

---

**Comune di TORNATA  
Provincia di CREMONA**



**PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO:  
STUDIO DELLA COMPONENTE  
GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA**

**Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12  
D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374**

**Gennaio 2009**

**RELAZIONE GENERALE**

**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](mailto:marco.daguati@geolambda.it)*

## SOMMARIO

1. OBIETTIVI e METODO DI STUDIO .....	3
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE .....	5
3. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO.....	9
4. CARATTERI GEOMORFOLOGICI DEL TERRITORIO COMUNALE .....	13
5. INDAGINE DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA E PEDOLOGICA.....	15
5.1 Caratterizzazione litologica .....	15
5.2 Caratterizzazione pedologica.....	16
6. RETICOLATO IDROGRAFICO .....	18
7. IDROGEOLOGIA .....	21
7.1 Caratteristiche idrogeologiche generali .....	21
7.2 Caratteristiche idrogeologiche del territorio comunale.....	24
7.3 Censimento e catalogazione dei pozzi .....	27
7.4 Indagine piezometrica.....	28
7.5 Vulnerabilità degli acquiferi .....	30
8. PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE .....	34
8.1 Zonazione sismica nazionale ed inquadramento del territorio di Tornata .....	34
8.2 Descrizione della sismicità .....	39
8.3 Pericolosità sismica.....	45
9. CARTA DI SINTESI .....	52
10. CARTA DEI VINCOLI GEOLOGICI .....	54
11. ALLEGATO 1: Risultati delle indagini geotecniche sul territorio .....	55
12. ALLEGATO 2: Stratigrafie disponibili dei pozzi.....	77

## TAVOLE ALLEGATE

- **Tavola 1:** Carta geologica e geomorfologica
- **Tavola 2:** Carta pedologica e di prima caratterizzazione litotecnica
- **Tavola 3:** Carta del reticolato idrografico
- **Tavola 4:** Carta idrogeologica
- **Tavola 5:** Sezioni litostratigrafiche interpretative
- **Tavola 6:** Carta della pericolosità sismica locale
- **Tavola 7:** Carta di sintesi
- **Tavola 8:** Carta dei vincoli geologici
- **Tavola 9:** Carta della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano (scala 1:10.000)
- **Tavola 10:** Carta della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano (scala 1:5.000)

## 1. OBIETTIVI e METODO DI STUDIO

In occasione della stesura del proprio Piano di Governo del Territorio, il Comune di Tornata ha affidato allo scrivente l'incarico di redigere lo studio geologico, idrogeologico e sismico ai sensi dell'art. 57 della L.R. 12/05 e della D.G.R. n. 8/7374/2008.

Lo studio, sviluppato in sintonia con quanto disposto dalla vigente disciplina regionale, risulta "adattato" alle esigenze e peculiarità del territorio comunale di Tornata: 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 Reticolato Idrografico (Tavola 3) e dalla Carta Idrogeologica (Tavola 4). In questa fase è stata analizzata anche la sismicità del territorio e prodotta, quale elaborato sintetico, la Carta della pericolosità sismica locale (Tavola 6).

In assenza di una carta derivata da rilievo aerofotogrammetrico, per la redazione di tutta la cartografia è stata adottata la Carta Tecnica Regionale, mentre la Carta di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano alla scala 1:5.000 è stata presentata su base derivata dalla cartografia catastale.

Parte della fase di analisi è stata dedicata anche alla ricerca di informazioni litostratigrafiche, indispensabili per descrivere le geometrie dei corpi idrici sotterranei. I risultati dell'operazione di correlazione ed interpretazione dei dati stratigrafici sono rappresentati nella sezione della 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 una Carta di Sintesi (Tavola 7) e una Carta dei Vincoli Geologici (Tavola 8) (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 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 (Tavola 9 e Tavola 10.).

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 questione si inserisce nelle ampie strutture regionali della pianura: nel raggio di alcuni chilometri affiorano solo depositi di origine fluviale e fluvio-glaciale che, in questa zona, sono caratterizzati da condizioni di giacitura decisamente uniformi.

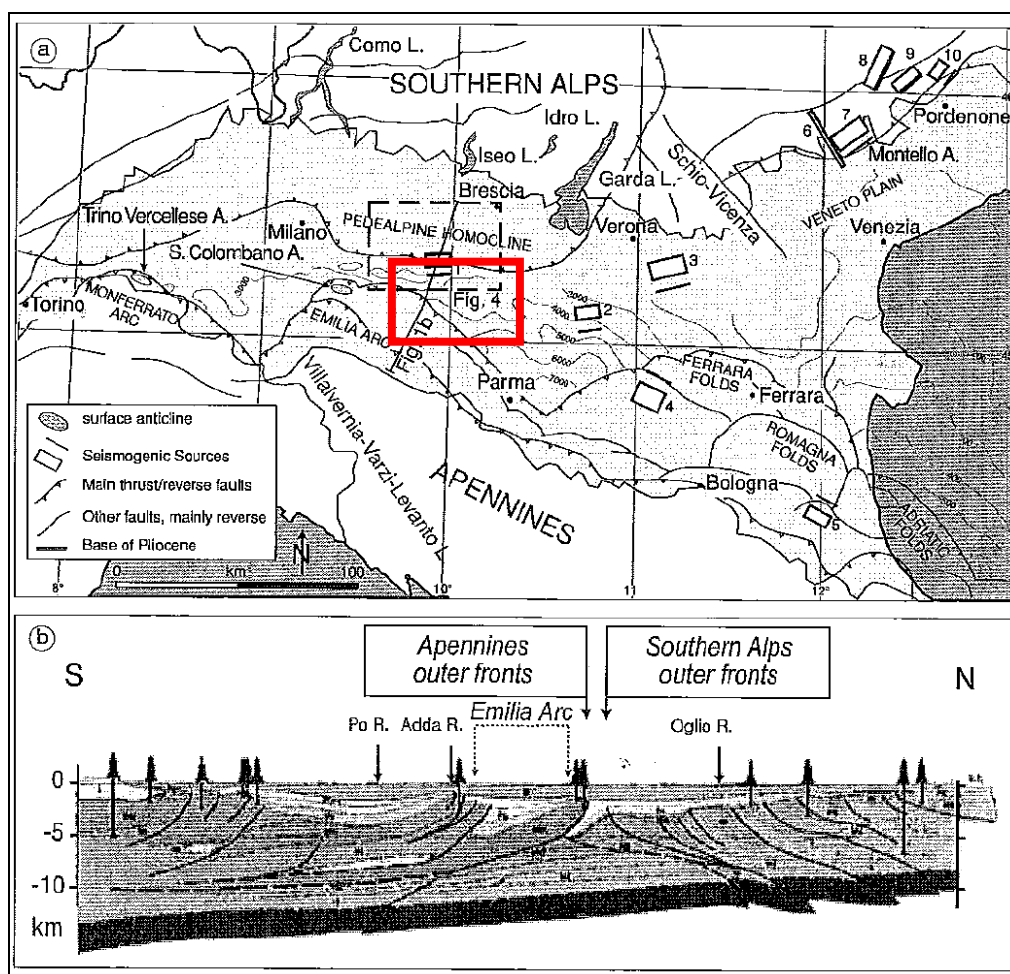
Tuttavia, al di sotto dei depositi continentali affioranti nell'ambito di indagine (che presentano spessori di diverse centinaia di metri), si sviluppa un basamento di origine marina per il quale le prospezioni geofisiche, eseguite nei decenni scorsi a scopo di ricerca petrolifera, hanno permesso di rilevare una situazione strutturale complessa e non priva di significato neotettonico.

In linea generale, l'evoluzione geologica del substrato della Pianura Padana deriva dalla convergenza della placca Africana e di quella Europea: sin dal tardo Cretacico, la Pianura Padana ha rappresentato la parte frontale di due catene di opposta convergenza, l'Appennino settentrionale (N-vergente) e le Alpi meridionali (S-vergenti).

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. Nella porzione centro-settentrionale della pianura, invece, il fronte esterno della catena Sud-Alpina si presenta come una serie di thrust embriciati sviluppati nella monoclinale pede-alpina, immergente verso S.

L'aspetto finale della Pianura Padana si è raggiunto attraverso il riempimento definitivo cominciato nel Pliocene (con depositi dapprima marini e poi continentali) dei bacini di piggy-back (bacini sedimentari di tipo sin-orogenetici modellati sulle avanfosse padane).

In tale contesto, il Comune di Tornata si sviluppa sul lato N-orientale dell'Arco Emiliano, in prossimità di una struttura compressiva (piega antiforale) N-vergente nota con il nome di "Anticlinale di Piadena", il cui asse si sviluppa con direzione WNW-ESE a S dell'Oglio.

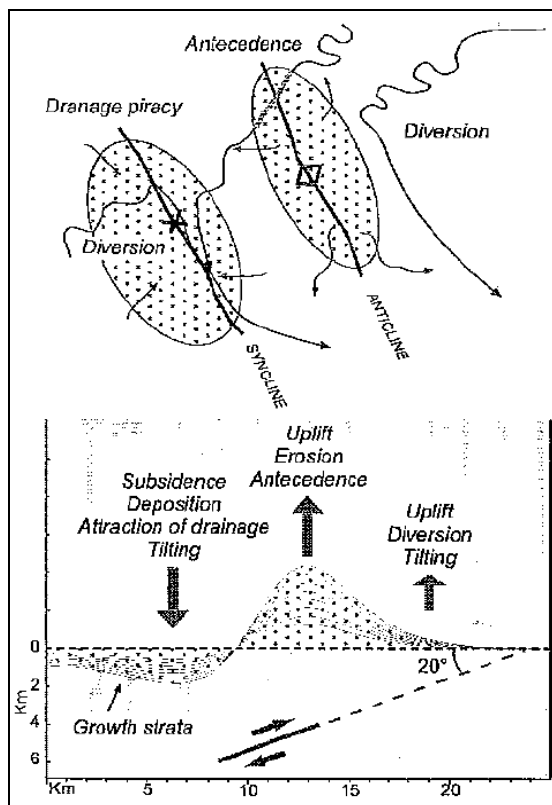


Schema tettonico del substrato della Pianura Padana  
 (“Pieri and Groppi, 1981” in “Burrato et al.”, 2003)

Sebbene la definitiva strutturazione del substrato sepolto venga tradizionalmente associata a una fase 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 anche in fasi neotettoniche, le quali hanno condizionato 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 (come accade per buona parte del territorio comunale di Tornata), sia alcune sintomatiche “anomalie” che si manifestano in taluni tratti dei principali corsi d’acqua: tra i probabili condizionamenti strutturali si evidenzia la brusca variazione di orientamento da NW-SE a WNW-ESE assunta dalla valle dell’Oglio in corrispondenza

dell'asse strutturale dell'Anticlinale di Piadena, fenomeno che può essere giustificato con il classico meccanismo della “diversione” fluviale condizionata da un sollevamento del substrato.



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

Nonostante i chiari sintomi di un coinvolgimento della copertura quaternaria in fasi neotettoniche, non si rilevano concrete situazioni di rischio derivanti da sismi di superficie; l'ambito comunale, infatti, risulta classificato, secondo la recente normativa (Ordinanza del Pres. Cons. Ministri n. 3274 del 20.03.2003), come zona 4.

A tale proposito va considerato come anche nelle aree sismicamente più attive della penisola italiana, i tempi di ritorno per i grandi terremoti siano superiori a 1000 anni, mentre l'attuale catalogo storico (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), pur riducendo il rischio sismico a cui è esposto questo lembo di Pianura Padana.



### 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 medio e l'Olocene, sono:

- **Alluvioni attuali** - sono i depositi presenti all'interno dell'alveo inciso dei principali corsi d'acqua.

- **Alluvioni recenti (Olocene medio-superiore)** - si tratta delle alluvioni affioranti con continuità lungo una fascia più o meno ampia sulle sponde del reticolo principale; sono depositi terrazzati, fissati e coltivati, di poco sospesi sull'alveo inciso dei fiumi.

- **Alluvioni antiche (Olocene inferiore)** - sono i depositi presenti in modo discontinuo ai margini delle valli dei principali fiumi, posti in posizione intermedia tra il Livello Fondamentale della Pianura e la piana alluvionale dei corsi d'acqua (sul territorio comunale non affiorano alluvioni oloceniche).

- **Fluviale Wurm (Pleistocene superiore)** - è costituito da depositi sabbiosi, limosi ed argillosi con lenti ghiaiose a ciottoli minuti; presentano un suolo bruno o brunastro, talora rossastro, per dilavamento di paleosuoli preesistenti a monte. I depositi costituiscono il substrato del Livello Fondamentale della Pianura (o Piano Generale Terrazzato) sviluppato a valle della linea delle risorgive.

- **Interglaciale Wurm-Riss (Pleistocene medio-superiore)** – sono depositi fluviolacustri argillosi, bancastro-giallastri o bruno-giallastri, talora con scarsi ciottolini e frequenti concrezioni calcaree e affiorano, secondo gli Autori della Carta Geologica d'Italia, in un ampio settore del territorio comunale.

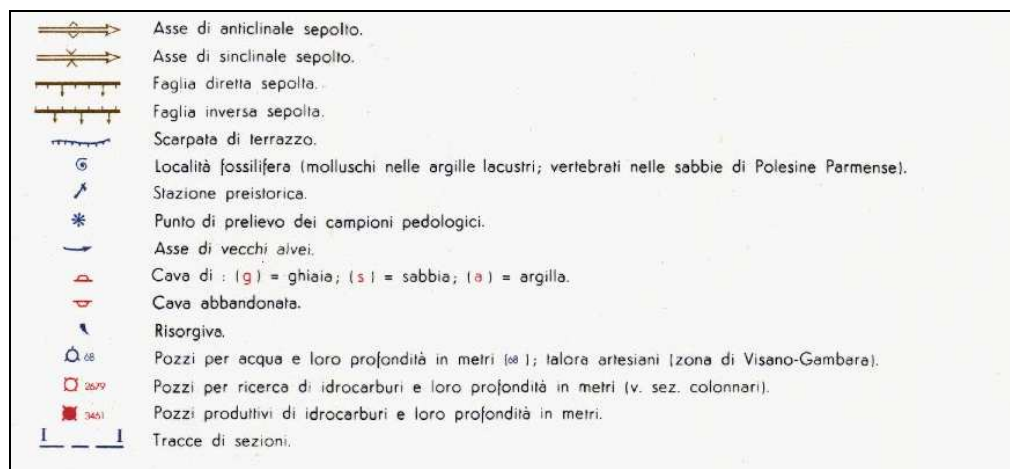
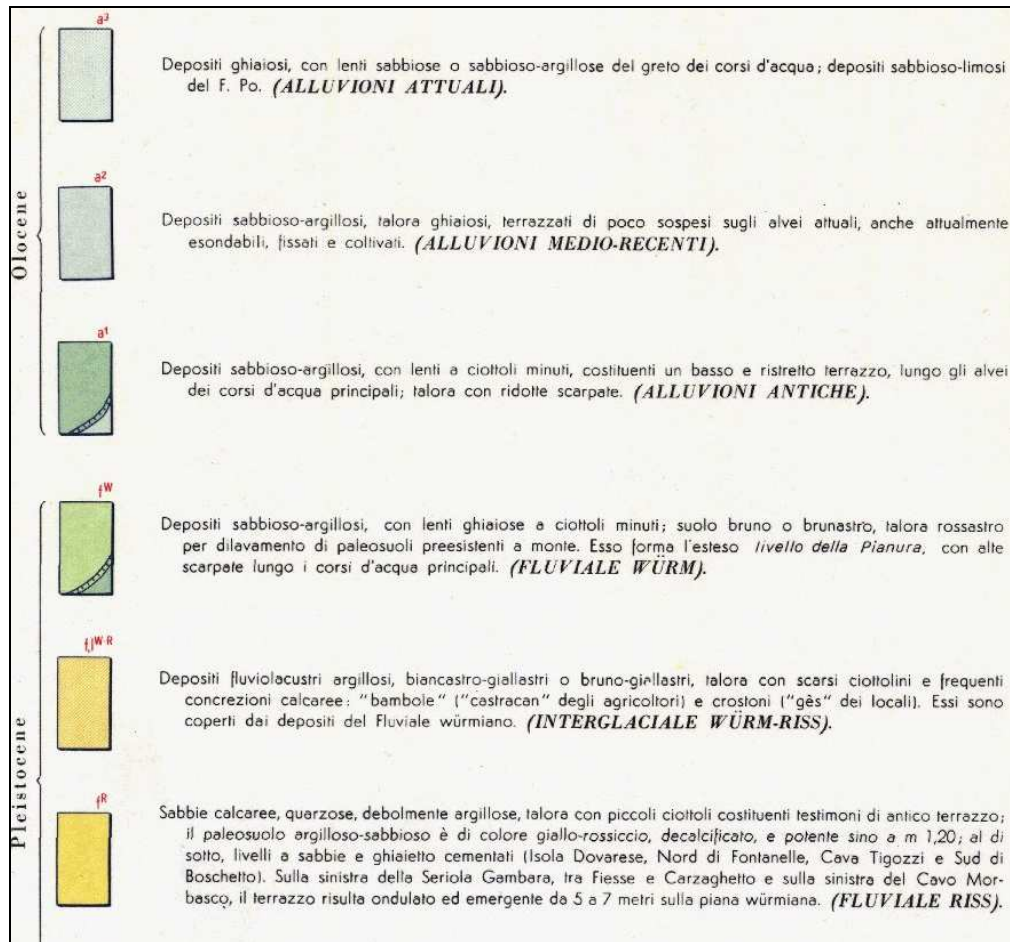
- **Fluviale Riss (Pleistocene medio)** – si tratta di sabbie calcaree, quarzose, debolmente argillose, talora con piccoli ciottoli costituenti testimonianze di un antico terrazzo; il paleosuolo argilloso-sabbioso è di colore giallo rossiccio, decalcificato e potente sino a 1.2 m.

Per un corretto inquadramento delle unità stratigrafiche descritte e affioranti, di seguito viene riprodotto uno stralcio della Carta Geologica d'Italia.

## CARTA GEOLOGICA

Estratta da Carta Geologica d'Italia, Foglio n. 61 "Cremona" e foglio n. 62 "Mantova"

### LEGENDA



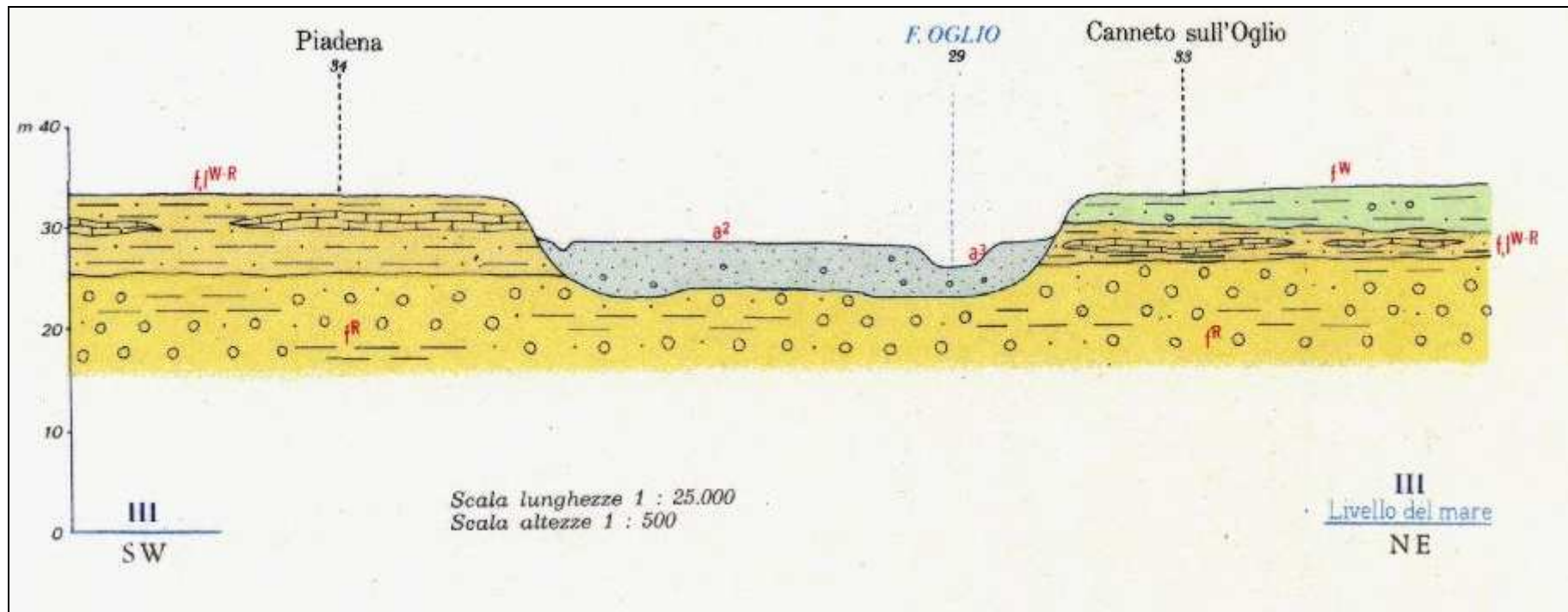
## CARTA GEOLOGICA



Foglio 61 "Cremona"

Foglio 62 "Mantova"

## SEZIONE GEOLOGICA DI RIFERIMENTO



All = Alluvione.

Qm = Quaternario marino.

Pms = Pliocene medio-sup.

Pli = Pliocene inferiore.

Ms = Miocene superiore.

Tor = Tortoniano.

Elv = Elveziano.

Mm = Miocene medio.

Mi = Miocene inferiore.

## **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.

Il territorio di Tornata è posto nella porzione orientale della pianura cremonese, è interamente compreso fra le quote di 31 e 25 m s.l.m. e si presenta come una superficie sub-pianeggiante, sviluppata su un ripiano morfologico privo di significativi lineamenti di discontinuità planoaltimetrica: bisogna spostarsi in direzione N (in Comune di Calvatone) per incontrare le prime scarpate che, con direzione media WNW-ESE, terrazzano i depositi pleistocenici costituenti il substrato del Livello Fondamentale della Pianura sulla valle olocenica del fiume Oglio.

I depositi terrazzati tardo-pleistocenici costituiscono un piano debolmente immergente verso ESE (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". Non più interessato dall'idrografia principale e segnato 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.

Secondo gli Autori della Carta Geologica d'Italia, in buona parte del territorio comunale il ripiano pleistocenico sarebbe modellato nei depositi dell'interglaciale Wurm-Riss: tale informazione è stata riprodotta nella cartografia di Tavola 1, nonostante l'assenza di elementi morfologici che consentano una distinzione fra questa unità e quella più recente datata al Wurm.

Ai margini occidentali, lungo il confine con Piadena, si segnala un'esile scarpata morfologica (già tutelata dal P.T.C.P. della Provincia di Cremona) associata al reticolo idrico secondario che, probabilmente, ripercorre una più antica incisione di un corso d'acqua ormai estinto.

## **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 trincee esplorative che hanno consentito di trarre considerazioni sui primi metri di suolo e sottosuolo. Tutti i dati disponibili (ubicati in Tavola 2), che ricordiamo costituire notizie puntiformi, sono poi stati oggetto di una attenta revisione critica durante il processo di interpretazione, correlando fra loro anche le informazioni dedotte da indagini di tipo stratigrafico (trincee e sondaggi), geotecnico e pedologico disponibili nell'archivio comunale, in quello dello scrivente e in letteratura (Allegato 1). Per la formulazione del quadro geologico-geotecnico locale sono state utilizzate anche le informazioni dedotte dallo studio eseguito dall'Autocamionale della Cisa S.p.A. per la progettazione della TiBre, la quale attraverserà il settore settentrionale del territorio comunale.

La finalità dell'indagine è stata anche quella di classificare i depositi più superficiali secondo intervalli di permeabilità, necessari per le successive valutazioni sulla vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale.

Le informazioni così acquisite hanno consentito una prima caratterizzazione litotecnica 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** – Sono depositi sabbiosi o sabbioso-limosi (classificazione U.S.C.S. tipo SW, SP e SM) con significative coperture limose o limoso-argillose (ML, CL), il cui spessore frequentemente supera i 2-3 m.

**UNITA' 2** – Si tratta di depositi simili all'unità precedente, dalla quale differiscono per un minor sviluppo (areale e verticale) dei terreni di copertura (generalmente di tipo limoso).

Sulla base delle informazioni disponibili, quindi, non si riconoscono significative limitazioni di natura geotecnica, nonostante nel complesso affiorino terreni di modeste proprietà. Nello sviluppo edificatorio del territorio deve comunque essere considerata la ridotta profondità della falda e la conseguente saturazione dei depositi naturali che contribuisce ad un peggioramento delle già modeste caratteristiche geotecniche dei terreni.

Va tuttavia 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, e che 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 anche la distribuzione areale delle classi pedologiche tratte dal “Progetto Carta Pedologica – I suoli del Casalasco (ERSAL 1992)”: in questo modo è stato possibile associare, ad aspetti puramente litologici, anche indicazioni relative ai suoli presenti nel territorio comunale.

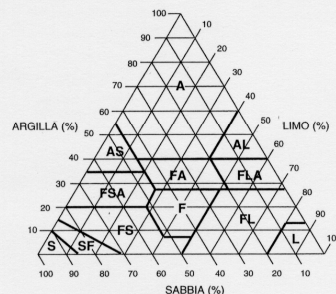
Una prima macro-classificazione porta all'individuazione di un solo sistema di paesaggio (il Livello Fondamentale della Pianura), caratterizzato da superfici stabili; i suoli si presentano da moderatamente profondi a molto profondi, con substrato da sabbioso-limoso (drenaggio da buono a rapido) a limoso-argilloso (drenaggio mediocre), confermando così le informazioni derivate dalla campagna geognostica precedentemente illustrata.

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



<b>Profondità (cm)</b> 0 - 25 molto sottili 25 - 50 sottili 50 - 100 moderatamente profondi 100 - 150 profondi > 150 molto profondi	<b>Scheletro (%)</b> <1 assente 1 - 5 scarso 5 - 15 comune 15 - 35 frequente 35 - 70 abbondante >70 molto abbondante	<b>Carbonati totali (%)</b> < 0.5 non calcareo 0.5 - 5 scarsamente calcareo 5 - 10 moderatamente calcareo 10 - 20 calcareo > 20 molto calcareo	<b>Pietrosità superficiale</b> (utile all'approfondimento radicale) < 0,1 % scarsa o nulla 0,1 - 3 % moderata 3 - 15 % comune 15 - 50 % elevata > 50 % eccessiva	<b>Dimensione pietre</b> Ø < 7,5 cm piccole Ø 7,5 - 25 cm medie Ø > 25 cm grandi
<b>Saturazione (TSB) (%)</b> <35 molto bassa 35 - 49 bassa 50 - 75 media >75 alta	<b>Reazione</b> <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	<b>Pendenza (%)</b> <2 nulla o debole 2 - 5 bassa 5 - 15 moderata 15 - 25 moderatamente elevata 25 - 45 elevata 45 - 75 molto elevata >75 estremamente elevata	<b>Capacità di scambio cationico (CSC) (meq/g)</b> < 10 bassa 10 - 20 media 20 - 30 elevata > 30 molto elevata	

#### Tessitura



S e SF	grossolana
FS grossolana e fine	moderatamente grossolana
FS m. fine, F, FL, L	media
FSA, FA, FLA	moderatamente fine
A, AS, AL	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; glacitura 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 principale di bonifica.

Nel corso del presente lavoro, sulla base della D.G.R. n. 7/7868 del 25.01.2002 "Determinazione del reticolo idrico principale..." e della successiva modifica con D.G.R. n. 7/13950 del 01.08.2003, viste le dirette conseguenze urbanistiche derivanti dall'applicazione della norma di pubblicità di tutto il reticolato idrografico (principale e minore), il Comune di Tornata 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. 7/7868 del 25.01.2002 e s.m.i.

Il risultato relativo alla definizione del reticolo idrografico è sintetizzato nei seguenti elenchi e nella Tavola 3.

**Elenco 1**  
**RETICOLO PRINCIPALE**  
**di COMPETENZA DELLA REGIONE LOMBARDIA**  
**(allegato A della DGRL 01.10.2008 n. 8/8127)**

ASSENTE

**Elenco 2**  
**RETICOLO IDRICO**  
**di COMPETENZA DEL CONSORZIO DUGALI**  
**(DGRL 11.02.2005 n. 7/20552, modificata dalla DGR 8/8127/2008)**

Codice	Denominazione
	Barco
	Gambina di Corte Primula

	Gambina di Romprezzagno
--	-------------------------

<b><u>Elenco 3</u></b> <b><u>RETICOLO IDRICO</u></b> <b><u>di COMPETENZA DEL CONSORZIO DI BONIFICA NAVAROLO</u></b> <b><u>(DGRL 11.02.2005 n. 7/20552, modificata dalla DGR 8/8127/2008)</u></b>	
<b>Codice</b>	<b>Denominazione</b>
	Binda
	Bozzolo
CPI2	Canale Principale d'Irrigazione del Fiume Oglio
	Ceresole
	Madonna Crociare
	Madonna Pecoroni
	Ospedale
	Roccolo
	Romprezzagno
	S. Ambrogio Nord
	S. Ambrogio Ovest
	S. Ambrogio Sud
	S. Lorenzo
CSI 7	Secondario di Bozzolo
CSI 10	Secondario di Gazzuolo
CSI 8	Secondario S. Lorenzo
	Serrato
	Tornata
	Vignole

<b><u>Elenco 4</u></b> <b><u>RETICOLO MINORE di COMPETENZA</u></b> <b><u>DEL COMUNE DI TORNATA</u></b>	
<b>Codice</b>	<b>Denominazione</b>
TRN01	Dugale Tagliata
TRN02	Dugale Gambina di Tornata (o Gambina di Sotto)
TRN03	Fosso Gambinello

Si rammenta come l'analisi morfologica del territorio comunale di Tornata abbia individuato un solo ripiano morfologico sub-pianeggiante (noto in letteratura come "Livello Fondamentale della Pianura", modellato nei depositi fluviali e fluvioglaciali tardo-pleistocenici), debolmente immergente verso ESE e separato a N (nei comuni di Piadena e di Calvatone) dalla netta scarpata che delimita la depressione valliva del fiume Oglio. Nel sottosuolo, la falda idrica si sviluppa a profondità di pochi metri dal piano campagna e risulta fortemente influenzata dall'effetto drenante esercitato dalla confluenza Oglio-Po (distante alcuni chilometri in direzione E dal territorio comunale).

Sul territorio comunale il reticolo idrico presenta tre modalità di alimentazione:

- da W e da N attraverso derivazioni di acqua utilizzata principalmente a scopi irrigui;
- dalla raccolta delle colature sia di natura irrigua che meteorica;
- dal drenaggio di una falda poco soggiacente, particolarmente evidente nel settore centro-occidentale e in quello meridionale del territorio comunale.

Nel riconoscere l'assenza di fattori di rischio derivanti dallo sviluppo dei corsi d'acqua minori, è stato evidenziato il ruolo primario svolto dal reticolo idrico e l'importanza che riveste una corretta gestione del sistema idrografico per la tutela idraulica ed idrogeologica del territorio.

## 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 fluvio-glaciali 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  $10^{-2}$  m<sup>2</sup>/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  $10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s. Per quanto riguarda le acque sotterranee, questa unità rappresenta il substrato dell'acquifero tradizionale; l'acqua è contenuta in

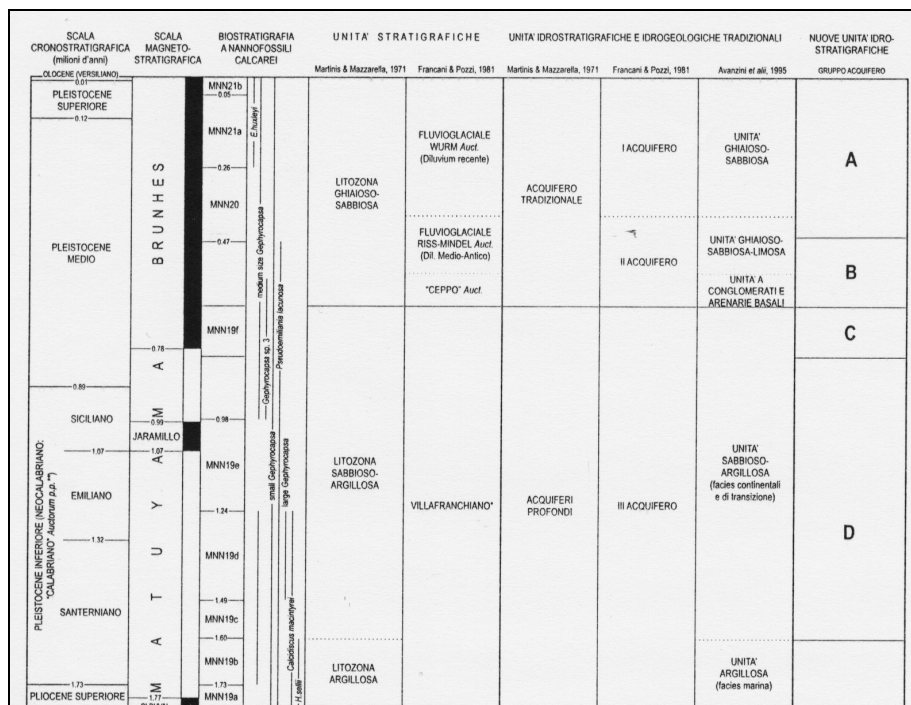
livelli sabbiosi o sabbioso-ghiaiosi; si tratta principalmente di falde confinate con presenza talora di sostanze tipiche di ambiente riducente.

- 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).

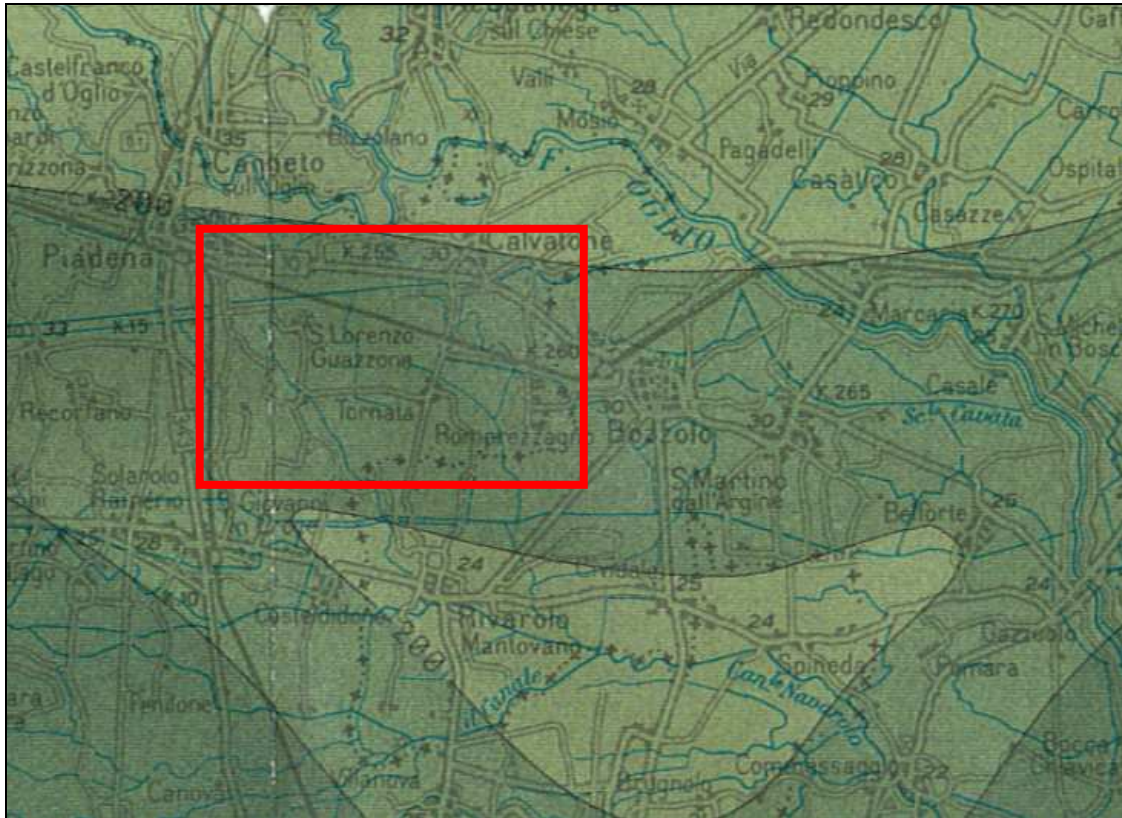
Il bacino padano viene così ridefinito in nuove Unità Idrostratigrafiche ("Gruppi Acquiferi"), secondo quanto schematizzato di seguito.



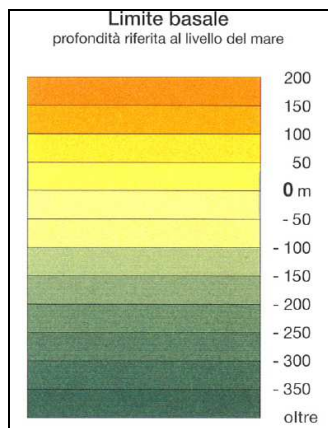
Schema dei rapporti stratigrafici  
(Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia, 2002)

In corrispondenza del Comune di Tornata, lo studio sopra citato indica, per la base del Gruppo Acquifero A, una quota di -200/-250 m s.l.m.. In direzione S, tuttavia, deve essere

segnalato un marcato (ed isolato) sollevamento del limite basale, probabile effetto del condizionamento strutturale del substrato profondo (struttura di Piadena) di cui si è fatto cenno in precedenza.



*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)
<b>A</b>	~ 0.45	Pleistocene superiore 0.125
<b>B</b>	~ 0.65	Pleistocene medio
<b>C</b>	~ 0.8	
<b>D</b>	~ 1.6	Pleistocene inferiore 0.89
Acquifero basale	1.73	Pliocene medio superiore 1.73

## **7.2 Caratteristiche idrogeologiche del territorio comunale**

La presenza di acqua nel sottosuolo del territorio comunale di Tornata, così come per l'intero territorio Cremonese, è legata a caratteristiche strutture stratigrafiche e deposizionali che ne governano l'accumulo ed il transito.

Nel tentativo di ricostruire le geometrie del complesso acquifero sotterraneo sono state realizzate due sezioni litostratigrafiche (Tavola 5), disposte circa N-S ed E-W.

Dall'esame delle stratigrafie disponibili e delle sezioni litostratigrafiche si evince come l'assetto geometrico-strutturale del sottosuolo sia assimilabile ad un materasso alluvionale nel quale i corpi acquiferi, di natura prevalentemente sabbiosa, si alternano a livelli impermeabili. Dai risultati di correlazione si evince come, a scala sovracomunale, si sviluppi un complesso acquifero di tipo "multifalda", all'interno del quale sono riconoscibili due circuiti chiaramente separati:

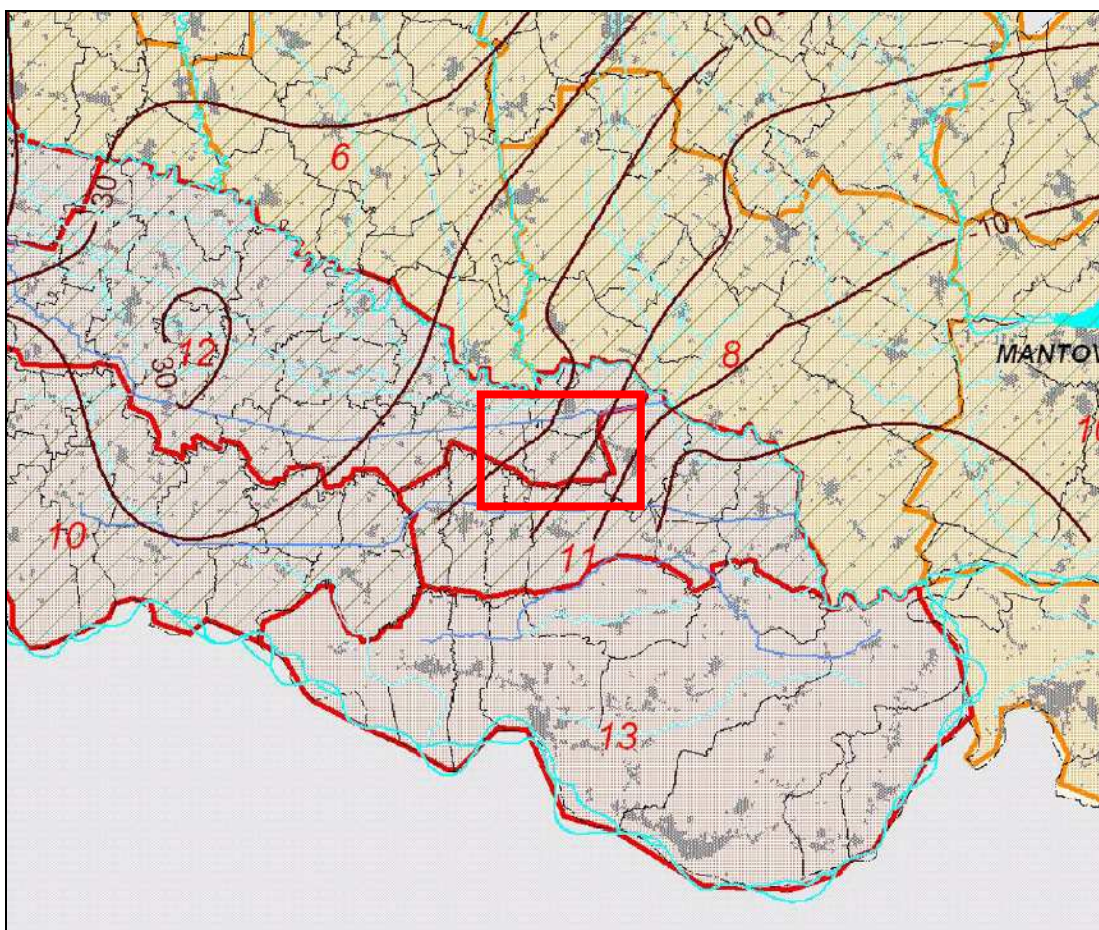
1. un esile circuito superficiale, che nel sottosuolo di Tornata assume caratteristiche da libero a confinato (si rammenta la presenza di coperture fini), viene alimentato sia da monte (secondo la direzione di deflusso idrogeologico) che per infiltrazione diretta (a seguito di precipitazioni meteoriche o durante la pratica irrigua) ed è ospitato in un deposito caratterizzato da una diffusa matrice sabbioso-limosa;
2. un circuito profondo (o confinato-artesiano), ospitato in orizzonti sabbiosi protetti al tetto da depositi impermeabili di significativo spessore ed estensione laterale; nel circuito profondo avviene un flusso in senso laterale con alimentazione da aree poste idrogeologicamente a monte.

Secondo i dati disponibili, i depositi permeabili che costituiscono la struttura acquifera più superficiale presentano spessori compresi entro 15-20 m, limitando in modo consistente la produttività del circuito idrogeologico rispetto alla media del territorio provinciale, già ridotta da una diffusa matrice sabbiosa-limosa. Oltre tale quota (circa 10 m s.l.m.) compaiono i primi orizzonti di spessore e continuità laterale significativa

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 (Unità ghiaioso-sabbiosa) e in acquifero profondo (Unità 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). In corrispondenza del Comune di Tornata, l'orizzonte di separazione tra la falda superficiale e la falda confinata dell'acquifero tradizionale è posto a una quota compresa fra circa 10 e 0 m s.l.m. (dedotta dalle isolinee di cui alla Tavola 3 del P.T.U.A), confermando nelle linee più generali il modello stratigrafico innanzi esposto.



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

Per il bacino Adda-Oglio - settore 12 (a cui appartiene il Comune di Tornata), il P.T.U.A. definisce il seguente bilancio idrico:

<b>SETTORE 12</b>			
<b>Prelievo medio areale</b>			0,52 l/s · km <sup>2</sup>
<b>Elementi del bilancio idrico:</b>			
<b>Entrate:</b>			
Afflusso della falda da monte	Settore 9	0,05	(m <sup>3</sup> /s)
Infiltrazione (piogge efficaci + irrigazioni)		0,22	(m <sup>3</sup> /s)
<b>TOTALE</b>		<b>0,27</b>	<b>(m<sup>3</sup>/s)</b>
<b>Uscite:</b>			
Deflusso della falda verso valle	Settore 11	0,07	(m <sup>3</sup> /s)
Deflusso laterale della falda	Settore 10	0,05	(m <sup>3</sup> /s)
Drenaggio del fiume Oglio		0,01	(m <sup>3</sup> /s)
Prelievi da pozzo		0,14	(m <sup>3</sup> /s)
<b>TOTALE</b>		<b>0,27</b>	<b>(m<sup>3</sup>/s)</b>

Per lo stesso settore viene definita una Classe Quantitativa “A” (rapporto prelievi-ricarica=0.63), corrispondente a una situazione di compatibilità tra disponibilità ed uso della risorsa. Per le acque sotterranee è prevedibile un uso sostenibile senza sostanziali conseguenze negative nel breve-medio periodo.

<b>Classe Quantitativa:</b> (Prelievi/Ricarica = 0,63)	A
	situazione attuale di compatibilità fra disponibilità e uso della risorsa: Uso sostenibile delle acque sotterranee senza prevedibili sostanziali conseguenze negative nel breve- medio periodo
<b>Classificazione livello di falda</b>	-2
<b>Classificazione stato quantitativo secondo D.Lgs. 152</b>	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.

E' stato svolta una ricerca della documentazione esistente presso i principali Enti che in qualche modo hanno "rapporti" con le acque sotterranee o che si occupano della loro gestione: i pozzi cartografati nella Tavola 4 sono quelli censiti presso il Comune di Tornata, nell'Atlante Ambientale della Provincia di Cremona e nell'elenco delle concessioni pubblicate sul B.U.R.L..

I pozzi censiti sul territorio con relativa numerazione, ubicazione e profondità, sono riportati nella tabella seguente che ne consente una facile individuazione sulla cartografia di Tavola 4.

ID	Proprietà	Uso	X	Y	Prof.
1	Padania Acque S.p.A.	chiuso	1612660	4995616	191,5
2	Padania Acque S.p.A.	Acquedotto	1614420	4994779	193
3	Padania Acque S.p.A.	Acquedotto	1612690	4995616	158
4	Padania Acque S.p.A.	Acquedotto	1612719	4995675	119,3
5	privato	domestico	1612592	4995610	
6	privato	domestico	1612451	4995473	
7	privato	domestico	1612449	4995359	
8	privato	domestico	1614452	4995679	
9	privato	domestico	1614629	4995698	
10	privato	domestico	1614335	4995290	
11	privato	domestico	1614407	4995766	
12	privato	domestico	1614436	4995541	
14	privato	domestico	1614386	4996811	100
15	privato	domestico	1612515	4995295	
16	privato	domestico	1612507	4995748	
16	privato	domestico	1612719	4995675	
17	privato	irriguo	1612181	4996011	50
18	privato	domestico	1612150	4996938	115
19	privato	domestico	1614472	4996083	160
20	privato	zootecnico	1611503	4996210	115
21	privato	domestico	1612629	4995605	



2. soggiacenza compresa fra 2 e 5 m, nella maggior parte del territorio comunale (la soggiacenza è comunque mediamente compresa fra 2-3 m dal piano campagna, con un sensibile quanto modesto incremento dei valori nel settore settentrionale).

Quanto sopra conferma come il sistema idrografico di superficie, centrato sulla presenza del fiume Oglio (verso N) e della sua confluenza in Po (verso E), ed 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, 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.

## **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 relazione alla permeabilità verticale e orizzontale dell'acquifero superficiale e del mezzo insaturo sovrastante, non esistono 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 utilizzando il seguente criterio di valutazione:

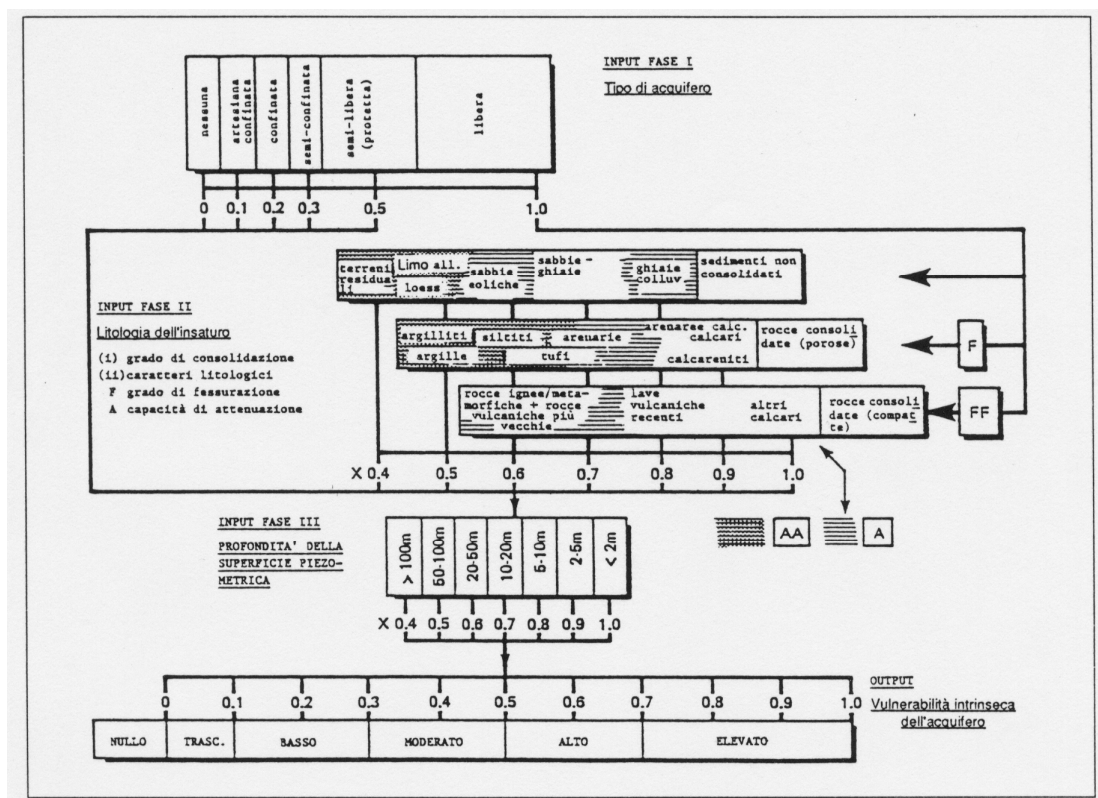
k (cm/s)	$10^2$	10	1	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$
k (m/s)	1	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$	$10^{-10}$	$10^{-11}$
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona	Discreta	Bassa	BB	Impermeabile					
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)

Si tratta in genere di terreni superficiali con permeabilità da discreta a bassa (sabbia e sabbia limosa), ad eccezione delle aree in cui affiorano coperture fini di natura limosa o limo-argillosa in cui la permeabilità si riduce in modo significativo.

Integrando i dati disponibili, l'acquifero più superficiale è stato successivamente valutato anche in termini di vulnerabilità intrinseca attraverso il metodo GOD (messo a punto dal British Geological Survey - Foster, 1987), il quale utilizza come dati d'ingresso le seguenti

proprietà (indicizzate): il tipo di acquifero, la litologia dell'insaturo e la profondità della superficie piezometrica.



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

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

1. **VULNERABILITA' DA MODERATA AD ALTA** - L'acquifero si presenta da semilibero a libero; solo localmente e in modo discontinuo, la presenza di terreni fini di copertura mitiga il grado di esposizione dell'acquifero sottostante, la cui soggiacenza è generalmente modesta.
2. **VULNERABILITA' DA BASSA A MODERATA** – Sono le aree in cui l'acquifero è generalmente confinato o semiconfinato da depositi fini (seppure di spessore modesto), i quali riducono gli indici di vulnerabilità di una falda poco profonda.

Sulla base di quanto esposto si evince come la vulnerabilità intrinseca costituisca un fattore caratteristico del territorio: sarà pertanto necessario valutare puntualmente la vulnerabilità



intrinseca dell'acquifero ogni volta che ci si appresta alla progettazione di attività potenzialmente impattanti sulle acque sotterranee.

Con il termine di “vulnerabilità intrinseca”, infatti, viene generalmente indicata la sensibilità 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 sarà possibile determinare il livello di rischio idrogeologico degli acquiferi.

## **8. PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE**

### **8.1 Zonazione sismica nazionale ed inquadramento del territorio di Tornata**

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.

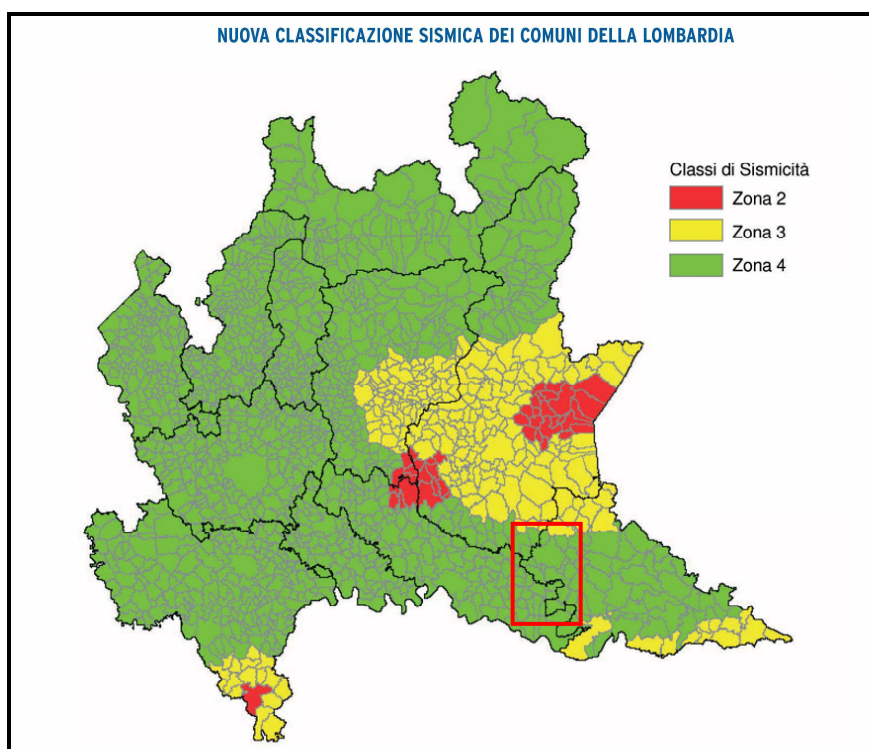
In seguito al terremoto del 31 ottobre 2002 che provocò a San Giuliano di Puglia il crollo di una scuola e al verificarsi di eventi sismici calamitosi in zone non classificate sismiche (il Comune di San Giuliano di Puglia era classificato come non sismico) sono stati emanati i "Criteri per l'individuazione, 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, la vigente O.P.C.M. 3274 stabilisce una nuova classificazione sismica del territorio nazionale utilizzando e aggiornando quella proposta nel 1998. La nuova classificazione è articolata in 4 zone, ciascuna contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag) 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 tale classificazione, il territorio comunale di Tornata 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 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 8.1:** valori di accelerazione orizzontale massima in funzione della zona sismica.

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 sismica 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 insistenti 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 Tornata 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:

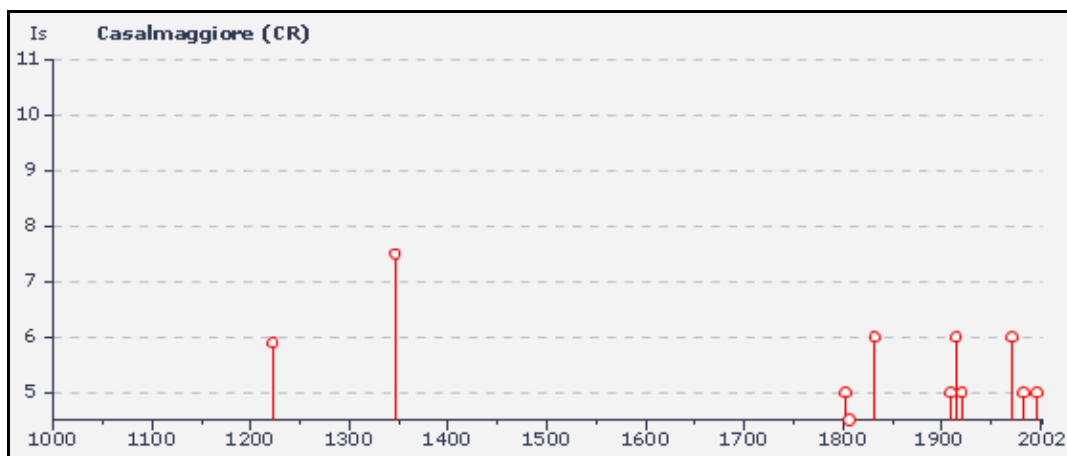
- l'area comunale e quella bassa cremonese, nel loro complesso, sono caratterizzate da eventi sismici piuttosto sporadici e di intensità massima rilevata dell'ordine del VI-VII grado della scala Mercalli;
- le località epicentrali per gli eventi che hanno prodotto i maggiori risentimenti/danni (osservazioni 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 Casalmaggiore e Piadena, i centri più importanti fra quelli vicini catalogati.

### Storia sismica di Casalmaggiore (CR)

Osservazioni disponibili: 25

Effetti	In occasione del terremoto:							AE	Io	Mw
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se				
7-8	1346	02	22	11			Ferrara	7-8	5.81	
6-7	<u>1829</u>	<u>09</u>	<u>06</u>	<u>19</u>	<u>30</u>		CREMONA	6-7	5.03	
6	1832	03	13	03	30		Reggiano	7-8	5.59	
6	1914	10	27	09	22		GARFAGNANA	7	5.79	
6	1971	07	15	01	33	23	Parmense	7-8	5.61	
5	1802	05	12	09	30		Valle dell'Oglio	8	5.67	
5	1909	01	13	45			BASSA PADANA	6-7	5.53	
5	1920	09	07	05	55	40	Garfagnana	9-10	6.48	
5	1983	11	09	16	29	52	Parmense	6-7	5.10	
5	1996	10	15	09	55	60	CORREGGIO	7	5.44	
5-6	<u>1522</u>	<u>10</u>	<u>05</u>	<u>08</u>			CREMONA	5-6	4.63	
4-5	1806	02	12				NOVELLARA	7	5.26	
4	1913	11	25	20	55		VAL DI TARO	5	4.85	
4	1919	06	29	15	06	13	Mugello	9	6.18	
F	1276	07	28	18	30		Italia settent.	6	5.11	
F	1857	02	01				PARMENSE	6-7	5.26	
F	1986	12	06	17	07	19	BONDENO	6	4.56	
3-4	1810	12	25	45			NOVELLARA	7	5.28	
3-4	1916	05	17	12	50		Alto Adriatico	8	5.85	
3-4	1987	05	02	20	43	53	REGGIANO	6	5.05	
3-4	1989	09	13	21	53	60	PASUBIO	6	4.96	
3	1907	04	25	04	52		BOVOLONE	6	4.94	
2-3	1931	04	14	22	13		GIUDICARIE	6	4.89	
NC	1222	12	25	11			Basso bresciano	8-9	6.05	
NF	1904	06	10	11	15	28	Frignano	6	5.08	
NF	1911	02	19	07	18	30	Romagna meridionale	7	5.38	
NF	1915	01	13	06	52		AVEZZANO	11	6.99	

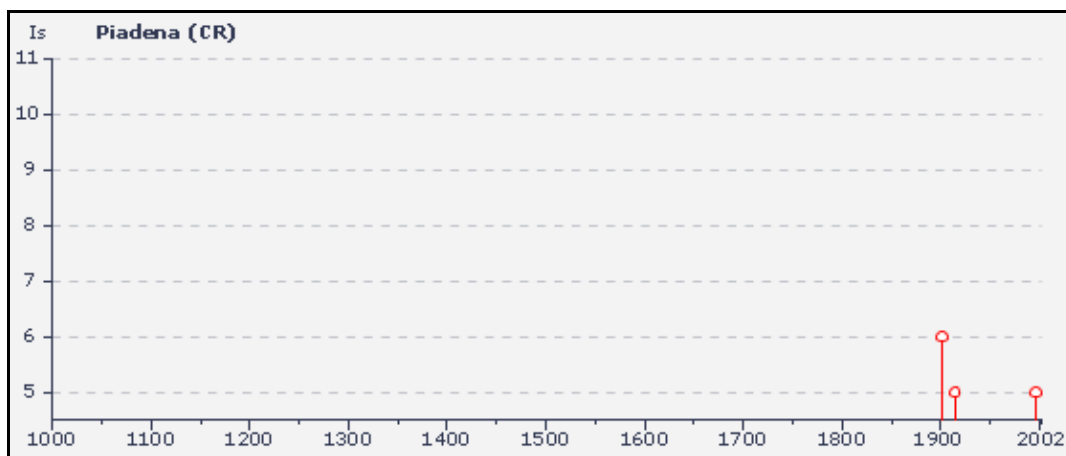




### Storia sismica di Piadena (CR)

Osservazioni disponibili: 7

Effetti	In occasione del terremoto:									
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw	
6	1901	10	30	14	49	58	Salò'	8	5.67	
5	1914	10	27	09	22		GARFAGNANA	7	5.79	
5	1996	10	15	09	55	60	CORREGGIO	7	5.44	
4	1983	11	09	16	29	52	Parmense	6-7	5.10	
4	1987	05	02	20	43	53	REGGIANO	6	5.05	
3	1989	09	13	21	53	60	PASUBIO	6	4.96	
NF	1900	03	04	16	55		VALDOBBIADENE	6	5.22	



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

<b>LonEp</b>	Longitudine dell'epicentro	CPTI04
<b>Maw</b>	Magnitudo momento	CPTI04
<b>Daw</b>	Errore associato alla stima di Maw	CPTI04
<b>Top</b>	Denominazione della località	DIR04
<b>Sc</b>	Casi particolari	DIR04
<b>Lat</b>	Latitudine	DIR04
<b>Lon</b>	Longitudine	DIR04
<b>Is</b>	Intensità al sito (scala MCS)	
<b>Cou</b>	Codice della nazione di appartenenza della località	
<b>Istat01</b>	Codice ISTAT 2001 del comune di appartenenza della località	
<b>Pr</b>	Sigla della provincia di appartenenza della località	
<b>LocOr</b>	Denominazione della località secondo lo studio originale	Originale
<b>LatOr</b>	Latitudine della località secondo lo studio originale	Originale
<b>LonOr</b>	Longitudine della località secondo lo studio originale	Originale
<b>IsOr</b>	Intensità al sito secondo lo studio originale	Originale

Dal catalogo si nota come nessun sisma risulti localizzato entro il territorio del Comune di Tornata mentre gli eventi più vicini sono quelli del 1829 e del 1522 con epicentro a Cremona, lontano da importanti zone sismogenetiche: si potrebbe trattare di fenomeni di rilascio tensionale legati a una struttura profonda (nota anche come “Sinclinale di Cremona”) considerata ancora attiva nel Quaternario.

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 Tornata, 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 da quella in esame (soprattutto provenienti dalla zona del margine dell’Appennino romagnolo).

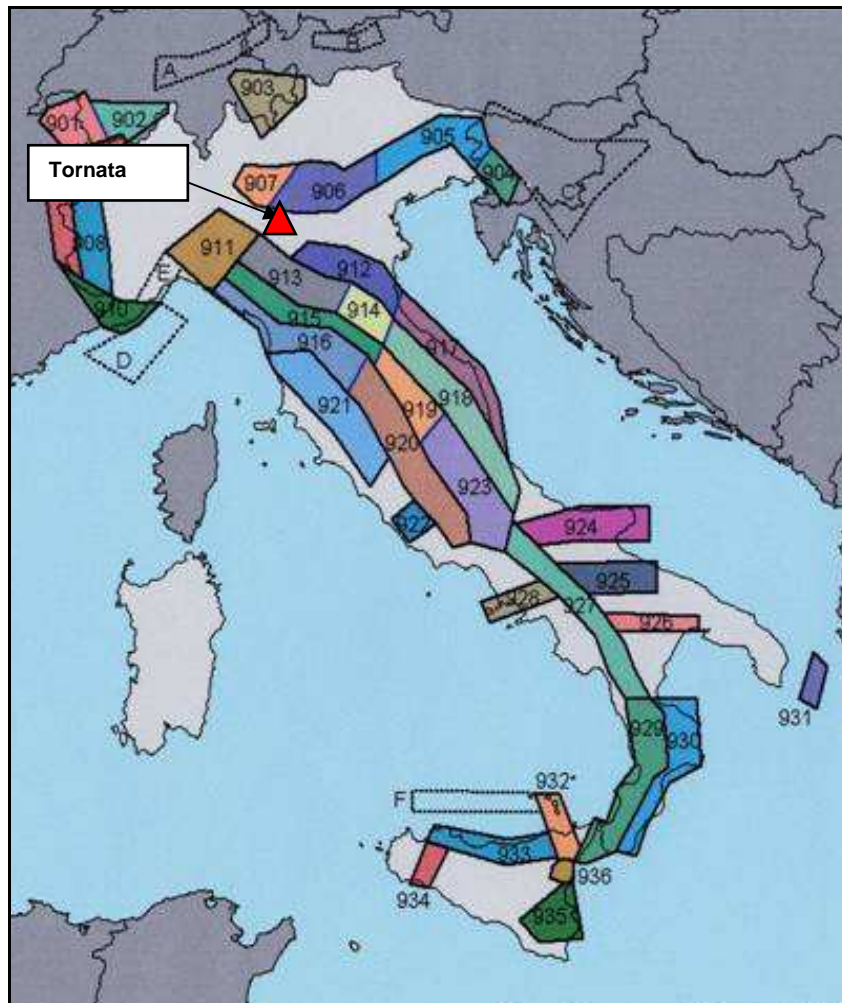


Figura 8.2: Individuazione delle zone sismogenetiche in cui è suddiviso il territorio nazionale - zonazione sismogenetica ZS9 (INGV 2004).

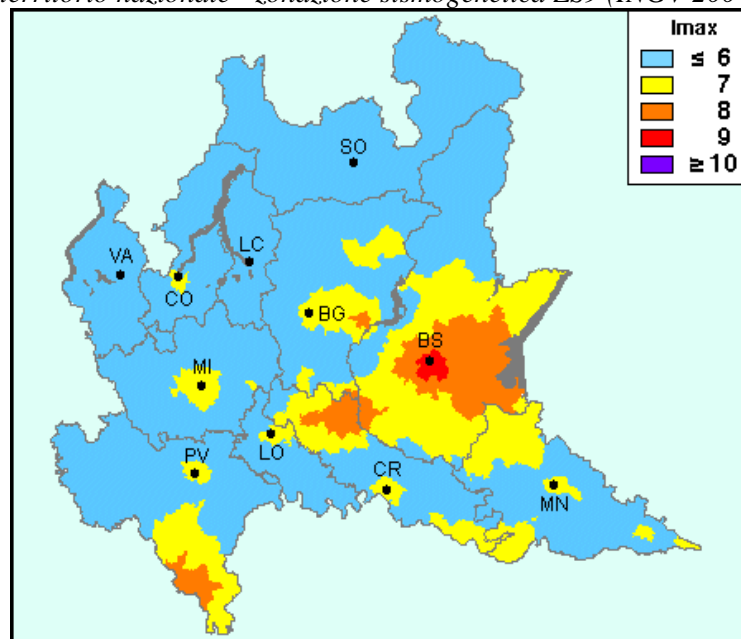


Figura 8.3: Carta della massima intensità macrosismica attesa in Lombardia (Moliniet et al., 1996).

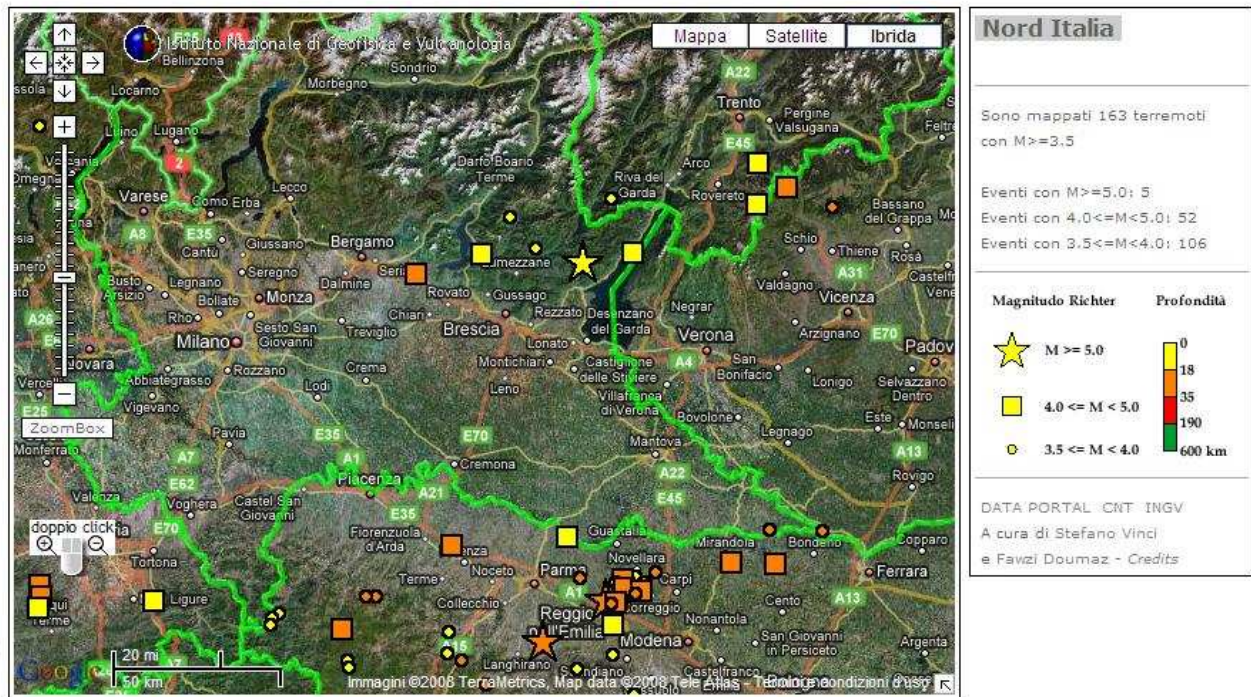


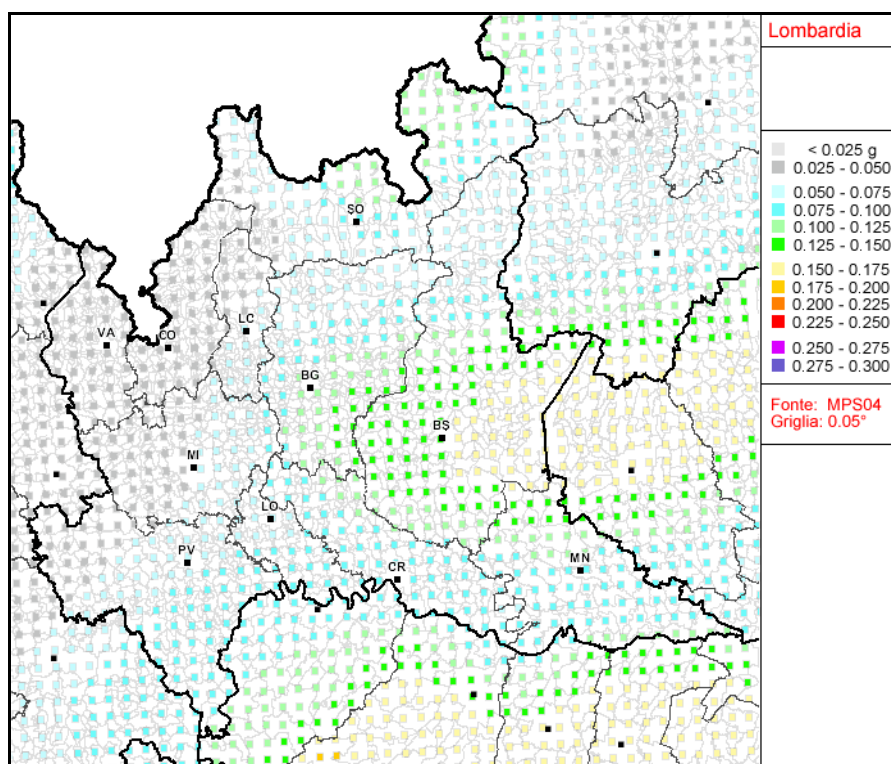
Figura 8.4: Ubicazione dei terremoti recenti – periodo 1981-2006 (INGV).

### 8.3 Pericolosità sismica

Come accennato nel paragrafo 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 Tornata il valore di  $a_g$  atteso risulta compreso tra **0.075 e 0.100 g**, ovvero può assumere valori superiori rispetto a quello previsto dalla normativa per la zona sismica 4 (D.M. 14.09.2005, tabella 8.1).



**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).

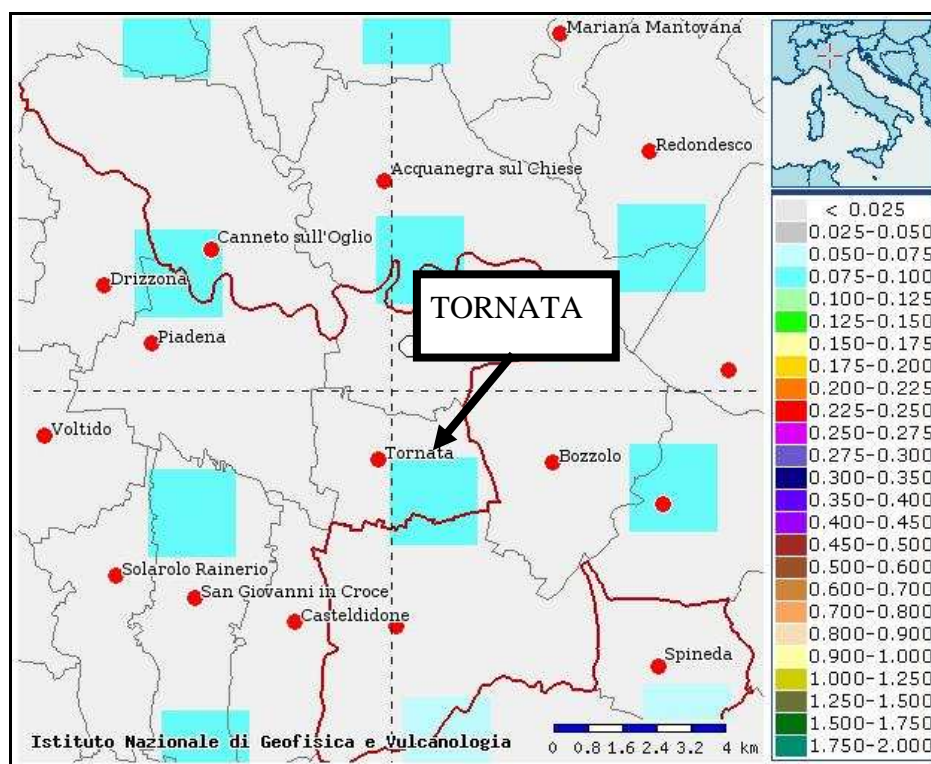
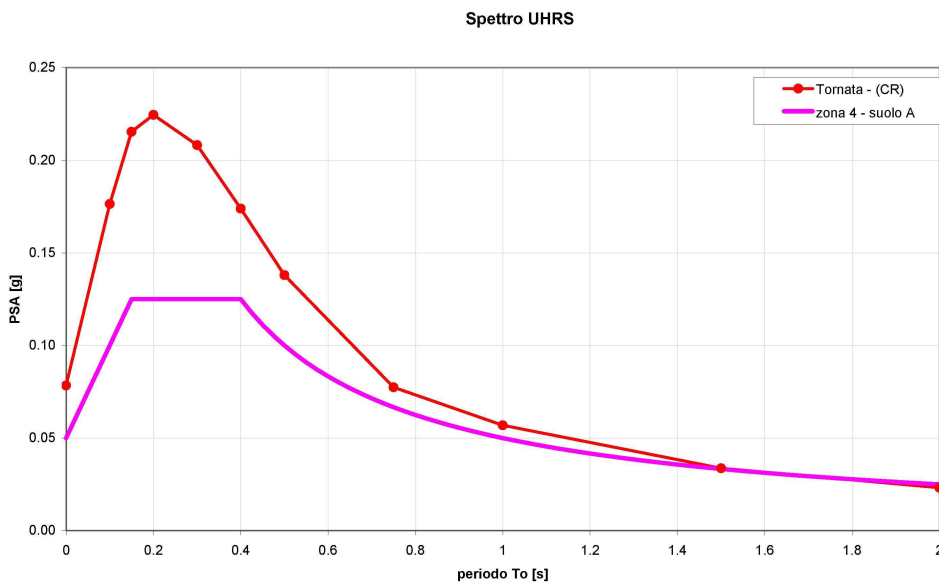


Figura 8.6: Mappa della pericolosità sismica relativa all'area di Tornata.

Tuttavia, i soli valori di ag 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).



**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 diffratto. 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. 8/7374/2008 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:

	<b>LIVELLI DI APPROFONDIMENTO E FASI DI APPLICAZIONE</b> <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>
<b>Zona sismica 2-3</b>	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
<b>Zona sismica 4</b>	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 Tornata, 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.

Secondo le informazioni stratigrafiche e di prima caratterizzazione geotecnica, si tratta di depositi granulari da poco a mediamente addensati e terreni limo-argillosi, presumibilmente identificabili con una categoria di suolo del tipo C (Depositati di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/s)<sup>(1)</sup>.

<sup>1</sup>  $V_{s30}$  è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio, calcolata come

In questa fase di studio e in assenza di previsione di strutture strategiche e rilevanti (con le debite eccezioni per le opere autostradali in progetto le cui valutazioni sono state debitamente eseguite in fase di progettazione specifica), l'analisi sismica si è limitata al 1° livello di approfondimento (secondo quanto stabilito dalla D.G.R. n. 8/7374/2008) e il risultato finale è rappresentato nella cartografia di Tavola 6.

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
<b>Z1a</b>	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
<b>Z1b</b>	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
<b>Z1c</b>	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
<b>Z2</b>	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
<b>Z3a</b>	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
<b>Z3b</b>	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
<b>Z4a</b>	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi.	Amplificazioni litologiche e geometriche
<b>Z4b</b>	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
<b>Z4c</b>	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
<b>Z4d</b>	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	

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

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

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

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

Considerati gli scenari di pericolosità sismica locale individuati sul territorio di Tornata, 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 i successivi livelli di approfondimento, così come previsto dalla D.G.R. n. 8/7374/2008.

## 9. CARTA DI SINTESI

La Carta di Sintesi (Tavola 7) costituisce il documento nel quale vengono riassunti tutti i fenomeni naturali ed antropici che costituiscono una limitazione geologica alle scelte urbanistiche: realizzata alla scala 1:10.000, l'elaborato contiene gli elementi più significativi emersi nella fase di analisi.

Nella cartografia di sintesi di Tavola 7 sono stati rappresentati i lineamenti più significativi dopo aver classificato l'intero territorio comunale per aree omogenee; in quest'ultima operazione sono stati presi in considerazione i seguenti parametri:

1. **LITOLOGIA DEI TERRENI SUPERFICIALI** - Per quanto riguarda l'aspetto litologico e geotecnico dei terreni (trattato in specifico capitolo), si ritiene che esso non costituisca un fattore limitante per il territorio di Tornata: la condizione sarà quella di verificare la natura litologica e geotecnica dei terreni di fondazione in caso di nuove strutture, ricorrendo ad adeguate indagini geognostiche in conformità a quanto previsto dal D.M. 11.03.1988 e dal D.M. 14.09.2005 e ss.mm.ii..
2. **SOGGIACENZA MEDIA DELLA PRIMA FALDA** - Vista la presenza di una falda a anche a profondità limitata, è presumibile che la generale saturazione dei depositi naturali contribuisca ad un peggioramento delle loro caratteristiche geotecniche, da considerare nella caratterizzazione geotecnica dei terreni. 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.). Saranno soggette a specifica limitazione le aree caratterizzate da falda per le quali è stata misurata una soggiacenza inferiore a 2 m.
3. **VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE** – Anche per questo elemento è stato sviluppato discorso specifico in quanto, di fatto, la prima falda presenta indici di vulnerabilità intrinseca variabili, legati soprattutto allo sviluppo di locali coperture fini di protezione dell'acquifero. Si ribadisce come qualsiasi intervento che possa rappresentare un potenziale centro di pericolo per la risorsa idrica sotterranea debba richiedere un puntuale studio in relazione alla locale vulnerabilità dei corpi acquiferi.

Tra i lineamenti idrogeologici/idrografici, sono stati cartografati tutti *i corpi idrici superficiali* già assoggettati a specifico regolamento di polizia idraulica.

E' stata inoltre cartografata l'esile scarpata morfologica che si sviluppa lungo il confine occidentale del territorio comunale (già assoggettata a specifico vincolo del P.T.C.P.).

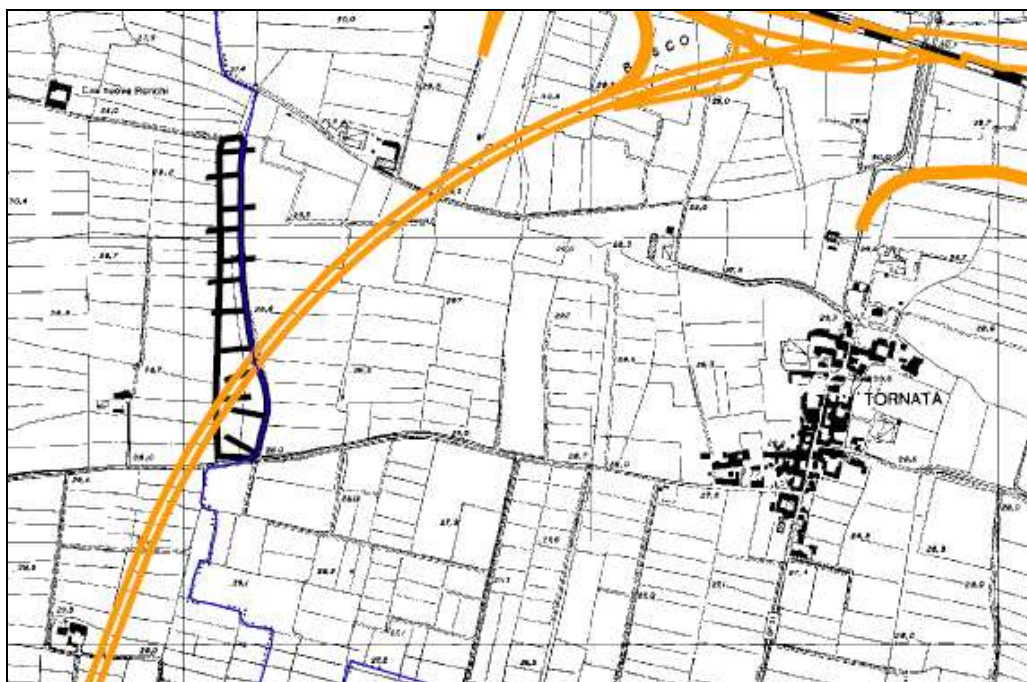
Sebbene di origine antropica, sono stati evidenziati i **pozzi acquedottistici e le relative fasce di tutela assoluta e di rispetto** in quanto aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico (già assoggettate a specifico vincolo normativo).

## 10. CARTA DEI VINCOLI GEOLOGICI

Nella Tavola 8 sono stati cartografati i vincoli normativi di natura fisico-ambientale e geologica limitanti nella fattibilità geologica delle azioni di piano.

In assenza di azzonamenti relativi alle fasce fluviali del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), tra i vincoli sono stati cartografati:

1. 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. 368/1904; R.D. 523/1904 e s.m.i.);
2. le **zone di protezione dei pozzi ad uso potabile-acquedottistico** per il quale la normativa vigente (D.Lgs. 152/06) fissa, secondo criteri geometrici, una fascia di rispetto estesa 200 metri dalle strutture di captazione e una fascia di tutela assoluta di 10 m (pozzi n. 3 e 4 presso il capoluogo). Per quanto concerne il pozzo presso Romprezzagno, invece, la fascia di rispetto è stata ridotta da 200 m a 10 m, venendo così a coincidere con quella di tutela assoluta dell'opera di captazione;
3. la **scarpata morfologica secondaria** che si sviluppa lungo il confine occidentale, assoggettata a specifica tutela da parte del P.T.C.P. della Provincia di Cremona.



Stralcio della Tavola 4 del P.T.C.P. “Carta delle tutele e delle Salvaguardie”(scala modificata)

## **11. ALLEGATO 1: Risultati delle indagini geotecniche sul territorio <sup>(2)</sup>**

---

<sup>2</sup> *La numerazione si riferisce alle prove rappresentate in Tavola n. 2 “Carta pedologica e di prima caratterizzazione litotecnica”*

## TRINCEE ESPLORATIVE

<b>T1:</b>					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.40		Terreno vegetale
Da	0.40	a	0.80	ML	Limo con sabbia molto fine
Da	0.80	a	1.80	SW	Sabbia da molto fine a fine ben assortita di colore nocciola
Da	1.80	a	3.60	ML	Limo argilloso molto consistente e poco plastico di colore nocciola
<i>falda: -3.00m</i>					

<b>T2:</b>					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0,00	a	0.20		Terreno vegetale
Da	0.20	a	0.60	CL	Argilla limosa consistente poco plastica di colore marrone
Da	0.60	a	1.10	ML	Limo molto consistente poco plastico di colore nocciola
Da	1.10	a	1.30	SM	Sabbia molto fine limosa di colore nocciola
Da	1.30	a	2.40	SW	Sabbia fine ben assortita di colore grigio
Da	2.40	a	2.50	ML	Limo argilloso molto consistente poco plastico di colore nocciola
Da	2.50	a	3.70	SW	Sabbia fine ben assortita di colore nocciola
<i>falda: assente</i>					

<b>T3:</b>					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Terreno vegetale
Da	0.30	a	0.40	CL	Argilla limosa molto consistente poco plastica di colore marrone
Da	0.40	a	1.70	ML	Limo sabbioso di colore nocciola
Da	1.70	a	2.20	SM	Sabbia molto fine con limo di colore grigio
Da	2.20	a	3.00	SW	Sabbia da molto fine a fine ben assortita di colore grigio
<i>falda: assente</i>					



<b>T4:</b>					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0,20		Terreno vegetale
Da	0.20	a	0.50	CL	Argilla limosa molto consistente poco plastica di colore marrone
Da	0.50	a	2.20	ML	Limo argilloso consistente poco plastico di colore nocciola
Da	2.20	a	3.20	SW	Sabbia molto fine ben assortita di colore grigio
falda: - 2.40 m					

<b>T5:</b>					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.40		Terreno vegetale
Da	0.40	a	1.10	CL	Argilla limosa molto consistente poco plastica di colore nocciola
Da	1.10	A	1.60	SM	Sabbia molto fine limosa di colore nocciola
Da	1.60	a	3.00	SW	Sabbia da molto fine a fine di colore nocciola
falda: - 2.70 m					

<b>T6:</b>					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.20		Terreno vegetale
Da	0.20	a	0.40	CL	Argilla limosa molto consistente poco plastica di colore nocciola
Da	0.40	a	1.60	ML	Limo molto consistente poco plastico di colore nocciola
Da	1.60	a	3.10	SM	Sabbia molto fine limosa di colore nocciola
falda: -2.80 m					

<b>T7:</b>					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Terreno vegetale
Da	0.30	a	0.70	CL	Argilla limosa consistente plastica di colore marrone
Da	0.70	a	1.60	ML	Limo sabbioso di colore nocciola
Da	1.60	a	2.60	SM	Sabbia da molto fine a fine limosa di colore nocciola
<i>falda: - 2.30 m</i>					

<b>T8:</b>					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.20		Terreno vegetale
Da	0.20	a	1.90	ML	Limo con argilla molto consistente poco plastico di colore nocciola
Da	1.90	a	2.60	ML	Limo molto consistente poco plastico di colore nocciola
Da	2.60	a	3.60	SM	Sabbia molto fine ben assortita di colore nocciola
<i>falda: - 3.00 m</i>					

<b>T9:</b>					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.20		Terreno vegetale
Da	0.20	a	1.20	ML	Limo argilloso molto consistente poco plastico di colore nocciola
Da	1.20	a	2.00	ML	Limo molto consistente poco plastico di colore nocciola
<i>falda: -1.60 m</i>					

<b>T10:</b>					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Terreno vegetale
Da	0.30	a	1.60	CL	Argilla limosa molto consistente poco plastica di colore marrone
Da	1.60	a	2.40	CL	Argilla limosa molto consistente poco plastica di colore grigio chiaro
<i>falda: -2.20 m</i>					

<b>T11:</b>					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.10		Terreno vegetale
Da	0.10	a	1.00	SM	Sabbia media con limo di colore marrone
Da	1.00	a	2.50	SW	Sabbia fine ben assortita di colore grigio
<i>falda: - 2.50 m</i>					

<b>T12:</b>					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0,20		Terreno vegetale
Da	0.20	a	1.10	SM	Sabbia media con limo di colore nocciola
Da	1.10	a	2.50	SW	Sabbia fine ben assortita di colore grigio
<i>falda: 2.40 m</i>					

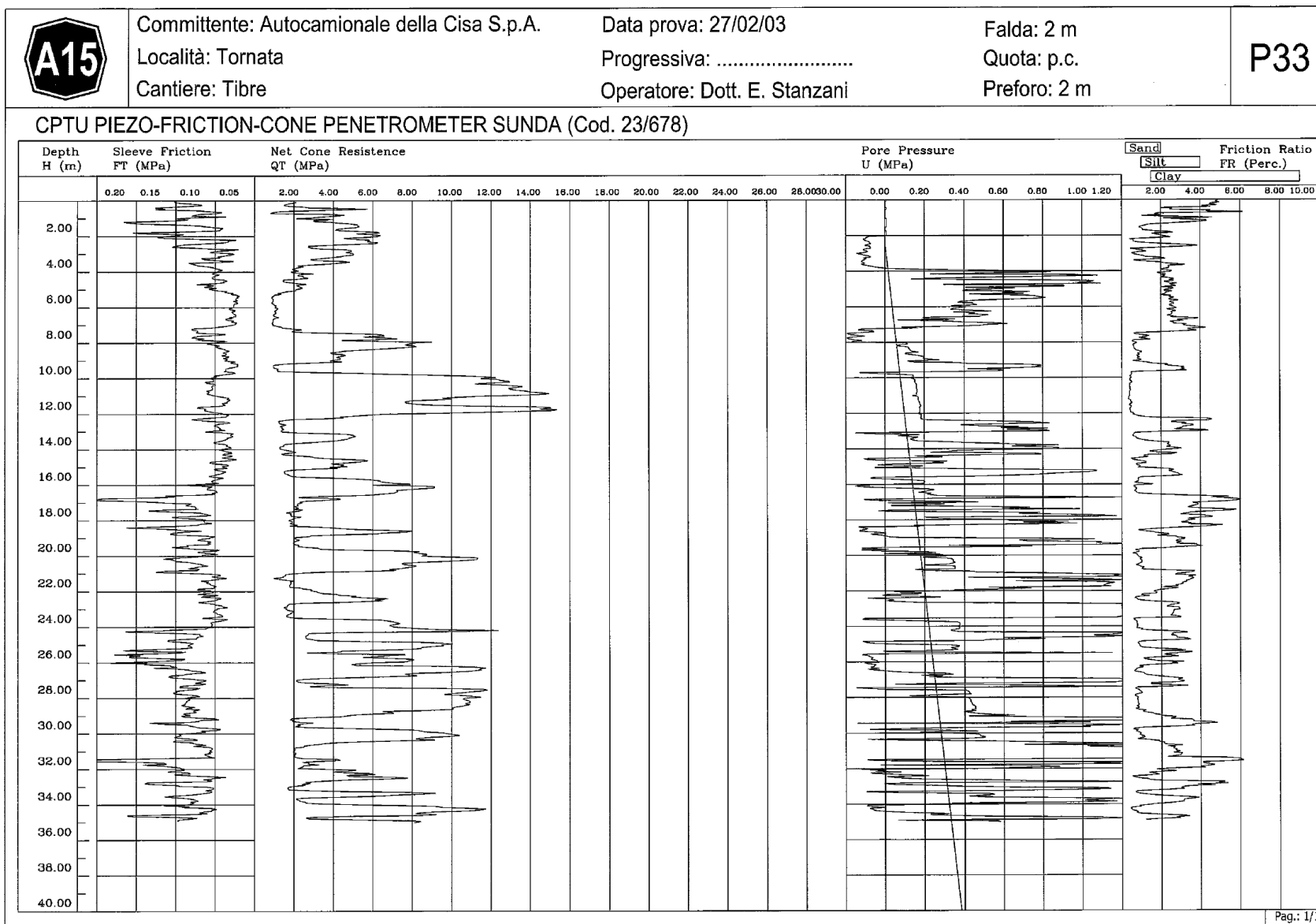
<b>T13:</b>					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.30		Terreno vegetale
Da	0.30	a	1.40	CL	Sabbia molto fine con limo di colore nocciola
Da	1.40	a	2.50	SW	Sabbia da molto fine a fine ben assortita di colore nocciola
Da	2.50	a	3.50	SM	Sabbia molto fine con limo di colore nocciola
<i>falda: assente</i>					

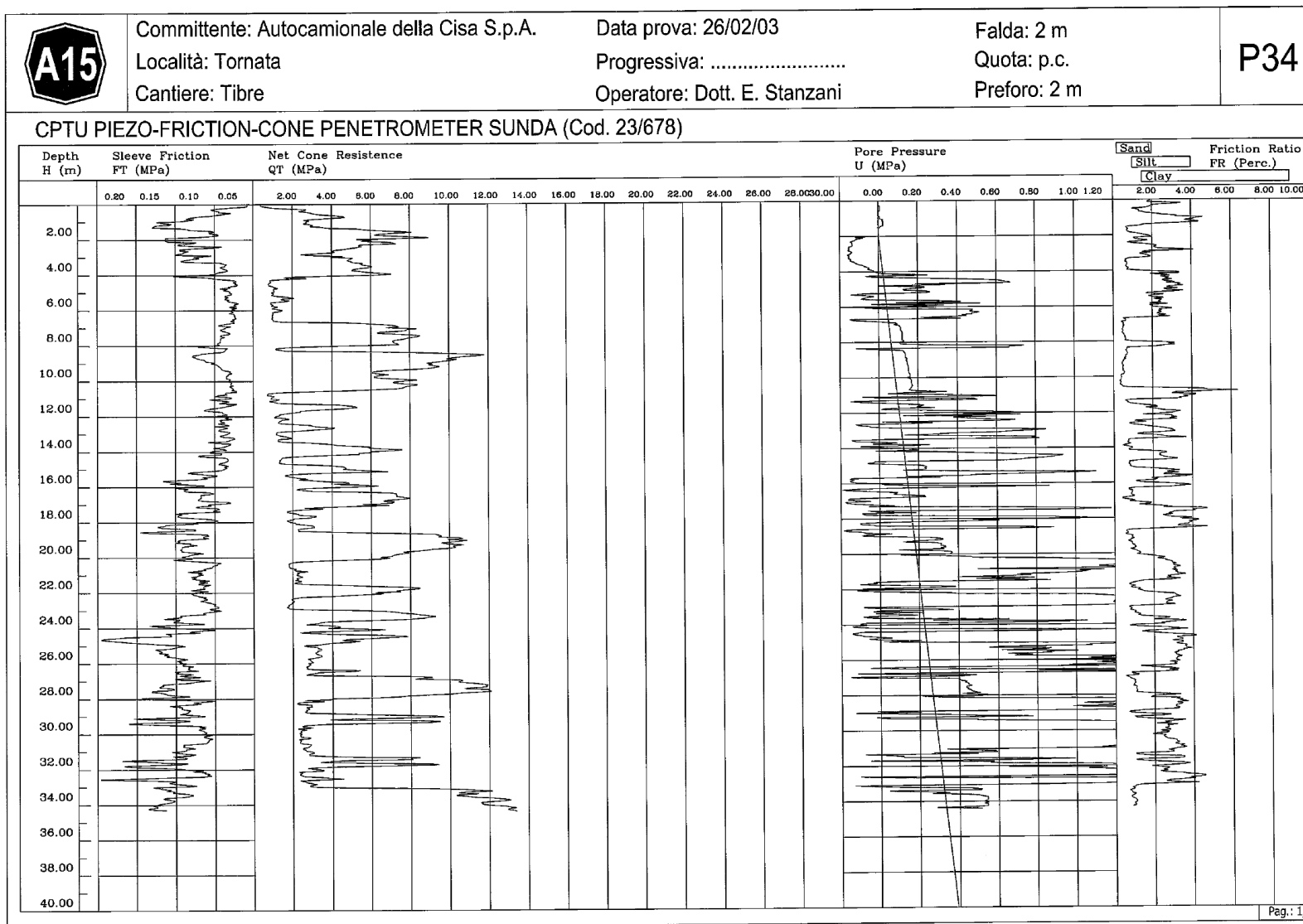
<b>T14:</b>					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione</u> <u>USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.20		Terreno vegetale
Da	0.20	a	0.50	CL	Argilla limosa molto consistente poco plastica di colore marrone
Da	0.50	a	1.30	ML	Limo sabbioso molto fine di colore grigio chiaro
Da	1.30	a	2.50	SW	Sabbia fine ben assortita di colore nocciola
<i>falda: -1.60 m</i>					

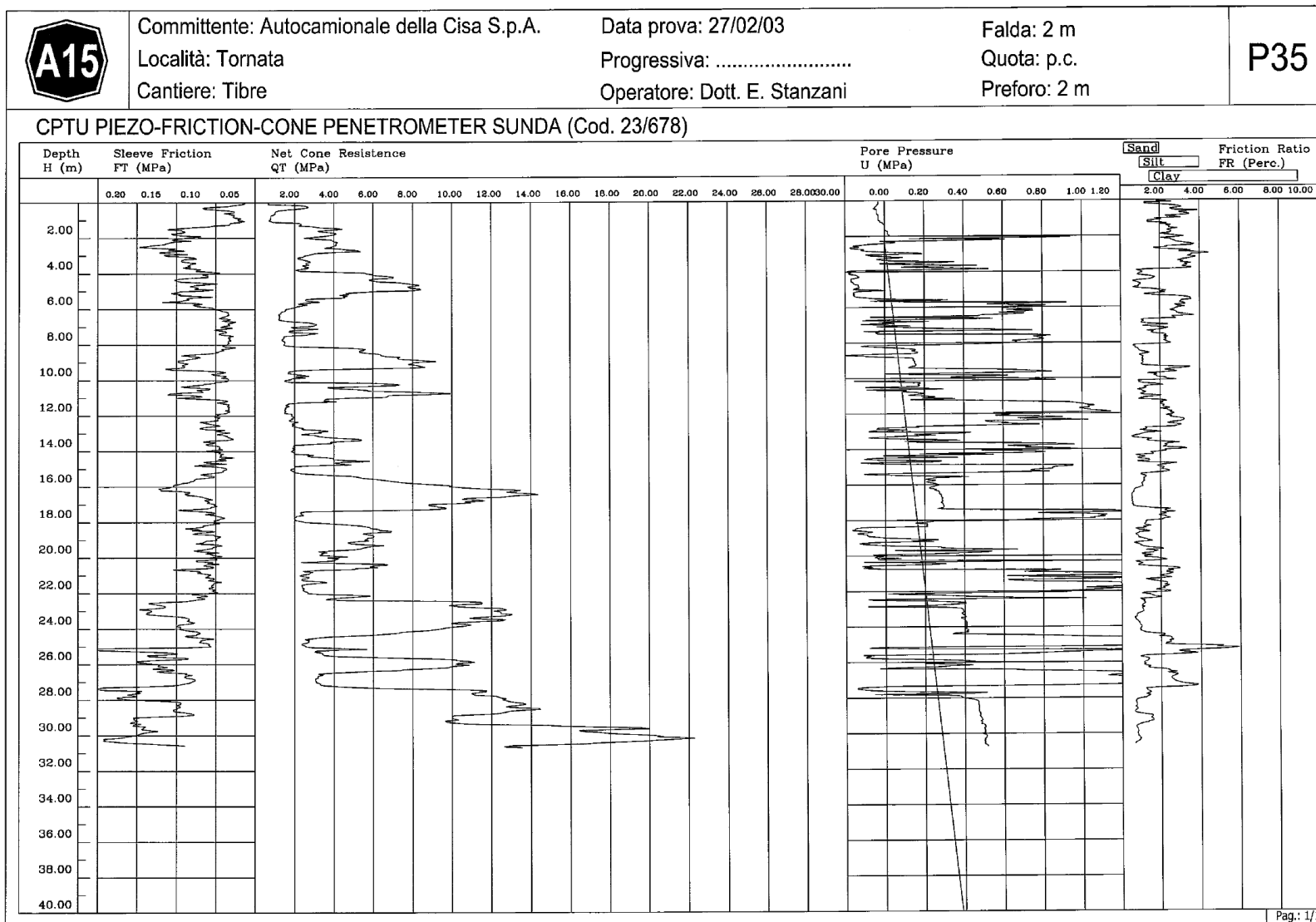
*INDAGINI GEOTECNICHE<sup>3</sup> Estratte da “AUTOSTRADA DELLA CISA S.p.A. – Corridoio plurimodale Tirreno-Brennero” (Progetto Definitivo disponibile presso l’Archivio Comunale)*

---

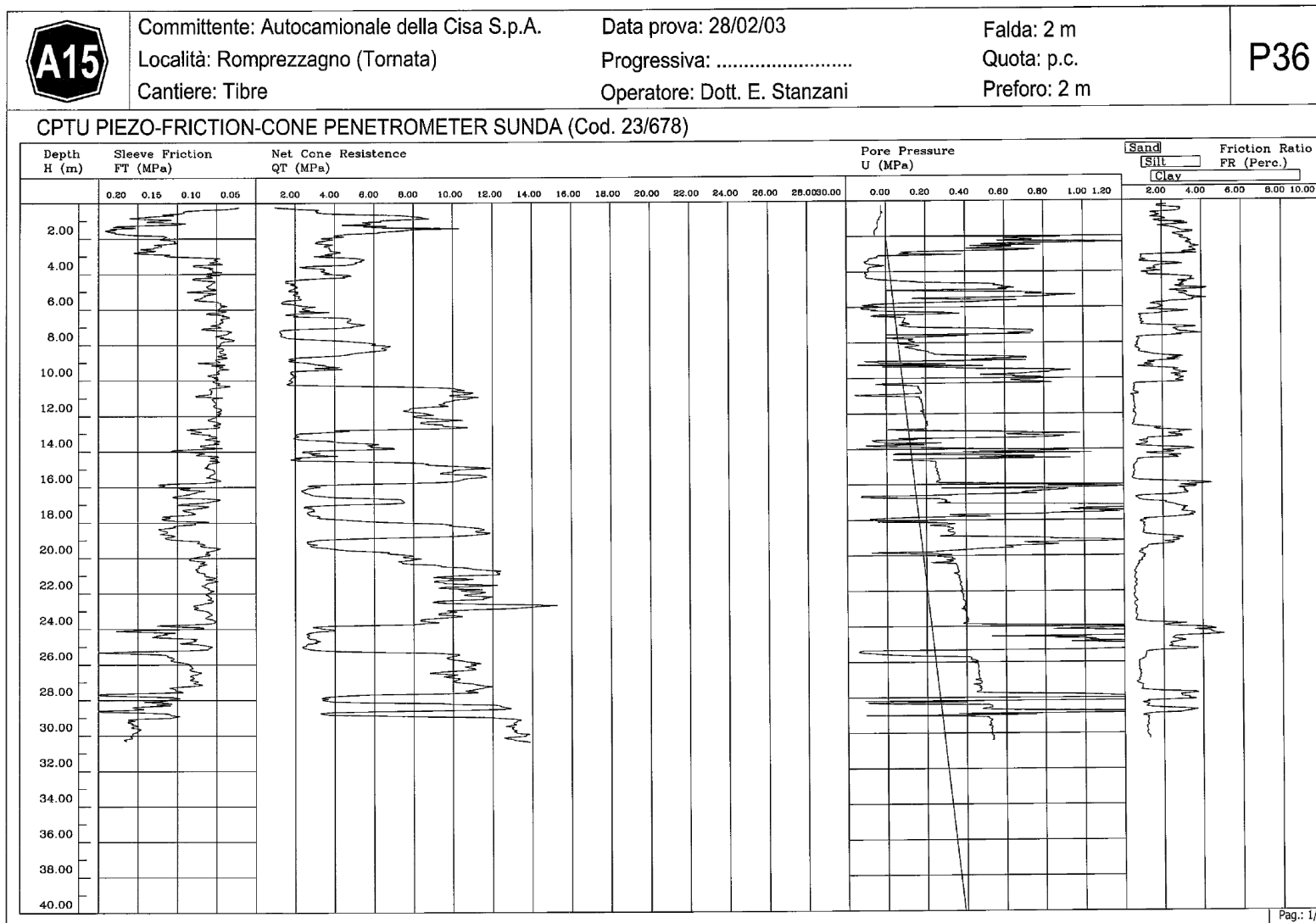
<sup>3</sup> La numerazione si riferisce alle prove rappresentate in Tavola n. 2 “Carta pedologica e di prima caratterizzazione litotecnica

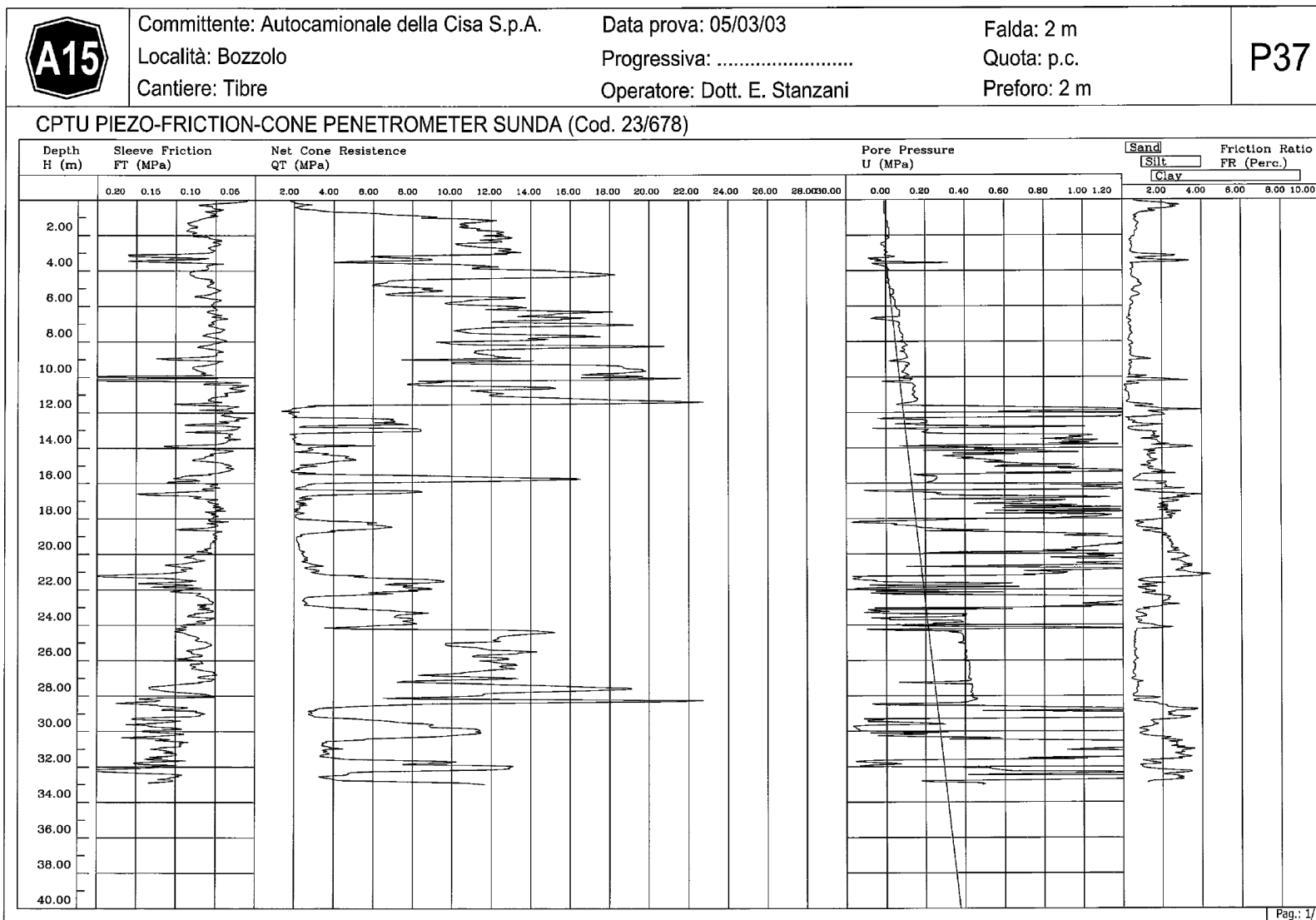






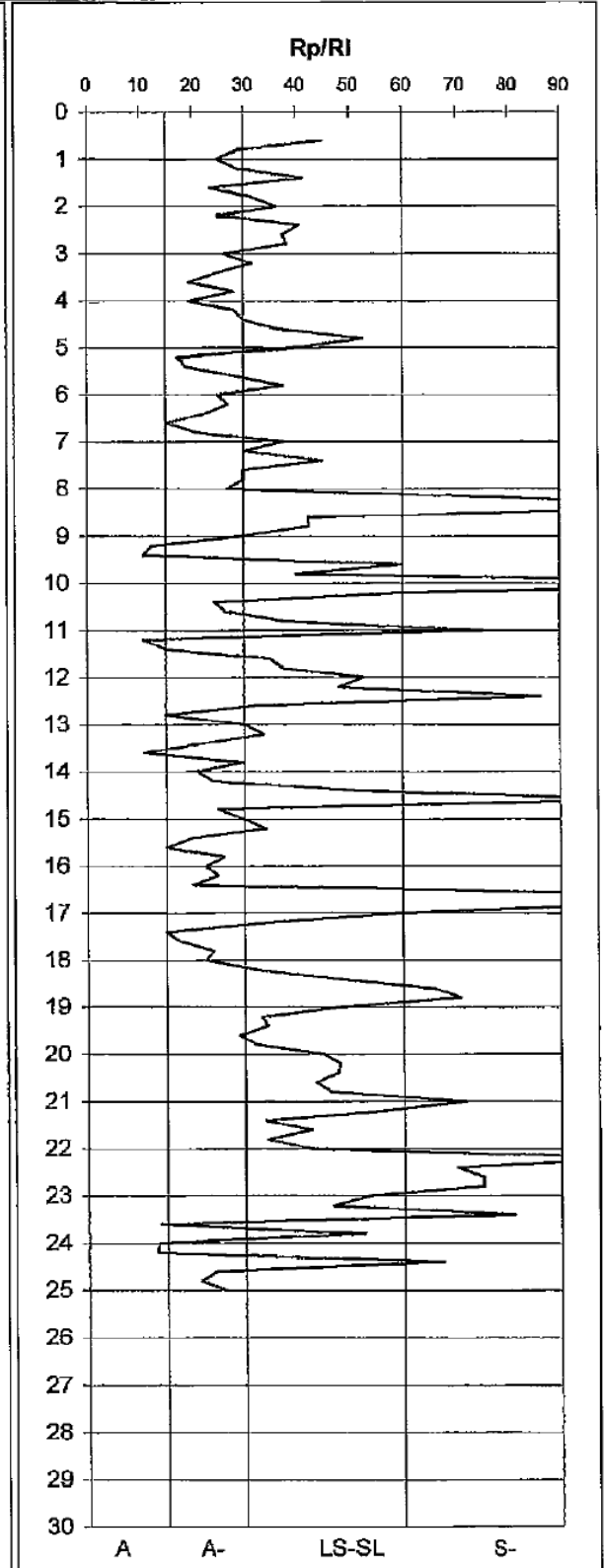
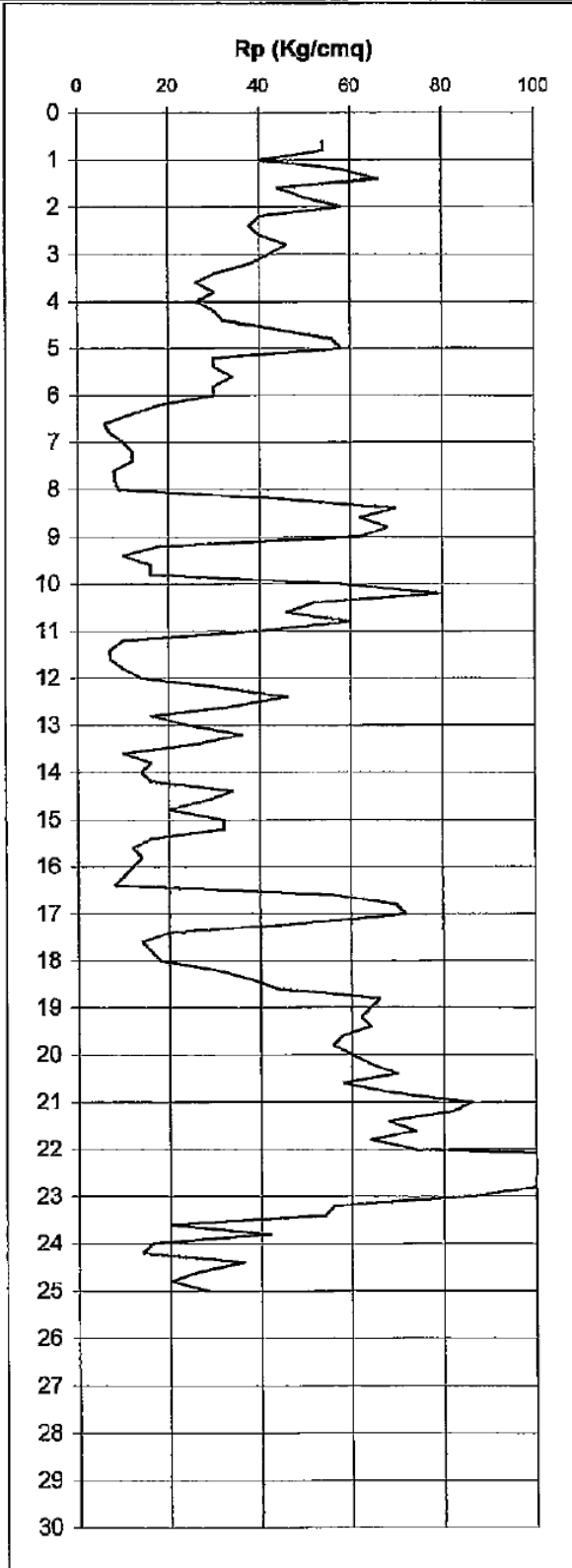






Prova n°	17	Data	04-06-01
Committente	Autocamionale della Cisa S.p.A.		
Comune	vari	Quota	p.c.
Cantiere	TI-BRE		

pag. 4



var. strat. m		Litol.	Camp.	Descrizione litologia	Pocket pen.	Vane Test	Quota falda
0.55				Terreno vegetale bruno giallastro.			
1.05	1		RA 0.75	Sabbia media e fine molto limosa nocciola.	>4		
1.70			RB 1.35	Limo molto sabbioso nocciola chiaro con concrezioni calcaree.	>4		
	2			Limo debolmente argilloso giallo grigio.	>4		
	3		RC 2.40		>4		
3.20				<i>fine sondaggio</i>			
	4						
	5						
NOTE:				Prova a carico su Piastra n°: 1  Quota da p.c.: 0.50			
Rilevatore: Dott. Geol. Gianluca Vaccari							

A15		Committente: Autocamionale della Cisa S.p.A.		Cantiere: TIBRE		Data: 02-04-2003	
		Località: Tornata		Progressiva:		Quota:	
		Metodo di perforazione: escavatore idraulico				Sondaggio n°: E 31	
var. strat.	m	Litol.	Camp.	Descrizione litologia	Pocket pen.	Vane Test	Quota falda
	0.60			Terreno vegetale bruno giallastro.			
	1		RA <input type="checkbox"/> 1.00	Sabbia fine molto limosa marrone.	>4 3.2 3.9		
	1.20				4.1		
	1.80		RB <input type="checkbox"/> 1.50	Limo sabbioso grigio cenere marrone, con molte concrezioni calcaree.	3.3 2.7 3.0 3.3		
	2		RC <input type="checkbox"/> 2.00	Limo sabbioso marrone.			2.1
	2.20			Sabbia limosa marrone.			
	2.30						
	3			Limo molto sabbioso grigio marrone.			
	3.10						
				<i>fine sondaggio</i>			
	4						
	5						
NOTE: Livello falda da 2.00 a 2.20 m.				Prova a carico su Piastra n°: 1			
				Quota da p.c.: 0.50			
Rilevatore: Dott. Geol. Gianluca Vaccari							

var. strat. m		Litol.	Camp.	Descrizione litologia	Pocket pen.	Vane Test	Quota falda
0.55				Terreno vegetale bruno giallastro.			
1.60		1 	RA  0.90	Limo molto sabbioso marrone scuro bruno.	2.1 2.4 1.3 1.2 1.6 1.2	0.75 0.4 0.6	
2.30		2 	RB  2.00	Limo debolmente sabbioso marrone.	1.4 1.7		
3.00		3 	RC  2.00	Sabbia fine limosa marrone.			2.9
				<i>fine sondaggio</i>			-
4							
5							
NOTE: Livello falda da 2.90 m.				Prova a carico su Piastra n°: 1			
				Quota da p.c.: 0.50			
Rilevatore: Dott. Geol. Gianluca Vaccari							

var. strat. m		Litol.	Camp.	Descrizione litologia	Torvane Kg/cmq	Pocket pen. Kg/cmq	S.P.T.		Prova di Permeabilità	Piezometri		Metodo di perforazione	Attrezzatura di perforazione	Rivestimento	Data
							Prof.	N°		Casagrande	Tube Aperto				
0.50				Cottivo costituito da limo sabbioso marrone scuro, inglobante laterizi ed elementi lapidei.											
1						3.6									
2						1.5									
3						3.4									
4			3.00	Limo sabbioso e limo debolmente sabbioso nocciola, debolmente umido, molto consistente e consistente.	0.6	2.6									
5			3.60		1.0	2.1									
6			6.00	Argilla limosa nocciola, debolmente umida, consistente.	0.8	1.5									
7			6.60		0.6	1.2									
8			6.60	Argilla debolmente limosa e limosa, grigio chiara con livelletti millimetrici torbosi, debolmente umida, priva di consistenza.	0.7	1.2									
9			9.00	Limo argilloso sabbioso, grigio, consistente, debolmente umido.	0.3	0.6									
10			9.45	Sabbia media e fine limosa grigia, debolmente umida ed addensata.	0.3	0.4	9.00	3							
11			9.45		0.2	0.5		2							
12			12.00	Limo argilloso grigio chiaro umido, da poco consistente a privo di consistenza. Presenza di livelli centimetrici di limo organico grigio scuro (10.30-10.35; 11.30-11.35; 11.85-11.88).	0.25	0.5									
13			12.60												
14						0.6									
15			15.00	Limo sabbioso grigio, alternato a limo con sabbia, grigio, debolmente umido, poco consistente fino a 15.00 m poi molto consistente. Presenza di un livello di limo organico grigio-bruno da 14.37 a 14.57 m.		0.5									
16			15.60												
17			17.45			1.7			15.00						
18			18.00			2.0			n. 1						
19			18.45	Sabbia fine limosa grigio scura, umida, moderatamente addensata.		2.7			16.40						
20			20.00			2.0	18.00	9							
								12							
								16							

Misura H2O durante la perforazione						NOTE:
Prof. foro	Prof. rivest.	Sera		Mattina		
		gg	H	gg	H	
15.00	15.00	11-03-03	-2.10	12-03-03	-2.10	
34.00	34.00	12-03-03	p.c.	13-03-03	-3.50	
50.00	46.50	13-03-03	p.c.			

1 <input checked="" type="checkbox"/> OSTERBERG	▽ SPT PUNTA APERTA
<input type="checkbox"/> SHELBY	▼ SPT PUNTA CHIUSA
A CAMPIONE RIMANEGGIATO	● P. LEFRANC C.C.
1 <input type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA SPT	● P. LEFRANC C.V.

Pag.: 1/3

var. strat. m		Litol.	Camp.	Descrizione litologia	Torvane Kg/cm <sup>2</sup>	Pocket pen. Kg/cm <sup>2</sup>	S.P.T.		Prova di Permeabilità	Piezometri		Metodo di perforazione	Attrezzatura di perforazione	Rivestimento	Data	
							Prof.	N°		Casagrande	Tube Aperto					
21	21.00	3	21.00	Sabbia media e grossolana grigia, satura, moderatamente addensata.			21.00	8								
22	21.45		21.45					14								
23	23.00	4	23.00	Limo organico sabbioso debolmente argilloso, grigio chiaro, debolmente umido, privo di consistenza. Torba nera con fogliettature di resti organici.			23.00	10								
23.25	23.60		23.45					13								
24	23.45		23.45					17								
25	25.50		25.50	Limo sabbioso debolmente argilloso a tratti molto sabbioso ed a tratti argilloso, da debolmente umido ad umido, a consistenza variabile da consistente a poco consistente da 29.00 m in poi.	1.5											
26	26.10	5	26.10		1.7											
27	26.10		26.10		3.2											
28	28.50		28.50		1.6					26.00						
29	29.10		29.10		1.7					n. 2						
30	30.60		30.60		1.2					27.00						
31	31.20	6	31.20		1.7											
31.55	32.00		32.00		0.7											
32	32.00		32.00		1.2											
33	33.00		33.00													
33.30	33.30	5	33.00	Limo con sabbia finissima grigia.												
34	34.00		33.45	Limo argilloso grigio consistente con livelletti torbosi marroni centimetrici.												
35	35.60		34.00	Sabbia con limo moderatamente addensata, grigia.												
36	36.00		36.00	Limo sabbioso debolmente argilloso, grigio, umido, consistente. La percentuale di sabbia aumenta con la profondità.												
37	36.45		36.45													
38	38.00		38.00	Sabbie grossolana grigia, pulita, addensata, debolmente umida.												
39	39.00		39.00													
40	39.45		39.45													

Misura H2O durante la perforazione		NOTE:			
Prof. foro	Prof. rivest.	Sera gg	H	Mattina gg	H


1	OSTERBERG	▽	SPT PUNTA APERTA
□	SHELBY	▼	SPT PUNTA CHIUSA
A	CAMPIONE RIMANEggiATO	●	P. LEFRANC C.C.
1	CAMPIONE RIMANEggiATO DA SPT	●	P. LEFRANC C.V.



var. strat. m		Litol.	Comp.	Descrizione litologica	Torvane Kg/cm <sup>2</sup>	Pocket pen. Kg/cm <sup>2</sup>	S.P.T.		Prova di Permeabilità	Piezometri		Metodo di perforazione	Altezza di perforazione	Rivestimento	Data
							Prof.	N°		Casagrande	Tubo Aperto				
41															
42															
43			43.30												
44			43.60												
45				Sabbia grossolana grigia, pulita, addensata, debolmente umida.											
46															
47															
48															
49															
50.00													50.0		13/03/03
51															
52															
53															
54															
55															
56															
57															
58															
59															
60															
Misura H2O durante la perforazione				NOTE:		1 <input checked="" type="checkbox"/> OSTERBERG                      ▽ SPT PUNTA APERTA <input type="checkbox"/> SHELBY                                      ▼ SPT PUNTA CHIUSA A CAMPIONE RIMANEGGIATO                      ● P. LEFRANC C.C. 1 <input type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA SPT                      ● P. LEFRANC C.V.									
Prof. foro	Prof. rivest.	Sera													
		gg	H	gg	H										

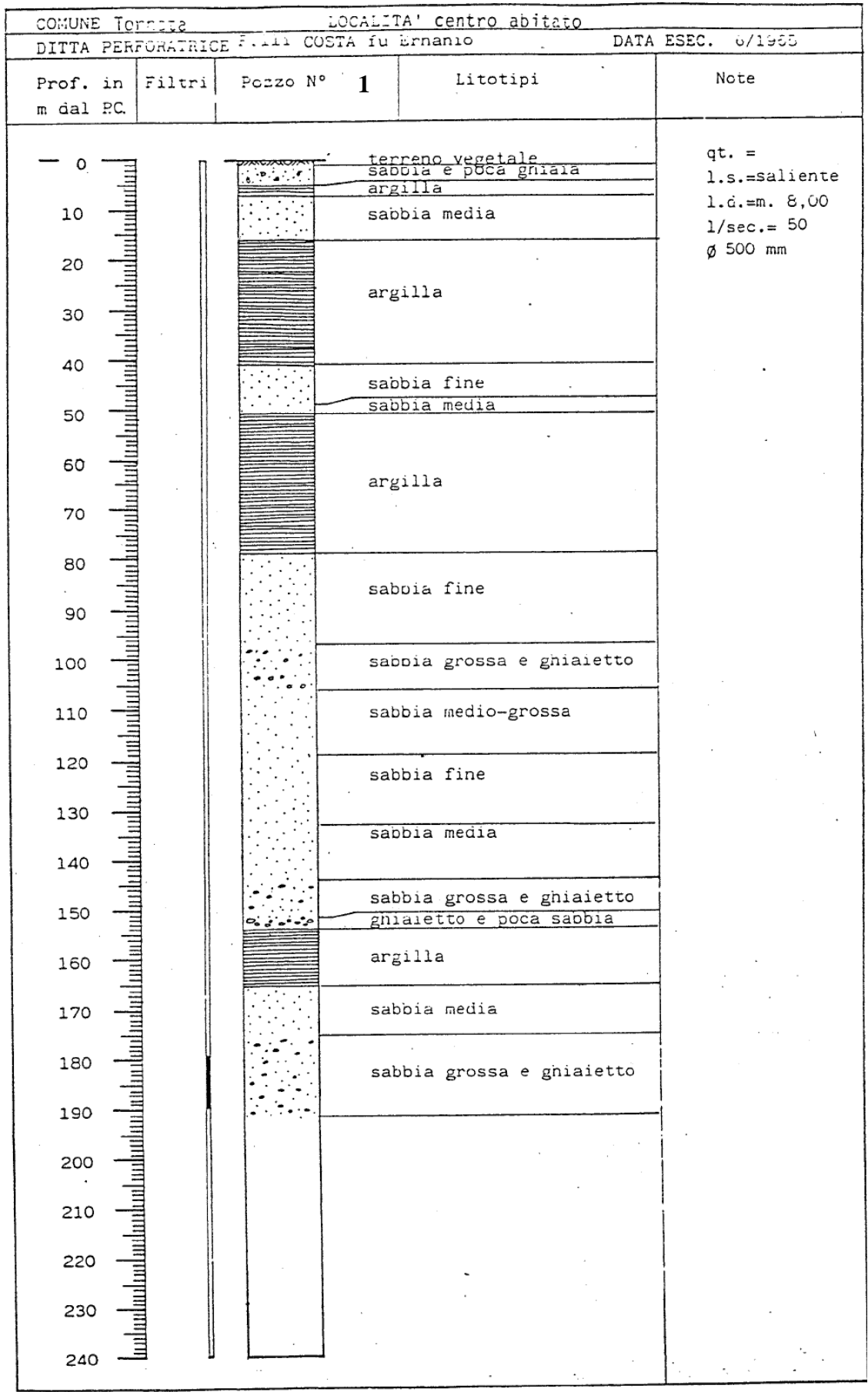
var. strat.		m		Litol.	Camp.	Descrizione litologica	Torvane Kg/cm <sup>2</sup>	Pocket pen. Kg/cm <sup>2</sup>	S.P.T.		Prove di Permeabilità	Piezometri		Metodo di perforazione	Altrezza di perforazione	Rivestimento	Data																
									Prof.	N°		Casagrande	Tubo Aperto																				
	1	1.60				Terreno vegetale sabbioso-limoso, nocciola con radici e rottami di laterizio, debolmente umido.																											
	2	2.30				Sabbia fine limosa, umida, nocciola, con bande di alterazione bruno-gialle, moderatamente addensata.																											
	3	2.90			3.00	Sabbia finissima con limo, nocciola, umida, moderatamente addensata.																											
	4	3.65			3.60	Limo sabbioso nocciola, da debolmente umido ad umido, moderatamente addensato.																											
	5					Sabbia fine con limo, nocciola, da poco addensata a moderatamente addensata, da molto umida a saturata.																											
	6	5.60			6.00	Sabbia fine, grigio-nocciola, umida, moderatamente addensata.			6.00	18																							
	7	6.60			6.45					21																							
	8					Sabbia da fine a media, grigio-nocciola, da umida a molto umida, da poco addensata a moderatamente addensata. Intervallo decimetrico di argilla con limo grigio chiaro, umido e privo di consistenza da 9.75 a 9.85 m.				19																							
	9				9.00					9																							
	10	10.00			9.45				9.00	13																							
	11				10.00					7																							
	12	12.00			10.30	Sabbia media, grigia, da umida a molto umida, moderatamente addensata.																											
	13				12.00				12.00	10																							
	14				12.45					12																							
	15					Sabbia media nocciola, umida, moderatamente addensata, contenente rari ciasti di ghiaia media di natura calcarea e quarzosa. Sono inoltre presenti rari noduli argilloso-limosi alterati (color giallo-bruno) centimetri (da 1a a 5 cm).				17		12.00																					
	16				15.00					17																							
	17	16.75			15.45				15.00	14																							
	18	17.25				Limo argilloso grigio-nocciola con venature giallo-brune di alterazione, umido, privo di consistenza.	0.1	0.2		22																							
	19	17.80			18.00	Limo argilloso grigio, umido, poco consistente.	0.2	0.5																									
	20				18.60	Sabbia fine grigio scura, da limosa a debolmente limosa, da molto umida a saturata, moderatamente addensata.	0.2	0.4																									
Misura H2O durante la perforazione							NOTE:																										
Prof. foro	Prof. rivest.	Sera		Mattina																													
		gg	H	gg	H																												
12.00	12.00	03-03-03	-2.30	04-03-03	-2.12																												
31.50	31.50	04-03-03	p.c.	05-03-03	-2.00																												
40.50	40.50	05-03-03	p.c.																														
<table border="0"> <tr> <td>1</td> <td>OSTERBERG</td> <td>▽</td> <td>SPT PUNTA APERTA</td> </tr> <tr> <td>□</td> <td>SHELBY</td> <td>▼</td> <td>SPT PUNTA CHIUSA</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CAMPIONE RIMANEGGIATO</td> <td>●</td> <td>P. LEFRANC C.C.</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>CAMPIONE RIMANEGGIATO DA SPT</td> <td>●</td> <td>P. LEFRANC C.V.</td> </tr> </table>							1	OSTERBERG	▽	SPT PUNTA APERTA	□	SHELBY	▼	SPT PUNTA CHIUSA	A	CAMPIONE RIMANEGGIATO	●	P. LEFRANC C.C.	1	CAMPIONE RIMANEGGIATO DA SPT	●	P. LEFRANC C.V.											
1	OSTERBERG	▽	SPT PUNTA APERTA																														
□	SHELBY	▼	SPT PUNTA CHIUSA																														
A	CAMPIONE RIMANEGGIATO	●	P. LEFRANC C.C.																														
1	CAMPIONE RIMANEGGIATO DA SPT	●	P. LEFRANC C.V.																														

A15		Committente: Autocamionale della Cisa S.p.A. Cantiere: Tibre		Data: inizio 03-03-2003 fine 06-03-2003		Sondaggio N° S 31										
		Località: Tornata		Progressiva: .....		Quota: p.c.										
		Geologo: Dott. Gianluca Vaccari		Operatore: Sig. Salvatore Dattolo		Attrezzatura: ATLAS COPCO A 65										
var. strat. m	Litol.	Camp.	Descrizione litologica	Torvone Kg/cmq	Pocket pen. Kg/cmq	S.P.T.		Piezometri		Misure di perforazione	Altezza di perforazione	Rivestimento	Data			
						Prof.	N°	Casagrande	Tubo Aperto							
20.35		20.00	Sabbia fine grigio scura, da limosa a debolmente limosa, da molto umida a satura, moderatamente addensata.				14									
21.10	21	20.30	Limo sabbioso grigio, umido, moderatamente addensato ed addensato.			21,00	14									
		21.00	Da 20.45 a 20.70 presenza di un intervallo di limo sabbioso organico, addensato, marrone scuro.				19									
			Da 21.00 a 21.10 presenza di un intervallo di argilla limosa con livelletto torboso di 3 cm.													
		21.45	Sabbia media nocciola, da umida a molto umida, moderatamente addensata.													
22.70	22															
23.10	23		Limo argilloso grigio, umido, moderatamente consistente.	0.3	0.8											
23.75			Limo argilloso torboso marrone, poco consistente.	0.3	0.5											
		24.00														
24.75	24	24.00	Limo da argilloso a debolmente argilloso, umido, grigio con venature grigio chiare perpendicolari all'asse della carota, consistente.	0.8	1.5											
25.15	25	24.60		0.4	1.0											
			Sabbia media grigia, umida, moderatamente addensata.													
26.05	26		Limo argilloso debolmente sabbioso, grigio, umido, moderatamente consistente. Presenza di rari e sparsi inclusi spigolosi centimetrici. Da 25.15 a 25.45 intervallo di limo argilloso organico, grigio-marrone, con un livello centimetrico di torba.	0.4	0.9			25.50								
26.70	27		Limo argilloso e debolmente argilloso, grigio, debolmente umido, da consistente a moderatamente consistente.	0.4	0.8											
				0.8	1.5			n. 2								
				0.4	0.9			27.00								
		28.00		0.4	1.0											
		28.00	Altemanze di limo sabbioso e limo argilloso, umido, da moderatamente consistente a consistente.	0.8	1.5											
		29.00	Presenza di rari e sparsi clasti duri, di consistenza litoidale, spigolosi, eterometrici (0.5-1.5 cm).	1.0	2.2											
		30.00		0.5	1.0											
30.55	31															
31.75	32	31.50	Sabbia fine limosa, grigio scura, molto umida ed addensata.													
		32.10														
		33.00	Sabbia media e grossolana, grigio scura, molto umida, addensata.			33,00	23									
		33.45					26									
34.80	34						28									
35.00	35		Limo organico grigio scuro, moderatamente consistente, debolmente umido.	0.9	1.8			35.00								
35.70	36		Limo argilloso grigio, debolmente umido, consistente.	0.9	1.6			n. 3								
								36.00								
		37.00														
		37.00	Limo grigio chiaro con livelli di limo organico grigio scuro ( 36.40-36.50; 36.25-38.40), umido, da privo di consistenza a poco consistente.	0.25	0.5											
		38.00	Presenza di un livello centimetrico torboso a 39.75 m e da 40.45 a 40.50.													
		39.00														
		39.50														
		39.70														
		40.00														
Misura H2O durante la perforazione			NOTE:													
Prof. foro	Prof. rivest.	Sera		Mattina												
		gg		H	gg	H										
				1 <input checked="" type="checkbox"/> OSTERBERG			<input type="checkbox"/> SPT PUNTA APERTA									
				<input type="checkbox"/> SHELBY			<input type="checkbox"/> SPT PUNTA CHIUSA									
				A CAMPIONE RIMANEGGIATO			<input checked="" type="checkbox"/> P. LEFRANC C.C.									
				1 <input type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA SPT			<input checked="" type="checkbox"/> P. LEFRANC C.V.									

		Committente: Autocamionale della Cisa S.p.A.		Cantiere: Tibre	Data: inizio 03-03-2003 fine 06-03-2003			Sondaggio N°		S 31																	
		Località: Tornata		Progressiva: .....	Quota: p.c.																						
Geologo: Dott. Gianluca Vaccari		Operatore: Sig. Salvatore Dattolo			Attrezzatura: ATLAS COPCO A 65																						
var. strat. m	Litol.	Camp.	Descrizione litologica	Torvane Kg/cm <sup>2</sup>	Pocket pen. Kg/cm <sup>2</sup>	S.P.T.		Prova di Permeabilità	Piezometri		Metodo di perforazione	Attrezzatura di perforazione	Rivestimento	Data													
						Prof.	N°		Casagrande	Tubo Aperto																	
40,50			Limo grigio chiaro con livelli di limo organico grigio scuro (36,40-36,50; 38,25-38,40), umido, da privo di consistenza a poco consistente. Presenza di un livello centimetrico torboso a 39,75 m e da 40,45 a 40,50.											05/03/03													
41		40,50																									
42																											
43																											
44																											
45																											
46																											
47																											
48																											
49																											
50																											
51																											
52																											
53																											
54																											
55																											
56																											
57																											
58																											
59																											
60																											
<b>Misura H2O durante la perforazione</b> <table border="1"> <tr> <th rowspan="2">Prof. foro</th> <th rowspan="2">Prof. rivest.</th> <th colspan="2">Sera</th> <th colspan="2">Mattina</th> </tr> <tr> <th>gg</th> <th>H</th> <th>gg</th> <th>H</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Prof. foro	Prof. rivest.	Sera		Mattina		gg	H	gg	H							<b>NOTE:</b> Il sondaggio è stato interrotto perchè a partire dalla profondità di 39,00 m si è riscontrata una sacca di gas che ha provocato la risalita di acqua e sabbia in pressione, causando l'intasamento all'interno della batteria di aste e tubi di rivestimento. Il gas è fuoriuscito dal foro per circa 20'. Si è tentato di proseguire il sondaggio, ma dopo circa 1,5 m si è verificato di nuovo lo stesso episodio. Considerata la pericolosità della situazione, in accordo con la D.L. presente in cantiere, è stato interrotto il sondaggio.				<input checked="" type="checkbox"/> OSTERBERG <input type="checkbox"/> SPT PUNTA APERTA <input type="checkbox"/> SHELBY <input type="checkbox"/> SPT PUNTA CHIUSA <input type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO <input type="checkbox"/> P. LEFRANC C.C. <input type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA SPT <input type="checkbox"/> P. LEFRANC C.V.			
Prof. foro	Prof. rivest.	Sera				Mattina																					
		gg	H	gg	H																						
												Pag.: 3/3															

**12. ALLEGATO 2: Stratigrafie disponibili dei pozzi  
presenti sul territorio comunale**

1



2

