' | QUOTA | FILTRI |
|-----------------------|---------------|----------------|------------------|
| Pozzo Valle Salimbene | 135 m da p.c. | 65.93 m s.l.m. | da 73.5 a 75.5 m |

Nell'abitato di Linarolo è stato trivellato nel mese di dicembre del 2010 un nuovo pozzo ad uso potabile in sostituzione dell'esistente ubicato in Piazza Alighieri.

Nella fase di redazione del presente studio geologico tale pozzo non è stato considerato dal punto di vista cartografico e urbanistico (definizione della fascia di rispetto e di tutela assoluta) in quanto non risulta concluso l'iter amministrativo di concessione da parte del Ente competente (Amministrazione Provinciale).

Il regolamento regionale n.2 del 24/03/2006 prevede che la verifica della nuova delimitazione della fascia di rispetto sia di competenza delle Amministrazioni Provinciali e il procedimento istruttorio si concluderà con apposito atto deliberativo della provincia di Pavia e con il successivo recepimento nello strumento urbanistico del Comune di Linarolo mediante specifica variante da realizzarsi ai sensi della L.r.n.12 del 2005.

Le caratteristiche dei singoli pozzi sono riportate nelle specifiche Schede (ALLEGATO 3) mentre sulla Tavola 4 (Carta Idrogeologica) i suddetti pozzi sono ubicati dal punto di vista cartografico.

In sede di analisi e ricostruzione delle caratteristiche idrogeologiche del territorio comunale si è proceduto alla realizzazione di una sezione idrogeologica di dettaglio, la cui traccia è riportata in Allegato 2 - Sezione Idrogeologica.

7. PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Con deliberazione n. 18 in data 18 aprile 2001, è stato adottato il ***Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)*** ossia l'insieme dei provvedimenti di regolazione delle politiche di difesa del suolo nel settore assetto idrogeologico per il bacino idrografico di rilievo nazionale del fiume Po, ai sensi dell'art. 4, comma 1, lettera c, della Legge 183/89.

Il comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, con la delibera n. 26/97 ha approvato con DPCM del 24/7/98 il ***Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF)*** riguardante l'asta del fiume Po e i tratti terminali dei principali affluenti.

❖ Fasce fluviali

Le attività consentite e vietate nei territori ricadenti all'interno delle fasce fluviali del Fiume Po sono regolamentate dagli artt. 28, 29, 30, 31, 32, 36, 37, 38, 38bis, 39 delle Norme di Attuazione del PAI.

Le fasce fluviali vengono così definite (Art.28):

"Fascia A" o *Fascia di deflusso della piena*; è costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena, fissato in 200 anni il tempo di ritorno (TR) della piena di riferimento;

"Fascia B" o *Fascia di esondazione*; esterna alla precedente, è costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento; il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento) dimensionate per la stessa portata.

"Fascia C" o *Area di inondazione per piena catastrofica*; è costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.

Nella Fascia A il Piano persegue l'obiettivo di garantire le condizioni di sicurezza assicurando il deflusso della piena di riferimento, favorendo ove possibile il deflusso naturale del fiume, recuperando le condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo.

Nella Fascia B l'obiettivo è quello di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica ai fini principali dell'invaso e della laminazione delle piene, mentre nella Fascia C l'obiettivo principale è quello di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria da parte degli Enti competenti, ai sensi della Legge 24 febbraio 1992, n. 225, di Programmi di previsione e prevenzione in ordine alle specifiche ipotesi di rischio.

8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Al fine di fornire indicazioni utili per una caratterizzazione geotecnica del primo sottosuolo del territorio comunale sono state prese in considerazione numerose indagini geognostiche eseguite all'interno del territorio comunale per una classificazione geotecnica puntuale dei litotipi presenti. Tali indagini hanno comportato l'esecuzione di prove penetrometriche statiche e dinamiche eseguite mediante un penetrometro statico/dinamico Pagani modello Emilia – TG 63-100 (100 kN) avente una spinta di infissione di 10 t (manicotto sup. 150 mm², punta diam. 36 mm), un maglio di 63,5 Kg (volata 75 cm, angolo di apertura 60°) e aste lunghe 1 metro.



FIG. 15 : PENETROMETRO

La **prova penetrometrica statica (CPT)** consiste nello spingere nel terreno, ad una velocità costante di 2 cm/sec., una serie di aste cilindriche con un cono alla base (punta meccanica Begemann) e misurarne continuamente o ad intervalli non superiori a 20 cm la resistenza alla penetrazione.

La resistenza viene misurata nel momento in cui manicotto e punta conica sono spinti verso il basso mentre gli altri elementi del penetrometro rimangono fermi.

- Resistenza alla punta conica q_c :

la resistenza al cono è letta direttamente sul display della cella di carico montata sul gruppo di spinta dell'attrezzatura:

$$q_c = R_p$$

misurata in kg/cm²

- Attrito laterale o locale f_s :

l'attrito unitario locale che si ottiene sottraendo al valore di R_l (resistenza laterale letta sul display) il valore di R_p , diviso per la superficie laterale del manicotto (S_l):

$$f_s = (R_l - R_p) / S_l$$

La **prova penetrometrica dinamica (SCPT)** consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno la punta conica metallica posta alla estremità dell'asta di acciaio; l'infissione avviene per battitura, facendo cadere da un'altezza costante un maglio di peso standard.

Si conta il numero di colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza stabilita (30 cm); la resistenza del terreno è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e diretta del numero di colpi per una data penetrazione.

Il numero di colpi della prova SCPT (N_{30}) è correlato con l'equivalente numero di colpi della prova SPT (N_{SPT} ; Standard Penetration Test) secondo la seguente relazione:

$$N_{30} / N_{SPT} \approx 0,6 \text{ (Cestari 1990)}$$

La correlazione tra N_{30} e N_{SPT} permette di interpretare i risultati ottenuti al fine di ricavare le necessarie informazioni su di uno o più delle seguenti argomentazioni :

- stratigrafia degli strati e loro omogeneità;
- caratteristiche meccaniche del terreno;
- capacità portante di fondazioni superficiali e/o profonde

All'interno del territorio comunale sono state svolte numerose indagini geognostiche al fine di definire indicativamente le caratteristiche geotecniche e geomeccaniche delle aree residenziali e delle probabili zone di espansione urbanistica, oltre a verificare il livello di soggiacenza della falda acquifera.

In particolare, il modello litostratigrafico ottenuto dall'analisi dei risultati delle prove penetrometriche pregresse e rappresentato nella sezione litostratigrafica interpretativa (allegato 1) individua al di sotto del terreno vegetale la presenza di un orizzonte in prevalenza sabbioso limoso mediamente addensato che ricopre un orizzonte più addensato costituito da sabbia con ghiaia.

Localmente tale orizzonte si alterna a livelli coesivi (limo argilloso-limo sabbioso) con caratteristiche geotecniche più scadenti e tali da richiedere, in relazione all'importanza dell'opera in progetto, una verifica sul reale spessore litostratigrafico e sull'effettiva consistenza mediante prove dirette in sito.

9. LIQUEFAZIONE

La liquefazione di un terreno è rappresentata dal quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. La predisposizione a tale fenomeno rappresenta un elemento da tenere in considerazione soprattutto in chiave di progettazione antisismica.

La liquefazione interessa soprattutto i depositi sabbiosi sciolti, posti sottofalda, che presentano le seguenti caratteristiche:

- Sabbie da fini a medie con contenuti in materiale fine variabile fra 0 e 25%;
- Grado di saturazione pari a 1 (terreni sotto falda);
- Da poco a mediamente addensati;
- Profondità del deposito entro i 15 metri dal piano campagna.
- Valori di N_{spt} inferiori a 10 nei primi 10 metri di profondità.

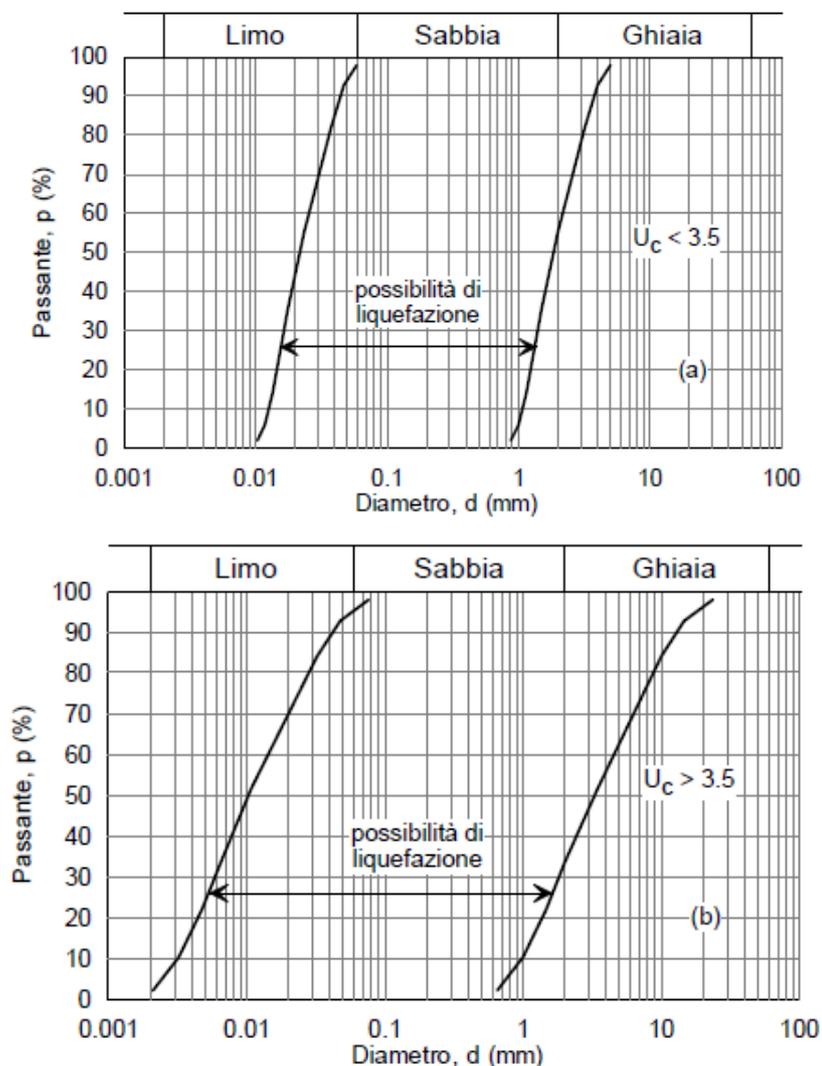
All'interno del territorio comunale la fascia posta fra l'alveo del Fiume Po e la scarpata di terrazzo, impostata nei depositi fluviali-fluvioglaciali olocenici, presenta caratteristiche di soggiacenza della falda e di litologia dei terreni tali da presupporre una predisposizione al fenomeno della liquefazione.

Trattandosi comunque di situazioni locali, in sede di redazione delle relazioni geologiche redatte ai sensi del D.M. 14.01.2008 a supporto di nuovi interventi edilizi sia residenziali che commerciali, si dovrà procedere ad un'analisi finalizzata alla valutazione reale del rischio di liquefazione dei terreni di fondazione ed all'adozione delle opere di mitigazione eventualmente necessarie.

Il D.M. 14/01/08 e l'OPCM 3274/03 riportano le linee guida per valutare la suscettibilità alla liquefazione, in particolare:

- 1) eventi sismici attesi con magnitudo M inferiore a 5;
- 2) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
- 3) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 4) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

- 5) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle figure sottostanti, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Quando nessuna delle precedenti condizioni è verificata, la suscettibilità alla liquefazione deve essere verificata utilizzando metodologie di tipo statico-empirico, con riferimento al D.M. 14/01/08 (punto 7.11.3.4.3).

Se il terreno risulta suscettibile a liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulla capacità portante o sulla stabilità delle fondazioni, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili a liquefazione tramite fondazioni profonde.

10. DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE SISMICA

10.1. La zonazione sismogenetica del territorio italiano

Gli eventi sismici che si verificano nel territorio italiano sono dovuti a movimenti strutturali/cinematici della penisola e delle aree circostanti, che generano strutture profonde e superficiali, responsabili dei terremoti.

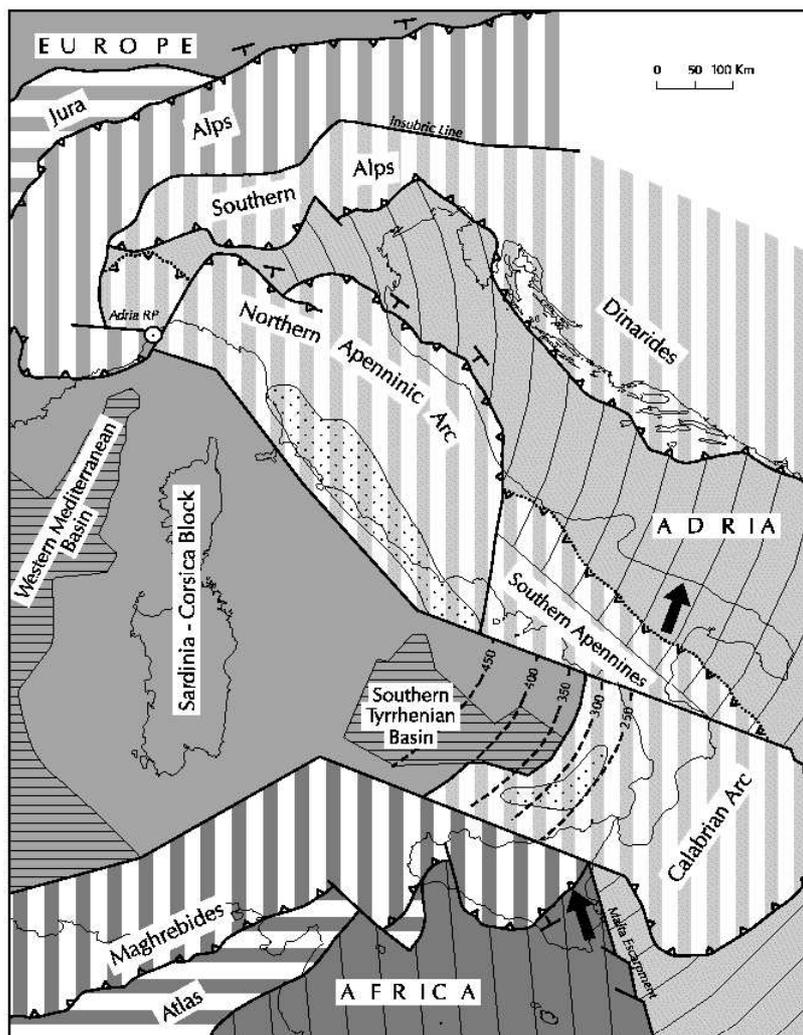


FIG. 16 : SCHEMA STRUTTURALE/CINEMATICO DELL'ITALIA E AREE CIRCOSTANTI, MOSTRANTE LA TRACCIA DEGLI SLIP-VETTORI DELLA ROTAZIONE DELLA PLACCA AFRICANA RISPETTO A QUELLA EUROPEA E DELLA MICROPLACCA ADRIATICA RISPETTO ALL'EUROPA (DA MELETTI ET AL., 2000A)

Allo stato attuale la **zonazione sismotettonica** è il frutto principalmente di una modellazione cinematica delle principali unità tettoniche attive nei tempi più recenti (Scandone et al., 1990) che arriva a individuare zone omogenee sotto il profilo del comportamento geodinamico e dei meccanismi di rottura.

Uno dei punti di riferimento della sismicità italiana è rappresentato proprio dalla suddivisione del territorio nazionale in "zone sismogenetiche"; la prima zonazione risale all'anno 2004 (Scandone e Stucchi, 2000) ed era denominata ZS4: essa rappresentava il modello sismotettonico a grande scala della penisola. Più recentemente sono stati approfonditi gli studi sulla sismogenesi ed in particolare sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche; tali conoscenze hanno portato alla rappresentazione di una nuova zonazione, denominata ZS9 (vedi Fig. 17).

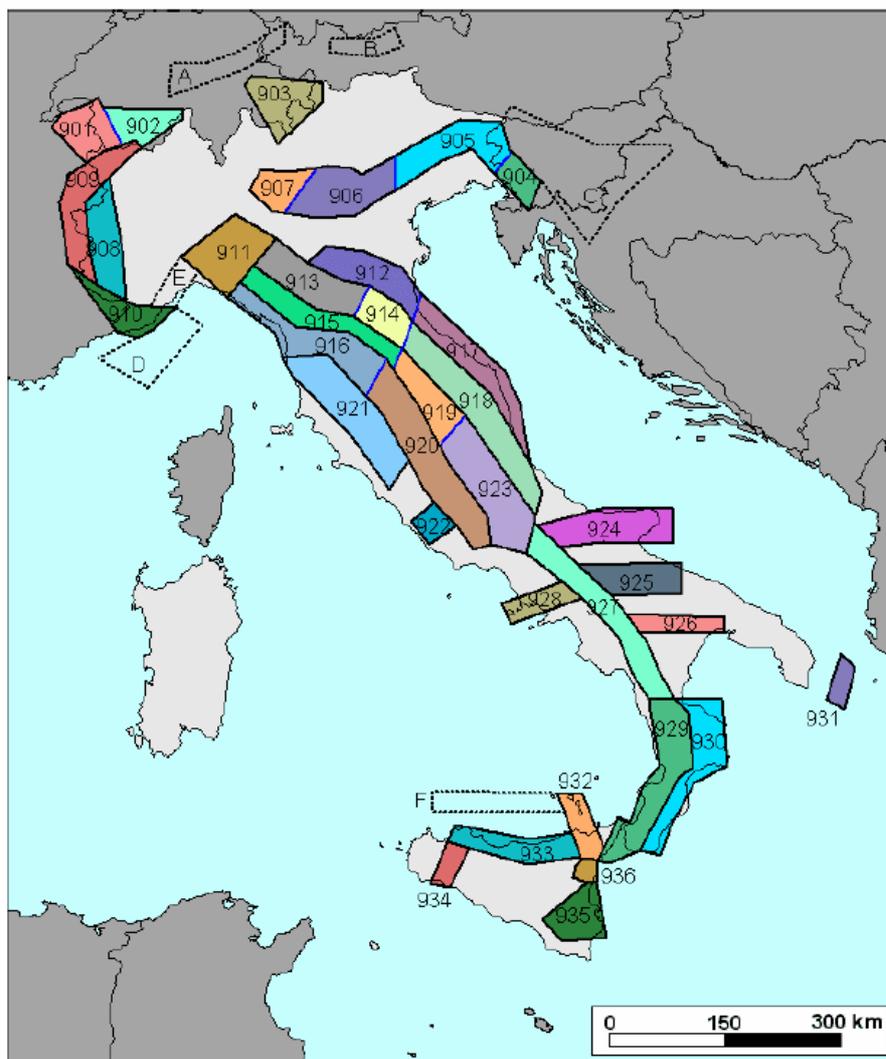


FIG. 17: ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9. LE DIVERSE ZONE SONO INDIVIDUATE DA UN NUMERO; LE ZONE INDICATE CON UNA LETTERA NON SONO STATE UTILIZZATE PER LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

La figura 18 mostra le zone sismogenetiche presenti nel nord Italia: la provincia di Pavia ricade in parte nella zona **911**, che comprende l' "Arco di Pavia" e le strutture ad esso relative (C.Meletti e G.Valensise, 2004), il Comune di Linarolo non ricade in corrispondenza di zone sismogenetiche.

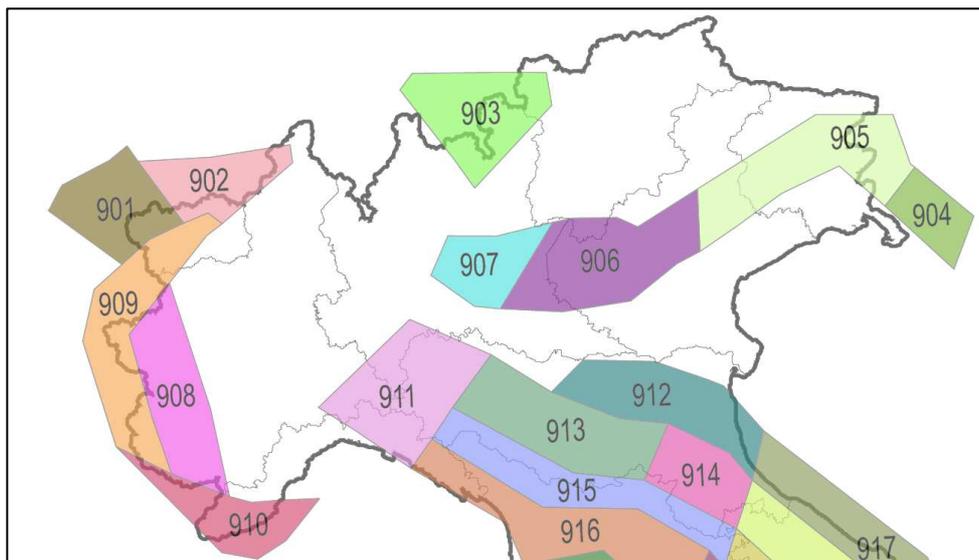


FIG. 18: ZONAZIONE SIMOGENETICA ZS9 – NORD ITALIA

10.2. Classificazione sismica del territorio nazionale

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 viene fornita una nuova zonizzazione sismica in sostituzione di quella del D.M. 5 Marzo 1984. L'OPCM 3274 fornisce anche le normative tecniche da utilizzare per le costruzioni nelle zone sismiche.

La nuova classificazione è articolata in 4 zone, di cui le prime tre corrispondono alle zone di sismicità alta ($S=12$), media ($S=9$) e bassa ($S=6$), secondo gli adempimenti previsti dalla Legge 64/74, mentre la zona 4, di nuova introduzione, consente alle regioni di imporre l'obbligo della progettazione antisismica.

I suddetti Criteri prevedono che in prima applicazione, sino alle deliberazioni delle Regioni, le zone sismiche siano individuate sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale", elaborato dal Gruppo di Lavoro costituito sulla base della risoluzione della Commissione Nazionale di Previsione e

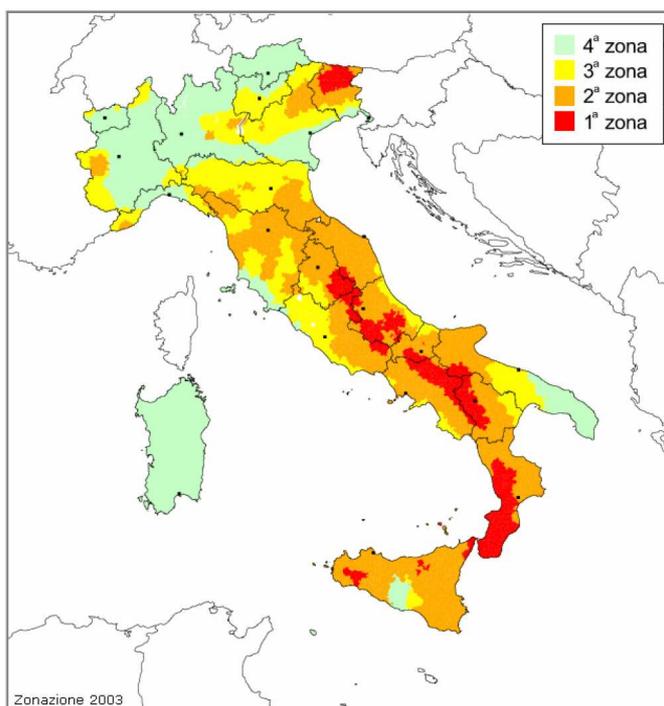


Fig.19: zonazione sismica del territorio italiano

Prevenzione dei Grandi Rischi nella seduta del 23 aprile 1997; alcune precisazioni fanno sì che i Comuni già classificati prima dell'ordinanza non possano essere assegnati ad una zona di pericolosità inferiore.

Lo scopo di tale Ordinanza è quello di elaborare una nuova mappa nazionale di riferimento, espressa in termini di accelerazione orizzontale di picco al suolo. Tale mappa sarà la base per gli aggiornamenti degli elenchi delle zone sismiche attuati dalle Regioni.

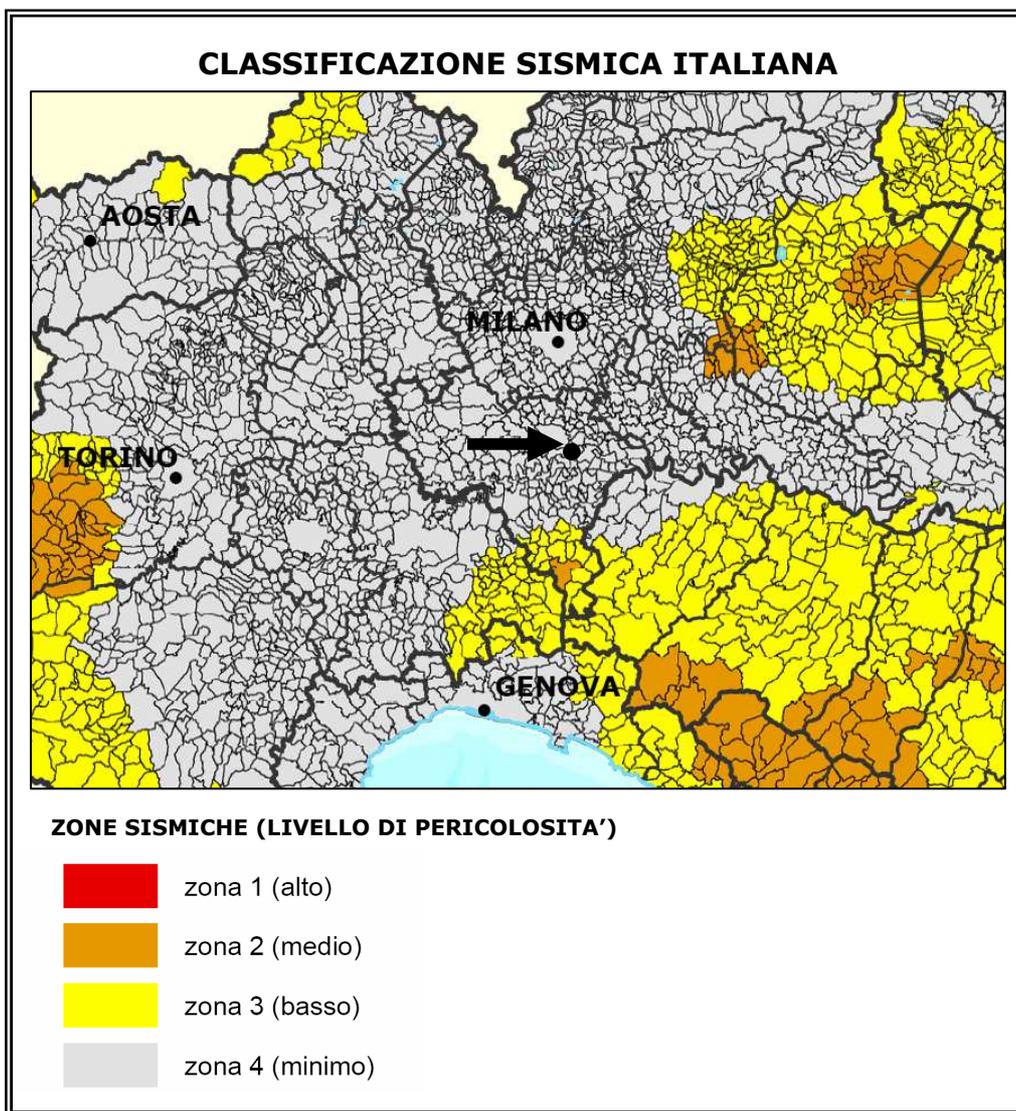


FIG. 20 : ZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO ITALIANO – FONTE ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA – 2003

Ai sensi dell'ordinanza n. 3274 - Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 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" e successive integrazioni il territorio comunale di **Linarolo** è stato inserito in **zona 4**.

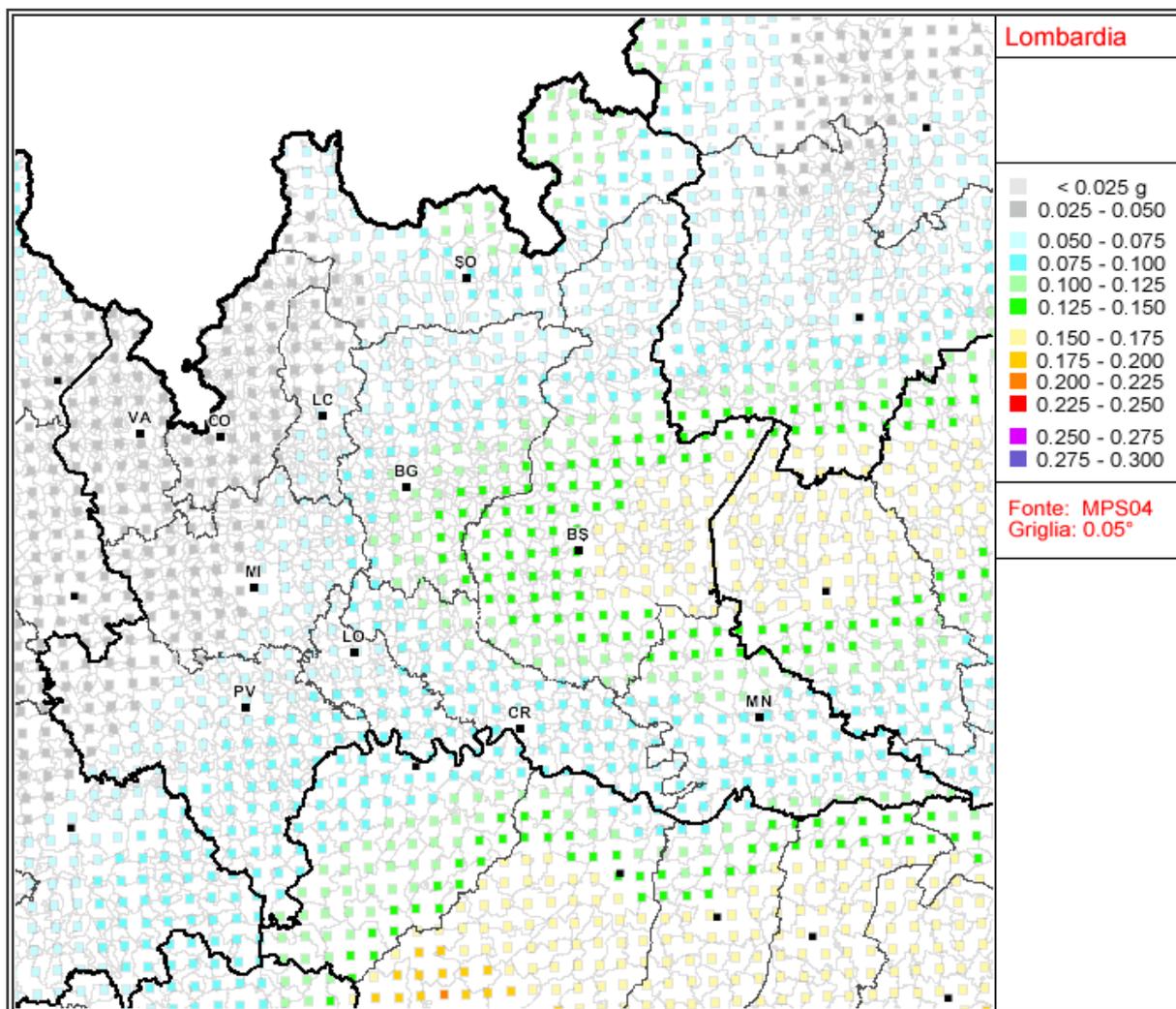


FIG. 21: VALORI DI PERICOLOSITA' SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE
OPCM n.3519

L'Ordinanza OPCM 3519 del 28/04/06 fornisce una revisione dei valori di a_g sul territorio nazionale ed inserisce il territorio di **Linarolo** nella sottozona caratterizzata da valori di a_g compresi tra 0.075 e 0.100g (accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

10.3. Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche

Il Testo delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D. Min. Infrastrutture 14 gennaio 2008, entrato in vigore il 01 luglio 2009) contiene elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La "**pericolosità sismica di base**", costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche; essa viene definita come la probabilità che in un dato luogo e in un dato momento si verifichi un evento sismico dannoso a cose o persone.

La Pericolosità sismica di base calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori dei parametri che descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto (velocità o/e accelerazione, intensità, ordinate spettrali) in condizioni di sottosuolo rigido e senza irregolarità morfologiche (bedrock sismico affiorante), corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza. La scala di studio è solitamente regionale (centinaia di km). La finalità di questi studi è la classificazione sismica a larga scala del territorio finalizzata alla programmazione delle attività di prevenzione e pianificazione dell'emergenza. Costituisce la base per la definizione del terremoto di riferimento per studi di microzonazione sismica.

Viene definita invece "**pericolosità sismica locale**" la componente del rischio sismico dovuta alle caratteristiche locali (geologiche e morfologiche). Lo studio della pericolosità sismica locale è svolto a scala di dettaglio, partendo dai risultati degli studi di pericolosità sismica di base (terremoto di riferimento) ed analizzando i caratteri geologici, geomorfologici e geologico-tecnici del sito; permette di definire gli effetti legati al comportamento del terreno in caso di evento sismico, rappresentati dalle amplificazioni locali e dai fenomeni di instabilità e conseguenti alla presenza di particolari condizioni geologiche e morfologiche locali.

Gli studi effettuati da gruppi di ricerca (INGV, 2004) hanno permesso di elaborare una "Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale" (vedi Fig. 22 e Fig. 23), espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}), riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s), che rappresenta la probabilità che si verifichi un sisma con tempi di ritorno $T_r=475$ anni.

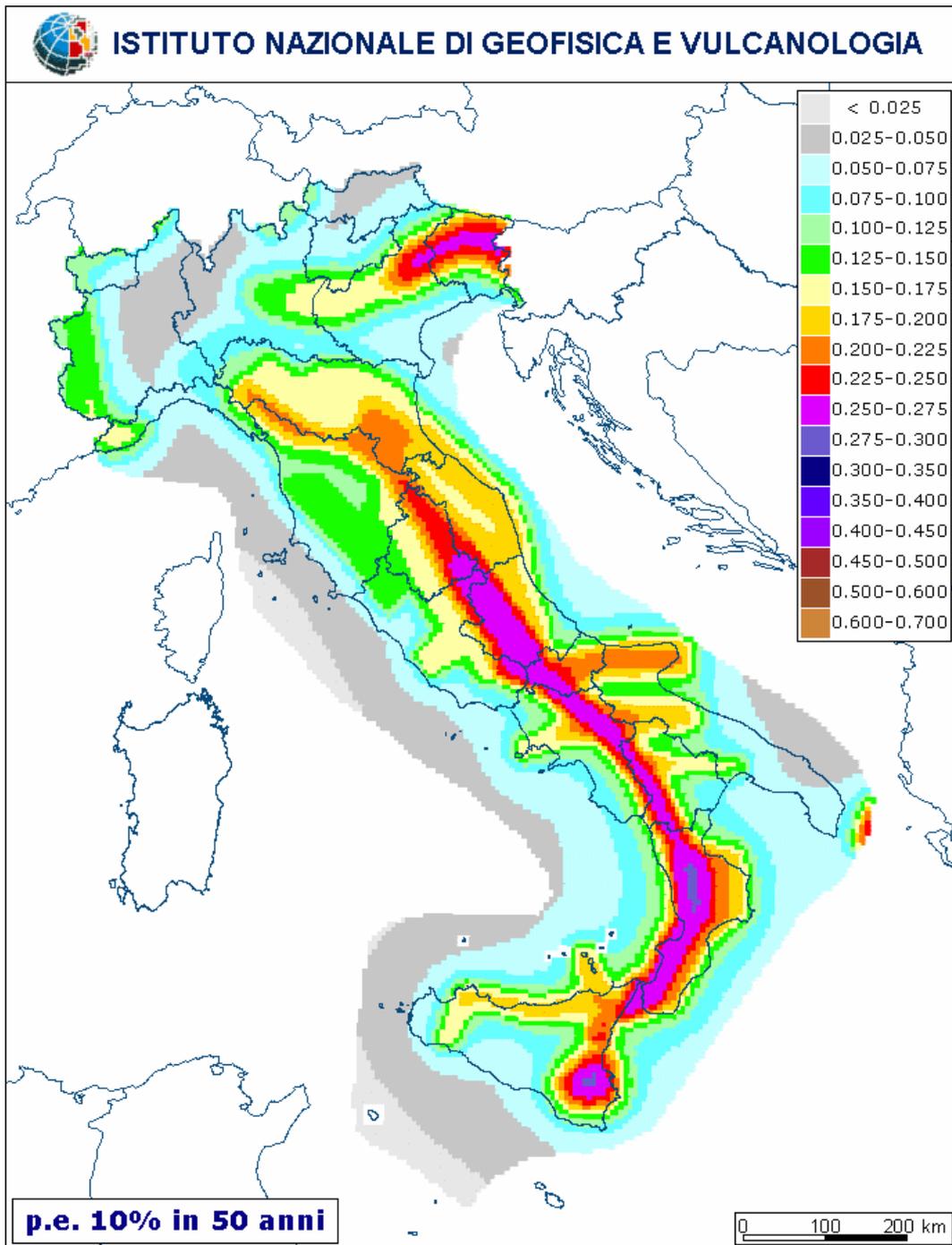


FIG. 22 : MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE (ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA)

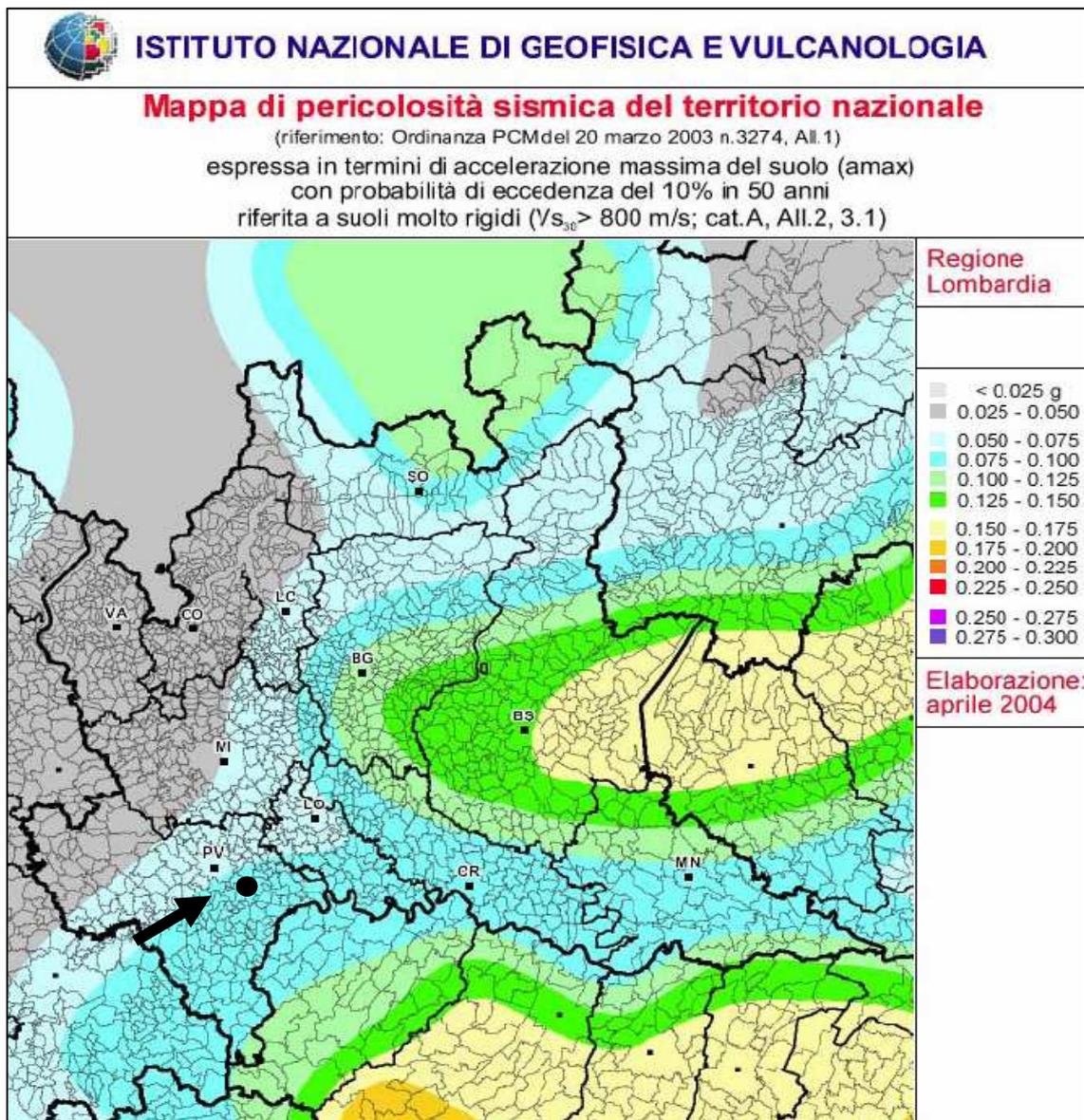


FIG. 23 : MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE – REGIONE LOMBARDIA

Dall'osservazione della mappa emerge che la provincia di Pavia è caratterizzata da valori di a_{max} mediamente bassi ($0.05\text{g} < a_{max} < 0.125\text{g}$) e, per la precisione, il Comune di Linarolo presenta valori compresi fra $0.075 < a_{max} < 0.100$; i valori maggiori di a_{max} nel territorio pavese si registrano nella zona nord-appenninica (Valle Staffora).

La Fig. 24 rappresenta la mappa delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani, di cui si riporta un dettaglio della provincia di Pavia.

Si osserva che nel pavese sono state registrate intensità elevate principalmente a sud del Fiume Po, in Valle Staffora ($I_{max}=8$), ma anche in corrispondenza del comune di Pavia ($I_{max}=7$).

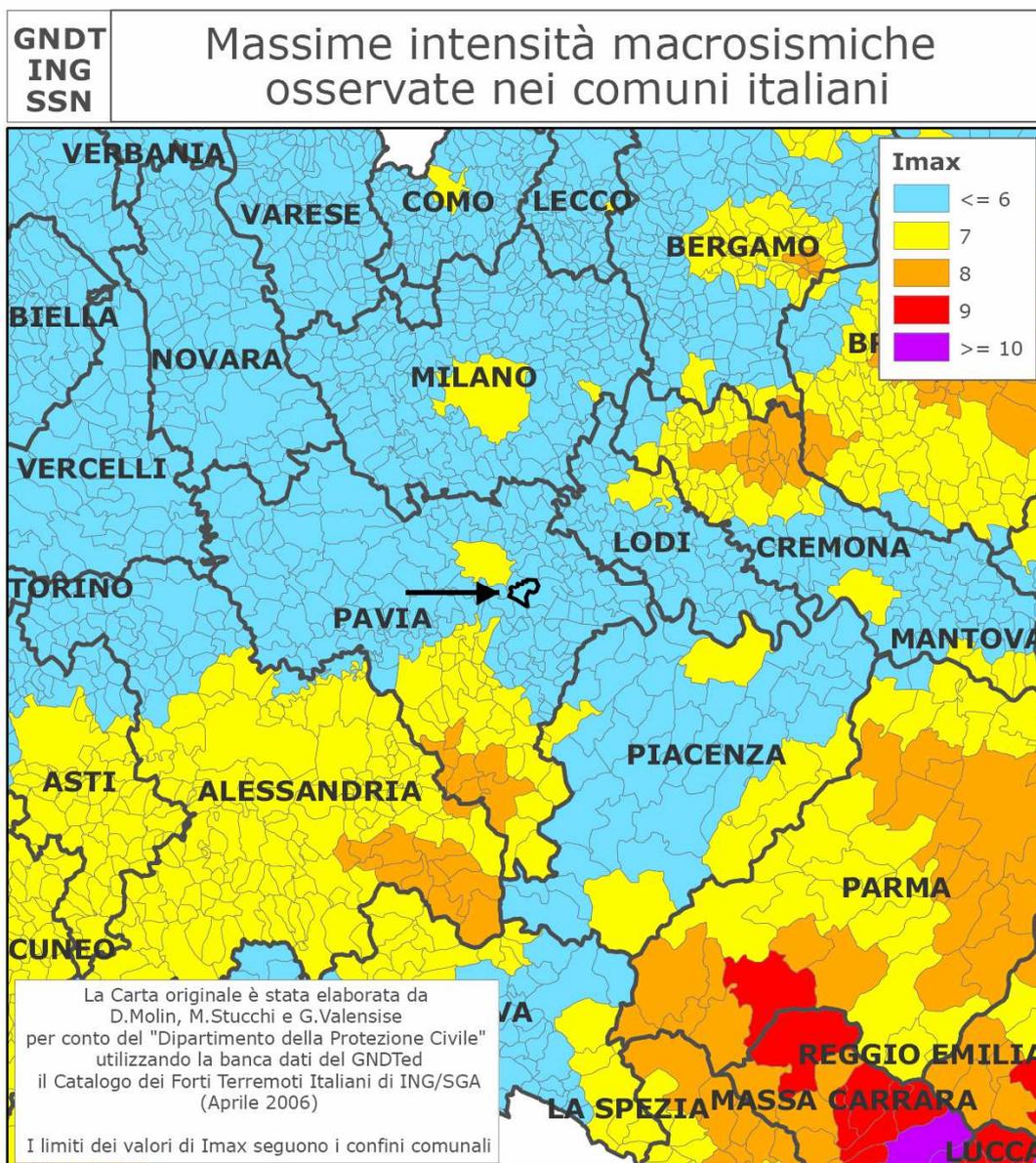


FIG. 24: MASSIME INTENSITÀ MACROSISMICHE OSSERVATE NEI COMUNI ITALIANI

Dal sito dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) è stato possibile estrapolare i dati relativi agli eventi sismici storici che hanno interessato il Pavese ed è emerso che nell'anno 1759 ci fu un terremoto che colpì la città di Pavia ed i suoi dintorni.

Le serie registrate in Valle Staffora, evidenziate in Tabella 4, sono solo alcune di quelle che ancora oggi interessano l'Oltrepo Pavese.

TABELLA 4: EVENTI SISMICI STORICI DEL PAVESE (CATALOGO CPTI04 – INGV)

| Storia sismica di Pavia | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------|-----------|-----------|
| Is | Anno | Me | Gi | Or | Mi | Se | AE | Io | Mw |
| 6 | 1759 | 05 | 26 | 01 | 30 | | PAVIA | 6 | 4.83 |
| 6 | 1802 | 05 | 12 | 09 | 30 | | Valle dell'Oglio | 8 | 5.67 |
| 6 | 1828 | 10 | 09 | 02 | 20 | | Valle dello Staffora | 7-8 | 5.67 |
| 6 | 1951 | 05 | 15 | 22 | 54 | | Lodigiano | 6-7 | 5.24 |
| D | 1117 | 01 | 03 | 13 | | | Veronese | 9-10 | 6.49 |
| 5 | 1901 | 10 | 30 | 14 | 49 | 58 | Salo' | 8 | 5.67 |
| 5 | 1913 | 12 | 07 | 01 | 28 | | Novi Ligure | 5 | 4.72 |
| 5 | 1920 | 09 | 07 | 05 | 55 | 40 | Garfagnana | 9-10 | 6.48 |
| 4-5 | 1695 | 02 | 25 | 05 | 30 | | Asolano | 9-10 | 6.61 |
| 4-5 | 1887 | 02 | 23 | 05 | 21 | 50 | Liguria occidentale | 9 | 6.29 |
| 4-5 | 1945 | 06 | 29 | 15 | 37 | 13 | Valle dello Staffora | 7-8 | 5.15 |
| LEGENDA | | | | | | | | | |
| Is = intensità al sito (MCS) | | | | | | | | | |
| Io = intensità epicentrale (MCS) | | | | | | | | | |
| Mw = magnitudo momento | | | | | | | | | |

10.4. Normativa Regionale

La Regione Lombardia ha stabilito nella D.G.R. n°8/7374 del 28/05/2008 (punto 1.4.3) che "la suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi dell'OPCM 3274/03) individua unicamente l'ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria" e specifica altresì che "ai sensi del D.M. 14/01/2008, la determinazione delle azioni sismiche in fase di progettazione non è più valutata riferendosi ad una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, secondo i valori riportati nell'All. B al citato D.M.". I dati riportati nell'All.B del D.M. 14/01/2008 coincidono per lo più con quelli riportati nell'Ord. 3519/2006, e sono in ogni caso determinabili mediante le coordinate geografiche e l'utilizzo di programmi applicativi.

In particolare nell'ambito della revisione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) sono state adottate le stime di pericolosità sismica che superano il concetto di classificazione a scala comunale sulla base di 4 zone sismiche. Tuttavia le 4 zone sismiche mantengono una funzione prevalentemente amministrativa al fine della presente pianificazione comunale.

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (G.U. n. 105 del 8-5-2003 Suppl. Ordinario n. 72) individua in prima applicazione le zone sismiche nelle quali è suddiviso il territorio nazionale, e le normative tecniche da adottare per le costruzioni in tali aree.

L'ordinanza è nata dalla necessità di dare una risposta integrata alle esigenze poste dal rischio sismico a seguito del ripetersi di eventi calamitosi che hanno interessato anche zone non classificate sismiche.

L'ordinanza è intervenuta direttamente sull'aggiornamento della pericolosità sismica "ufficiale", ossia sulla classificazione sismica e sugli strumenti per progettare e costruire, ossia sulle norme tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Le zone sono state determinate sulla base dei valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo lo schema di Tabella 5:

TABELLA 5: ZONE SISMICHE

| Zona | Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g] |
|------|--|
| 1 | $> 0,25$ |
| 2 | $0,15 - 0,25$ |
| 3 | $0,05 - 0,15$ |
| 4 | $< 0,05$ |

La Regione Lombardia, con D.G.R. n. 7/14964 del 07.11.2003, ha emanato disposizioni preliminari per l'attuazione dell'Ordinanza P.C.M., recependo in via transitoria e sino a nuova determinazione, l'elenco delle zone sismiche in Lombardia.

Si dispone inoltre che le norme tecniche di cui all'Ordinanza si applichino nei comuni ricadenti in **Zona sismica 4** obbligatoriamente agli edifici strategici ed opere infrastrutturali rilevanti la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale ai fini della protezione civile e per gli edifici e per le opere infrastrutturali che possano assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso.

Tali edifici ed opere, tipologicamente individuati con D.d.u.o. n. 19904 del 21.11.2003 sono di seguito brevemente elencati (per completezza, si veda l'elenco completo riportato nel sopraccitato provvedimento):

◆ **edifici ed opere strategiche**

- edifici destinati a sedi dell'Amm. regionale, dell'Amm. provinciale, di Amm. comunali e di Comunità montane

- sedi di sale operative per la gestione delle emergenze non di competenza statale (COM, COC); centri funzionali di protezione civile
- edifici ed opere individuate nei piani di emergenza
- ospedali e strutture sanitarie; sedi Az. Unità Sanitarie Locali; centrali operative 118 edifici ed opere rilevanti
- asili nido e scuole; strutture ricreative, sportive e culturali; locali di spettacolo ed intrattenimento
- edifici aperti al culto
- strutture sanitarie e socio-assistenziali per non autosufficienti
- edifici/strutture aperte al pubblico per erogazione di servizi, adibiti al commercio, suscettibili di grane affollamento

◆ **opere infrastrutturali**

- punti sensibili (ponti, gallerie, strade, ferrovie) situati lungo arterie strategiche provinciali o comunali e quelle considerate strategiche nei Piani di emergenza Provinciali e Comunali
- stazioni di linee ferroviarie a carattere regionale
- porti, aeroporti ed eliporti (non di competenza statale) indicati nei Piani di emergenza
- strutture connesse con produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica e di materiali combustibili (non di competenza statale)
- strutture connesse con il funzionamento degli acquedotti locali e con i servizi di comunicazione (radio, telefonia fissa e mobile)
- strutture industriali di produzione e stoccaggio di prodotti insalubri o pericolosi
- opere di ritenuta di competenza regionale

10.5. Caratterizzazione del sito dal punto di vista sismico

Per la classificazione del sito è necessario conoscere le caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo dell'area indagata, utilizzando prove dirette in sito (prove penetrometriche, sondaggi, ...) o attraverso indagini sismiche.

In particolare devono essere noti:

- ⇒ il numero e lo spessore degli strati di copertura, cioè dei livelli sovrastanti il bedrock o il bedrock-like, intendendo con questi termini l'eventuale substrato roccioso (bedrock) o uno strato sciolto (bedrocklike) con velocità delle onde S nettamente maggiore dei livelli superiori, generalmente con valori oltre i 500-700 m/s;
- ⇒ la velocità delle onde S negli strati di copertura.

10.5.1 Azione sismica

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito
- F_0 valore massimo di fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T^*_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto nell'OPCM 3274 e nelle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni vengono definite le seguenti categorie di suolo di fondazione:

Tabella 6: categoria del suolo

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

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione dell'azione sismica:

Tabella 7: categoria del suolo

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

Nelle definizioni precedenti $V_{s,30}$ è la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità.

I suoli di fondazione sono suddivisi in cinque classi (A, B, C, D, E) più due speciali (S1 e S2), in base alle loro caratteristiche stratigrafiche ed alla velocità media delle onde sismiche di taglio (trasversali) entro 30 metri di profondità, ovvero alle V_{s30} :

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo

V_i = Velocità dell'onda di taglio i-esima

N = Numero di strati

Secondo quanto indicato dal D.M. *"Nel caso di sottosuoli di terreni a grana grossa e a grana fine, distribuiti con spessori confrontabili nei primi trenta metri di profondità, ricadenti nelle categorie da A ad E, quando non si disponga di misure dirette della velocità delle onde di taglio si può procedere come segue:*

- determinare $N_{SPT,30}$ limitatamente agli stati di terreno a grana grossa compresi entro i primi 30 m di profondità
- determinare $C_{u,30}$ limitatamente agli stati di terreno a grana fine compresi entro i primi 30 m di profondità
- individuare le categorie corrispondenti singolarmente ai parametri N_{SPT30} e C_{u30}
- riferire il sottosuolo alla categoria peggiore tra quelle individuate

10.6. Risposta sismica locale

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

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

Tra le prime analisi da eseguire per la valutazione della Pericolosità sismica locale riveste un ruolo primario e la ricostruzione delle caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo e l'identificazione delle categorie sismiche di terreno che caratterizzano una determinata area.

Successivamente, in funzione delle caratteristiche del sottosuolo si distinguono due gruppi di effetti locali: quelli di sito (amplificazione sismica locale) e quelli dovuti ad instabilità.

Gli effetti di sito interessano tutti quei terreni che mostrano dei comportamenti stabili nei confronti delle sollecitazioni sismiche previste. Questi effetti si riferiscono alle modificazioni di ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un "terremoto di riferimento" può subire durante l'attraversamento dell'intervallo tra il bedrock ed il piano campagna, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Gli effetti di sito si possono suddividere in:

- **Effetti di amplificazione topografica**

Si manifestano in presenza di superfici topografiche più o meno articolate che favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità delle creste dei rilievi.

- **Effetti di amplificazione litologica**

Tali effetti sono funzione delle variazioni litologiche locali e delle relativa differente risposta sismica all'evento di riferimento.

Gli effetti di instabilità interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile (o potenzialmente tale) nei confronti dell'azione di un sisma. Rientrano in tale categoria: i versanti in equilibrio precario soggetti al rischio di riattivazione e di neoformazione di fenomeni morfogenetici (frane), le aree interessate da strutture geologiche significative (faglie, contatti stratigrafici) e le aree con terreni aventi caratteristiche geotecniche e geomeccaniche scadenti.

10.7. Analisi della sismicità locale

Nell'ambito delle competenze in materia sismica trasferite dallo Stato alle Regioni a seguito del d.lgs 112/98 e in relazione alla normativa urbanistica regionale riguardante il Governo del Territorio (LR 12/05), la Regione Lombardia ha emanato, con DGR n.8/1566 del 22/12/2005, i "Criteri ed

indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di Governo del Territorio”, aggiornati con DGR n. 8/7374 del 28/05/2008. L’allegato 5 riporta la procedura da seguire per la valutazione della componente sismica territoriale da applicarsi in fase di pianificazione. Tale procedura è stata messa a punto nel corso degli anni 2004-2005 ed è in totale accordo con le linee guida contenute nel documento “Indirizzi e Criteri per la microzonazione sismica” del 2008, ed in un certo senso ne anticipa alcuni aspetti: in particolare essa è strutturata in 3 livelli di approfondimento.

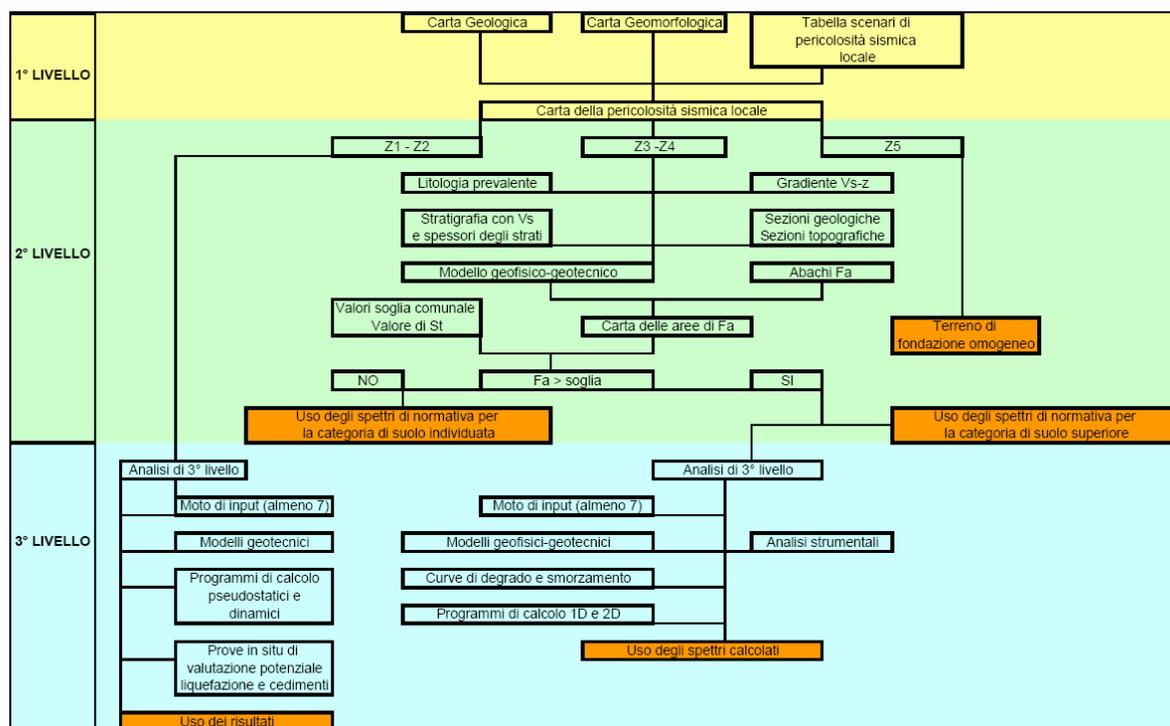


FIG. 25 : DIAGRAMMA DI FLUSSO DEI DATI NECESSARI E DEI PERCORSI DA SEGUIRE NEI TRE LIVELLI DI INDAGINI

La nuova metodologia prevede tre livelli di approfondimento in funzione della zona di appartenenza del comune, dell’opera in progetto e delle caratteristiche geologiche e morfologiche dell’area.

I livelli di approfondimento sono di seguito definiti:

- **1° Livello:** riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento) sia dei dati esistenti. Questo livello d’indagine prevede la realizzazione della Carta della pericolosità sismica locale (PSL)
- **2° Livello:** caratterizzazione semi- quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella Carta di pericolosità Sismica Locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di Fattore di Amplificazione (Fa)
- **3° livello:** definizione degli effetti di amplificazione tramite indagini ed analisi più approfondite

Nella tabella seguente vengono sintetizzati gli adempimenti e la tempistica in funzione della zona sismica di appartenenza del comune.

Tabella 8: livelli di approfondimento per l'analisi sismica

| | Livelli di approfondimento e fasi di applicazione | | |
|------------------|---|--|--|
| | 1^ livello fase pianificatoria | 2^ livello fase pianificatoria | 3^ livello fase progettuale |
| Zona sismica 2-3 | obbligatorio | <i>Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili</i> | - <i>Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale;</i> - <i>Nelle zone PSL Z1e Z2.</i> |
| Zona sismica 4 | obbligatorio | <i>Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)</i> | - <i>Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale;</i> - <i>Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.</i> |

PSL = Pericolosità Sismica Locale

10.7.1. Analisi 1° livello

Come precedentemente indicato l'analisi di primo livello consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce la base dalla quale partire per i successivi livelli di approfondimento.

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 e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio a scala 1:10.000 – 1:2.000, la cartografia geologica e dei dissesti (a scala 1:10.000 e 1:2.000) e i 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.).

Il prodotto finale è la carta della pericolosità sismica locale (PSL), in cui viene riportata la perimetrazione areale degli scenari Z1, Z2, Z4 e degli elementi lineari Z3, Z5, in grado di determinare gli effetti sismici locali (Tabella 9-10); tale livello si applica in fase di pianificazione su tutto il territorio comunale ed è obbligatorio in tutti i comuni della Regione Lombardia.

Si riportano di seguito gli scenari di pericolosità sismica locale tratti dalla L.R. 12/2005:

Tabella 9: scenari di pericolosità sismica locale – effetti

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

Tabella 10: scenari di pericolosità sismica locale – classe di pericolosità sismica

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

Vista la suddivisione effettuata si ritiene idonea la rappresentazione della Carta della pericolosità sismica locale esclusivamente alla scala 1:10.000.

10.7.2. Analisi 2° livello

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4). e riguarda le costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali, industrie con attività non pericolose, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione non provoca situazioni di emergenza. Obiettivo di tale approfondimento è l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici (utilizzo o meno dei parametri dello spettro elastico previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica di appartenenza).

La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (*Fa*).

In particolare il 2° livello permette di valutare il grado di protezione fornito dalla normativa nazionale attraverso il confronto diretto tra i valori del fattore di amplificazione *Fa* determinato dalla procedura e:

- i valori di ST (fattore topografico), definiti dalle NTC-2008, per quanto riguarda le amplificazioni topografiche
- i valori di soglia comunale, definiti sulla base degli spettri sito-dipendente delle NTC-2008, per quanto riguarda le amplificazioni litologiche

I valori di soglia comunale sono raccolti in una specifica banca dati regionale e sono forniti per ciascun comune e per le diverse categorie di suolo (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: tali valori rappresentano il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente, in termini energetici, a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

I due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di *Fa* sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

Di seguito si riportano i valori di Fa forniti dalla Regione Lombardia per il territorio comunale di Linarolo:

| Comune | Zona sismica | Suolo tipo B | Suolo tipo C | Suolo tipo D | Suolo tipo E |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Linarolo | 4 | 1.4 | 1.9 | 2.2 | 2.0 |

Tabella 11: valori di soglia per T compreso fra 0.1 e 0.5

Di seguito si riportano i valori di Fa forniti dalla Regione Lombardia per il territorio comunale di Linarolo:

| Comune | Zona sismica | Suolo tipo B | Suolo tipo C | Suolo tipo D | Suolo tipo E |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Linarolo | 4 | 1.7 | 2.4 | 4.2 | 3.1 |

Tabella 12: valori di soglia per T compreso fra 0.5 e 1.5

La normativa regionale prevede che la conoscenza degli spessori e delle Vs possa essere ottenuta utilizzando qualsiasi metodo di indagine diretto ed indiretto, che sia in grado di fornire un modello geologico e geofisico del sottosuolo attendibile, in relazione alla situazione geologica del sito e il più dettagliato possibile nella parte superficiale. In particolare per l'analisi del fattore di amplificazione (Fa) sito-specifico si è fatto riferimento ai criteri contenuti nell'allegato 5 e nei suoi aggiornamenti, di seguito riepilogati:

- la scelta della curva di correlazione T/Fa all'interno della scheda di valutazione avviene tramite individuazione dello spessore e della velocità Vs dello strato superficiale: il valore di Vs riportato nella scheda è da intendersi come limite massimo di ogni intervallo (es: per un valore di Vs dello strato superficiale ottenuto dall'indagine pari a 230 m/s è stato scelto il valore 250 m/s nella matrice della scheda di valutazione)
- in presenza di una litologia non contemplata dalle schede di valutazione allegate si potrà, in questa prima fase, utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine
- nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata ma l'andamento delle Vs con la profondità non ricade nel campo di validità della scheda potrà, in questa prima fase, essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine
- in presenza di alternanze litologiche con inversioni di velocità con la profondità si potrà, in questa prima fase, utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine e si accetteranno anche i casi in cui i valori di Vs escano dal campo di validità solo a causa dell'inversione

- in mancanza del raggiungimento del bedrock ($V_s \geq 800$ m/s) con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di V_s con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s
- nel caso di presenza contemporanea di effetti litologici (Z4) e morfologici (Z3) si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà *quello più sfavorevole*

Per quanto riguarda la scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di V_s , da utilizzare nella procedura di 2° livello si è fatto riferimento alla tabella sotto riportata, estratta dall'allegato 5 della DGR n. 8/7374 del 28/05/2008.

Tabella 13 : Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi

| DATI | ATTENDIBILITA' | TIPOLOGIA |
|-----------------------------|----------------|---|
| Litologici | Bassa | Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe |
| | Alta | Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito |
| Stratigrafici (spessori) | Bassa | Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe |
| | Media | Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche) |
| | Alta | Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo) |
| Geofisici (V_s) | Bassa | Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe |
| | Media | Da prove indirette e relazioni empiriche |
| | Alta | Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale) |

10.7.3. Analisi 3° livello

Il 3° livello si applica in fase progettuale agli scenari qualitativi suscettibili di instabilità (Z1b e Z1c), cedimenti e/o liquefazioni (Z2), per le aree suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) che sono caratterizzate da un **valore di F_a superiore al valore di soglia corrispondente così come ricavato dall'applicazione del 2° livello.**

Per le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisicomeccaniche molto diverse (Z5) non è necessaria la valutazione quantitativa, in quanto è da escludere la costruzione su entrambi i litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

Nell'impossibilità di ottenere tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio.

I risultati delle analisi di 3° livello saranno utilizzati in fase di progettazione al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.

10.8. SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE NEL TERRITORIO COMUNALE

L'analisi della pericolosità sismica all'interno del territorio comunale di Linarolo si basa sulle osservazioni di carattere geologico e sulla raccolta di dati disponibili, quali:

- assetto geologico e geolitologico
- cartografia dei movimenti franosi
- elaborazioni di indagini geognostiche e geotecniche
- analisi delle condizioni stratigrafiche generali
- situazione idrogeologica
- caratteristiche di consistenza e proprietà geotecniche dei terreni nelle condizioni naturali

Tabella 14 - SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

| Sigla | Scenario di Pericolosità Sismica Locale | Effetti | Classe di Pericolosità Sismica locale | Ambito territoriale |
|--------------|--|--|--|--|
| Z2 | Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti - Zone con depositi granulari fini saturi | Cedimenti e/o liquefazioni | H2–livello di approfondimento 3° | Depositi fluviali posti fra l'alveo attivo del Fiume Po ed i depositi terrazzati |
| Z4a | Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi | Amplificazioni litologiche e geometriche | H2–livello di approfondimento 2° | Depositi fluviali e fluvio-glaciali della pianura |

❖ **Z2 – Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti – Zone con depositi granulari fini saturi**

Questo scenario interessa la porzione di territorio al margine meridionale del Comune, ascrivibile al settore di fondovalle del Fiumi Po e Ticino ed alle sue aree di immediata pertinenza idraulica (parte sud dell'abitato di Vaccarizza). Il limite superiore è dato dall'orlo di terrazzo fluviale, che separa i depositi terrazzati dai depositi fluviali attuali.

Tale settore è interessato inoltre dalla vincolistica PAI (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico) rappresentata dalle Fasce di Esondazione "A" e "B".

L'area alluvionale è contraddistinta da un delicato equilibrio delle condizioni idrologiche ed idrauliche, in cui la falda sotterranea, estremamente superficiale, si trova in condizioni di comunicazione e scambio con il regime superficiale delle acque. Il grado di consistenza e di addensamento dei terreni superficiali presenti è teoricamente molto basso.

In corrispondenza dello scenario **Z2** si renderà obbligatorio il 3° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, di cui all'allegato 5 della D.G.R. n° 8/7374 e s.m.i., solo per gli edifici strategici e rilevanti in progetto, elencati nel d.d.u.o. n.19904/2003, il cui uso preveda affollamenti significativi o attività pericolose per l'ambiente, le reti viarie e ferroviarie, le costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti o con funzioni sociali essenziali.

Si richiede in fase di progettazione la valutazione dei parametri sismici dei terreni di fondazione per il calcolo delle Vs30 e la classificazione del suolo secondo la normativa.

Tali approfondimenti saranno condotti mediante l'utilizzo di una delle seguenti metodologie :

- prove down-hole in foro di sondaggio
- profili sismici con modellazione del sottosuolo con impiego di geofoni e sismografo multicanale 12-24 (utilizzo della metodologia MASW o ReMi)

❖ **Zona Z4a - zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e coesivi**

Tale scenario interessa l'intero settore settentrionale del territorio comunale (abitato di Linarolo, San Leonardo, Ospitaletto ed in parte Vaccarizza), corrispondente ai depositi fluvio-glaciali della Pianura Padana.

In corrispondenza dello scenario **Z4a** si renderà obbligatorio il 2° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, di cui all'allegato 5 della D.G.R. n° 8/7374 e s.m.i., solo per gli edifici strategici e rilevanti in progetto, elencati nel d.d.u.o. n.19904/2003, il cui uso preveda affollamenti significativi o attività pericolose per l'ambiente, le reti viarie e ferroviarie, le costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti o con funzioni sociali essenziali.

Si richiede in fase di progettazione la valutazione dei parametri sismici dei terreni di fondazione per il calcolo delle Vs30 e la classificazione del suolo secondo la normativa.

Tali approfondimenti saranno condotti mediante l'utilizzo di una delle seguenti metodologie :

- prove down-hole in foro di sondaggio;
- profili sismici con modellazione del sottosuolo con impiego di geofoni e sismografo multicanale 12-24 (utilizzo della metodologia MASW o ReMi).

Il 3° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO si richiede nel caso in cui il Fattore di Amplificazione (Fa) calcolato nel 2° LIVELLO, risulti MAGGIORE del valore di soglia comunale.

11. GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

11.1. Definizioni

Letteralmente la parola "**geotermia**" significa **calore dalla terra**, ossia l'energia termica immagazzinata nel sottosuolo del nostro pianeta e che nella crosta terrestre aumenta in maniera proporzionale man mano che si scende in profondità. Si tratta di una fonte di energia inesauribile, costantemente disponibile e soprattutto "**rinnovabile**". Per non confonderla con la geotermia classica (quella dei sottosuoli caldi utilizzati per riscaldamento diretto o per la produzione di corrente elettrica), la geotermia utilizzata per la climatizzazione viene definita "**geotermia a bassa entalpia**".

A pochi metri di profondità dalla superficie terrestre il sottosuolo mantiene una temperatura in prima approssimazione costante per tutto l'anno; questa è una caratteristica comune a qualsiasi località del Pianeta, fortemente correlata all'azione della radiazione solare sulla crosta terrestre, che la trattiene e immagazzina sotto forma di energia pulita e rinnovabile. Questo ci permette di estrarre calore d'inverno per riscaldare e cedere calore durante l'estate per rinfrescare.

Lo scambio di calore viene realizzato con pompe di calore abbinate a sonde geotermiche, che permettono di riscaldare e rinfrescare gli edifici con un unico impianto e assicurano un alto grado di rendimento sull'arco dell'intera stagione, con un fabbisogno di energia elettrica contenuto rispetto alle prestazioni.

11.2. Tipologie di impianti

11.2.1. Impianti geotermici "a circuito chiuso" e impianti geotermici "a circuito aperto"

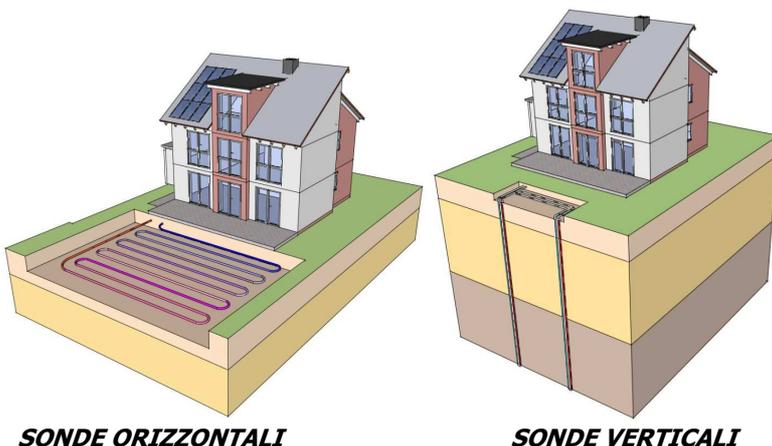
I circuiti chiusi sfruttano indirettamente il calore contenuto nel terreno o nei corpi idrici tramite uno scambio con un fluido termoconvettore circolante in tubi (sonde).

I principali sistemi a circuito chiuso sono costituiti da:

- **sonde verticali**
- **sonde orizzontali**
- **geostrutture**

Un impianto geotermico è costituito da sonde geotermiche verticali, da pompe di calore e da serbatoi di accumulo. Il tipo di sottosuolo gioca un ruolo importante e la conoscenza delle sue caratteristiche termiche e idrogeologiche è determinante per il corretto dimensionamento

dell'impianto: non tutti i tipi di rocce e di terreni dimostrano lo stesso rendimento termico. In prima approssimazione si può considerare che le sonde geotermiche estraggono una quantità specifica per ogni metro di lunghezza: più alta è la conducibilità termica del sottosuolo, più alta è la quantità estratta.

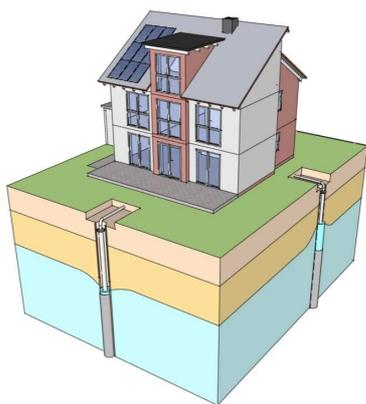


11.2.2. Impianti geotermici "a circuito aperto"

I circuiti aperti, sono costituiti dai sistemi che sfruttano direttamente l'acqua sotterranea o di superficie per lo scambio termico con pompa di calore.

I principali sistemi a circuito aperto sono costituiti da:

- Estrazione/immissione con pozzi in falda
- Estrazione da pozzi ed immissione in colatori superficiali
- Estrazione/immissione in lago



A differenza degli impianti a sonde geotermiche verticali, in cui non c'è alcun utilizzo di acque di falda (qualora intercettate), gli impianti geotermici acqua/acqua o a circuito aperto (open loop) prelevano acqua direttamente da un pozzo, o da un altro idoneo corpo idrico. L'acqua viene avviata

alla pompa di calore, che scambia calore con quest' ultima e quindi viene restituita alla sorgente, in un pozzo a valle della direzione di falda. In questo caso la perfetta conoscenza del sottosuolo e della sua idrogeologia diventa determinante. La restituzione di acque a monte del livello di falda, potrebbe compromettere in maniera significativa il funzionamento di questo tipo di impianti. Se il fenomeno della saturazione termica, potrebbe manifestarsi in impianti geotermici a sonde geotermiche a circuito chiuso non correttamente dimensionati, questo è assolutamente escluso per impianti geotermici a circuito aperto.

11.3. Aspetti ambientali

Gli impianti di climatizzazione geotermici rappresentano una delle tecnologie meno inquinanti e più rispettose dell'ambiente. In questo tipo di impianti si ha la totale assenza di emissioni di CO₂ o di altre sostanze nocive (ossidi di azoto, ossidi di zolfo, polveri sottili, particolato, PM10, PM2,5, idrocarburi policiclici aromatici cancerogeni, diossine in caso di perdita di efficienza del bruciatore), residui che si depositano nell' ambiente dove si vive o si lavora. Secondo il rapporto EPA, gli impianti geotermici, sono il sistema che ha il più basso valore delle emissioni di CO₂ fra tutte le tecnologie disponibili per la climatizzazione e il più basso impatto ambientale complessivo. Durante l'estate poi, questi impianti non contribuiscono in alcun modo all'inquinamento termico dell'atmosfera, in quanto smaltiscono il calore nel sottosuolo, generando accumulo termico per la stagione invernale successiva.

11.3.1. Sonde geotermiche verticali e impianti ad acqua di falda

Pur offrendo indubbi vantaggi dal punto di vista energetico, se installati senza le dovute cautele, i sistemi a pompe di calore geotermiche possono potenzialmente danneggiare l'integrità qualitativa delle falde idriche sotterranee, sia nella fase di messa in opera che in quella di esercizio.

I **sistemi maggiormente suscettibili** a questo tipo di problematica sono quelli a sonde geotermiche verticali e ad acqua di falda.

◆ SONDE VERTICALI : IMPATTO SULLA FALDA ACQUIFERA

I **rischi** specifici connessi all'installazione di **sonde verticali** sono:

- **corto-circuitazione tra falde** sovrapposte durante la **terebrazione**, con rischio di contaminazione di una falda da parte dell'altra;
- **corto-circuitazione tra falde** sovrapposte durante la fase di **esercizio**, qualora la sigillatura del foro non venga eseguita correttamente;
- **rilascio del fluido** di circolazione della sonda, in caso di rottura accidentale;
- **effetto barriera** sul deflusso naturale delle acque del sottosuolo nel caso dei campi sonde più grandi

◆ **POZZI D'ACQUA – IMPATTO SULLA FALDA ACQUIFERA**

Per i sistemi ad acqua di falda i rischi sono particolarmente riferiti al caso in cui si proceda alla reimmissione in falda dell'acqua prelevata:

- **corto-circuitazione tra falde** sovrapposte se non si è proceduto ad adeguata cementazione dei tratti di pozzo in corrispondenza dei livelli meno permeabili;
- **variazione** significative **nell'attività biologica** e microbiologica delle acque sotterranee indotte dalla variazione di temperatura dell'acqua di reimmissione;
- **variazione quali-quantitative delle specie chimiche** disciolte determinate dalla variazione termica;
- **alterazioni nella dinamiche delle falde**, specie a fronte di prelievi non accompagnati da reimmissione nella stessa falda acquifera;
- **subsidenza del sottosuolo** dovuta al prelievo di acqua in falda e eventuale risalita a piano campagna dell'acqua di reimmissione.

11.4. Studi geologici ed idrogeologici

Nella progettazione di sistemi a pompe di calore vanno valutate le caratteristiche **geomorfologiche del sito** ed **idrocinamiche degli acquiferi** in cui vengono installati.

Dal punto di vista idrogeologico, le informazioni da reperire sono la **soggiacenza della falda**, la **conducibilità idraulica**, il **gradiente idraulico** e la **profondità del tetto e letto degli acquiferi**. Tali dati possono essere ricostruiti attraverso la consultazione di stratigrafie di pozzi, sondaggi e di elaborati cartografici consultabili presso gli enti territoriali (Province, Regioni, ARPA).

I documenti di pozzo riportano le informazioni stratigrafiche del sottosuolo, il livello piezometrico statico della falda e lo schema di pozzo con i livelli acquiferi utilizzati per l'emungimento.

12. VINCOLI ESISTENTI SUL TERRITORIO COMUNALE

I vincoli presenti sul comune di Linarolo sono riportati sulla Carta dei Vincoli (Tavola n° 5), redatta in scala 1:10.000, che consente di individuare, mediante un unico elaborato, un quadro sintetico del territorio per una sua immediata lettura e conseguente facile e corretta interpretazione per la progettazione del piano urbanistico.

La carta contiene gli elementi più significativi messi in evidenza durante la fase di analisi.

Sono state per tanto prese in considerazione sia le aree sottoposte a vincolo legislativo che quelle interessate da problemi idrogeologici e geomorfologici reali o potenziali che possono vincolare le future scelte urbanistiche.

I vincoli di natura prettamente **GEOLOGICA** presenti sul territorio di Linarolo sono i seguenti:

• D.P.C.M. 24.05.2001 – approvazione del Piano per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Si riferisce alla delimitazione conclusiva delle Fasce fluviali lungo l’asta del fiume Po nell’ambito del Piano per l’Assetto Idrogeologico (PAI) ed alle relative misure di salvaguardia riportate nelle Norme Tecniche di Attuazione.

In particolare, le fasce fluviali presenti in territorio comunale vengono classificate in:

- *FASCIA A (di deflusso della piena)* - Si tratta della porzione di alveo interessata dal deflusso della corrente per la piena di riferimento.

In essa sono vietate le seguenti attività, al fine di favorire il mantenimento e/o il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell’alveo:

- Trasformazione dello stato dei luoghi che modifichino l’assetto morfologico, idraulico ed edilizio;
- Installazione di impianti di smaltimento rifiuti, di discariche di qualsiasi tipo ed il deposito a cielo aperto di rifiuti o materiali di qualsiasi genere;
- Coltivazioni erbacee non permanenti ed arboree per un’ampiezza di 10m dal ciglio della sponda

- *FASCIA B (di esondazione)* - Corrisponde alla fascia di territorio esterna alla precedente, interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento. Il limite esterno si estende fino al punto in cui le quote del terreno sono superiori ai livelli idrici raggiunti dalla sopraccitata piena, o sino alle opere idrauliche esistenti.

La fascia B tende alla conservazione ed al miglioramento della funzionalità idraulica ai fini dell’invaso e della laminazione delle piene.

In essa sono vietati:

- Interventi che riducano anche parzialmente la capacità di vaso, ad eccezione di quelle opere che ne prevedano un uguale aumento in area idraulicamente equivalente;
- Installazione di impianti di smaltimento rifiuti, di discariche di qualsiasi tipo ed il deposito a cielo aperto di rifiuti o materiali di qualsiasi genere;
- Interventi e strutture che tendano ad orientare la corrente verso gli argini o scavi e abbassamenti del terreno che favoriscano l’instabilità delle fondazioni dell’argine.

- *FASCIA C (di inondazione per piena catastrofica)* - Corrisponde alla fascia di territorio esterna alla precedente, che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento.

Nella fascia C l’obiettivo risulta quello di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione da parte degli enti competenti di Programmi di previsione e prevenzione.

Compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in Fascia C.

• D.Lgs. 152/2006, art. 94 – successive modifiche ed integrazioni

Il vincolo si riferisce alle captazioni ad uso idropotabile aventi un'area di tutela assoluta, di raggio pari a 10 metri ed una fascia di rispetto, di raggio pari a 200 m.

La zona di tutela assoluta e' costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni o derivazioni: essa deve avere una estensione in caso di acque sotterranee e, ove possibile per le acque superficiali, di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione; l'area deve essere adeguatamente protetta e adibita esclusivamente ad opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio

• R.D. 523/1904, art. 96 – vincoli di polizia idraulica

Il vincolo si riferisce alle fasce di rispetto del reticolo idrico minore e principale, di larghezza pari a 5-10 metri.

◆ I corsi d'acqua appartenenti al reticolo minore sono vincolati su entrambe le sponde mediante due fasce così distinte :

- una fascia di tutela assoluta (Fa) o di inedificabilità a cui è stata attribuita un'estensione di 5 m dal ciglio di sponda incisa o dal piede della scarpata
- una fascia di rispetto (Fb) di larghezza pari a 5 metri, esterna alla fascia di tutela assoluta

◆ I corsi d'acqua appartenenti al reticolo principale sono vincolati su entrambe le sponde mediante una fascia di 10 metri, misurata a partire dal ciglio di sponda incisa o dal piede della scarpata.

Le attività sulle acque pubbliche, alvei, sponde e difese vietate vengono di seguito elencate:

- 1) formazione di pescaie, chiuse, petraie ed altre opere per l'esercizio della pesca, con le quali si alteri il corso naturale delle acque
- 2) svolgere attività di piantagione e di movimento del terreno entro la distanza di 4 m dal piede dell'argine; svolgere attività di scavi ad una distanza di 10 m
- 3) modificare o alterare le opere di difesa spondale e ogni altra sorta di manufatto idraulico attinente al corso d'acqua, compreso il posizionamento di infrastrutture longitudinali in alveo che ne riducano la sezione
- 4) piantumazioni che si inoltrino negli alvei a costringere la sezione normale e necessaria al deflusso delle acque
- 5) sradicare o bruciare arbusti o cespugli presenti come vegetazione spondale quindi con funzione di sostegno per le ripe stesse

- 6) apertura di cavi o fontanili in prossimità di fiumi, torrenti e canali pubblici, a debita distanza riconosciuta dai regolamenti e dall'amministrazione provinciale, per evitare sottrazioni indebite e pericolo di diversioni
- 7) opera nell'alveo e contro le sponde dei fiumi che possa nuocere alla libertà e alla sicurezza della navigazione
- 8) lavori o atti non autorizzati che possano impedire il trasporto dei legnami
- 9) realizzare qualunque opera o manufatto che possa alterare lo stato, la forma, le dimensioni, la resistenza e la finalità a cui sono destinati gli argini e i manufatti attinenti alla difesa idraulica dei corsi d'acqua
- 10) svolgere attività di pascolo o permanenza di bestiame (art. 96 del Regio Decreto 25 luglio 1904 n. 253)
- 11) piantumare le ripe con qualunque tipo di pianta o arbusto sul piano e sulle scarpe degli argini
- 12) stabilimento di molini natanti
- 13) la realizzazione di fabbricati, edifici in genere nella fascia di rispetto di 10 m

13. CARTOGRAFIA DI SINTESI

La cartografia di sintesi è stata redatta su Fotogrammetrico in scala 1:5.000 tale carta individua le aree a maggiore criticità desunte dagli elaborati precedenti rappresentate con aree omogenee dal punto di vista della pericolosità riferita ad uno specifico fenomeno.

Di seguito sono elencati gli ambiti di pericolosità e di vulnerabilità che si possono riscontrare sul territorio di Linarolo.

1. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

- Aree ricadenti in corrispondenza della fascia di deflusso della piena (fascia A)
- Aree frequentemente allagate in occasione di eventi alluvionali (fascia B)
- Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o con minor frequenza (fascia B)
- Aree inondabili in occasione di piene catastrofiche (fascia C)

2. Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

- Aree a bassa soggiacenza della falda, o con presenza di falde sospese e con locali emergenze idriche (CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE Z2)

3. Aree vulnerabili dal punto di vista dell'instabilità delle sponde

- Aree interessate da fenomeni franosi dovuti all'elevata azione erosiva dei Fiumi Ticino e Po

4. Aree di tutela e di salvaguardia

- Pozzi dell'acquedotto e relative fasce di tutela assoluta (r=10m) e relativa fascia di rispetto di raggio pari a 200 metri

5. Vincoli di polizia idraulica

- Fascia di rispetto del reticolo idrico minore pari a 5 m dal ciglio di sponda (Fascia Fa)
- Fascia di rispetto del reticolo idrico (Fb) pari a 5 m dal limite esterno della Fascia Fa

6. Vincoli di tutela ambientale e paesistica

- Parco del Ticino (L.R. 86/1983 e successive modifiche; D.lgs 42/2004, art. 142, lettera f); D.G.R. n. 8/2121/2006; L.R. 16 luglio 2007 n. 16)
- Zona a protezione speciale ZPS Boschi del Ticino (Cod. ZPS IT208030)(D.G.R. 8/1791/2006)
- Sito di importanza comunitaria (SIC) Boschi Siro Negri e Moriano (Cod. SIC IT2080014)(D.G.R. 8 agosto 2003 n. VII/14106 e successive modifiche; D.lgs 42/2004, art. 142, comma 1 , lettera f) e g); D.G.R. n. 8/2121/2006

14. FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

La Carta della Fattibilità Geologica per le azioni di piano è stata redatta sulla base delle indicazioni contenute nel D.g.r. n. 8/1566 del 22 Dicembre 2005 "Criteri ed indirizzi per la determinazione della componente geologica ed idrogeologica e sismica del Piano di Governo del territorio, in attuazione all'art. 57, comma 1 della L.R. n. 12 del 11 Marzo 2005" e aggiornati con DGR n. 8/7374 del 28/05/2008.

Sulla base degli elementi di criticità e di rischio idrogeologico e geomorfologico, emerse dal presente studio, si è proceduto all'elaborazione della "Carta di fattibilità geologica", in scala 1:5.000 (Tav. 8a e 8b); la cartografia riporta la suddivisione del territorio comunale in classi di fattibilità geologica, individuate dal punto di vista delle condizioni geologiche, geotecniche ed idrogeologiche, ciascuna definita da proprie limitazioni e destinazioni d'uso ed accompagnata da specifiche norme geologiche di attuazione.

Il territorio comunale di Linarolo è stato suddiviso in 7 CLASSI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA (classe 2, 3a, 3b, 3c, 4a, 4b, 4c) per le specifiche prescrizioni delle singole classi di fattibilità si rimanda alle "Norme Geologiche di Attuazione".

◆ CLASSE 2 - FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI

"Questa classe comprende le aree pianeggianti posta a nord delle fasce fluviali del PAI (limite fra fascia "B" - fascia "C" e limite esterno della fascia "C"), non sottoposte a rischio idrogeologico ed idraulico, ma caratterizzate localmente da mediocri proprietà geotecniche dovute alla presenza di un orizzonte superficiale a matrice prevalentemente argillosa-limosa".

Ambito territoriale

Porzione di territorio posto a nord delle fasce fluviali del PAI e corrispondente ai depositi fluvioglaciali della Pianura Padana.

Comprende gli abitati di Linarolo, San Leonardo, Ospitaletto ed in parte l'abitato di Vaccarizza

◆ CLASSE 3a - FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

"Questa classe comprende le aree ricadenti all'interno di una zona a rischio di inondazione in occasione degli eventi di piena catastofica dei Fiumi Po - Ticino (fascia "C" del PAI).

Ambito territoriale

Porzione di territorio corrispondente alla fascia di inondazione per piena catastofica "C" del PAI, posta a S - SW dell'abitato di S.Leonardo.

◆ **CLASSE 3b - FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI**

" Questa classe comprende le aree corrispondenti alla fascia di rispetto (Fb) del reticolo minore, esterna alla fascia di tutela assoluta (Fa), avente estensione di 5 m".

Ambito territoriale

Porzione di territorio corrispondente alla fascia di rispetto di 5 m (Fb) del reticolo minore che comprende la Roggia del Vallone, la Roggia Fuga, la Lanca Chiappo, il Colatore Morcizza, il Colatore Tombone, lo Scolo Morcizza, il Colatore Sesso ed il Colatore Stella.

◆ **CLASSE 3c - FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI**

"In questa classe ricadono le aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza durante le piene dei Fiumi Po - Ticino (fascia di esondazione "B" del PAI)".

Ambito territoriale

Porzione occidentale del territorio comunale posta a sud del limite tra la fascia di esondazione "B" e "C", che comprende parte dell'abitato di Vaccarizza.

◆ **CLASSE 4a - FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI**

"In questa classe ricadono le aree frequentemente allagate in occasione di eventi alluvionali durante le piene dei Fiumi Po - Ticino (fascia di esondazione "B" del PAI)".

Ambito territoriale

Porzione di territorio ricadente in corrispondenza della fascia fluviale "B" del PAI.

◆ **CLASSE 4b - FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI**

"In questa classe ricadono le aree corrispondenti alla fascia di tutela assoluta (Fa) di 5 metri, misurata a partire dalla sommità della sponda incisa, dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico minore".

Ambito territoriale

Porzione di territorio corrispondente alla fascia di rispetto di 5 m (Fa) del reticolo minore che comprende la Roggia del Vallone, la Roggia Fuga, la Lanca Chiappo, il Colatore Morcizza, il Colatore Tombone, lo Scolo Morcizza, il Colatore Sesso ed il Colatore Stella

◆ **CLASSE 4c - FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI**

"In questa classe ricadono le aree corrispondenti alla fascia di deflusso della piena del Fiume Po (fascia A del PAI)".

Ambito territoriale

Porzione di territorio ricadente in corrispondenza della fascia di deflusso della piena ordinaria "A", del PAI, del Fiume Po

San Martino Siccomario, aprile 2011

dott. geol. Gianluca Nascimbene
ordine dei geologi della Lombardia n. 1076



BIBLIOGRAFIA

- ✓ 1° Programma Regionale di Previsione e Prevenzione di Protezione Civile ai sensi dell'art.12 comma 2 legge 24 febbraio 1992, n. 235 – Reg. Lombardia – Dir. Gen. Opere Pubbliche e Protezione Civile – Servizio Protezione Civile, Programma regionale di sviluppo – VI legislatura – Progetto strategico n. 5 – Attività di progetto n. 5.3.2
- ✓ Assereto E (1980/81) Ricerche geologiche e geofisiche per la definizione di strutture sepolte nel settore pianeggiante sud-orientale della provincia di Pavia - Tesi di laurea, inedita. Ist. di geologia dell'Univ. di Pavia
- ✓ Autorità di bacino del fiume Po - Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) – "Interventi sulla rete idrografica e sui versanti" – Relazione di sintesi –Parma
- ✓ Baroni D., Cotta Ramusino S., Peloso G.F. (1987/88) - La falda freatica nella pianura oltrepadana pavese ed in quella alessandrina: considerazioni sulla vulnerabilità potenziale. Atti Tic. Sc. Terra 31, 351-376
- ✓ Boni A. (1967) – Note illustrative della Carta geologica d'Italia: F° 59 Pavia. Serv. Geol. Italia – Roma
- ✓ Braga G., Bellinzona G., Berdardelli R., Casnedi R., Castoldi E., Cerro A., Cotta Ramusino S., Gianotti R., Marchetti G., Peloso G.F. (1976) – "Indagini preliminari sulle falde acquifere profonde della porzione di Pianura Padana compresa nelle provincie di Brescia, Milano, Piacenza, Pavia e Alessandria". Quad. Ist. Ric. sulle Acque, 28 (2) – Roma
- ✓ Braga G., Cerro A. – "Le strutture sepolte della pianura pavese e le relative influenze sulle risorse idriche sotterranee". Atti Tic. Sc. Terra, 31, 421-433
- ✓ Cavanna F., Marchetti G., Vercesi P. L., (1998) Idrogeomorfologia e insediamenti a rischio ambientale - Il caso della pianura dell'Oltrepò Pavese e del relativo margine collinare. Università degli studi di Pavia – Fondazione Lombardia per l'Ambiente
- ✓ Cotta Ramusino S., (1982) – Caratteri idrogeologici della prima falda acquifera nella zona di pianura dell'Oltrepò pavese. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 30, 170-181
- ✓ Dutto Furio (1986/87) "La piana alluvionale del Fiume Po tra F. Tanaro e F. Ticino: studio geomorfologico e idrometrico finalizzato alla definizione delle aree allagabili" Tesi di Laurea, inedita Università di Torino
- ✓ Colleselli F. - "Problemi geotecnici relativi alle arginature ed alle sponde di fiumi e di canali" Ed. CISM
- ✓ I.R.S.A. – CNR (1981) – "Indagine sulle falde acquifere profonde della Pianura Padana". Quaderni I.R.S.A., 51 (2), 70 pp. Roma
- ✓ Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) – Interventi sulla rete idrografica e sui versanti – Relazione di sintesi – Autorità di bacino del fiume Po – Parma
- ✓ Provincia di Pavia – Ass. Serv. Faunistici "L'ambiente acquatico e l'ittiofauna in provincia di Pavia"
- ✓ Regione Lombardia - Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 - Fogli B7c4 – B7c5;
- ✓ Regione Lombardia – Dir. Gen. Opere Pubbliche e Protezione Civile – Servizio Protezione Civile, Programma regionale di sviluppo – VI legislatura – Progetto strategico n. 5 – Attività di progetto n. 5.3.2. - "1° Programma Regionale di Previsione e Prevenzione di Protezione Civile ai sensi dell'art.12 comma 2 legge 24 febbraio 1992, n. 235"