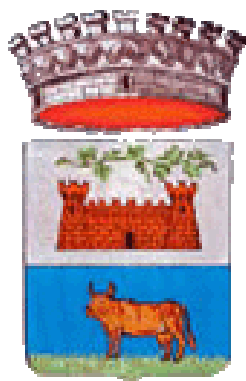

Comune di TURANO LODIGIANO
Provincia di LODI



PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

**STUDIO GEOLOGICO,
IDROGEOLOGICO E SISMICO**

Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12
D.G.R. 30 novembre 2011, n. 9/2616

RELAZIONE GENERALE

Novembre 2012

dott. Marco Daguati
GEOLOGO

via A. Diaz, 22 – 26845 Codogno (Lo)
tel e fax 0377.433021 – portatile 335.6785021
e-mail: marco.daguati@geolambda.it

SOMMARIO

1. OBIETTIVI e METODO DI STUDIO	4
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE	6
3. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO	9
4. CARATTERI GEOMORFOLOGICI DEL TERRITORIO COMUNALE	13
4.1 Il “Sistema dei terrazzi alluvionali inclusi nella fascia di meandreggiamento post-glaciale dell’Adda” ..	14
4.2 Il “Livello Fondamentale della Pianura” e le forme ad esso associate.....	16
4.3 Forme dovute all’attività antropica	17
5. INDAGINE DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA E PEDOLOGICA.....	18
5.1 Caratterizzazione litologica	18
5.2 Caratterizzazione pedologica	20
6. RETICOLATO IDROGRAFICO	22
6.1 Il Fiume Adda	25
6.2 Gli eventi di piena dell’Adda	32
7. IDROGEOLOGIA	34
7.1 Caratteristiche idrogeologiche generali.....	34
7.2 Caratteristiche idrogeologiche del territorio comunale	37
7.3 Censimento e catalogazione dei pozzi	41
7.4 Indagine piezometrica.....	41
7.5 Vulnerabilità degli acquiferi	43
8. PERICOLOSITA’ SISMICA LOCALE	48
8.1 Zonazione sismica nazionale ed inquadramento del territorio di Turano Lodigiano	48
8.2 Descrizione della sismicità	53
8.3 Pericolosità sismica.....	59
9. CARTA DI SINTESI	65
10. CARTA DEI VINCOLI GEOLOGICI	67
11. Allegato 1 - STRATIGRAFIE DEI POZZI ACQUEDOTTISTICI.....	69
12. Allegato 2 - ELENCO DEI POZZI CENSITI SUL TERRITORIO COMUNALE.....	73

TAVOLE ALLEGATE

- **Tavola 1:** Carta geologica e geomorfologica
- **Tavola 2:** Carta pedologica e di prima caratterizzazione litotecnica
- **Tavola 3:** Carta del reticolo idrico
- **Tavola 4:** Carta idrogeologica
- **Tavola 5:** Carta della pericolosità sismica locale
- **Tavola 6:** Carta di sintesi
- **Tavola 7:** Carta dei vincoli geologici
- **Tavola 8 nord:** Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano – scala 1:5.000
- **Tavola 8 sud:** Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano – scala 1:5.000

1. OBIETTIVI e METODO DI STUDIO

Il presente studio, sviluppato in sintonia con quanto disposto dalla vigente disciplina regionale, risulta “adattato” alle esigenze e peculiarità del territorio comunale di Turano Lodigiano. Sin dall’inizio, infatti, gli sforzi e le attenzioni sono state concentrate sulle problematiche salienti di questo lembo di pianura, quali l’assetto morfologico ed idrogeologico, la vulnerabilità degli acquiferi, la caratterizzazione litotecnica dei depositi naturali, nonché la tutela e la salvaguardia delle emergenze naturali.

Secondo quanto previsto dalla disciplina regionale, lo studio è stato articolato in tre fasi:

- La prima fase (o fase di analisi) si è concretizzata con la raccolta dei dati bibliografici e delle informazioni necessarie alla definizione delle principali caratteristiche geologiche, litologiche, geomorfologiche, sismiche, idrogeologiche ed idrografiche del territorio.

Durante la fase di analisi è stata prodotta la cartografia di base e di inquadramento (scala 1:10.000) costituita dalla Carta geologica e geomorfologica (Tavola 1), dalla Carta pedologica e di prima caratterizzazione litotecnica (Tavola 2), dalla Carta del Reticolo Idrico (Tavola 3) e dalla Carta Idrogeologica (Tavola 4).

La lettura integrata delle informazioni relative alle tavole di analisi presentate in allegato ha consentito di comprendere in chiave interpretativa i fenomeni morfogenetici e sedimentari che hanno dato vita al lembo di pianura occupato dal Comune di Turano Lodigiano.

In questa fase è stata analizzata anche la sismicità del territorio e prodotta, quale elaborato sintetico, la Carta della pericolosità sismica locale (Tavola 5).

- Durante la seconda fase sono stati interpretati e correlati i dati raccolti in precedenza con l’obiettivo di formulare proposte attraverso una lettura del territorio in chiave sia geologico-ambientale, sia delle vocazioni d’uso. A tale scopo è stata prodotta la Carta di Sintesi (Tavola 6) e la Carta dei Vincoli Geologici (Tavola 7) (entrambe alla scala 1:10.000), nelle quali vengono evidenziati gli aspetti più significativi emersi dalla fase di analisi e gli elementi normativi vincolanti sotto il profilo geologico. Lo scopo della cartografia è stato quello di definire le limitazioni d’uso e proporre una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologica e geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica.

- Quale strumento finale vengono proposte le Norme Geologiche di Attuazione e la Carta di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano (Tavole 8), alla quale viene allegata una tabella riassuntiva degli elementi limitanti per ciascuna classe di fattibilità. L'elaborato è stato redatto alla scala 1:5.000 su carta derivata da rilievo aerofotogrammetrico per meglio rapportare gli esiti dello studio con lo strumento urbanistico locale.

L'intero studio, infine, viene illustrato dal presente rapporto finale nel quale, oltre a descrivere il metodo seguito, viene dato spazio al commento dei diversi elaborati prodotti, motivando la classificazione proposta.

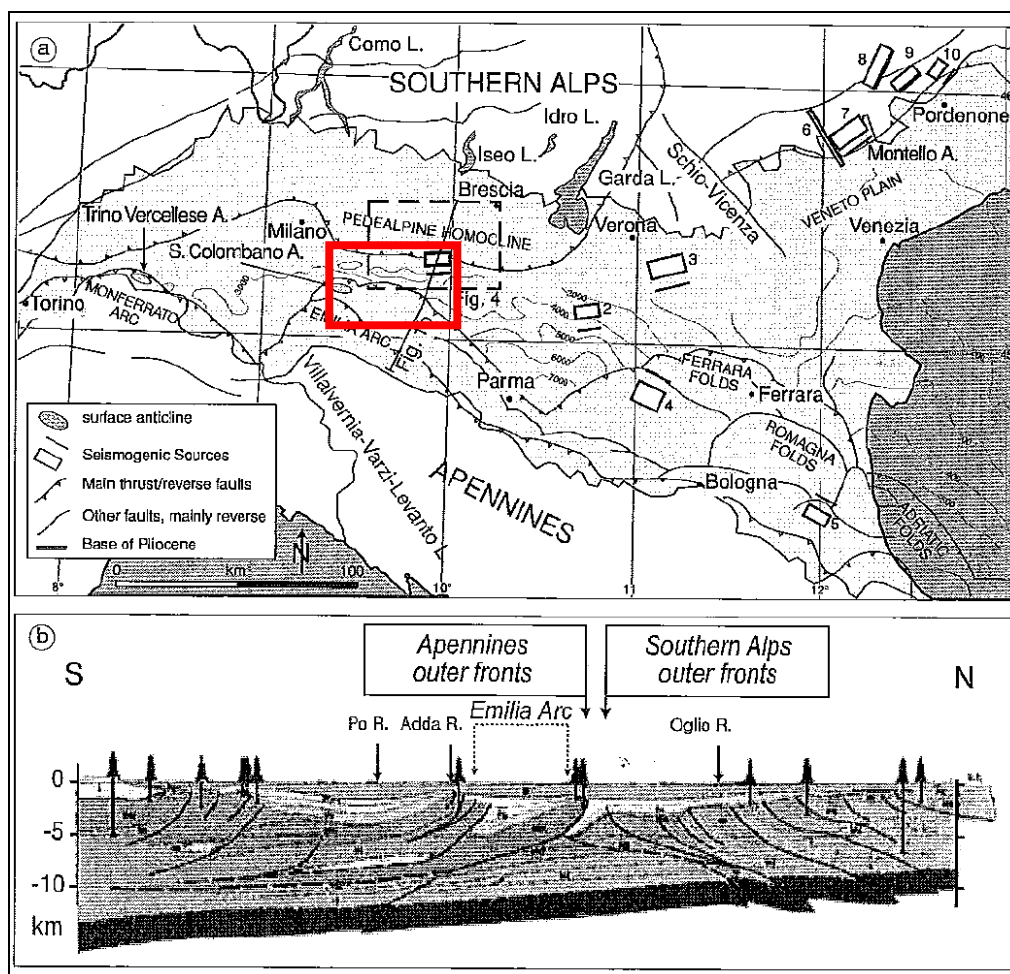
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

Il territorio in esame si inserisce nelle ampie strutture regionali della pianura: nel raggio di alcuni chilometri affiorano solo depositi continentali di origine fluviale e fluvioglaciale caratterizzati da condizioni di giacitura decisamente uniformi, al di sotto dei quali si sviluppa un basamento di origine marina interessato da una situazione strutturale complessa e non priva di significato neotettonico.

Sin dal tardo Cretacico, la Pianura Padana ha rappresentato la parte frontale di due catene di opposta vergenza: l'Appennino settentrionale (N-vergente) e le Alpi meridionali (S-vergenti). Lo scontro tra le due catene ha strutturato una serie di bacini di piggy-back, ospitati sui thrust embriciati che costituiscono il fronte della placca Adria (un promontorio della zolla africana), dove una potente successione sin-orogenetica è andata progressivamente depositandosi.

Lo sviluppo geologico di questo lembo di Pianura Padana è strettamente legato all'evoluzione della catena appenninica in una fase tardiva della sua storia tettonogenetica e rappresenta il risultato del riempimento cominciato nel Pliocene, dapprima marino e poi continentale, dei bacini ampiamente subsidenti delle avanfosse padane.

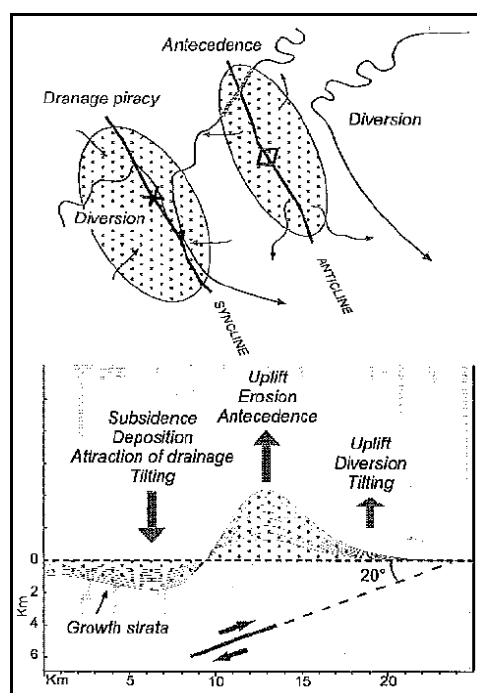
Studi sulla base della sequenza plio-quadernaria nella porzione centrale e meridionale della Pianura Padana (Pieri e Groppi, 1981) mostrano lo sviluppo di tre grandi archi costituiti da thrust ciechi N-vergenti che costituiscono il fronte più avanzato della struttura appenninica settentrionale: l'Arco del Monferrato (Elter e Pertusati, 1973), l'Arco Emiliano e l'Arco Ferrarese-Romagnolo. In tale contesto, il Comune di Turano Lodigiano si sviluppa sul fronte settentrionale dell'Arco Emiliano; in particolare, il sottosuolo del territorio comunale è interessato da un sistema compressivo modellato nei terreni pre-quadernari sepolti (un classico thrust costituito da un'anticlinale e da una sinclinale separate da una faglia inversa) ad orientamento prevalente W-E e chiara vergenza settentrionale, caratterizzato da fenomeni di ondulazione assiale.



Schema tettonico del substrato della Pianura Padana
 ("Pieri and Groppi, 1981" in "Burrato et al.", 2003)

Sebbene la definitiva strutturazione del substrato sepolto venga tradizionalmente associata a una fase tettonica pliocenica media-inferiore (databile dalla discordanza esistente tra i sedimenti plio-pleistocenici marini ed il substrato più antico), è opinione sempre più diffusa che i depositi alluvionali quaternari siano stati coinvolti in fasi neotettoniche, condizionando così anche la morfogenesi più recente (Braga et al., 1976; Pieri e Groppi, 1981; Burrato et al., 2003).

A sostegno di questo fatto, molti Autori indicano sia gli affioramenti di sedimenti pre-würmiani che emergono sul "Livello Fondamentale della Pianura" in prossimità degli assi di alcune strutture positive del substrato, sia alcune sintomatiche "anomalie" che si manifestano in taluni tratti dei principali corsi d'acqua, tra cui lo stesso Adda. A tal proposito va rilevato come la sua direzione media N-S subisca una netta deviazione a partire dalla latitudine di Lodi, in corrispondenza degli assi strutturali sepolti a cui si dispone sub-parallelo per lunghi tratti secondo un probabile meccanismo di "diversione".



Meccanismi di condizionamento tettonico della rete idrografica (Burrato et al., 2003)

A conferma di un probabile condizionamento neotettonico della copertura quaternaria si rammenta come, anche recentemente (1951), i cataloghi sismici ricordino un sisma con epicentro nel Lodigiano (a S di Lodi), localizzato esternamente ad importanti zone sismogenetiche: si potrebbe trattare di un fenomeno di rilascio tensionale legato alle strutture profonde sopra menzionate. A tale proposito va considerato che, anche nelle aree sismicamente più attive della penisola italiana, i tempi di ritorno per i grandi terremoti sono superiori a 1000 anni, mentre l'attuale catalogo storico dei terremoti (considerato completo per eventi di magnitudo superiore a 5.5 solo dopo il 17° secolo) potrebbe non coprire adeguatamente il ciclo sismico della maggior parte delle aree sismogenetiche padane. Tuttavia, il confronto tra le deformazioni verticali a lungo termine (a partire dal Pleistocene superiore) e quelle a breve termine, calcolato utilizzando correlazioni geomorfologiche e misure geodetiche (De Martini et al., 1998), dimostra come per molti dei thrust attivi una buona parte dell'energia venga rilasciata in modo asismico: tale fattore giustificerebbe comunque l'attività neotettonica e il condizionamento della sedimentazione e dei lineamenti morfologici di superficie (Burrato et al., 2003), riducendo il rischio sismico a cui è esposto questo settore di pianura.

3. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO

Come evidenziato dalla cartografia geologica ufficiale (Carta Geologica della Lombardia scala 1:250.000 e Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000), tutte le unità affioranti in un intorno significativo dell'area di analisi sono di origine continentale.

Tali unità, caratteristiche di ambienti deposizionali fluviali e di età compresa tra il Pleistocene superiore e l'Olocene, sono:

- **Alluvioni attuali (Olocene superiore)** - si tratta di forme deposizionali in evoluzione, poste all'interno dell'alveo inciso del Fiume Adda (isole, barre di accrescimento ecc.) e sono costituite da depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi.

- **Alluvioni medio-recenti (Olocene medio- superiore)** – sono i depositi che costituiscono il substrato del ripiano posto all'interno della valle dell'Adda più vicino al fiume, terrazzati sul corso d'acqua.

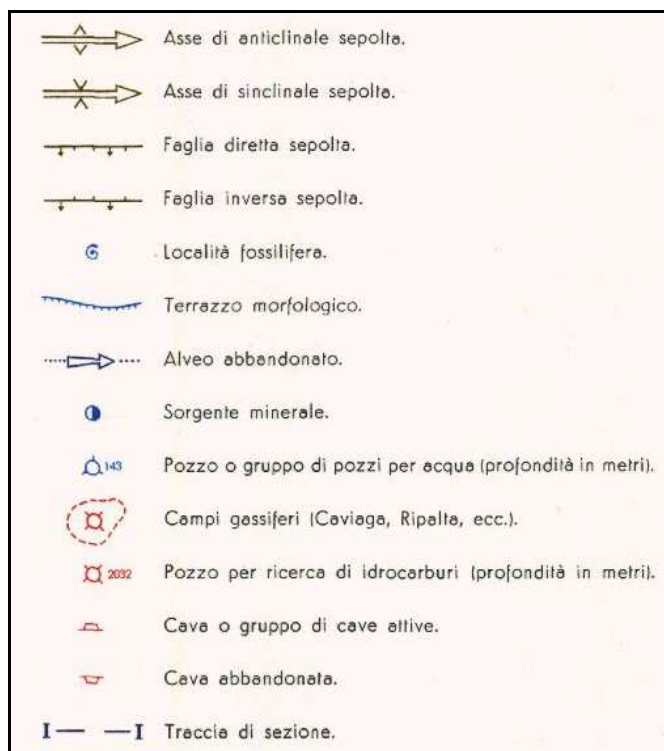
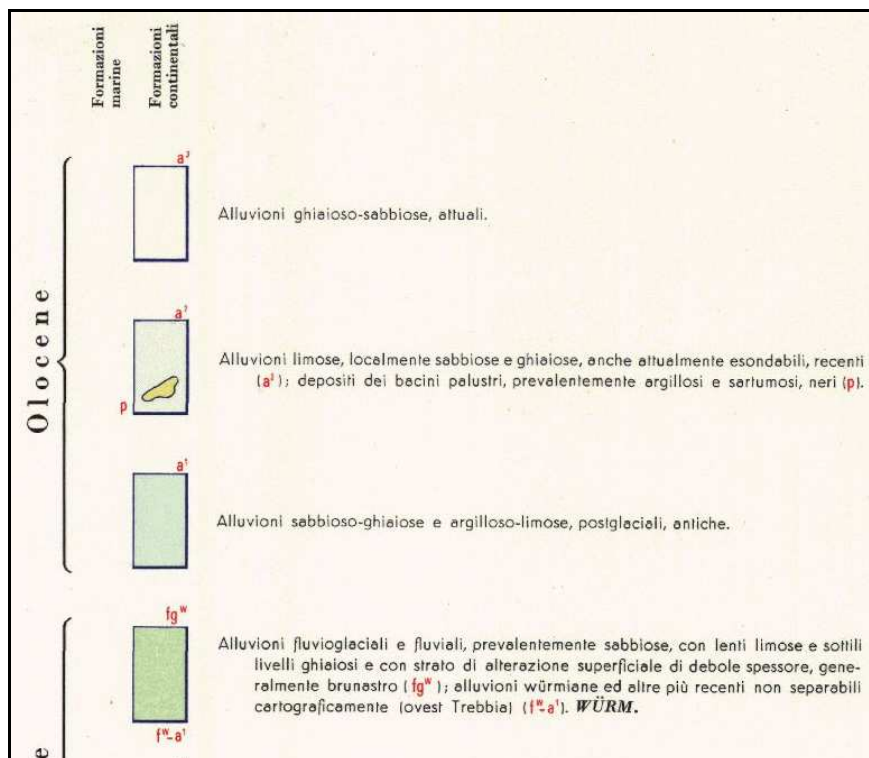
- **Alluvioni antiche (Olocene inferiore)** – si tratta dei depositi olocenici più antichi, presenti isolatamente ai margini della valle dell'Adda, posti ad una quota intermedia tra il Livello Fondamentale della Pianura e la piana alluvionale recente del corso d'acqua, da tempo indisturbati dai fenomeni sedimentari e morfogenetici del corso d'acqua.

- **Fluviale Wurm (Pleistocene superiore)** - è costituito da depositi prevalentemente sabbiosi, con lenti limose e sottili livelli ghiaiosi e con strati di alterazione superficiale di debole spessore, generalmente brunastro, affioranti nel substrato del Livello Fondamentale della Pianura (o Piano Generale Terrazzato) a valle della linea delle risorgive.

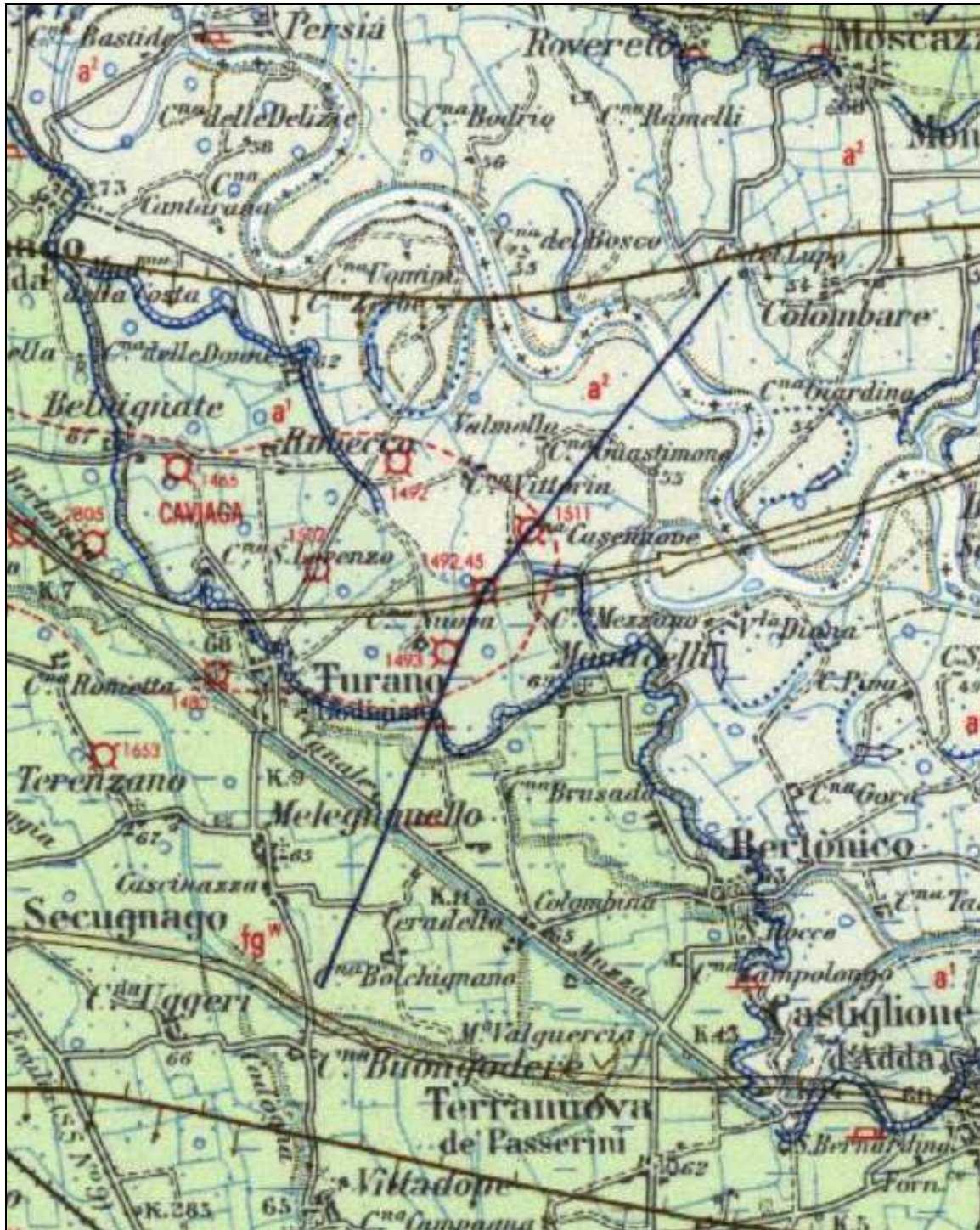
CARTA GEOLOGICA

Estratta da Carta Geologica d'Italia, Foglio n. 60 "Piacenza"

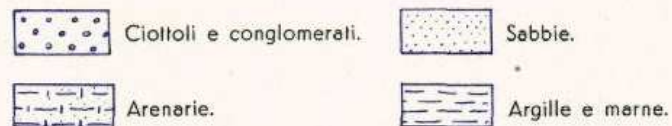
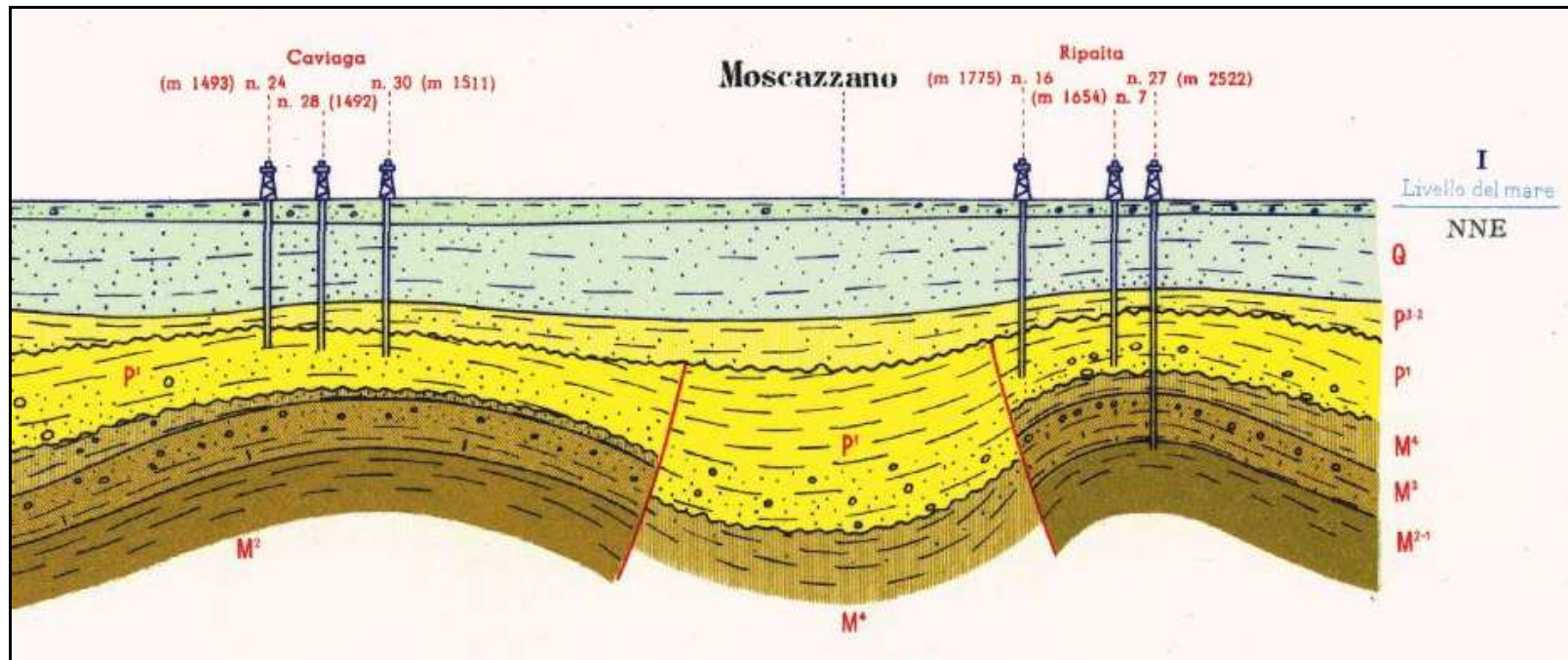
LEGENDA



CARTA GEOLOGICA



SEZIONE GEOLOGICA DI RIFERIMENTO



a = Alluvione; Q = Quaternario marino; P³⁻² = Pliocene sup.-medio; P¹ = Pliocene inf.; M³ = Miocene sup.; M⁴ = Tortoniano; M³ = Elveziano; M² = Langhiano; M²⁻¹ = Langhiano-Aquitaniense.

4. CARATTERI GEOMORFOLOGICI DEL TERRITORIO COMUNALE

La carta geomorfologica di Tavola 1 costituisce il primo elaborato della fase di analisi ed è stata redatta adottando come base di lavoro i criteri geomorfologici ad indirizzo applicativo proposti dal Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia. Con la simbologia sono stati rappresentati sia le forme e i depositi più significativi, distinti in base all'agente morfogenetico che li ha generati, sia il loro stato di attività.

L'analisi territoriale ha grande rilevanza per la valutazione dei fenomeni caratterizzanti un'area di pianura, in quanto gli elementi geomorfologici costituiscono la testimonianza diretta dell'evoluzione che ha interessato la zona nell'ultimo periodo geologico.

In questo contesto e date le finalità applicative della cartografia da produrre, invece, gli elementi geologico-strutturali sono stati considerati unicamente come base su cui si sono modellate le forme superficiali.

La superficie comunale di Turano Lodigiano è lambita a NE dal fiume Adda ed è interamente compresa fra le quote di 70 e 54 m s.l.m. (quote dedotte dalla C.T.R.). Nel complesso, il territorio presenta una serie di terrazzi morfologici a forma di ripiani sovrapposti, di altezza variabile, dovuti ad una successione spazio-temporale di episodi di alterna erosione e sedimentazione ad opera del fiume Adda, il quale ha delineato una tipica valle "a cassetta" lungo il cui margine sud-occidentale si sviluppa la netta scarpata ove si affaccia il capoluogo.

Durante la fase di rilevamento e di stesura della cartografia sono stati distinti i seguenti sistemi morfologici:

1. il "Sistema dei terrazzi alluvionali inclusi nella fascia di meandreggiamento post-glaciale dell'Adda";
2. il "Livello Fondamentale della Pianura".

4.1 Il “Sistema dei terrazzi alluvionali inclusi nella fascia di meandreggiamento post-glaciale dell’Adda”

All’interno di questo sistema morfologico si distinguono:

- L’alveo attivo del fiume Adda e le forme in evoluzione ad esso associate (depositi di barra, isole ecc.).
- Un ripiano modellato nei depositi dell’Olocene medio-recente, ancora parzialmente interessato dagli eventi alluvionali più gravosi;
- Un ampio ripiano terrazzato in posizione intermedia tra la piana alluvionale recente e il Livello Fondamentale della Pianura, da tempo indisturbato dai fenomeni deposizionali e morfogenetici dell’Adda.

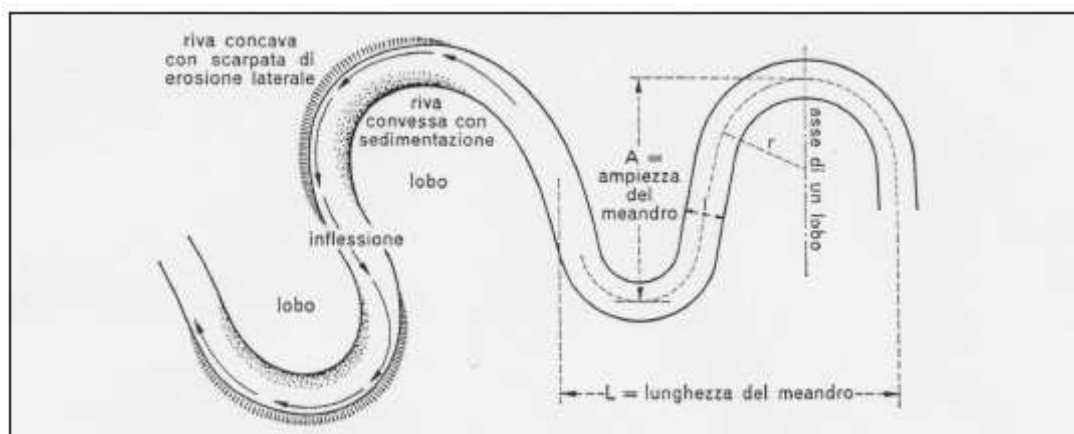
La piana alluvionale recente e antica sono facilmente distinguibili tra loro, in quanto separate da una scarpata morfologica (spesso rimaneggiata dall’intervento antropico o ridotta a rottura di pendenza del piano-campagna) che terrazza il ripiano olocenico antico su quello più recente; si tratta di una scarpata di pochi metri di particolare significato paesistico, in quanto testimone dell’origine e dell’evoluzione di questo lembo di territorio.

Nel corso del rilevamento di dettaglio del territorio di Turano Lodigiano, all’interno della valle dell’Adda sono stati riconosciuti e parzialmente cartografati una serie di elementi di origine fluviale: si tratta in genere di piccoli ripiani, dossi e depressioni, talora delimitati da scarpate di modesta entità, la cui evidenza è spesso mascherata dall’intervento antropico. Un’analisi di maggior dettaglio dei ripiani alluvionali dell’Adda, infatti, rivela una situazione non priva di una complessa articolazione, caratteristica di ripetuti fenomeni di divagazione compiuti dai corsi d’acqua in un recente passato.

Per meglio interpretare i processi morfologici e sedimentari fluviali che hanno dato vita a questo settore di pianura, si ricorda come l’Adda presenti, in questo tratto, un tipico alveo a meandri di pianura alluvionale soggetta a inondazione durante le piene maggiori. I meandri sono forme fluviali in rapida evoluzione a causa della facile erodibilità delle sponde sabbiose. La pianura circostante, per effetto dei depositi abbandonati durante le inondazioni, tende ad innalzarsi, aumentando nel tempo il dislivello tra il fondo dell’alveo ed il piano di inondazione. L’innalzamento degli argini naturali limita a sua volta le esondazioni, cosicchè i

materiali solidi, depositati in alveo durante le fasi di decrescita delle piene, determinano la pensilità del fiume sulla pianura circostante e ne favoriscono le esondazioni.

In relazione alla morfogenesi fluviale, è noto come il meandro di pianura mostri una spiccata tendenza ad accentuarsi. Il filone centrale della corrente si sposta verso la parte esterna del meandro e corre in vicinanza della sponda concava, contrariamente a quanto avviene su quella convessa. In una successione di meandri, quindi, la corrente lambisce successivamente la riva destra e la sinistra, descrivendo sinuosità maggiori di quelle mostrate dall'alveo: la capacità erosiva del filone principale della corrente, perciò, tende ad aumentare la sinuosità del fiume in ogni ansa, sottoponendo la riva concava ad una erosione progressiva. Sulla sponda convessa, invece, la corrente, più lenta rispetto alla riva concava, abbandona una parte del carico trasportato e deposita la cosiddetta “barra di meandro o lobo” (di natura prevalentemente sabbiosa). Il risultato morfometrico è pertanto quello di una riva concava generalmente più ripida di quella convessa.



*Terminologia ed elementi morfologici dei meandri fluviali
(da “Geomorfologia, 1989 – G.B. Castiglioni)*

La progressiva tendenza all'accentuazione di un meandro porta al fenomeno indicato come “salto di meandro”, la cui forma relitta è un ramo del corso d'acqua indicato con il nome di lanca o mortizza che, nel tempo, è soggetto ad un progressivo impaludamento ed interrimento con depositi fini (argilla e limo), caratterizzati da una diffusa componente organica (“clay-plug” della letteratura anglosassone).

Letto in chiave dinamica, il fenomeno morfogenetico assume significato sia come agente responsabile delle forme inattive (paleoalvei) che ancora oggi si leggono sul territorio (cartografati con apposita simbologia), sia come elemento di pericolosità in corrispondenza

delle sponde concave del corso d'acqua (in Tav. 1 sono state cartografate le principali sponde in erosione dell'alveo inciso dell'Adda).

Tra i primi elementi, nella cartografia di Tavola 1 sono state evidenziate alcune anse meandriche abbandonate dell'Adda, in particolare quella di C.na Zerbaglia (caratterizzata dalla presenza di falda affiorante o sub-affiorante e alimentata dall'Adda in occasione delle sue piene principali) e quella (meno importante ed ormai interrata) nei pressi di C.na Bordighe.

4.2 Il “Livello Fondamentale della Pianura” e le forme ad esso associate

I depositi terrazzati tardo pleistocenici costituiscono un ripiano debolmente immergente verso N, caratterizzato da una marcata omogeneità planoaltimetrica, noto in letteratura con il nome di “Livello Fondamentale della Pianura (L.F.d.P.)” o “Piano Generale Terrazzato (P.G.T.)”. Non più interessato dall'idrografia principale e caratterizzato da tracce di idrografia abbandonata, il Livello Fondamentale della Pianura rappresenta una forma non attiva (fatta eccezione per fenomeni geomorfologici di minor entità attivi solo localmente): i processi che produssero la formazione di questa superficie sono indubbiamente polifasici e il corpo sedimentario è attribuibile a più eventi. La superficie continua ed arealmente estesa del Livello Fondamentale della Pianura testimonia l'arresto di ogni fase di aggradazione fluviale su di essa, verificatosi un momento prima dell'instaurarsi di condizioni fortemente erosive negli affluenti di sinistra del Po: quest'ultimi, infatti, scorrono entro larghe valli incassate, occupandone spesso una porzione estremamente ridotta.

Le scarpate morfologiche che terrazzano il ripiano tardo-pleistocenico sulla valle olocenica dell'Adda sono i lineamenti più evidenti di questa porzione di pianura, delimitando gli ampi solchi formatisi per infossamento del fiume. Le scarpate morfologiche hanno un'altezza variabile dell'ordine di 10 m e, quando presentano caratteristiche naturali, assumono i connotati di un versante molto acclive, ormai relitto e privo di significativi fenomeni di instabilità.

Nella porzione centro-meridionale del territorio comunale si sviluppa l'incisione del Colatore Muzza formatasi ad opera della capacità erosiva del corso d'acqua. Laddove cessa la propria caratteristica di derivazione irrigua per assumere quella di Colatore, la Muzza è riuscita ad

incidere una tipica “valle a cassetta”, dotata di scarpate divergenti (la loro altezza decresce progressivamente da valle verso monte).

Nel tratto che interessa il territorio tra Mairago e Turano Lodigiano, inoltre, il Colatore Muzza assume talora un andamento tipicamente meandriforme, incassato nella propria valle olocenica, costituendo un elemento di elevato pregio paesistico.

4.3 Forme dovute all’attività antropica

Pur non avendo ricostruito cronologicamente le azioni di bonifica che hanno modificato negli ultimi secoli l’assetto planoaltimetrico del territorio, si ritiene doveroso riconoscere l’importanza delle opere che hanno interessato il Comune di Turano Lodigiano a valle delle scarpate morfologiche principali, le quali, sovrapponendosi alla naturale tendenza evolutiva, hanno reso vivibili zone altrimenti paludose o soggette alla dinamica evolutiva dell’Adda.

Tra gli elementi di chiara origine antropica sono state cartografate alcune scarpate morfologiche e taluni ripiani derivanti dall’arretramento delle originarie scarpate nei pressi del capoluogo.

In tavola 1, inoltre, è stato cartografato l’Ambito Territoriale Estrattivo individuato dal Piano Cave provinciale.

5. INDAGINE DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA E PEDOLOGICA

5.1 Caratterizzazione litologica

La natura litologica dei terreni affioranti è stata definita attraverso una serie di informazioni di letteratura, le quali hanno consentito di trarre considerazioni sui primi metri di suolo e sottosuolo. Tutti i dati disponibili (ubicati in Tavola 2) sono poi stati oggetto di una attenta revisione critica durante il processo di interpretazione.

Le informazioni così acquisite hanno consentito una prima caratterizzazione dei depositi naturali, conducendo a una prima e fondamentale distinzione fra terreni granulari incoerenti (resistenza al taglio caratterizzata dal solo angolo di attrito) e terreni fini (resistenza al taglio caratterizzata soprattutto dall'esistenza di legami coesivi).

In questo modo sono state definite le seguenti unità:

UNITA' 1 – Depositi sabbiosi e sabbioso-limosi con coperture limose superficiali generalmente sviluppate fino a 2-3 m di spessore, frequentemente derivanti da fenomeni di alterazione pedogenetica - Classificazione U.S.C.S.: SW, SP, SM con coperture ML, SM – Area di affioramento: Livello Fondamentale della Pianura.

UNITA' 2 – Terreni granulari (sabbia e ghiaia) con locali coperture di terreni fini di spessore generalmente limitato - Classificazione U.S.C.S.: SP, SW con coperture di SM, ML, CL, OH, Pt – Area di affioramento: Valle olocenica dell'Adda.

UNITA' 3 – Facies simile alla precedente, dalla quale differisce per la presenza di frequenti coperture argillose, talora di origine organica, frequenti in corrispondenza degli alvei abbandonati del corso d'acqua (depositi di “clay plug”) - Classificazione U.S.C.S.: ML, CL a copertura di SP, SW – Area di affioramento: fascia di territorio al piede della scarpata morfologica principale e in corrispondenza dei principali paleoalvei.

Sulla base delle informazioni disponibili si riconoscono aree con significative limitazioni di natura geotecnica soprattutto nelle zone di paleo-alveo dell'Adda, colmate di materiale fine e/o organico.

Nella valle dell'Adda, inoltre, la presenza di acqua di falda a ridotta profondità contribuisce ad una saturazione dei terreni e a un generale peggioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni naturali. Tale fattore trova un suo riscontro nella fattibilità geologica delle azioni di piano e condizionerà le scelte progettuali nel caso di nuovi edifici e infrastrutture: le caratteristiche geotecniche dei terreni e la soggiacenza della falda dovranno divenire oggetto di studio circostanziato nella modellizzazione geologica e geotecnica prevista dal D.M. 14.01.2008 e s.m.i..

Va comunque precisato che lo studio di prima caratterizzazione ha solo una funzione di supporto alla pianificazione generale, il cui scopo è quello di definire le linee fondamentali dell'assetto territoriale: come tali, le informazioni sopra esposte non possono essere considerate esaustive di tutte le problematiche geologico-tecniche e, soprattutto, non possono essere utilizzate per la soluzione di problemi progettuali a carattere puntuale (ove potrebbero verificarsi anomalie rispetto ai modelli proposti). Nella progettazione di qualsiasi struttura (opere di fondazione, infrastrutture ecc.), pertanto, sarà necessario eseguire specifiche indagini volte a definire il quadro geologico e geotecnico locale, così come previsto dalla normativa vigente.

5.2 Caratterizzazione pedologica

Nella cartografia di Tavola 2 è stata rappresentata la distribuzione areale delle classi pedologiche tratte dal “Progetto Carta Pedologica – I SUOLI DEL LODIGIANO (ERSAL, 2000)”: in questo modo è stato possibile associare, ad aspetti puramente litologici, anche indicazioni relative allo sviluppo e alle caratteristiche dei suoli del territorio comunale.

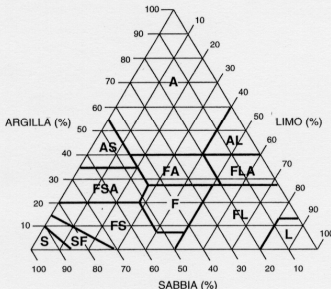
Una prima classificazione è stata compiuta alla scala delle unità di paesaggio (o morfologiche), operando una distinzione tra:

1. Il Sistema del Livello Fondamentale della Pianura, ove si sviluppano suoli da moderatamente profondi a molto profondi, con substrato sabbioso o sabbioso-limoso (talora limoso e limo-argilloso) e tessitura da fine a grossolana, con capacità di drenaggio da buona a localmente lenta.
2. Il Sistema della valle alluvionale dei fiume Adda (suddiviso nelle aree di più antica e di più recente influenza del corso d’acqua); i suoli si presentano da sottili a profondi, con substrato da limoso a sabbioso, tessitura da moderatamente fine a grossolana e capacità di drenaggio da molto lenta (talvolta impedito) a moderatamente rapido.

Nella tabella che segue sono riportati i criteri di classificazione utilizzati per la descrizione dei suoli nella legenda della Tavola 2.

Profondità (cm) 0 - 25 molto sottili 25 - 50 sottili 50 - 100 moderatamente profondi 100 - 150 profondi > 150 molto profondi	Scheletro (%) <1 assente 1 - 5 scarso 5 - 15 comune 15 - 35 frequente 35 - 70 abbondante >70 molto abbondante	Carbonati totali (%) < 0,5 non calcareo 0,5 - 5 scarsamente calcareo 5 - 10 moderatamente calcareo 10 - 20 calcareo > 20 molto calcareo	Pietrosità superficiale (utile all'approfondimento radicale) < 0,1 % scarsa o nulla 0,1 - 3 % moderata 3 - 15 % comune 15 - 50 % elevata > 50 % eccessiva	Dimensione pietre Ø < 7,5 cm piccole Ø 7,5 - 25 cm medie Ø > 25 cm grandi
Saturazione (TSB) (%) <35 molto bassa 35 - 49 bassa 50 - 75 media >75 alta	Reazione <4,5 molto acida 4,5 - 5,5 acida 5,6 - 6,5 subacida 6,6 - 7,3 neutra 7,4 - 7,8 subalcalina 7,9 - 8,4 alcalina 8,5 - 9,0 molto alcalina >9,0 estremamente alcalina	Pendenza (%) <2 nulla o debole 2 - 5 bassa 5 - 15 moderata 15 - 25 moderatamente elevata 25 - 45 elevata 45 - 75 molto elevata >75 estremamente elevata	Capacità di scambio cationico (CSC) (meq/g) < 10 bassa 10 - 20 media 20 - 30 elevata > 30 molto elevata	

Tessitura



S e SF

FS grossolana e fine

FS m. fine, F, FL, L

FSA, FA, FLA

A, AS, AL

grossolana

moderatamente grossolana

media

moderatamente fine

fine

Drenaggio

Rapido: l'acqua è rimossa dal suolo molto rapidamente; presenza di falda o falda sospesa rara o molto profonda, tessitura comunemente grossolana e permeabilità elevata; suoli in pendenza molto sottili.

Moderatamente rapido: l'acqua è rimossa dal suolo rapidamente; presenza di falda o falda sospesa rara o molto profonda, tessitura comunemente grossolana e permeabilità moderatamente elevata; suoli in pendenza e sottili.

Buono: l'acqua è rimossa prontamente dal suolo, ma non rapidamente; falda o falda sospesa profonda se transitoria o molto profonda se da transitoria a permanente; permeabilità moderata. Durante la stagione di crescita l'acqua facilmente disponibile non è mai in difetto ed eventuali brevi periodi di surplus di bilancio idrico non inibiscono in modo significativo la crescita delle radici. I suoli sono generalmente privi di caratteri redossimorfici che possono eventualmente manifestarsi oltre il metro di profondità.

Mediocre: in alcuni periodi dell'anno l'acqua è rimossa dal suolo piuttosto lentamente; falda o falda sospesa moderatamente profonda se transitoria, o profonda se da transitoria a permanente; permeabilità moderatamente bassa o più bassa in uno strato entro il metro di profondità; clima umido caratterizzato da periodiche forti precipitazioni.

Lento: l'acqua è rimossa lentamente dal suolo il quale è periodicamente bagnato per periodi significativi durante la stagione di crescita; falda o falda sospesa poco profonda se transitoria, o moderatamente profonda se da transitoria a permanente; permeabilità bassa o molto bassa; apporti idrici quasi continui.

Molto lento: l'acqua è rimossa così lentamente che i suoli sono periodicamente bagnati a poca profondità per lunghi periodi durante la stagione di crescita; falda o falda sospesa persistente poco profonda o superficiale, eventualmente transitoria; permeabilità bassa o molto bassa; apporti idrici quasi continui.

Impedito: l'acqua è rimossa così lentamente che i suoli sono periodicamente bagnati in superficie o in prossimità di questa per lunghi periodi durante la stagione di crescita; falda o falda sospesa superficiale persistente o permanente; giacitura depressa concava e priva di drenaggio esterno; elevati apporti idrici praticamente continui, associati anche a suoli in pendenza.

6. RETICOLATO IDROGRAFICO

Per effetto dell'art. 1 della L. 36/94 e del successivo regolamento di applicazione (DPR 238/99), il concetto di acqua pubblica è stato innovato rispetto al vecchio T.U. n. 1775/1933, introducendo nell'ordinamento il principio di pubblicità di tutte le acque superficiali e sotterranee. La L.R. 1/2000, in attuazione del D.Lgs. n. 112/98, ha previsto l'obbligo per la Regione di individuare il reticolo principale sul quale la Regione stessa continuerà a svolgere le funzioni di polizia idraulica (ex R.D. n. 523/1904), trasferendo ai comuni o ai consorzi le competenze sul reticolo idrico minore e su quello di bonifica.

Nel corso del presente lavoro, sulla base della D.G.R. n. 7/7868 del 25.01.2002 e dell'ultima modifica di cui alla D.G.R. n. 9/2762/2011, viste le dirette conseguenze urbanistiche derivanti dall'applicazione della norma di pubblicità di tutto il reticolato idrografico (principale e minore), il Comune di Turano Lodigiano ha affidato allo scrivente il compito di predisporre gli elaborati tecnici e cartografici richiesti dalla specifica normativa della Regione Lombardia. Nella Carta del Reticolo Idrografico di Tavola 3, estratta dallo specifico studio, è stato individuato l'intero reticolato idrografico definito sulla base dei criteri disposti dalla D.G.R. n. 9/2762/2011.

L'analisi morfologica del territorio comunale di Turano Lodigiano ha condotto all'individuazione di due unità topograficamente, morfologicamente e idraulicamente distinte: il Livello Fondamentale della Pianura e la valle del fiume Adda.

1. La prima unità morfologica (Livello Fondamentale della Pianura) si presenta come una superficie sub-pianeggiante, modestamente immergente verso quadranti meridionali e caratterizzata da una significativa monotonia planare. Nel sottosuolo la falda idrica si sviluppa a profondità variabile (fortemente influenzata dall'effetto drenante esercitato dall'Adda a valle delle alte scarpate morfologiche) e il reticolo presenta due modalità di alimentazione:
 - a. da N attraverso derivazioni di acqua utilizzata a scopi irrigui;
 - b. dalla raccolta delle colature sia di natura irrigua che meteorica.

2. La seconda Unità (valle dell'Adda) si articola a valle di una serie di scarpate morfologiche, occupa le depressioni oloceniche del corso d'acqua ed è caratterizzata da un reticolo alimentato:
- c. dalle colature provenienti dal sovrastante terrazzo;
 - d. da fenomeni di affioramento della falda idrica sotterranea.

Il reticolo idrico presente sul territorio comunale è sinteticamente definito (in funzione della relativa competenza) nei seguenti elenchi:

<u>Elenco 1</u> <u>RETICOLO PRINCIPALE di COMPETENZA DELLA REGIONE LOMBARDIA</u> <u>(allegato A della DGRL 22.11.2011, n. 9/2762)</u>	
Codice	Denominazione
LO011	Fiume Adda
LO012	Scolmatore Valguercia
LO014	Colatore Muzza

<u>Elenco 2</u> <u>RETICOLO IDRICO di COMPETENZA</u> <u>DEL CONSORZIO MUZZA BASSA LODIGIANA</u> <u>(allegato D della DGRL 22.11.2011, n. 9/2762)</u>	
Codice	Denominazione
SE006	Baggia
SE006A	Baggia ramo
TR169A	Bernardina
SE171	Bertonica Maestra
TR171A	Bertonica Monticelli
PR017	Codogna Bassa
SE175	Crivella
TR118D	Mozzanica
TR175E	Negroli
TR118E	Rebecchino
TR175C	Rometta
SC047	Scaricatore Baggia
SC067	Scaricatore Casenuove
SC066	Scaricatore Rebecchino
TR175D	Terenzano
SE118	Tibera

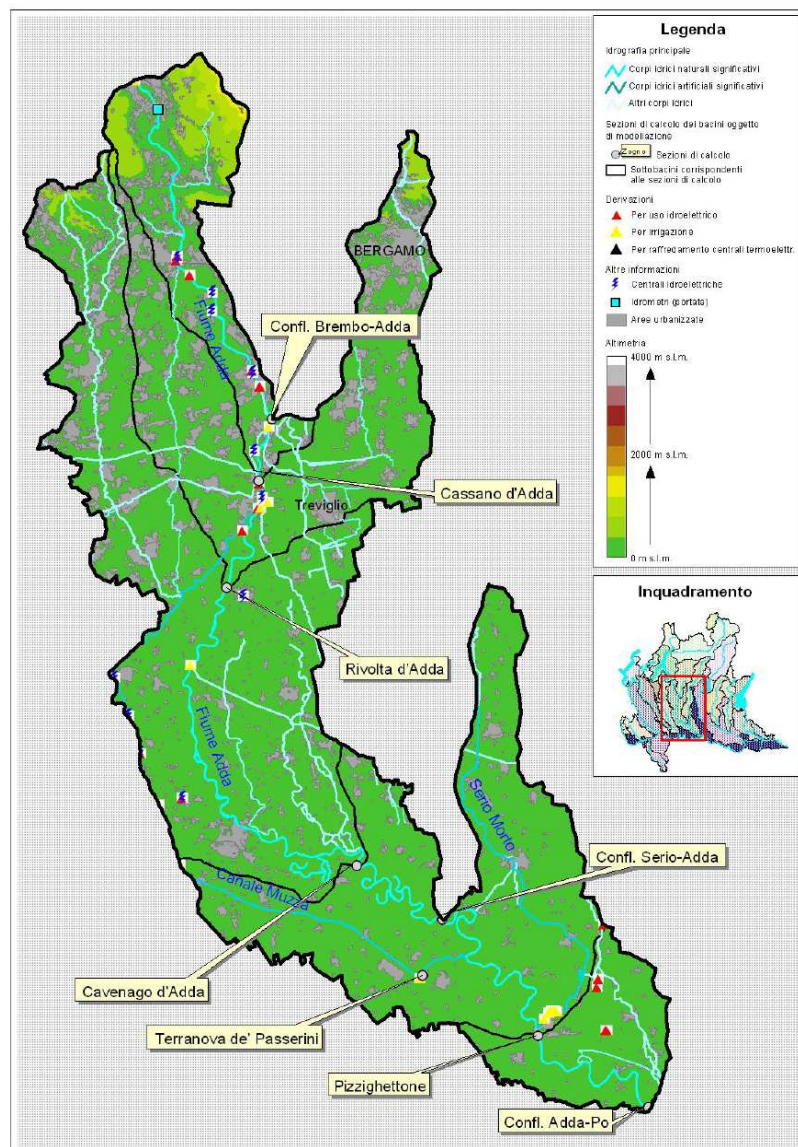
TR118A	Tibera Bordighe
TR118C	Tibera delle Donne
TR118B	Tibera Zerbaglia
SE169	Turana
SE114	Turanina

<p align="center"><u>Elenco 3</u> RETICOLO MINORE di COMPETENZA DEL COMUNE DI TURANO LODIGIANO</p>	
Codice	Denominazione
TUR01	Colatore della Morta
TUR02	Roggia del Menabò
TUR03	Sorgiva di C.na Vittoria
TUR04	Sorgiva di Turano
TUR05	Sorgile del Menabò

6.1 Il Fiume Adda

L'elemento principale del reticolato idrografico di questo lembo di pianura è costituito dal fiume Adda, il quale scorre all'interno di una tipica "valle a cassetta" incisa entro il Livello Fondamentale della Pianura.

Considerata la mole di dati necessaria ad una dettagliata analisi dell'Adda e viste le finalità del presente studio, in questa sede ci si è limitati ad evidenziare le caratteristiche salienti del Fiume estratte dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) e dal P.T.U.A. della Regione Lombardia.



Caratteristiche generali¹

Il Fiume Adda si distende con un percorso di circa 313 km ed interessa un'area di circa 7.979 km². Il suo corso è diviso in tre tratti distinti: il bacino sopralacuale, il Lago di Como e il comprensorio di pianura a valle del lago.

Il corso dell'Adda sublacuale, lungo il quale si sviluppa il territorio di Turano Lodigiano, segue nella prima parte del suo percorso la direzione nord-sud per circa 60 km (fino all'altezza di Lodi), per poi piegare verso quadranti orientali; nel tratto sub-lacuale riceve le acque dei due affluenti principali, il Brembo e il Serio.

L'asta dell'Adda, a valle della confluenza del Brembo, è suddivisibile in tre tronchi omogenei per caratteristiche geometriche, morfologiche e idrauliche.

Il tronco di monte ha un alveo meandriforme, con curvature poco accentuate e presenza di formazioni alluvionali alimentate dall'apporto del Brembo, costituite in massima parte da ciottoli e ghiaia grossolana. La sezione dell'alveo inciso ha larghezza media di circa 200 m e altezza media di circa 6 m. Gli accumuli di materiale d'alveo comportano condizioni di deflusso irregolari, con conseguenti possibili fenomeni di instabilità morfologica.

Il tronco intermedio ha un alveo meandriforme (su cui si affaccia il territorio di Turano Lodigiano), con curvatura più accentuata a monte e meno accentuata fino alla confluenza con il Serio, in cui permangono fenomeni di instabilità morfologica. La geometria dell'alveo è contraddistinta da una larghezza media di 80-100 m e da un'altezza di sponda media di 5,5 m. La pendenza, relativamente modesta rispetto ai tratti a monte, favorisce il deposito di materiale a granulometria medio-fine (nel campo delle ghiaie e delle sabbie). Le formazioni alluvionali presenti sono alimentate ancora dall'apporto del Brembo e dalle erosioni di sponda riscontrabili in numerosi tratti.

Il tronco finale, prossimo alla confluenza con il Po, ha un andamento a meandri con curvatura accentuata su cui sono inserite opere spondali e presenta fenomeni di instabilità evidenziati dalle locali tendenze all'erosione di sponda. Le caratteristiche geometriche dell'alveo sono contraddistinte da una larghezza media pari a 100-120 m, con tendenza a presentare valori più ridotti all'uscita delle curve, e da una altezza media di sponda di 6-7 m. Il materiale d'alveo è di tipo ghiaioso, con presenza di lenti di sabbia molto consistenti.

¹ Dati estratti dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico

Aspetti idrologici: Caratteristiche generali

L'Adda è caratterizzato da un regime pluviometrico di tipo continentale, con massimi estivi e minimi invernali. I sottobacini dell'Adda alpino, in riferimento ad eventi con tempo di ritorno 100 anni presentano contributi specifici unitari assai elevati, dell'ordine di $2 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$. A causa della confluenza di molti bacini secondari dotati di apporto di piena elevato, l'Adda a Tirano presenta un contributo specifico unitario di piena di $0,7 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$. Tale contributo unitario di piena diminuisce lungo lo sviluppo del corso d'acqua, dallo 0,7 di Tirano allo 0,55 di Fuentes, allo 0,2 di Olgiate e Cavenago d'Adda (sezione di riferimento anche per il territorio di Turano Lodigiano).

Il regime di deflusso a valle del lago di Como è influenzato dall'effetto di laminazione e regolazione sulle portate. Il volume regolato nel lago è di circa 247 milioni di m^3 .

A scala locale sono disponibili dal Programma Tutela e Uso Acqua (P.T.U.A.) della Regione Lombardia alcune informazioni sulle portate medie naturali dell'Adda a Turano Lodigiano, sintetizzate nella tabella e nel grafico seguenti.

Portate medie mensili dell'Adda a Cavenago d'Adda (m^3/s).

	<i>gen</i>	<i>feb</i>	<i>mar</i>	<i>apr</i>	<i>mag</i>	<i>giu</i>	<i>lug</i>	<i>ago</i>	<i>set</i>	<i>ott</i>	<i>nov</i>	<i>dic</i>	<i>media annua</i>
naturali (Poli03)	102.37	96.09	116.40	161.27	296.24	406.25	358.95	277.05	249.87	253.59	265.13	150.25	228.40

Dai dati disponibili si evince come il fiume sia esposto a due periodi di piena annui: nel periodo tardo-primaverile (giugno) e in quello autunnale (novembre); le portate reali, tuttavia, risultano fortemente modificate rispetto a quelle naturali soprattutto a causa delle derivazioni idriche (portate antropizzate).

Portate di piena e piene storiche

Nel bacino idrografico dell'Adda le stazioni di misura per le quali sono disponibili valori storici delle portate di piena significativi sono elencate nella tabella seguente:

Sezione	Superficie km ²	Hmedia m s.m.	Hmin m s.m.	Qmax m ³ /s	qmax m ³ /s km ²	Data
Adda a Tirano	906	2.136	430	540	0,60	01/11/1926
Adda a Fuentes	2.598	1.841	198	1.190	0,46	22/08/1911
Adda a Ponte di Lecco (Fortilizio)	4.508	1.560	197	1.070	0,24	06/10/1898
Adda a Lavello	4.572	1.569	195	738	0,16	03/09/1965
Adda a Pizzighettone	7.775	1.157	40	1.650	0,21	17/09/1888
Brembo a Ponte Briolo	765	1.140	230	1.580	2,07	07/11/1928
Serio a Ponte Cene	455	1.335	353	547	1,20	10/11/1927

Il più recente “Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Adda nel tratto da Olginate alla confluenza in Po”, redatto dalla stessa Autorità di Bacino del fiume Po (2004), stima le portate al colmo per dati tempi di ritorno nel seguente modo.

*Tabella 1 – Fiume Adda. Stime delle portate al colmo di assegnato tempo di ritorno
Q(T) in mc/s nelle sezioni di interesse*

Tempo di ritorno T (anni)	Sezione			
	Lavello	Confluenza Brembo	Confluenza Serio	Pizzighettone
2	502	807	830	790
5	657	1074	1087	1035
10	760	1252	1256	1196
20	858	1422	1419	1351
50	986	1642	1630	1552
100	1081	1806	1788	1703
200	1177	1971	1946	1853
500	1302	2187	2153	2050

Trasporto solido

La caratterizzazione del bacino in rapporto al trasporto solido nell’asta principale è definita dai seguenti elementi:

- la quantità di sedimenti mediamente prodotta dal bacino montano in funzione delle specifiche caratteristiche geologico-geomorfologiche e climatiche,
- la capacità media di trasporto solido dell’asta principale in funzione delle caratteristiche idrologiche, geometriche, granulometriche del materiale d’alveo e idrauliche.

La seguente tabella riassume la quantità di sedimento media e la capacità di trasporto dell’asta principale.

Asta fluviale	Capacità di trasporto al fondo 10 ³ m ³ /anno	Capacità di trasporto in sospensione 10 ³ m ³ /anno	Capacità di trasporto totale 10 ³ m ³ /anno
Adda (sublacuale monte Brembo)	103,3	4,0	107,3
Adda (sublacuale: tra Brembo e Serio)	180,0	89,3	269,3
Adda (sublacuale: tra Serio e confl.)	157,2	83,3	240,5
Serio	23,5	24,5	48,0
Brembo	39,9	85,4	125,3

Assetto morfologico e idraulico

L'Adda sottolacuale, da Rivolta d'Adda a Lodi, mantiene un alveo monocursale meandriforme; localmente sono presenti isole e barre laterali attive e ha subito locali variazioni (in particolare nella zona di Boffalora) che hanno determinato un aumento della sinuosità. Si riscontrano evidenze di abbassamento d'alveo locali e scarsamente significative a valle del ponte di Spino d'Adda (difeso da una briglia di fondo), con trasformazione di alcune barre laterali in golene stabili, e all'altezza di Corneliano Bertanio, con la sparizione in sinistra di una lanca e zone umide collegate. Il corso d'acqua attraversa numerosi abitati che interferiscono marginalmente con le aree golenali, malgrado gli sporadici fabbricati o gli insediamenti in prossimità dell'alveo; è attraversato sporadicamente da infrastrutture viarie tra cui le più importanti sono le SS. 11 e 415 e la linea ferroviaria Milano-Venezia.

Da Lodi alla confluenza del Serio l'evoluzione del corso d'acqua, di struttura monocursale meandriforme, è stata caratterizzata da continue modificazioni dell'andamento planimetrico, in relazione a successivi tagli di meandro, evidenziati dalla presenza pressoché continua entro la regione fluviale di antiche anse abbandonate. Particolarmente significativo risulta il taglio avvenuto all'altezza di Cavenago (Morta di Soltarico), dove un'ampia ansa di circa 6,5 km è stata sostituita da un tratto sub-rettilineo lungo circa 750 m. Non si osservano evidenze significative di abbassamento dell'alveo anche se tale fenomeno interessa verosimilmente almeno i settori a monte delle anse tagliate, in relazione all'aumento di pendenza d'alveo innescato dai fenomeni di taglio stessi.

Dalla confluenza Serio a Pizzighettone si rilevano fenomeni di taglio di meandri relativamente diffusi, tutti piuttosto antichi. L'unica modificazione rilevante recente riguarda il taglio del meandro in corrispondenza della confluenza con il Serio e la conseguente variazione del punto di confluenza stesso.

Da Pizzighettone al Po l'alveo ha subito modificazioni significative per taglio di meandri in epoca piuttosto antica. Si manifestano significativi fenomeni di erosione spondale nel tratto più prossimo alla confluenza con il Po.

Fenomeni di erosione spondale

L'erosione spondale, per il corso d'acqua dell'Adda sublacuale, risulta quasi totalmente assente e comunque con incidenza minima sull'assetto morfologico, garantito anche da un elevato e diffuso grado di sistemazione idraulica.

Tendenza evolutiva

Il fiume Adda sublacuale, fino a Lodi, non risulta interessato da evidenti abbassamenti del fondo alveo, anche in relazione alla diffusa presenza di opere trasversali che hanno effetto stabilizzante. Solo localmente si osservano variazioni significative del profilo di fondo alveo, come nel tratto a monte di Bisnate dove sono riscontrabili abbassamenti di circa 1 m; abbassamenti di fondo interessano anche il tratto da Bisnate a Lodi, confermati dalla trasformazione di barre laterali in golene stabili nonché dalla disattivazione di rami secondari. Da Lodi alla confluenza in Po, l'alveo è stato interessato da instabilità planimetrica caratterizzata da migrazioni di meandro, restringimenti di lobi e fenomeni di taglio che ne hanno ridotto notevolmente la lunghezza e prodotto un drastico abbassamento del profilo di fondo. In particolare:

- in prossimità di Cavenago un'ansa di circa 6.500 m è stata sostituita da un tratto subrettilineo di 750 m,
- in prossimità della confluenza del fiume Serio il taglio di meandro ha prodotto una traslazione del punto di confluenza stesso,
- in prossimità del ponte stradale per Montodine, l'elevato scalzamento delle fondazioni evidenzia un abbassamento del fondo di 1,50, correlabile alla tendenza verso la disattivazione del meandro a valle.

Quadro dei dissesti

L'Adda sottolacuale, dalla confluenza del Brembo a Lodi, il grado di protezione dalle piene non è del tutto adeguato, malgrado si risenta ancora in parte dell'effetto di laminazione del lago di Como, in particolare, in prossimità degli abitati di Fara Gera d'Adda, Rivolta d'Adda e Lodi. Lo stato delle opere in alveo è discreto, solo localmente si rilevano difese spondali in dissesto, unitamente a esigenze di manutenzione straordinaria di opere di derivazione e stabilizzazione del fondo alveo.

Da Lodi alla confluenza in Po molte delle difese spondali risultano inadeguate a controllare l'evoluzione morfologica dell'alveo in corrispondenza dei meandri.

Malgrado la presenza di argini a carattere discontinuo fino a Pizzighettone e continuo a valle, il grado di protezione dalle piene non risulta sempre adeguato; in particolare vi sono aree a rischio di esondazione in prossimità di Bertonico, Montodine, Gombito e Pizzighettone.

Le opere di difesa presenti in alveo sono a tratti dissestate.

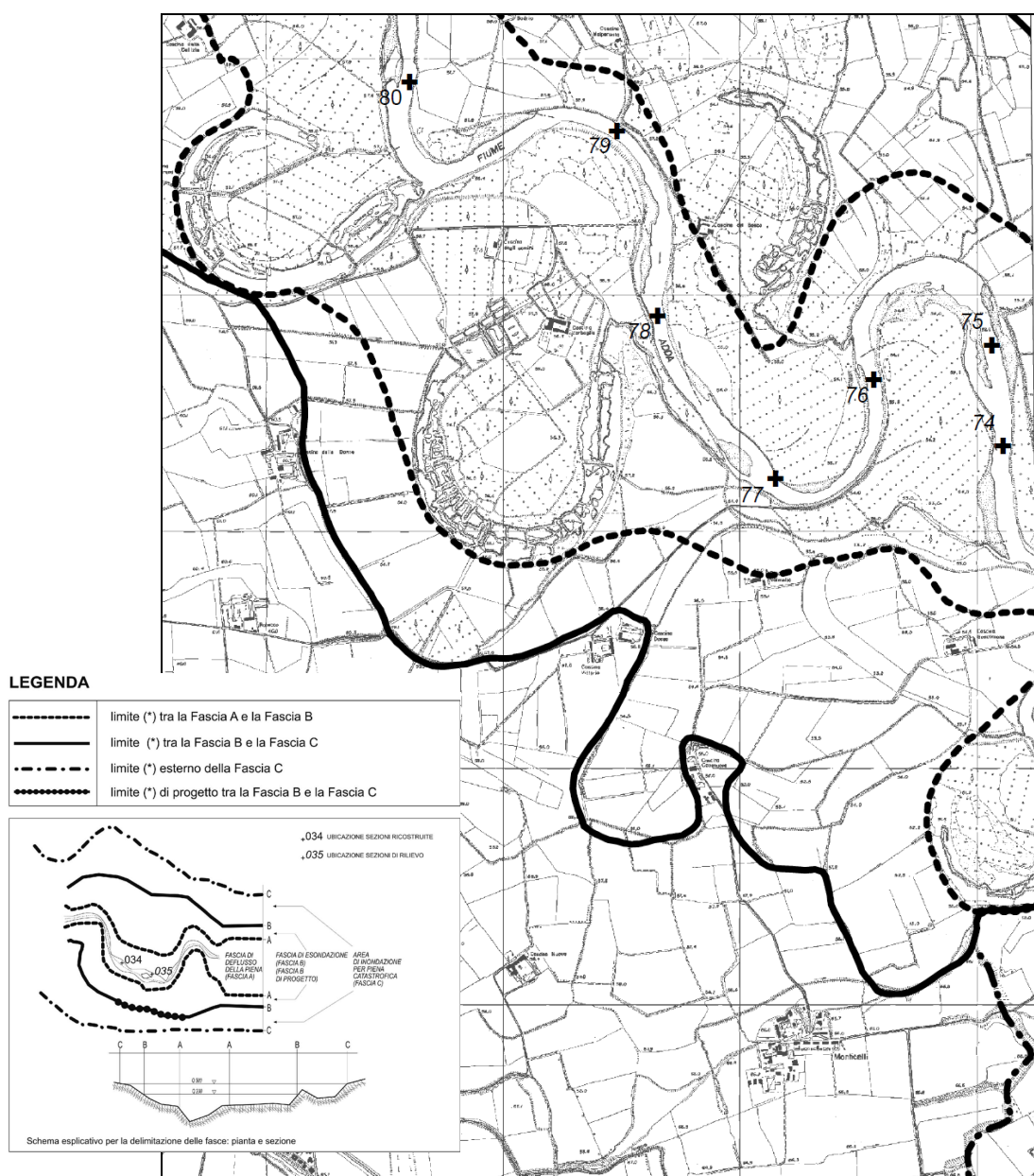
Livello di protezione esistente

Nell'Adda sublacuale, da Lodi alla confluenza in Po, l'assetto idraulico è caratterizzato da diffuse difese di sponda, che tendono a contenere la naturale evoluzione dei meandri (anche se spesso in maniera inefficace) e da argini a carattere discontinuo fino a Pizzighettone e a carattere continuo a valle, fino al collegamento con quelli del Po. Le opere trasversali sono quasi assenti; le uniche briglie esistenti sono quelle in prossimità di Pizzighettone e immediatamente a monte della foce in Po.

6.2 Gli eventi di piena dell'Adda²

Considerata la pericolosità per il territorio insita negli eventi di piena dell'Adda, nel corso dello studio sono state cartografate le fasce di esondazione previste dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

Per il territorio di Turano Lodigiano, compreso tra le sezioni del P.A.I. n. 080 e n. 073, le aree allagabili in funzione dei principali eventi di piena sono rappresentate nella seguente figura e individuate nella Carta dei vincoli geologici di Tavola 7.



² Dati estratti dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico

Più recentemente l'Autorità di Bacino (Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Adda nel tratto da Olginate alla confluenza in Po, 2004) ha parzialmente rivisto le fasce di esondazione dell'Adda sulla base di studi idrologici e idraulici di maggior dettaglio, verificando e/o modificando le aree allagabili per piene con tempi di ritorno di 20, 200 e 500 anni. Dallo studio si evince come in corrispondenza della sezione di Turano la piena con $T=200$ anni coincida con la piena $T=500$ anni e interessa una porzione di territorio maggiore rispetto all'area perimetrata come fascia B dal PAI a S di C.na Vittoria, esponendo di fatto a un rischio più elevato tale settore. Le aree di espansione sono individuate nella Carta idrogeologica e nella Carta di sintesi, da cui scaturisce un successivo vincolo rappresentato nella Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano.

Ne consegue che la tematica idraulica resta uno dei principali problemi di questo settore di pianura, sicuramente da approfondire a scala più ampia di quella comunale.

7. IDROGEOLOGIA

7.1 Caratteristiche idrogeologiche generali

Come accennato in precedenza, la geologia del sottosuolo comprende notevoli variazioni laterali e verticali in funzione degli eventi neotettonici e sedimentari che hanno coinvolto l'area nel Quaternario.

La successione idrogeologica a scala regionale è definita, sulla base dei dati di cui si dispone, da tre unità ben distinte anche se non sempre individuabili altrettanto chiaramente.

Dalla più superficiale alla più profonda le unità affioranti sono le seguenti:

- Unità ghiaioso-sabbiosa: è costituita nella parte più settentrionale del territorio padano dalle formazioni moreniche, sfumanti verso sud alle coltri fluvio-glaciali e fluviali recenti. Questa unità è costituita da depositi alluvionali (recenti ed antichi) e da quelli fluvioglaciali wurmiani, in cui le frazioni limose e argillose risultano più limitate. Essa rappresenta la litozona più superficiale con ambiente di sedimentazione tipicamente continentale, fluviale e fluvio-glaciale. E' costituita da granulometrie progressivamente più fini da N a S; il colore dei sedimenti fini denota condizioni ossidanti tipiche di un ambiente di sedimentazione sub-aereo. L'Unità ghiaioso-sabbiosa è la sede della struttura idrica più importante e tradizionalmente utilizzata in quanto caratterizzata da valori di trasmissività molto elevati. L'elevata permeabilità consente la ricarica dell'acquifero da parte delle acque meteoriche e di quelle di infiltrazione da corsi d'acqua o canali artificiali; la conducibilità idraulica che caratterizza questa unità è compresa tra valori di 10^{-3} e 10^{-4} m/s mentre la trasmissività è, in linea generale, superiore a 10^{-2} m²/s.
- Unità sabbioso-argillosa: sottostante alla litozona ghiaioso-sabbiosa, è da questa separata da un contatto graduale e di difficile ubicazione. E' suddivisibile in due sub-unità, la prima costituita da argille, limi e sabbie con frequenti livelli torbosi o lignitosi e caratteristica di ambienti fluvio-palustri, la seconda indica invece condizioni marine costiere ed è costituita da alternanze di ghiaie e sabbie con argille e limi. Ovviamente la permeabilità è molto variabile nelle due sub-unità in funzione delle differenze granulometriche. Trattandosi di litotipi a granulometria estremamente fine, i valori di conducibilità idraulica sono piuttosto bassi e dell'ordine di 10^{-5} – 10^{-6} m/s nei livelli più produttivi; anche la trasmissività risulta mediocre ed in genere inferiore a 10^{-3} m²/s. Per quanto riguarda le acque sotterranee, questa unità rappresenta il substrato dell'acquifero tradizionale; l'acqua è contenuta in

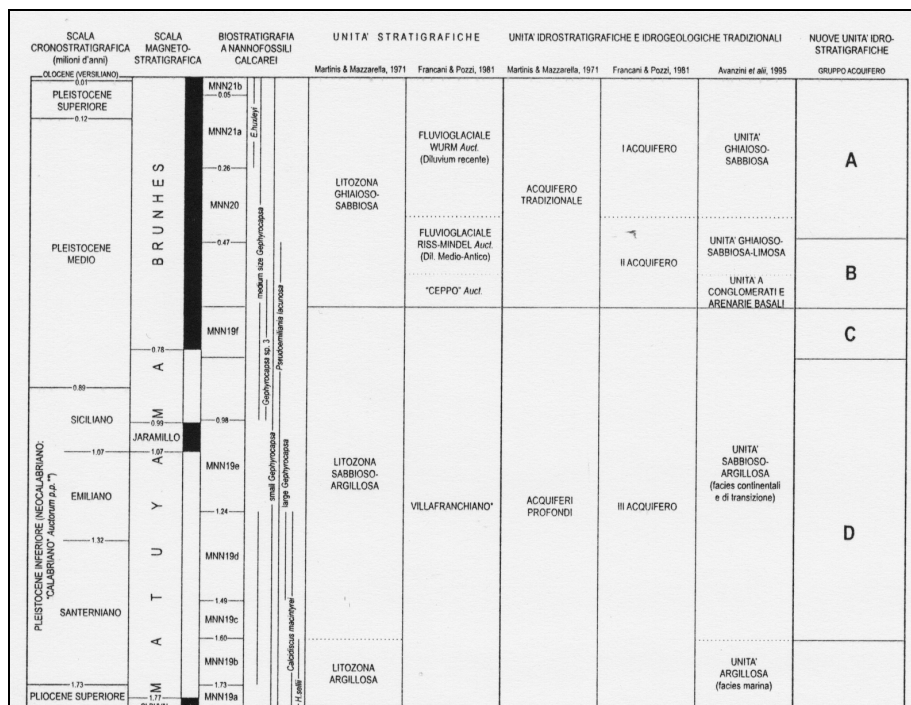
livelli sabbiosi o sabbioso-ghiaiosi; si tratta principalmente di falde confinate con presenza talora di sostanze tipiche di ambiente riducente.

- Unità argillosa: è l'unità più profonda e più antica nell'ambito dei sedimenti quaternari e corrisponde a condizioni di sedimentazione tipicamente marine. Presenta permeabilità scarsa o nulla con rari livelli acquiferi; viene generalmente considerata il substrato idrogeologico delle unità soggette ad eventuali captazioni.

L'intera successione quaternaria, dunque, viene interpretata come fase terminale del progressivo riempimento del bacino padano, con condizioni di sedimentazione da marine a continentali.

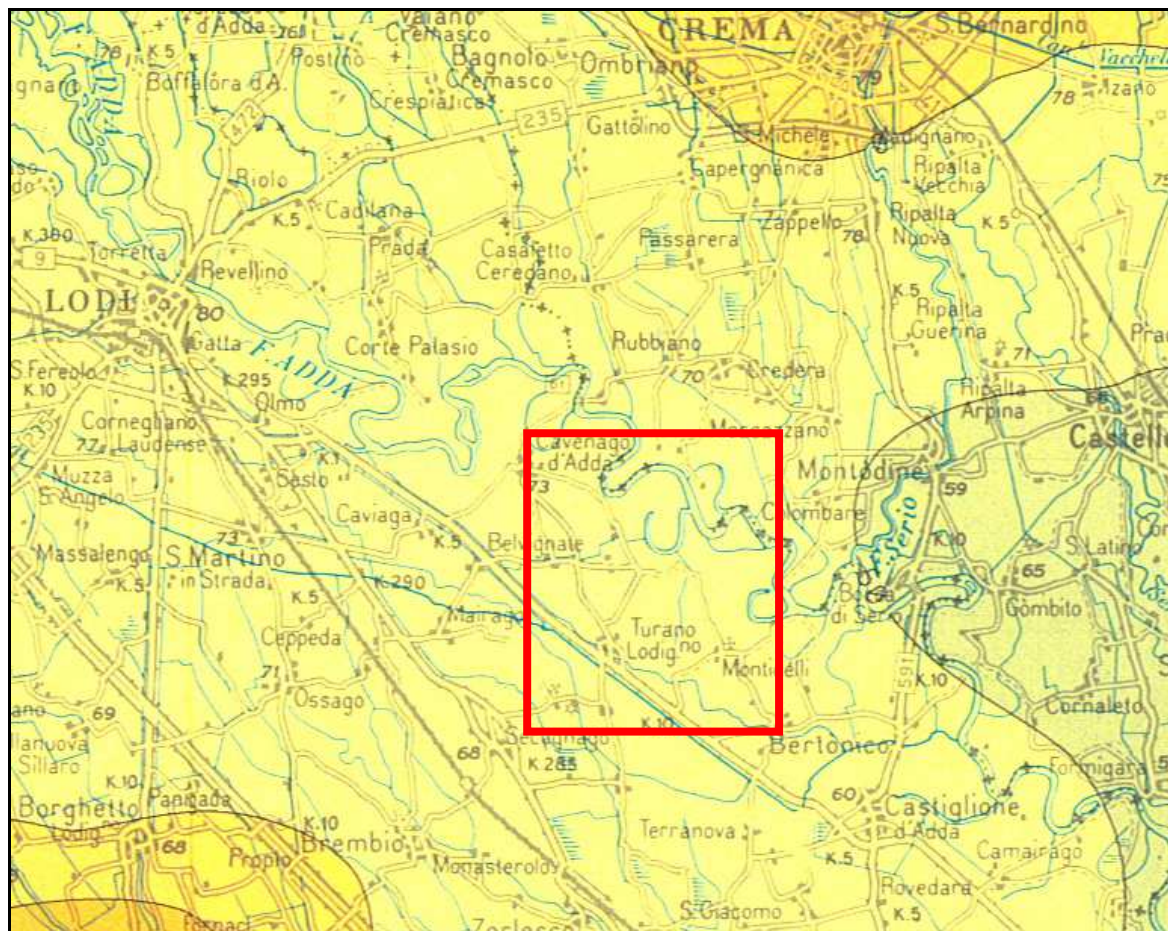
Sulla scorta di tale osservazione ed applicando i criteri della “*Sequence Stratigraphy*”, la Regione Lombardia, in collaborazione con ENI (Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia, 2002), ha recentemente classificato le unità acquifere del sottosuolo sotto forma di “Sequenze Deposizionali” (sensu Mitchum et Al., 1977).

Il bacino padano viene così ridefinito in nuove Unità Idrostratigrafiche (“Gruppi Acquiferi”), secondo quanto schematizzato di seguito.

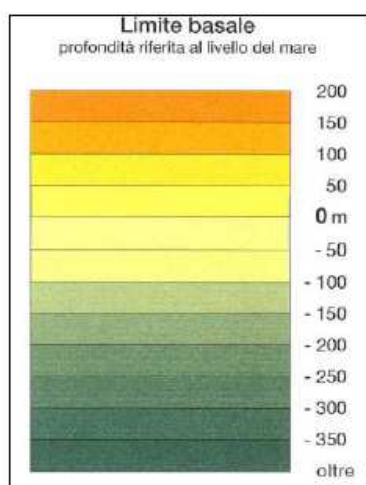


Schema dei rapporti stratigrafici
(Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia, 2002)

In corrispondenza del Comune di Turano Lodigiano, lo studio sopra citato indica, per la base del Gruppo Acquifero A, una quota compresa fra 0 -50 m s.l.m..



Profondità del limite basale del Gruppo Acquifero "A"
(Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia, 2002)



Unità Idrostratigrafica gruppo acquifero	Età (MA)	Scala Cronostratigrafica (MA)
A	~0.45	Pleistocene superiore 0.125
B	~0.65	Pleistocene medio
C	~0.8	0.89
D	~1.6	Pleistocene inferiore
Acquitrando basale	1.73	Pliocene medio superiore

7.2 Caratteristiche idrogeologiche del territorio comunale

Nell'ambito di tutto il territorio lodigiano si rinviene un complesso idrogeologico sotterraneo la cui porzione più superficiale è in stretta relazione con il sistema idrografico.

L'idrogeologia del territorio comunale di Turano Lodigiano è legata a caratteristiche strutture stratigrafiche e deposizionali che governano l'accumulo ed il transito delle acque sotterranee.

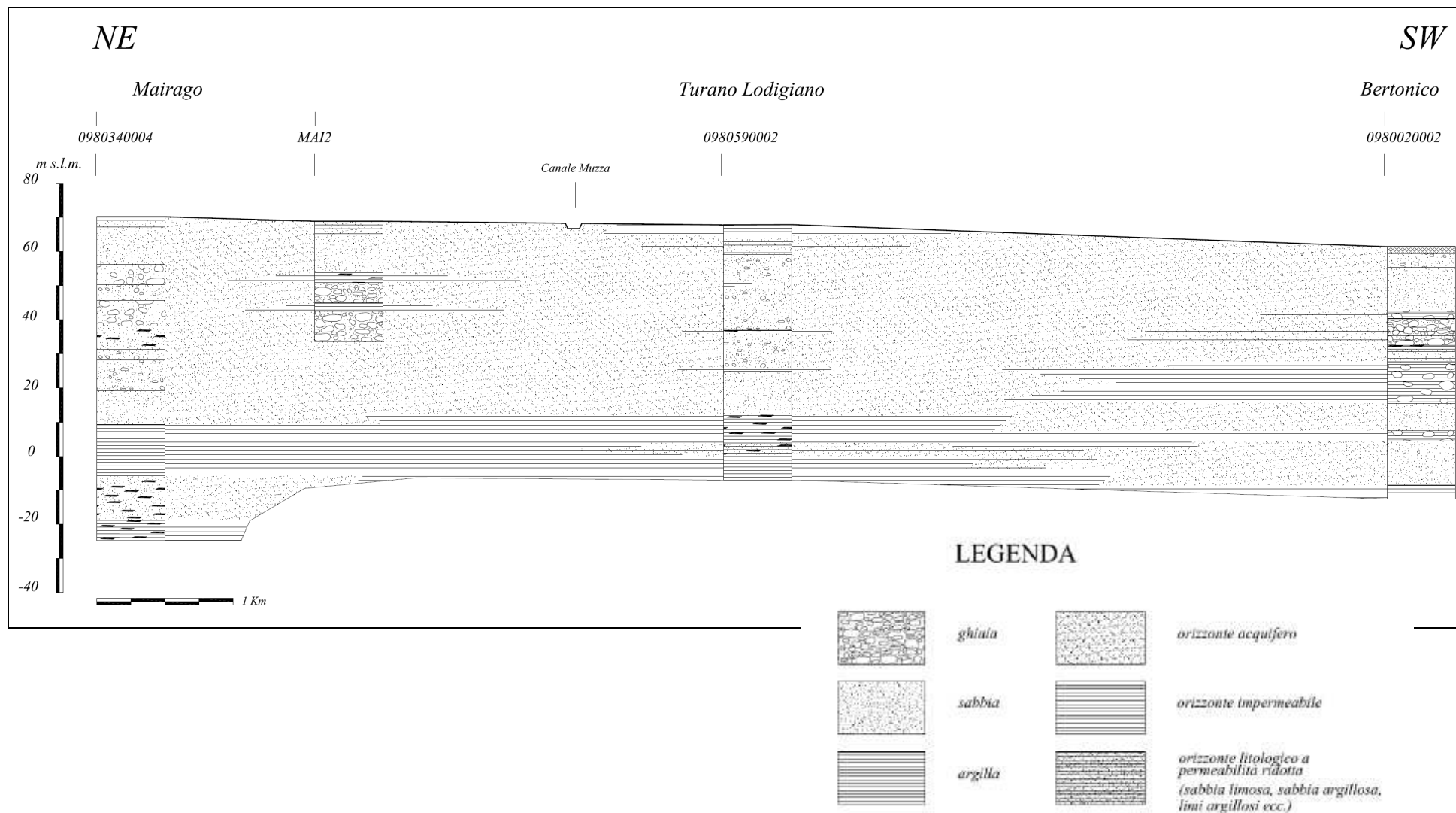
Nel tentativo di ricostruire le geometrie del complesso acquifero sotterraneo è stata realizzata e presentata (figura seguente) una sezione litostratigrafica orientata circa NE-SW, ottenuta correlando le stratigrafie disponibili dei pozzi presenti sul territorio comunale e sulle aree ad esso limitrofe.

Dall'esame delle stratigrafie e della sezione litostratigrafica si evince la presenza di un complesso acquifero di tipo "multifalda", all'interno del quale sono riconoscibili due circuiti chiaramente separati:

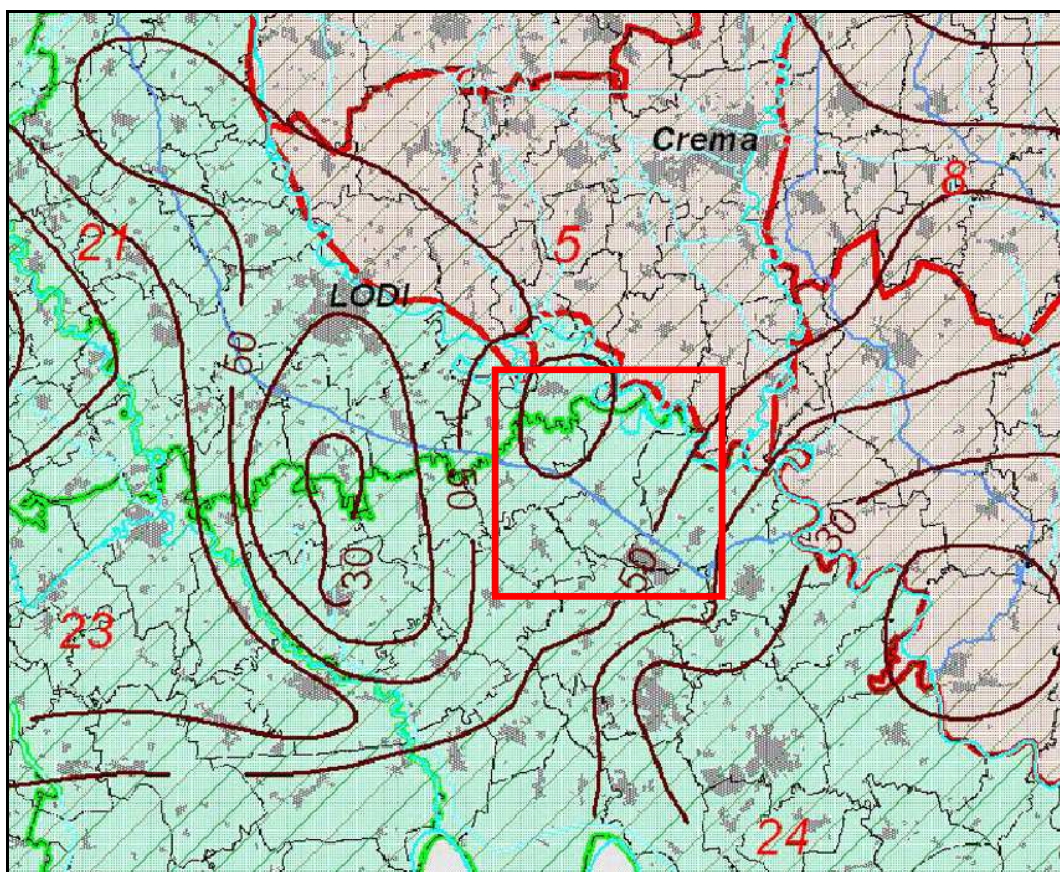
1. Un circuito superficiale, che nel sottosuolo di Turano Lodigiano assume caratteristiche da freatiche a localmente confinate (in presenza di terreni fini di copertura) e viene alimentato sia da monte (secondo la direzione di deflusso idrogeologico), sia per infiltrazione diretta (a seguito di precipitazioni meteoriche o durante la pratica irrigua).
2. Un circuito profondo (o confinato-artesiano), ospitato in orizzonti permeabili protetti al tetto da depositi impermeabili di significativo spessore ed estensione laterale; contrariamente a quello di superficie, nel circuito profondo il deflusso avviene solo in senso laterale con alimentazione da aree poste idrogeologicamente a monte.

Sulla base dei dati disponibili i depositi permeabili che costituiscono la struttura acquifera superficiale presentano potenza media di 40-50 m.

Verso NE (in area non rappresentata dalla sezione,) le geometrie deposizionali vengono indubbiamente interrotte dalle superfici d'erosione in corrispondenza dei contatti tra i depositi wurmiani (fW) e quelli olocenici dell'Adda (a2 e a1). In mancanza di informazioni stratigrafiche di maggior dettaglio, tuttavia, tali geometrie non sono diversamente descrivibili.



Per quanto concerne il P.T.U.A. della Regione Lombardia, esso assume il modello interpretativo già proposto da vari Autori (Martinis & Mazzarella, 1971; Francani & Pozzi, 1981), secondo il quale la struttura acquifera viene suddivisa in acquifero tradizionale (litozona ghiaioso-sabbiosa) e in acquifero profondo (litozona sabbioso-argillosa). Nell'acquifero tradizionale si riconosce una struttura superficiale (o primo acquifero) separata da una sottostante (o "secondo acquifero", anch'esso appartenente all'acquifero tradizionale). Per il bacino 3 "Adda-Ticino", settore 24 (a cui appartiene il Comune di Turano Lodigiano), il limite di separazione tra la falda superficiale e la falda confinata dell'acquifero tradizionale è posto alla quota media di circa 50-60 m s.l.m. che, tuttavia, non trova un riscontro sulla sezione e nelle stratigrafie disponibili. Al contrario, la sezione evidenzia i primi orizzonti di separazione tra la struttura acquifera più superficiale e quella sottostante a circa 10 m s.l.m.



Base dell'acquifero superficiale (Tavola 3 – Programma di tutela e Uso delle Acque)

Il Programma di Tutela e Uso delle Acque (P.T.U.A.) della Regione Lombardia, inoltre, definisce per il settore 24 il seguente bilancio idrico:

Elementi del bilancio idrico:			
Entrate:			
Afflusso della falda da monte	Settore n. 21	0,30	(m ³ /s)
Infiltrazione (piogge efficaci + irrigazioni)		5,17	(m ³ /s)
TOTALE		5,47	(m³/s)
Uscite:			
Drenaggio del fiume Lambro		0,70	(m ³ /s)
Drenaggio fiumi Adda e Po		4,30	(m ³ /s)
Prelievi da pozzo		0,47	(m ³ /s)
Fontanili		0,00	(m ³ /s)
TOTALE		5,47	(m³/s)

Per lo stesso settore viene definita una Classe Quantitativa “A” (rapporto prelievi-ricarica=0.1), corrispondente a una situazione di compatibilità fra disponibilità e uso della risorsa sotterranea, ovvero un uso sostenibile delle acque sotterranee senza prevedibili sostanziali conseguenze negative nel breve-medio periodo.

Classe Quantitativa:	A
(Prelievi/Ricarica = 0,1)	Situazione attuale di compatibilità tra disponibilità ed uso della risorsa. Uso sostenibile delle acque sotterranee senza prevedibili e sostanziali conseguenze negative nel breve-medio periodo.
Classificazione livello di falda	3
Classificazione stato quantitativo secondo D.Lgs. 152	A

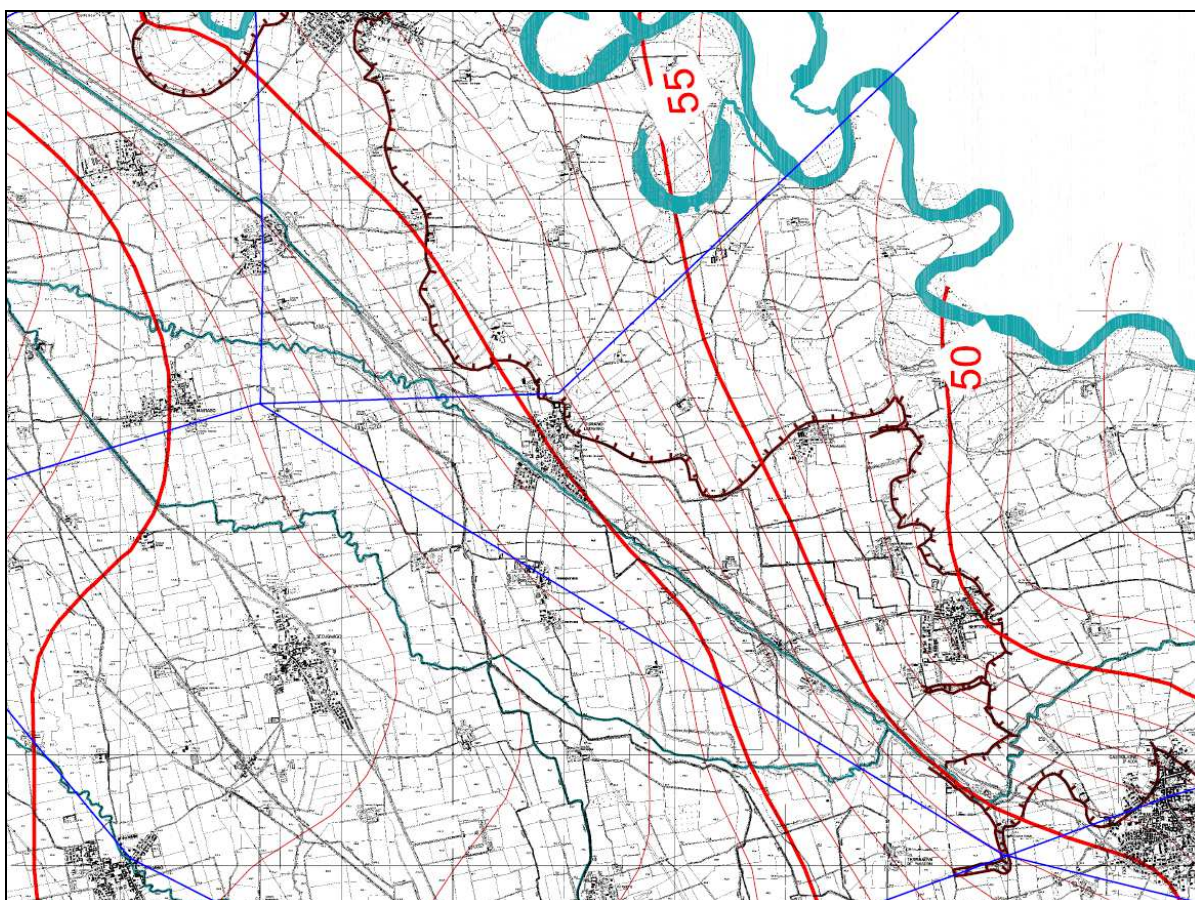
7.3 Censimento e catalogazione dei pozzi

Considerato che in un'area di pianura la principale fonte di approvvigionamento idrico è costituita da pozzi, l'indagine idrogeologica è stata orientata sin dall'inizio alla ricerca e classificazione delle opere di captazione.

I pozzi censiti, con relativa numerazione, ubicazione e profondità, sono riportati nella tabella in allegato 2 e rappresentati nella tavola 4; al proposito si segnala come sul territorio siano presenti 2 pozzi acquedottistici.

7.4 Indagine piezometrica

Le informazioni idrogeologiche disponibili dalla letteratura specifica evidenziano come i grandi fiumi costituiscano gli assi di drenaggio principali della pianura lodigiana (figura seguente), condizionando in modo sostanziale le linee di flusso sotterraneo.



*Stralcio della carta piezometrica della falda superficiale
(Carta idrogeologica, Piano Cave della Provincia di Lodi)*

A scala locale, nella Carta Idrogeologica di Tav. 4 (tratta dalla “Carta idrogeologica delle direzioni di deflusso” del Piano Cave della Provincia di Lodi, 2005 - parzialmente modificata sulla base di tarature locali mediante misure in piezometri e pozzi) la falda superficiale assume una generale direzione di flusso orientata verso quadranti orientali per effetto dell’azione drenante esercitata dall’Adda sul complesso acquifero sotterraneo.

Ciò premesso, il particolare assetto piezometrico si traduce anche in termini di gradienti e di soggiacenza della superficie piezometrica: le soggiacenze maggiori, superiori a 5 m, si rilevano sul Livello Fondamentale della Pianura in prossimità dei suoi margini terrazzati (in corrispondenza dei quali la soggiacenza supera anche i 10 m) mentre quelle minori si misurano nella valle dell’Adda, con valori minimi in corrispondenza del piede del terrazzo wurmiano ove sono diffusi fenomeni sorgentizi (sorgenti di terrazzo).

Quanto sopra conferma come il sistema idrografico di superficie, centrato sulla presenza dell’Adda, e il complesso delle acque sotterranee siano fra loro interconnessi secondo un delicato equilibrio. Nonostante in tutto il territorio comunale non siano note registrazioni sistematiche delle oscillazioni piezometriche che consentano di effettuare considerazioni idrogeologiche in merito a possibili variazioni delle linee di deflusso nel breve periodo (periodi di minima e massima escursione annuale) e nel lungo periodo, considerato il particolare contesto morfologico ed idrogeologico si esclude che la pratica irrigua o le precipitazioni meteoriche, anche se intense o concentrate in taluni periodi dell’anno, siano in grado di modificare in modo sostanziale le linee di deflusso sotterraneo, ad eccezione delle aree più vicine ai corsi d’acqua principali. Esperienze maturate dallo scrivente in contesti analoghi, infatti, indicano come, durante i periodi di piena dei fiumi, la falda superficiale subisca oscillazioni verso l’alto, con localizzate e temporanee inversioni del deflusso sotterraneo (alimentazione fiume-falda).

7.5 Vulnerabilità degli acquiferi

La vulnerabilità degli acquiferi è definita dalla possibilità di infiltrazione e propagazione degli agenti inquinanti provenienti dalla superficie o da altre falde più superficiali già compromesse.

Questo concetto implica uno stato di potenziale minaccia della qualità originaria delle acque sotterranee, determinato unicamente dalle condizioni ambientali, sia naturali che antropiche, esistenti e indipendenti dalle sorgenti inquinanti.

Considerando la possibilità di accesso verso le falde profonde di potenziali agenti inquinanti, appare evidente come i sedimenti permeabili offrano scarse difese mentre per gli acquiferi più profondi si riscontrano buone condizioni di isolamento e protezione. Hanno infatti un peso preponderante i seguenti fattori geologici e idrogeologici:

- la idro-litologia (ovvero il tipo e il grado di permeabilità verticale e orizzontale, che determina la velocità di percolazione dell'inquinante e l'azione di attenuazione insita nei diversi terreni);
- il tipo e lo spessore di un'eventuale copertura fine a bassa permeabilità, elemento di protezione per l'acquifero sottostante;
- la soggiacenza della superficie piezometrica media dell'acquifero, la quale definisce lo spessore della zona insatura (direttamente proporzionale all'azione di autodepurazione);
- le condizioni di interscambio da parte di corsi d'acqua naturali e di canali artificiali, veicoli di inquinanti.

Allo scopo di quantificare i fattori sopra citati, e conseguentemente la vulnerabilità degli acquiferi, sono stati integrati i dati a disposizione.

Una prima valutazione trova riscontro nelle misure della soggiacenza del tetto della falda dal piano campagna; al proposito si rammenta come la campagna di misure piezometriche abbia evidenziato delle aree a soggiacenza caratteristica, come illustrato nel paragrafo precedente e rappresentato in Tavola 4. In quest'ultima il territorio è stato suddiviso in classi di soggiacenza:

1. soggiacenza inferiore a 2 m, al piede delle principali scarpate morfologiche (ove sono diffusi anche caratteristiche sorgenti di terrazzo) e in prossimità dell'Adda (in questa fascia la soggiacenza è fortemente influenzata dalle oscillazioni idrometriche del Fiume);

2. soggiacenza compresa tra 2 e 5 m, in un settore all'interno della valle dell'Adda e all'estremità sud-occidentale del territorio comunale, al confine con Secugnago;
3. soggiacenza superiore a 5 m, sul Livello Fondamentale della Pianura in prossimità del margine del terrazzo principale.

In relazione alla permeabilità verticale e orizzontale dell'acquifero superficiale e del mezzo insaturo sovrastante, non sono disponibili dati differenti rispetto alle semplici osservazioni granulometriche: ai depositi superficiali sono associabili valori di permeabilità secondo i criteri stabiliti in bibliografia.

Tipo di terreno	K (m/s)
Ghiaia pulita	$10^{-2} \div 1$
Sabbia pulita, sabbia e ghiaia	$10^{-5} \div 10^{-2}$
Sabbia molto fine	$10^{-6} \div 10^{-4}$
Limo	$10^{-8} \div 10^{-6}$
Argilla omogenea al disotto della falda	$< 10^{-9}$
Argilla sovraconsolidata fessurata	$10^{-8} \div 10^{-4}$

Valori orientativi del coefficiente di permeabilità "K" (da "Lancellotta, 1987)

La pratica geotecnica, infatti, insegna come nei terreni sciolti la permeabilità sia controllata, oltre che dall'uniformità del terreno e dal suo stato di addensamento (Prugh, 1959), soprattutto dalla granulometria della frazione più fine (Hazen, 1911). Nella Tavola 4 sono state cartografate le aree per classi di permeabilità attraverso il seguente criterio di valutazione:

k (cm/s)	10 ²	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
k (m/s)	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona	Discreta	Bassa	BB	Impermeabile					
Tipi di terreno	Ghiaie pulite		Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie			Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi		Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi		Argille omogenee e compatte	

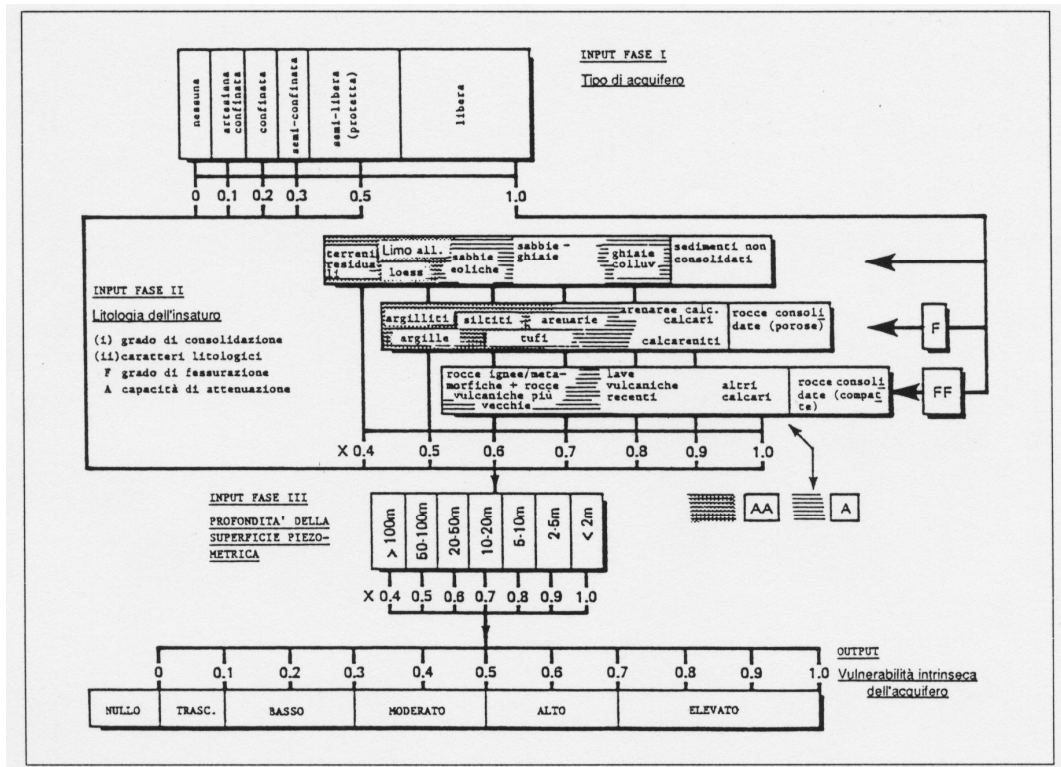
Classi di permeabilità (Casadio & Elmi, 1995)

In questo modo sono state definite le seguenti classi di permeabilità:

1. PERMEABILITA' DA BASSA (in superficie) A DISCRETA (in profondità): si tratta di terreni limosi (2-3 metri di spessore), seguiti in profondità da depositi prevalentemente sabbiosi (porzione di territorio impostata sul L.F.d.P.);
2. PERMEABILITA' DA MODERATA A BUONA/ELEVATA: depositi sabbiosi e ghiaiosi con locali coperture fini (Valle dell'Adda);
3. PERMEABILITA' DA MOLTO BASSA AD ALTA: Depositi di paleoalveo in cui la variabilità tessiturale e granulometrica (compresa tra i terreni fini caratteristici di ambienti a bassa energia deposizionale e quelli granulari) è responsabile di un'altrettanta variabilità degli indici di permeabilità.

Inquadrando i parametri rilevati (idro-litologia, tipo di copertura dell'acquifero e soggiacenza della superficie piezometrica), l'acquifero più superficiale è stato valutato anche in termini di vulnerabilità intrinseca attraverso il metodo GOD (messo a punto dal British Geological Survey - Foster, 1987) che rappresenta, secondo le indicazioni del C.N.R., uno dei più importanti ed utili nel settore (Civita, 1994).

Il metodo GOD utilizza come dati d'ingresso tre proprietà dell'acquifero (indicizzate), il cui prodotto ne rappresenta la vulnerabilità; ovviamente la valutazione è solamente di tipo puntuale ma, stimando le condizioni medie, restituisce con affidabilità la vulnerabilità idrogeologica del territorio.



*Il metodo empirico GOD per la valutazione della vulnerabilità intrinseca
(da "Foster e Hirata, 1988" in "Civita, 1994")*

Le tre proprietà indici utilizzate dal metodo GOD sono: il tipo di acquifero, la litologia dell'insaturo e la profondità della superficie piezometrica.

Il metodo è stato applicato integrando le informazioni dedotte dalle trincee esplorative e quelle stratigrafiche e pedologiche disponibili in letteratura, definendo le seguenti classi di vulnerabilità:

1. VULNERABILITA' MODERATA (Livello Fondamentale della Pianura) – Acquifero da confinato semi-confinato i cui indici di vulnerabilità sono mitigati da una discreta soggiacenza della superficie piezometrica e da una componente limosa superficiale;
2. VULNERABILITA' DA ALTA A ELEVATA (Valle dell'Adda) - Acquifero libero, solo localmente protetto da coperture fini di spessore variabile;
3. VULNERABILITA' ALTA – Acquifero da libero a confinato-artesiano, causa la presenza di locali coperture con una frequente componente organica. Nonostante i ricorrenti depositi fini superficiali, le caratteristiche dei terreni e la loro disomogeneità non garantiscono un'adeguata protezione dell'acquifero e mantengono generalmente alto il grado di esposizione della falda, spesso sub-affiorante.

Sulla base di quanto esposto, quindi, la vulnerabilità intrinseca costituisce un fattore caratteristico per il Comune di Turano Lodigiano e parzialmente limitante nella pianificazione: sarà pertanto necessario valutare puntualmente la vulnerabilità dell'acquifero ogni volta che ci si appresta alla progettazione di attività potenzialmente impattanti sulle acque sotterranee (depuratori, stoccaggi di sostanze inquinanti, dispersione di fanghi, attività estrattive, ecc.). Tra le attività impattanti ricadono anche quelle agronomiche e zootecniche, anche in considerazione che la Regione Lombardia ha dichiarato il Comune di Turano Lodigiano fra le aree vulnerabili ai nitrati di origine agricola.

Con il termine di “vulnerabilità intrinseca”, infatti, viene generalmente indicata la suscettività specifica dell'acquifero nei confronti di agenti inquinanti liquidi o idroveicolabili, i quali possono venire dispersi a campagna o immessi nelle acque superficiali. Associando al grado di vulnerabilità la presenza di potenziali fonti di inquinamento, presenti nonostante la naturale vocazione agricola del territorio, sarà possibile determinare il livello di rischio idrogeologico degli acquiferi presenti in una certa area.

8. PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

8.1 Zonazione sismica nazionale ed inquadramento del territorio di Turano Lodigiano

L'Ordinanza 3274 e s.m.i. stabilisce una nuova classificazione sismica del territorio italiano, in risposta sia alle nuove conoscenze scientifiche in materia sismica (acquisite dopo la precedente legge di indirizzo sismico del '74), sia al ripetersi di eventi calamitosi che hanno interessato anche zone precedentemente non classificate come sismiche (sempre facendo riferimento alla Legge 64/74). La nuova classificazione, che in parte utilizza e aggiorna la classificazione sismica proposta nel 1998 dal Gruppo di Lavoro istituito dal Servizio Sismico Nazionale, è articolata in 4 zone: le prime tre corrispondono, dal punto di vista della relazione con gli adempimenti previsti dalla Legge 64/74, alle zone di sismicità alta ($S=12$), media ($S=9$) e bassa ($S=6$), mentre la zona 4 è di nuova introduzione.

In linea generale, la valutazione del rischio sismico deriva da una stima delle conseguenze al sistema socio-economico locale potenzialmente derivanti dal terremoto considerato "probabile" nell'area di riferimento. Nella valutazione del rischio sismico, pertanto, l'aspetto principale consiste nella definizione della pericolosità sismica, ovvero la descrizione della possibile attività sismica ottenuta assegnando, in ogni area, le grandezze rappresentative del moto del suolo.

Come innanzi premesso, una prima classificazione della pericolosità sismica è stata ottenuta a scala nazionale suddividendo il territorio in zone sismiche: tale semplificazione, sebbene riduttiva, è risultata necessaria per l'applicazione di norme tecniche aventi come obiettivo un adeguato livello di protezione sismica.

Il primo atto formale di classificazione del territorio nazionale risale al 1909 (dopo il forte terremoto che investì l'area calabro-messinese il 28 dicembre 1908), con il quale vennero definite le norme tecniche per la ricostruzione nelle aree colpite dal sisma e individuate le zone nelle quali tali norme dovevano applicarsi in ambito edilizio.

L'aspetto più significativo dal punto di vista della zonazione sismica era rappresentato dall'estensione della zona interessata dal Decreto del 1909: oltre all'area dello Stretto di Messina, che presentava i maggiori danni, vi erano incluse parte della provincia di Messina e tutta la Calabria. Tale strumento derivava anche dal ricordo del terremoto che aveva colpito il golfo di Santa Eufemia nel 1905 e, soprattutto, dei terremoti che avevano sconvolto la Calabria nel 1783.

La normativa sismica non vide sostanziali novità fino al 1925, quando un forte terremoto investì un tratto della costa marchigiana, a nord di Ancona, successivamente classificata a rischio sismico.

Al Decreto del 1925 fece seguito nel 1927 un nuovo Decreto di notevole ampiezza, il quale classificava tutte le località colpite da terremoti in due categorie distinte in relazione al loro grado di sismicità ed alle loro caratteristiche geologiche.

Risale al 1962 la Legge che, per la prima volta, dettò le “Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica” le quali, contrariamente alle precedenti finalizzate alla ricostruzione delle zone colpite da terremoto, assunsero un significato di prevenzione sismica.

Il terremoto nel Belice del 1968 e quello nel Friuli del 1976 condussero ad una classificazione con l'introduzione di un elemento di novità, costituito dal criterio utilizzato per distinguere le zone di prima e di seconda categoria. In precedenza, infatti, tale distinzione era abbastanza casuale, basata su un giudizio di gravità del danno; nei decreti del 1976 e 1979, invece, la classificazione si basava sul valore della probabilità di superamento di assegnate soglie dell'accelerazione del suolo in un prefissato intervallo di tempo.

Il terremoto Irpino-Lucano del 1980 segnò la svolta decisiva nella storia della classificazione sismica in Italia: il grande impatto sull'opinione pubblica e la constatazione che le zone colpite dal terremoto erano in gran parte non classificate, condussero il Ministero dei Lavori Pubblici alla proposta di riclassificazione elaborata nell'ambito del Progetto finalizzato geodinamica del CNR attraverso una serie di Decreti emanati tra il 1981 ed il 1984. La nuova classificazione si basò per la prima volta su parametri quantitativi definiti in modo omogeneo per tutto il territorio nazionale, come la soglia di sismicità, l'intensità risentita e la scuotibilità, e prevede la suddivisione in tre categorie con grado di severità sismica decrescente dalla prima alla terza.

Nell'aprile 1997, la Commissione per la previsione dei Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile decise di istituire un gruppo di lavoro con l'obiettivo di formulare una proposta di aggiornamento della classificazione sismica nazionale, anche alla luce di nuove ricerche e dell'esperienza di altri paesi.

La nuova classificazione, denominata “Proposta 98”, determinò la suddivisione del territorio nazionale sempre nelle tre categorie sismiche a cui si aggiunse una categoria ulteriore per i comuni non classificati; l'appartenenza di un'area ad una particolare categoria sismica avvenne sulla base di parametri quantitativi legati al moto del suolo previsto (approccio probabilistico):

1. l'accelerazione massima del terreno a_{max} (detta anche PGA) con il 10% di probabilità di essere superata in 50 anni, la cui distribuzione è rappresentata nella carta della pericolosità sismica (Slejko et al. 1998);
2. l'integrale dello spettro di risposta in pseudovelocità, detto "intensità di Housner";
3. il valore della massima intensità sperimentata nell'ultimo millennio.

In seguito al terremoto del 31 ottobre 2002 che provocò a San Giuliano di Puglia il crollo di una scuola e al verificarsi di eventi sismici calamitosi in zone non classificate sismiche (il Comune di San Giuliano di Puglia era classificato come non sismico) sono stati emanati i *"Criteri per l'individuazione, la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle zone sismiche"* e le nuove norme tecniche per la costruzione in zona sismica (OPCM 3274 del 20 marzo 2003).

Rispetto alle classificazioni precedenti, l'O.P.C.M. 3274 stabilisce una nuova classificazione sismica del territorio nazionale utilizzando e aggiornando la classificazione sismica proposta nel 1998. La nuova classificazione è articolata in 4 zone, ciascuna contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (si veda la tabella 8.1), eliminando di fatto la presenza di aree del territorio classificate come non sismiche: in questo modo, a ciascuna area del territorio nazionale viene attribuito un differente livello di protezione sismica.

In ottemperanza all'art. 2 della OPCM 3274 e s.m.i. e secondo quanto disposto dal D.Lgs n. 112/1988 che attribuiva alle Regioni la competenza di classificare il territorio secondo criteri generali, la Regione Lombardia, con D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003, ha provveduto ad aggiornare i propri elenchi delle zone sismiche.

L'O.P.C.M. 3274 e s.m.i. è entrata in vigore il 23 ottobre 2005 in coincidenza con quella delle nuove *"Norme Tecniche per le Costruzioni"* (D.M. 14 settembre 2005).

A far tempo da tale data è quindi vigente la classificazione sismica del territorio nazionale; per la Regione Lombardia la classificazione sismica è mostrata in figura 8.1:

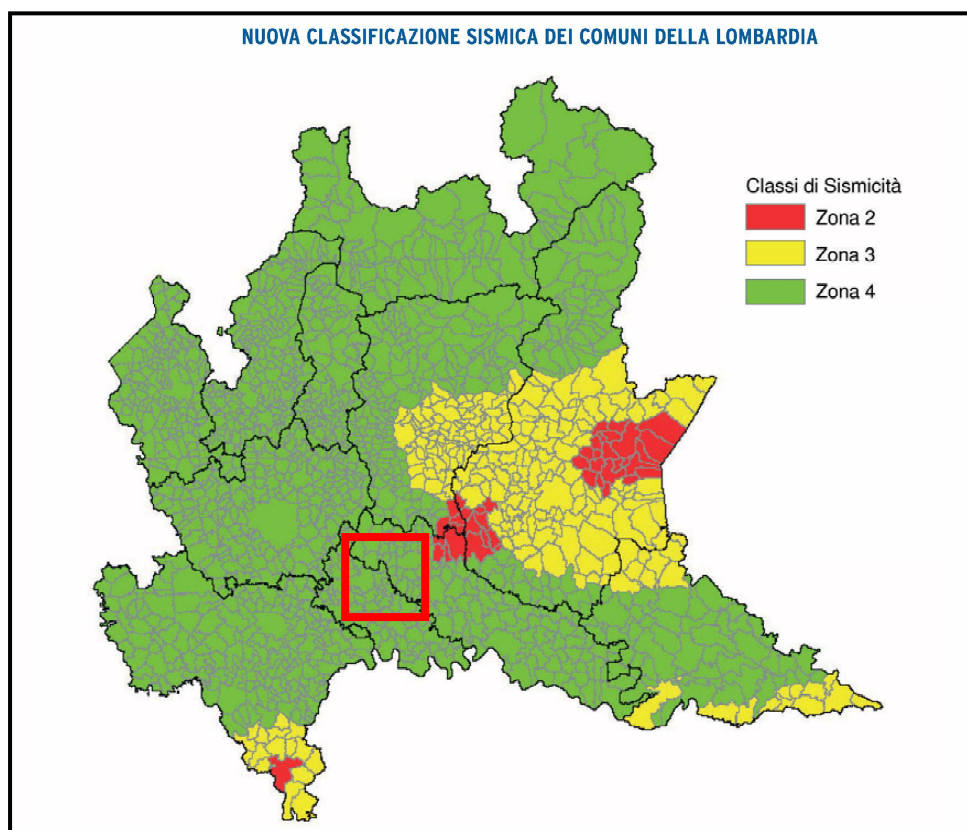


Figura 8.1: Classificazione sismica dei comuni della Lombardia in seguito all'Ordinanza 3274/2003 (D.G.R. n. 7/14964 del 7 novembre 2003).

Secondo la classificazione vigente, il territorio comunale di Turano Lodigiano appartiene alla **zona sismica 4** e risulta identificato da un valore di accelerazione massima orizzontale su suolo di riferimento con la probabilità del 10% di essere superato almeno una volta nei prossimi 50 anni (periodo di ritorno uguale a 475 anni) pari a 0.05g.

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

Tabella 1: valori di accelerazione orizzontale massima in funzione della zona sismica (D.M. 14.09.2005).

Sebbene la nuova classificazione preveda che ogni area del territorio nazionale sia classificata e identificata da un valore soglia di pericolosità sismica, si delineano alcune criticità:

- le Regioni sollecitate dalla O.P.C.M. 3274 hanno classificato il proprio territorio basandosi su precedenti studi di pericolosità sismica (soprattutto quelli prodotti nell'ambito del gruppo di lavoro del 1998) e hanno inserito i comuni non classificati in zona 4 senza valutare i livelli di accelerazione attesi;
- come disposto dalla O.P.C.M. 3274 e s.m.i. e dal D.M. 14.09.2005, la mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale è stata aggiornata sulla base di nuovi dati utilizzando approcci leggermente differenti rispetto a quelli utilizzati per la redazione della mappa elaborata nel 1998 (INGV, 2006 – OPCM 351/06); questo ha determinato, per alcune aree, la presenza di valori di a_g diversi rispetto a quelli previsti dalla classe sismica di appartenenza.

Sulla base di quanto sopra riportato, è chiaro come la classificazione sismica del territorio nazionale derivi da una semplificazione nella valutazione dei livelli di pericolosità che, seppur necessaria per l'applicazione di una normativa di primo riferimento, deve essere considerata come punto di partenza per la realizzazione di studi sismici a maggior dettaglio e a minor scala (*microzonazione sismica*), soprattutto in fase di pianificazione urbanistica. In questo modo si può indirizzare lo sviluppo edificatorio e, in determinate situazioni, aumentare i livelli di protezione sismica previsti dalla normativa (livello minimo).

Le “*Norme tecniche per le costruzioni*” di cui al D.M. 14.01.2008 hanno introdotto un nuovo elemento metodologico nella stima della pericolosità sismica di base, la quale non risulta più associata alla zona sismica di appartenenza (criterio zona dipendente ex D.M. 14.09.2005) ma al valore di accelerazione massima orizzontale attesa su base probabilistica ad uno specifico sito (criterio sito dipendente).

Ciò ha permesso di superare la differenza tra valori di accelerazione previsti dagli studi di pericolosità sismica a scala nazionale e valori previsti dalla normativa antisismica per un suolo di riferimento. Esistono tuttavia alcune problematiche insorte nella distribuzione dei vertici della griglia di riferimento dei valori di accelerazione e l'ubicazione dell'area d'indagine.

Un'ulteriore novità, sempre introdotta dal D.M. 14.01.2008, è la formulazione dello spettro di risposta differente per ciascuna categoria di suolo di fondazione non accorpendo più, come in precedenza, la categoria di suolo di fondazione B e C.

8.2 Descrizione della sismicità

L'analisi della sismicità, intesa come distribuzione spazio-temporale dei terremoti in una determinata area, costituisce il primo tassello per gli studi di valutazione della pericolosità sismica di base.

Trattandosi di modelli probabilistici, infatti, le caratteristiche sismotettoniche e le modalità di rilascio dell'energia sismica pregressa consentono la messa a punto di modelli previsionali dell'attività sismica attraverso una quantificazione dei livelli di accelerazione attesi.

Il territorio di Turano Lodigiano e un suo ragionevole intorno non rientrano in alcuna delle zone sismogenetiche (zonazione ZS9, figura 8.2), sottolineando l'assenza di strutture geologiche in grado di generare terremoti (le cosiddette "faglie capaci").

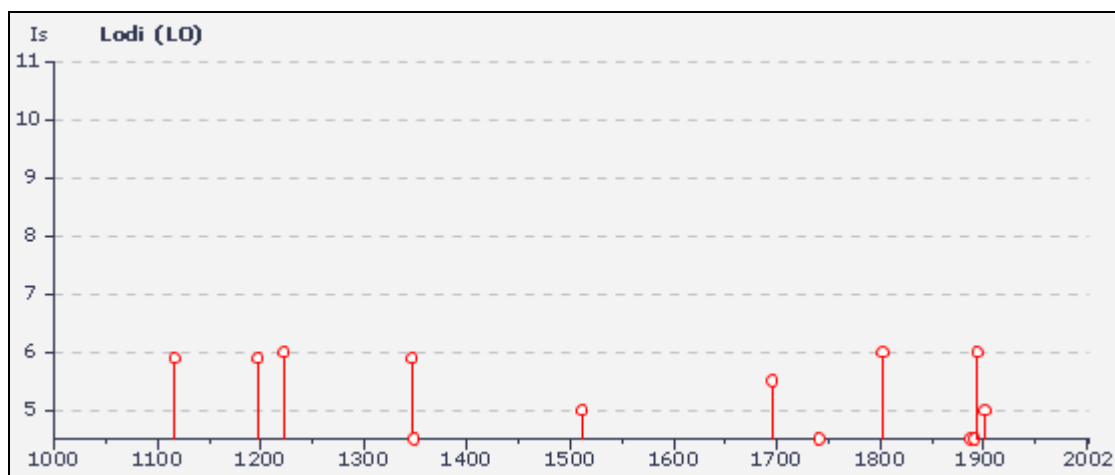
Dalla consultazione dei cataloghi sismici redatti dall'Istituto di Geofisica e Vulcanologia per gli studi di pericolosità risulta che:

- l'area comunale e quella lodigiana, nel loro complesso, sono caratterizzate da eventi sismici piuttosto sporadici e di intensità massima rilevata dell'ordine del VI-VII grado della scala Mercalli;
- le località epicentrali per gli eventi che hanno prodotto i maggiori risentimenti/danni (osservazioni macrosismiche) provengono da zone appartenenti alle province vicine, corrispondenti al Veronese, al Bresciano, al Bergamasco, al Cremasco e, soprattutto, all'Appennino Emiliano-Romagnolo.

Tale fatto è compatibile con la storia sismica locale così come deducibile dal catalogo DBMI04, il database utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI04) aggiornato al maggio 2004 (a cura di M. Stucchi et al.), nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative a Lodi e a Codogno, i centro più importanti fra quelli vicini catalogati.

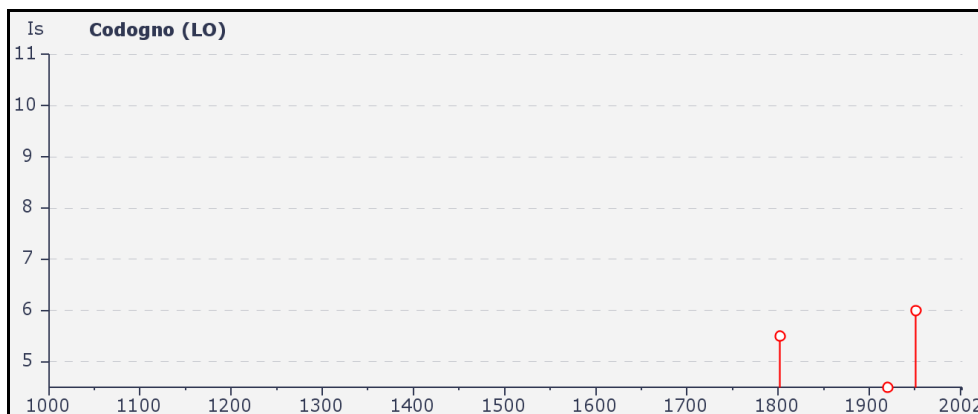
Osservazioni sismiche (30) disponibili per LODI (LO)

Effetti	In occasione del terremoto:				
Is	Anno Me Gi Or Mi Se	AE	Io	Mw	
6	1222 12 25 11	Basso bresciano	8-9	6.05	
6	1802 05 12 09 30	Valle dell'Oglio	8	5.67	
6	1894 11 27	FRANCIACORTA	6-7	4.95	
5-6	1695 02 25 05 30	Asolano	9-10	6.61	
5	1511 03 26 14 40	Slovenia	9	6.51	
5	1901 10 30 14 49 58	Salo'	8	5.67	
4-5	1348 01 25	CARNIA	9-10	6.66	
4-5	1741 04 24 09 20	FABRIANESE	9	6.08	
4-5	1887 02 23 05 21 50	Liguria occidentale	9	6.29	
4-5	1891 06 07 01 06 14	Valle d'Illasi	8-9	5.71	
4	1873 03 12 20 04	Marche meridionali	8	5.88	
4	1873 06 29 03 58	Bellunese	9-10	6.33	
4	1914 10 27 09 22	GARFAGNANA	7	5.79	
4	1972 10 25 21 56	PASSO CISA	5	4.95	
4	1983 11 09 16 29 52	Parmense	6-7	5.10	
F	1276 07 28 18 30	Italia settent.	6	5.11	
F	1383 07 24 20	PARMA	5-6	4.63	
F	1976 05 06 20	FRIULI	9-10	6.43	
3-4	1920 09 07 05 55 40	Garfagnana	9-10	6.48	
3	1884 09 12	PONTOGLIO	6	4.83	
3	1909 01 13 45	BASSA PADANA	6-7	5.53	
3	1918 04 24 14 21	LECCESE	6	5.07	
3	1936 10 18 03 10	BOSCO CANSIGLIO	9	5.90	
2	1960 03 23 23 08 49	Vallese	6-7	5.36	
NC	1117 01 03 13	Veronese	9-10	6.49	
NC	1197	Brescia	6-7	5.03	
NC	1346 02 22 11	Ferrara	7-8	5.81	
NF	1907 04 25 04 52	BOVOLONE	6	4.94	
NF	1913 11 25 20 55	VAL DI TARO	5	4.85	
NF	1913 12 07 01 28	NOVI LIGURE	5	4.72	



Osservazioni sismiche (11) disponibili per Codogno (LO)

Effetti	In occasione del terremoto:							
Is	Anno Me Gi Or Mi Se					AE	Io	Mw
6	1951 05 15 22 54					LODIGIANO	6-7	5.24
5-6	1802 05 12 09 30					Valle dell'Oglio	8	5.67
4-5	1920 09 07 05 55 40					Garfagnana	9-10	6.48
4	1983 11 09 16 29 52					Parmense	6-7	5.10
3-4	1936 10 18 03 10					BOSCO CANSIGLIO	9	5.90
3-4	1972 10 25 21 56					PASSO CISA	5	4.95
3	1891 06 07 01 06 14					Valle d'Illasi	8-9	5.71
3	1929 04 20 01 09 46					Bolognese	7	5.55
3	1971 07 15 01 33 23					Parmense	7-8	5.61
NF	1909 01 13 45					BASSA PADANA	6-7	5.53
NF	1939 10 15 14 05					GARFAGNANA	6-7	5.20



Parametro	Descrizione	Provenienza
NDBMI04	Identificativo del record	
NCPTI04	Identificativo del terremoto	CPTI04
An	Tempo origine: anno	CPTI04
Me	Tempo origine: mese	CPTI04
Gi	Tempo origine: giorno	CPTI04
Or	Tempo origine: ora	CPTI04
Mi	Tempo origine: minuti	CPTI04
Se	Tempo origine: secondi	CPTI04
AE	Denominazione dell'area dei maggiori effetti	CPTI04
Rt	Codice bibliografico dell'elaborato di riferimento (compatto)	CPTI04
Rt1	Codice bibliografico dell'elaborato di riferimento (esplicitato)	
Np	Numero di osservazioni macrosismiche del terremoto	CPTI04
Np1	Numero di osservazioni macrosismiche del terremoto in DBMI04	
Io	Intensità epicentrale nella scala MCS	CPTI04
Ix	Intensità massima nella scala MCS	CPTI04
LatEp	Latitudine dell'epicentro	CPTI04
LonEp	Longitudine dell'epicentro	CPTI04
Maw	Magnitudo momento	CPTI04
Daw	Errore associato alla stima di Maw	CPTI04
Top	Denominazione della località	DIR04
Sc	Casi particolari	DIR04
Lat	Latitudine	DIR04
Lon	Longitudine	DIR04
Is	Intensità al sito (scala MCS)	

Si segnala tuttavia l'evento di discreta intensità localizzato nel lodigiano nel 1951 con epicentro nel Lodigiano (a S di Lodi), localizzato esternamente ad importanti zone sismogenetiche: si potrebbe trattare di un fenomeno di rilascio tensionale legato a una struttura profonda, probabilmente ancora attiva in epoca recente.

Nonostante la modesta magnitudo stimata per l'evento sismico, si ritiene che tale argomento debba essere considerato tra quelli meritevoli di approfondimento, sia per le importanti ripercussioni che può avere in termini di protezione antisismica, sia per l'intrinseco interesse scientifico insito tra eventi neotettonici e sviluppo del territorio.

A completamento delle osservazioni macrosismiche, nella figura 8.4 si mostra la distribuzione della sismicità “recente” rispetto al territorio in esame, riportando le localizzazioni epicentrali degli eventi registrati dalla rete Sismica Nazionale nell’intervallo di tempo compreso tra il 1981 ed il 2006 (Catalogo della sismicità italiana C.S. 1.0).

Anche in questo caso si evidenzia l’assenza di terremoti di una certa entità localizzati in prossimità del territorio di Turano Lodigiano, dimostrando come l’area sia caratterizzata da una bassa potenzialità sismica, il cui aspetto principale risulta legato agli effetti risentiti e prodotti da terremoti di energia elevata ($ML > 4$) avvenuti in aree epicentrali esterne e lontane dall’area in esame.

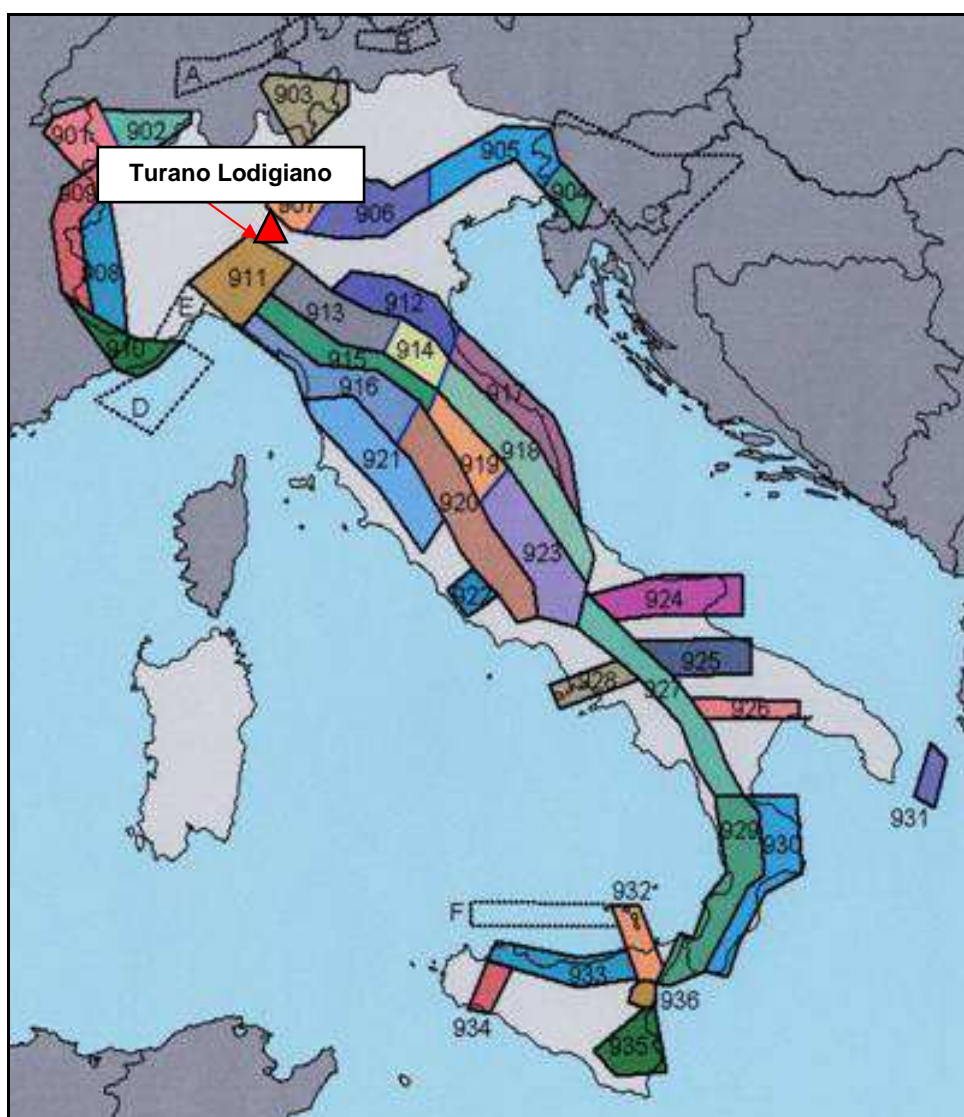


Figura 8.2: Individuazione delle zone sismogenetiche in cui è suddiviso il territorio nazionale - zonazione sismogenetica ZS9 (INGV 2004).

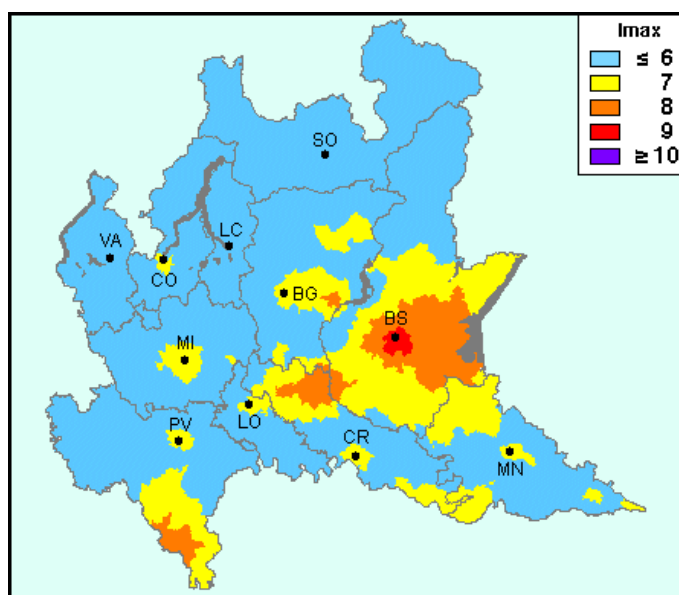


Figura 8.3: Carta della massima intensità macrosismica attesa in Lombardia (Moliniet et al., 1996).



Figura 8.4: Ubicazione dei terremoti recenti – periodo 1981-2006 (INGV).

8.3 Pericolosità sismica

Come accennato nel capitolo precedente, in seguito all’emanazione della O.P.C.M. 3274/2003 e del D.M. 14.09.2005, è stata prodotta una nuova versione della Carta della Pericolosità Sismica del territorio nazionale (INGV anno 2004 e 2006).

La mappa riporta il valore dell’accelerazione orizzontale massima a_g che ha la probabilità di essere superato almeno una volta nei prossimi 50 anni; tale valore di probabilità, che corrisponde ad un periodo di ritorno di 475 anni, è assunto come riferimento dalla normativa sismica vigente.

Nella figura seguente si riporta l’estratto della mappa di pericolosità sismica relativa alla Regione Lombardia, da cui si ricava che per il territorio di Turano Lodigiano il valore di a_g atteso possa raggiungere valori prossimi **0.1 g**, ovvero il doppio rispetto a quello previsto dalla normativa per la zona sismica 4 (tabella 1 e figura 8.7).

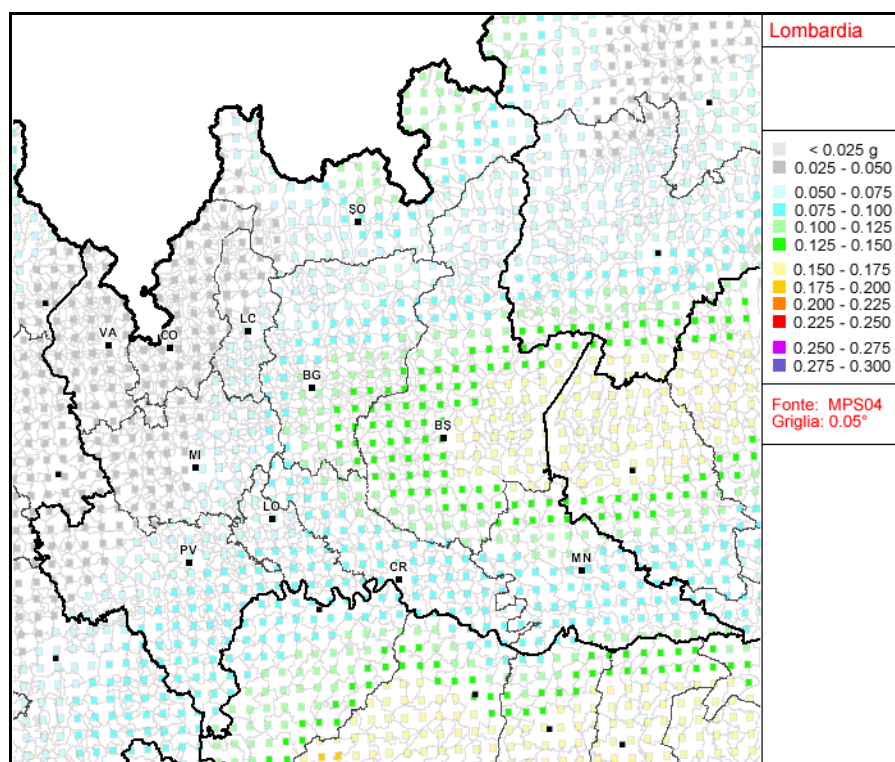


Figura 8.5: Mappa della pericolosità sismica della Regione Lombardia: si riportano i valori dell’accelerazione orizzontale massima attesa su suolo di riferimento come frazione di g (INGV anno 2006).

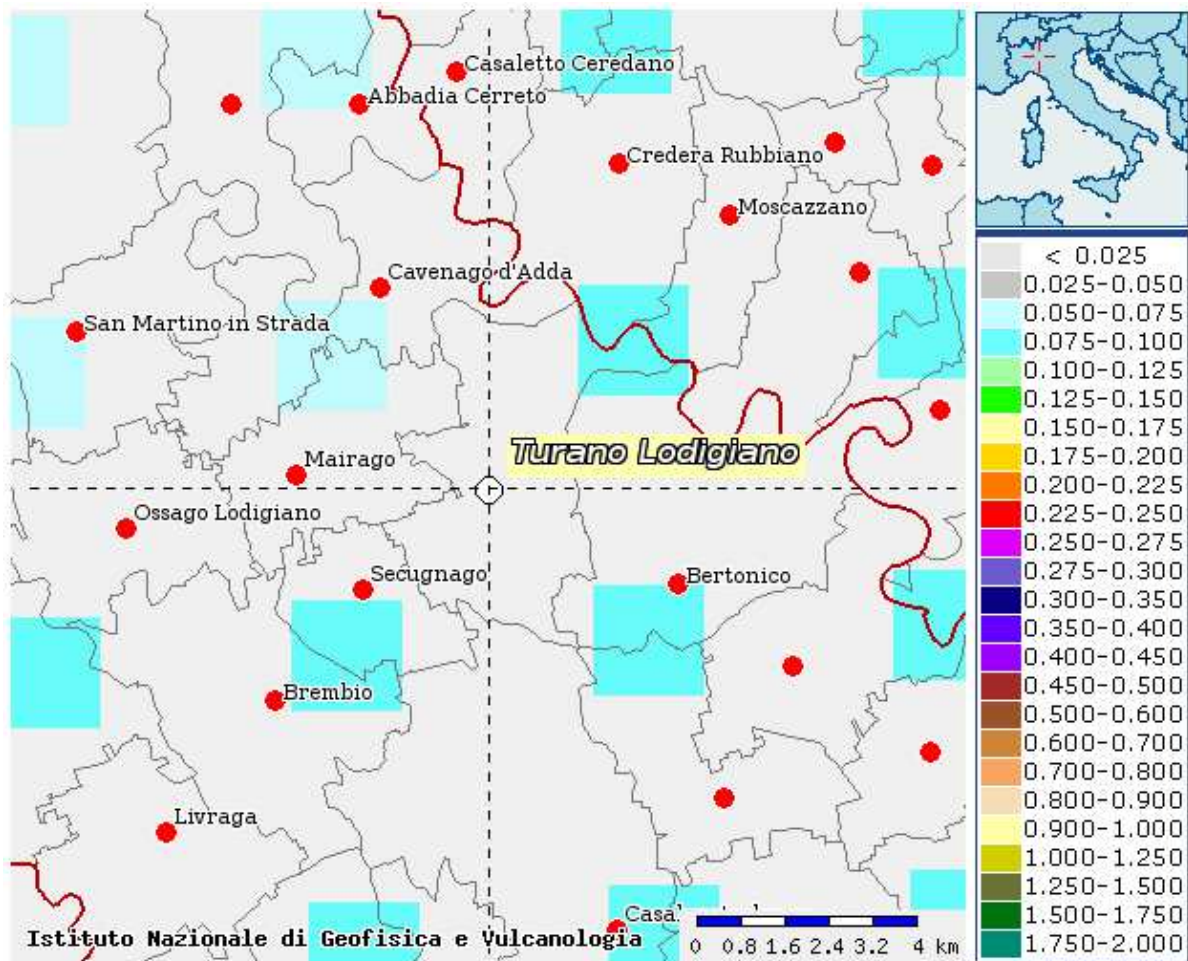


Figura 8.6: Mappa della pericolosità sismica relativa all'area di Turano Lodigiano.

Tuttavia, i soli valori di a_g non sono sufficienti a descrivere le caratteristiche del moto atteso in un sito: esso viene identificato dallo spettro a probabilità uniforme (UHRS), che risulta costituito, per un intervallo di periodi, dai valori di accelerazione che hanno la stessa probabilità del 10% di essere superati nei prossimi 50 anni. Lo spettro UHRS deriva dagli studi di pericolosità sismica condotti a livello nazionale dall'Istituto di geofisica e vulcanologia secondo una metodologia di tipo probabilistico (approccio Cornell).

In figura 8.7 si riporta lo spettro UHRS (calcolato dalla media pesata dei valori relativi ai 4 vertici della griglia di accelerazioni - reticolo di riferimento per il calcolo degli studi di PS – INGV, 2006-2008 - che comprendono il sito in esame così come definito nell'Allegato A e B del D.M. 14.01.2008) e quello previsto dalla normativa antisismica per la classe 4, entrambi per un suolo di riferimento: dal confronto si rileva come lo spettro previsto dal D.M. 14.09.2005, basato sul criterio “zona dipendente”, risulti “inferiore” a quello previsto dagli studi di PS basato sul criterio “sito dipendente” (D.M. 14.01.2008).

Spettro UHRS - Turano Lodigiano (Lo)

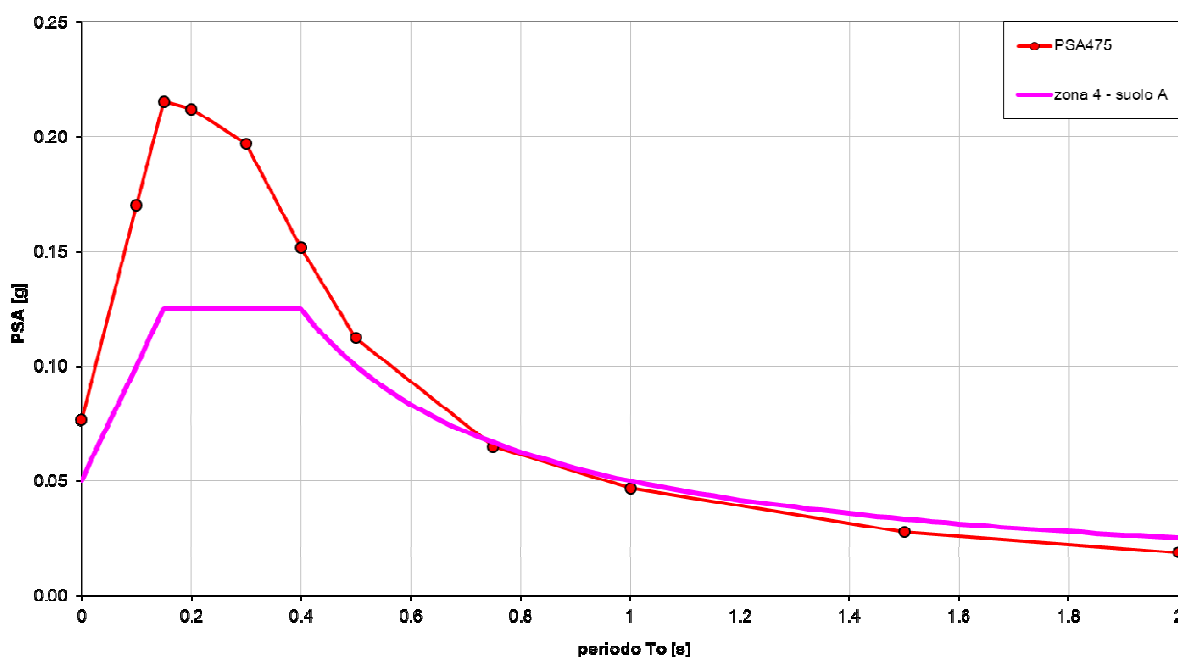


Figura 8.7: Spettro di risposta a probabilità uniforme (in rosso) per un periodo di ritorno di 475 anni e smorzamento pari al 5% a confronto con lo spettro di risposta previsto dal D.M. 14.09.2005 (in magenta).

Lo spettro UHRS individua la pericolosità sismica di base dell'area, ovvero identifica su base probabilistica le caratteristiche dello scuotimento del suolo (**macrozonazione sismica**) senza considerare alcuna modificazione che può subire il moto del suolo causata dal contesto geologico e geomorfologico dell'area, cioè senza modificazioni dovute **a effetti locali**.

Va tuttavia fatto osservare come le locali condizioni geologiche e geomorfologiche possano 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 terreni e 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 dei possibili effetti locali, distinguibili in due grandi gruppi: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità (o effetti cosismici).

Mentre gli effetti di instabilità interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente tale nei confronti delle sollecitazioni sismiche (esempio i versanti, le frane quiescenti, ecc.), gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche

attese. Quest'ultimi sono rappresentati dall'insieme di modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le strutture locali.

Gli effetti di sito si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nella stessa area:

- *gli effetti di amplificazione topografica*: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello difratto. Se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi, l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;
- *gli effetti di amplificazione litologica*: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche. Tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

Al fine di individuare gli effetti di sito locali, la D.G.R. 8/2616/2011 prevede che, in fase di pianificazione urbanistica, venga affrontata una analisi della pericolosità sismica del territorio secondo livelli di approfondimento successivi.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio crescente: i primi due livelli sono obbligatori in fase di pianificazione (con le opportune differenze in funzione della zona sismica di appartenenza), mentre il terzo è obbligatorio in fase di progettazione; nella tabella seguente si riportano gli adempimenti in funzione della zona sismica di appartenenza:

	LIVELLI DI APPROFONDIMENTO E FASI DI APPLICAZIONE <i>PSL= Pericolosità sismica locale</i>		
	<i>1° Livello</i> <i>Fase pianificatoria</i>	<i>2° Livello</i> <i>Fase pianificatoria</i>	<i>3° Livello</i> <i>Fase progettuale</i>
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato o urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale - Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5 per edifici strategici e rilevanti

Nel caso specifico del Comune di Turano Lodigiano, l'analisi territoriale (basata sui dati innanzi acquisiti) ha definito un generale scenario di Pericolosità Sismica Locale “Z4a - Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi”, esteso all'intero ambito comunale: l'effetto atteso nei confronti delle onde sismiche è quindi quello di una amplificazione litologica.

Solo localmente, ai bordi della valle alluvionale dell'Adda, le scarpate morfologiche raggiungono altezze potenzialmente insidiose in termini di amplificazione sismica delineando uno scenario di pericolosità sismica locale Z3a, per il quale è atteso un effetto di amplificazione topografica.

In questa fase di studio, l'analisi sismica si è limitata al 1° livello di approfondimento (secondo quanto stabilito dalla D.G.R. n. 8/2616/2011) e il risultato finale è rappresentato nella cartografia di Tavola 5.

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
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, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava,	Amplificazioni

	nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali 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	Zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

La carta della pericolosità sismica locale costituisce il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento, come mostrato nella tabella seguente:

SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	Classe di Pericolosità Sismica
Z1a	H3
Z1b	H2- livello di approfondimento 3°
Z1c	
Z3a	H2- livello di approfondimento 2°
Z3b	
Z4a	H2- livello di approfondimento 2°
Z4b	
Z5	H2- livello di approfondimento 3°

Considerati gli scenari di pericolosità sismica locale individuati sul territorio di Turano Lodigiano, in caso di pianificazione o progettazione di strutture strategiche e rilevanti (classificate dal D.d.u.o. n. 19904/03 della Regione Lombardia) si dovranno affrontare successivi livelli di approfondimento, così come previsto dalla D.G.R. n. 8/2616/2011.

9. CARTA DI SINTESI

La Carta di Sintesi (Tavola 6) costituisce il documento nel quale vengono riassunti tutti i fenomeni naturali ed antropici che costituiscono una limitazione geologica alle scelte urbanistiche: realizzato alla scala 1:10.000, l'elaborato contiene gli elementi più significativi emersi nella fase di analisi.

Nella cartografia di sintesi sono stati rappresentati i lineamenti più significativi dopo aver classificato l'intero territorio comunale per aree omogenee; in quest'ultima operazione, sono state prese in considerazione le seguenti componenti:

1. **LITOLOGIA DEI TERRENI SUPERFICIALI** - Per quanto riguarda l'aspetto litologico e geotecnico dei terreni (trattato in specifico capitolo), esso costituisce un fattore limitante dal punto di vista urbanistico esclusivamente nelle aree di paleoalveo ove sono presenti terreni coesivi con una elevata componente organica di scarse caratteristiche geotecniche.
2. **SOGGIACENZA MEDIA DELLA PRIMA FALDA** - Vista la presenza di una falda a profondità ridotta in determinate aree della Valle dell'Adda, si rammenta come la generale saturazione dei terreni contribuisca ad un peggioramento delle caratteristiche geotecniche. Oltre a ciò, nel caso di realizzazione di nuovi edifici, dovrà essere considerata la massima quota raggiunta dalla falda, al fine di evitare interferenze dannose tra acqua sotterranea e strutture in progetto (fondazioni, piani interrati, ecc.). Nella cartografia di sintesi sono state evidenziate le aree a bassa soggiacenza della falda (inferiore a 2 m) o da consistenti escursioni della stessa (correlabili con le quote idrometriche dell'Adda), le quali verranno assoggettate a specifiche limitazioni.
3. **VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE** - Tale fattore costituisce un elemento distintivo, emerso nella fase di analisi, parzialmente limitante nella fattibilità geologica delle azioni di piano. Si ribadisce come qualsiasi intervento che possa rappresentare un potenziale centro di pericolo per la risorsa idrica sotterranea debba richiedere un puntuale studio dei terreni in relazione alla locale vulnerabilità dei corpi acquiferi e al loro potenziale uso; tra le attività impattanti ricadono anche quelle agronomiche e zootecniche, anche in considerazione che la Regione Lombardia ha dichiarato il Comune di Turano Lodigiano fra le aree vulnerabili ai nitrati di origine agricola (dgr 3297 del 11.10.2006).

Tra le tematiche morfologiche, idrogeologiche e idrografiche sono stati rappresentate:

- Le ***scarpate morfologiche*** di altezza significativa e/o di rilevanza paesistica (buona parte delle principali scarpate sono già sottoposte a tutela del PTCP), considerate sia elementi morfologici potenzialmente insidiosi per ogni intervento di edificazione o urbanizzazione, sia elementi costitutivi del paesaggio. Le scarpate evidenziate nella sintesi, successivamente assoggettate a tutela e limitazioni d'uso nella carta di fattibilità geologica delle azioni di piano, sono quelle individuate fisicamente sul territorio previo un confronto con gli specifici elaborati del PTCP, correggendo e parzialmente modificando eventuali difformità che derivano da scale di lavoro con grado di dettaglio differente.
- La ***depressione morfologica con acqua di falda affiorante o sub-affiorante*** (paleomeandro) nei pressi di C.na Zerbaglia.
- La valle incisa sul Livello Fondamentale della Pianura ad opera del ***Colatore Muzza***.
- Tutti i ***corpi idrici superficiali*** e relative opere di protezione idraulica, già assoggettati a specifico regolamento di polizia idraulica.
- I ***fenomeni sorgentizi***.
- I ***pozzi acquedottistici*** e le relative fasce di tutela assoluta e di rispetto.
- Le ***aree allagabili per esondazione dell'Adda***; contrariamente alla tavola dei vincoli geologici che delimita le fasce previste dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (in quanto elemento di vincolo sovraordinato), la carta di sintesi perimetra le fasce di esondazione definite da specifico e più recente studio dell'Autorità di Bacino (2004).

10. CARTA DEI VINCOLI GEOLOGICI

Nella Tavola 7 sono stati cartografati i vincoli normativi di natura fisico-ambientale e geologica, limitanti nella fattibilità delle azioni di piano.

In particolare, nella Tavola dei Vincoli sono stati cartografati:

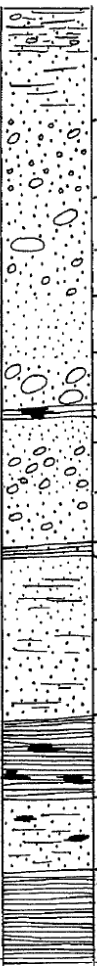
- Il **reticolato idrografico** (definito sulla base della D.G.R. n. 7/7868 del 25.01.2002 e s.m.i.); le attività consentite e quelle vietate, così come le fasce di rispetto, sono normate da specifico regolamento di polizia idraulica (R.D. 523/1904 e s.m.i.).
- Le **fasce del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)** adottato dall'Autorità di Bacino del fiume Po con Deliberazione n. 18 del 26.04.2001 e approvato con D.P.C.M. del 24 maggio 2001. Per suddette fasce è vigente specifica disciplina, meglio descritta nelle "Norme di Fattibilità Geologica".
Le fasce vengono così definite³:
 - **Fascia A** 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.
 - **Fascia B** di esondazione: esterna alla precedente, è costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Con l'accumulo temporaneo in tale fascia di parte del volume di piena si attua la laminazione dell'onda di piena con riduzione delle portate di colmo. 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.
- La ***fascia di tutela assoluta e di rispetto*** dei pozzi acquedottistici (D.Lgs. n.152/2006).

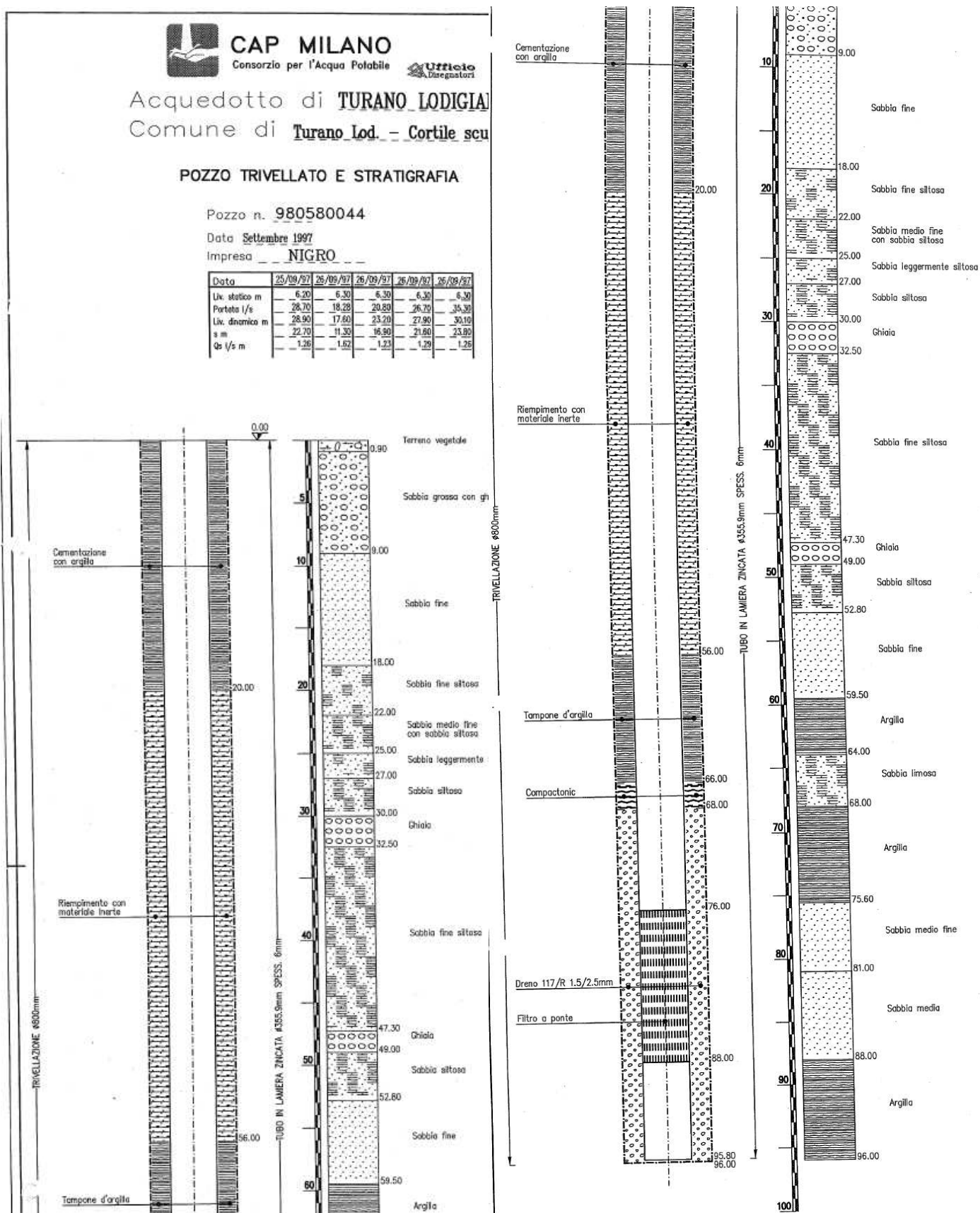
³ da "Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - Interventi sulla rete idrografica e sui versanti; adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 in data 11.05.1999; Secondo piano stralcio delle fasce fluviali: Relazione generale"

- Nello specifico elaborato cartografico, inoltre, sono stati cartografati i vincoli normativi di natura fisico-ambientale e geologica derivanti dal P.T.C.P.; in particolare:
 - gli **orli di terrazzo**;
 - i **siti di importanza comunitaria (S.I.C.)** per il progetto Bioitaly;
 - le **zone protette speciali (Z.P.S.)**;
 - l'ambito di recepimento del **PTC del Parco Adda Sud**;
 - l'**ambito territoriale estrattivo (A.T.E.)** al confine con Mairago;
 - i **giacimenti** individuati dal Piano Cave Provinciale;

11. Allegato 1 - STRATIGRAFIE DEI POZZI ACQUEDOTTISTICI

TURANO LODIGIANO		C. A. P.		N. 1
Racino: Adda		Certile Municipio		
0.00		terreno vegetale		Int.N:
0.40		argilla gialla		Lon.0:
1.80		sabbie fine gialle		qtm:
4.30		sabbia grigia surna		Data:7.1954
6.20		sabbia grigia ghiaia e ghiaietto		
10.50		sabbia grigia con qualche ghiaietto		
21.00		sabbia f. grigia ghiaia e ghiaiet.		
26.20		sabbia media		
26.30		argilla surna		Fenestrati:
30.30		sabbia media con strati d'argil.		25.60/26.20
34.00		ghiaia con sabbie		34.70/39.70
35.50		sabbia grigia		40.05/41.05
47.00		sabbia compatta argillosa		51.25/56.25
50.00		sabbia media		
50.00		sabbia media con qualche ghiaiet.		1.2.: 7.30
51.00		argilla sabbiosa		1.4.: 30.40
55.00				1/sec: 11.00
				1/sec/2:4.27
				COSTA

TURANO LODIGIANO		C. A. P.	N. 2
Fucino: Adda		Serbatoio	
0.00		terreno argilloso	Lat.N: Lon.O: altm: Data: 2.1960 Fenestrati: 25.00/31.00
4.00		sabbia argillosa	
9.00		sabbia grossa e tracce di ghiaietto	
15.00		sabbia mista a troventi di arg.	
19.00		sabbia med. con tracce di ghiaiet.	
22.50		sabbia grigia fine	
27.00		sabbia media e ghiaia	
31.00		argilla scura torbosa	
32.00		sabbia grigia fine	
34.00		sabbia f. e molto ghiaietto	
38.00		sabbia m. e pochiss. ghiaietto f.	1.2.: 7.10 1.4.: 10.70 1/sec.: 5.25 1/secq/m: 0.40
42.00		argilla sabbiosa	
42.00		sabbia fine argillosa	
48.00		sabbia compatta argillosa	
52.00		sabbia limosa con tr. di argilla	
55.50		argilla scura e tracce di torba in piccoli pezzetti	
62.00		sabbia argillosa con tracce di torba c.s.	
67.50		argilla grigia	
75.00			
			FUCIOIA



12. Allegato 2 - ELENCO DEI POZZI CENSITI SUL TERRITORIO COMUNALE

(fonte: Sistema Informativo Falda)

CODSIF	COMUNE	INDIRIZZO	ENTE	USO	PROF
0980580001	Turano Lodigiano	VIA XXV APRILE	PUBBLICO	cem	65
0980580002	Turano Lodigiano	VIA XXV APRILE	PUBBLICO	p	75
0980580007	Turano Lodigiano	C.NA POZZETTO	PRIVATO	p-z	24
0980580008	Turano Lodigiano	C.NA MIRABELLO	PRIVATO	dis	12
0980580009	Turano Lodigiano	C.NA VITTORIA	PRIVATO	p-z	18
0980580010	Turano Lodigiano	C.NA DOSSO	PRIVATO	p	16
0980580011	Turano Lodigiano	C.NA NUOVA	PRIVATO	p-z	20
0980580012	Turano Lodigiano	C.NA DELLE DONNE II	PRIVATO	p-z	20
0980580013	Turano Lodigiano	C.NA DELLE DONNE II	PRIVATO	p-z	22
0980580014	Turano Lodigiano	C.NA BORDIGHERIO	PRIVATO	p	18
0980580015	Turano Lodigiano	C.NA FORNACE	PRIVATO	p	18
0980580016	Turano Lodigiano	C.NA FORNACE	PRIVATO	d	16
0980580017	Turano Lodigiano	C.NA MELEGNANELLO	PRIVATO	p-z	24
0980580018	Turano Lodigiano	C.NA MELEGNANELLO	PRIVATO	p-z	25
0980580019	Turano Lodigiano	C.NA LA GRANDE	PRIVATO	p-z	20
0980580020	Turano Lodigiano	C.NA TEREZANO	PRIVATO	p-z	26
0980580021	Turano Lodigiano	C.NA BOLCHIGNANO	PRIVATO	p-z	20
0980580022	Turano Lodigiano	C.NA BOLCHIGNANO	PRIVATO	p-z	18
0980580024	Turano Lodigiano	C.NA ZERBAGLIA	PRIVATO	p-z	18
0980580025	Turano Lodigiano	C.NA ZERBAGLIA	PRIVATO	p	16
0980580026	Turano Lodigiano	C.NA ZERBAGLIA	PRIVATO	p-ir	20
0980580031	Turano Lodigiano	C.NA BRAGLIA	PRIVATO	z	22
0980580032	Turano Lodigiano	C.NA ROBECCO	PRIVATO	p-z	26
0980580033	Turano Lodigiano	C.NA MAIRAGA	PRIVATO	p-z	24
0980580035	Turano Lodigiano	C.NA MAIRAGA	PRIVATO	p	20
0980580036	Turano Lodigiano	C.NA MIRABELLO VERDE	PRIVATO	p-ir	27
0980580037	Turano Lodigiano	F.NE MELEGNANELLO	PRIVATO	p-z	20
0980580038	Turano Lodigiano	C.NA VITTORIA	PRIVATO	p-z	22
0980580039	Turano Lodigiano	C.NA DELLE DONNE II	PRIVATO	p	12
0980580040	Turano Lodigiano	C.NA DELLE DONNE II	PRIVATO	dis	10
0980580041	Turano Lodigiano	C.NA MAIRAGA	PRIVATO	p-z	24
0980580042	Turano Lodigiano	C.NA BOLCHIGNANO	PRIVATO	p-z	15
0980580043	Turano Lodigiano	C.NA NOVELLA	PRIVATO	p-z	22
0980580044	Turano Lodigiano	CORTILE SCUOLE	PUBBLICO	p	96
0980580045	Turano Lodigiano	S.P.26	PRIVATO	p	25
0980580046	Turano Lodigiano	C.NA ZERBAGLIA	PRIVATO	p	18
0980580048	Turano Lodigiano	VIA G. DI VITTORIO, 24	PRIVATO	d	11

0980580049	Turano Lodigiano	VIA F.LLI ROSSELLI, 7	PRIVATO	d	10
0980580050	Turano Lodigiano	VIA TOGLIATTI, 1	PRIVATO	d	10
0980580051	Turano Lodigiano	VIA DI VITTORIO 16	PRIVATO	pz	0
0980580052	Turano Lodigiano	C.NA MAIRAGA	PRIVATO		18
0980580053	Turano Lodigiano	VIA 2 GIUGNO N. 20	PRIVATO	d	10
0980580054	Turano Lodigiano	VIA PECCHI 15	PRIVATO	d	9
0980580055	Turano Lodigiano	VIA R. MORANDI N. 7	PRIVATO	d	10
0980580056	Turano Lodigiano	Cascina POZZETTO	PRIVATO		0