PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

REGIONE LOMBARDIA
PROVINCIA DI BRESCIA

COMUNE DI TORBOLE CASAGLIA

IL SINDACO
Dott.ssa Roberta Sisti

IL SEGRETARIO GENERALE
Dott. Antonio Tommaselli

IL RESPONSABILE
DEL SERVIZIO URBANISTICO
Ing. Andrea Beltrami

ADOZIONE
CON DELIBERAZIONE C.C.
n. 3 del 12/02/2020..

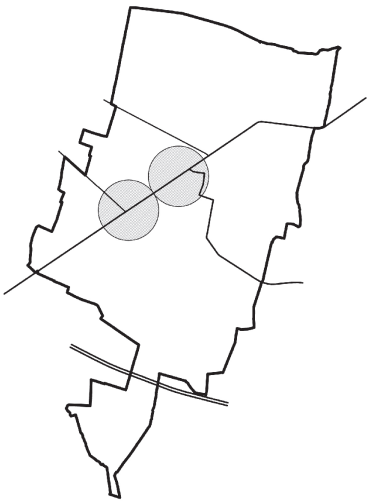
PUBBLICAZIONE
dal 04/03/2020 al 15/06/2020.

PARERE DI COMPATIBILITA'
AL P.T.C.P.
n. 6190 del 03/09/2020

APPROVAZIONE
CON DELIBERAZIONE C.C.
n. 11 del 12/09/2020

PUBBLICAZIONE SUL B.U.R.L.
n. .....del.....

II VARIANTE



DOCUMENTO DI PIANO

QUADRO CONOSCITIVO E INTERPRETATIVO

G00

Relazione illustrativa
- Redazione 2011
- Stralcio delle componenti aggiornate nel 2019

DATA: settembre 2020

Geolab srl

via cernaia, 24
25124 Brescia

Geologi
Dott. Geol. Paolo Ferrari
Dott. Geol. Giacomo Bonometti

Dott. Geologo Paolo Ferrari
Via Bartolomeo Bono, 8 24121 Bergamo tel 030 3542925 fax 030 3532405 paoloferrari@geolab.it

28/02/2011

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

Relazione illustrativa

PIANO PER IL GOVERNO DEL TERRITORIO

Sommario

Premessa 1
1 Inquadramento del territorio 4
1.1 Inquadramento cartografico 4
1.2 Inquadramento geografico 4
1.3 Superficie topografica 5
2 Climatologia 6
3 Pedologia 7
3.1 Province e paesaggi pedologici 8
3.2 Suoli 10
4 Elementi idrografici, idrologici e idraulici 11
4.1 I fontanili 13
5 Inquadramento geologico 18
5.1 Geologia 18
5.2 Tettonica 19
5.3 Sismologia 22
5.4 Unità cronostratigrafiche 23
5.5 Elementi litologici, litologia di superficie 24
5.6 Geomorfologia 26
5.7 Idrogeologia 27
5.7.1 Idrogeochimica 31
5.7.2 Cartografia idrogeologica 33
6 Analisi del rischio sismico 34
6.1 Percorso normativo 34
(d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374) 34
6.2 Origine ed elaborazione dati 37
6.2.1 Analisi cartografica 37
6.3 Considerazioni 39
6.4 Classi di pericolosità e prescrizioni 40
7 Sintesi e valutazione 41
7.1 Carta dei Vincoli 41
7.1.1 Vincoli derivati dalla pianificazione di bacino 41
7.1.2 Vincoli di polizia idraulica 42
7.1.3 Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile 43
7.2 Carta di Sintesi 44
7.2.1 Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico 44
7.2.2 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico 46
8 Carta di fattibilità delle azioni di piano 47
ALLEGATO A – LAGHETTO DI CAVA 1
ALLEGATO B – STRATIGRAFIE POZZI 2
ALLEGATO C – ELENCO POZZI – Data Base della PROVINCIA DI BRESCIA 5
ALLEGATO D – ELABORAZIONE PROVE DI EMUNGIMENTO 8

Indice delle figure

Figura 1 – Inquadramento geografico 4
Figura 2 – Regione agraria di appartenenza del comune d Torbole Casaglia 4
Figura 3- Morfologia e isoipse con equidistanza 1 metro 5
Figura 4 – DTM modello digitale della superficie topografica - amplificazione verticale: 30x 5
Figura 5 – Pendenza in gradi (gradiente topografico) 5
Figura 6 – Schema relativo all'origine geologica delle risorgive 14
Figura 7 – Diffusione del fenomeno dei Fontanili nella Pianura Padana. 14
Figura 8 – Fascia dei fontanili 15
Figura 9 – Conformazione di un fontanile 16
Figura 10 – Struttura della Pianura Bresciana (Fantoni et al. 2004) 19
Figura 11 - Sistema tettonico della pianura a piccola scala 20
Figura 12 - Allineamento dei colli di Capriano, Castenedolo e Ciliverghe 21
Figura 13 - Database of Italian Seismic Sources (D. Slejko, Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale – OGS) 22
Figura 14 – Faglie capaci individuate nella pianura bresciana 22
Figura 15 – Massime intensità macrosismiche (D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, 1996). 23
Figura 16 – Carta della litologia di superficie 25
Figura 17 – Principali paleoalvei 27
Figura 18 - Regione Lombardia (collaborazione Eni- Divisione Agip) 1999-2002 - "Geologia degli Acquiferi Padani" Isobate della superficie basale dell'acquifero di tipo A 28
Figura 19 – Sezione idrogeologica est - ovest 28
Figura 20 – Sezione idrogeologica nord sud 29
Figura 21 - Curve isopiezometriche 30
Figura 22 – Slope analysis – pendenze espresse in gradi sessagesimali 38
Figura 23 - Vulnerabilità della falda. Stralcio del PTC di Bs (approv. 21/04/04 DCP 22). La campitura di colore arancione indica una vulnerabilità molto alta, mentre la campitura di colore verde indica una vulnerabilità alta. 45

PREMESSA

In data 11 marzo 2005 è entrata in vigore la legge regionale n. 12 *(Legge per il governo del territorio),* che abroga le deliberazioni n. 5/63147 del 18 maggio 1993, n. 36/37918 del 6 agosto1998 e n. 7/6645 del 29 ottobre 2001, fino ad allora indizi tecnici per gli studio geologici a supporto degli strumenti urbanistici generali dei comuni secondo quanto stabilito dalla l.r. 24 novembre 1997, n. 41.

Tale normativa regionale, unitamente all'entrata a regime dei piani di bacino previsti dalla legge183/89, che hanno contribuito a valorizzare il ruolo della pianificazione locale come strumento di base di ogni pianificazione sovraordinata, e alle recenti modifiche costituzionali (modifica del Titolo V)[1], impongono un approccio di più alto profilo, con una maggiore assunzione di responsabilità in tutte le fasi del processo pianificatorio.

L'effettivo "governo del territorio" si esplica soltanto grazie ad una integrazione armonica dei diversi livelli di pianificazione, anche mediante l'approfondimento specifico delle singole tematiche territoriali in funzione della sostenibilità ambientale delle scelte da effettuare.

Il Comune di Torbole Casaglia, con determinazione n. 210 Reg. Gen. n. 82 Reg. U.T. del 23.8.2007, ha disposto la stesura dello studio geologico, idrogeologico e sismico del Piano di Governo del Territorio, in conformità alla suddetta l.r. 11 marzo 2005, n. 12.

Ai sensi dell'art. 8, comma 1, lettera c) della l.r. 12/05, nel documento di Piano del P.G.T. deve essere definito l'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio ai sensi dell'art 57, comma 1, lettera a).

Considerato l'iter di approvazione previsto dall'art. 13 della stessa l.r. 12/05, al fine di consentire alle province la verifica di compatibilità della componente geologica del P.G.T. con il proprio PTCP, il Documento di Piano deve contenere lo studio geologico nel suo complesso, redatto ai sensi della D.G.R. 8/1566/05. All'interno del *Piano delle Regole* vengono riportate integralmente le *Norme Geologiche di Piano*.

---

[1] *Recepite a livello regionale, e per quanto riguarda gli aspetti urbanistico territoriali, dalla l.r. 12/2005*

Il presente Studio Geologico soddisfa le disposizioni nazionali introdotte dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 da cui scaturiscono le nuove classificazioni sismiche del territorio su base comunale e in considerazione del Decreto Ministeriale 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni", entrato in vigore il 23 ottobre 2005 riguardo, in particolare alle indicazioni relative all'azione sismica.

Bibliografia

- Dott. Geol. Gian Paolo Oneda, dott. Ing. Gianluigi Cigolini – **COMPONENTE GEOLOGICO AMBIENTALE DEL NUOVO P.R.G.** – *Torbole Casaglia novembre 1997.*
- D. Slejko, Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - OGS, "Sismotettonica e pericolosità sismica nelle Alpi centrali."
  A. Michetti, Università dell'Insubria, "Tettonica compressiva attiva lungo il margine sudalpino lombardo."
- A. Peresan, Università di Trieste, "Scenari integrati di pericolosità sismica in Lombardia."
- M. Mucciarelli, Università della Basilicata, "Scenari di scuotimento nell'area del Garda con riferimento al sisma del 24 novembre 2004."
- E. Vittori, Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici - APAT, "Le faglie attive nell'area lombarda ed il progetto ITHACA."
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Quaderni Habitat, Risorgive e Fontanili. Acque sorgenti di Pianura dell'Italia Settentrionale" a cura di Alessandro Minelli
- Dott. Geol. Mattia Bertani – La civiltà dell'acqua. I fontanili, Maggio 2006
- Claudia Baratti – I fontanili del Novarese, Novara 1997
- **PTUA** Provincia di Brescia
- Autorità di Bacino del fiume Po – Sistema Informativo Territoriale

- Carta geologica d'Italia; APAT – servizio geologico nazionale.
- **SIT** archivio informatico cartografico della Regione Lombardia.
- **WORLD REFERENCE BASE FOR SOIL RESOURCES**, Versione italiana E. Costantini, C. Dazzi; Food and Agriculture Organization of the United Nations; International Union of Soil Science, International Soil Reference and Information Centre; Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo Firenze, 1999.
- Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste, **CARTA PEDOLOGICA DELLA LOMBARDIA.**
- Dott. Geol. Fulvio Schiavone **– RELAZIONE GEOLOGICA PER LA RICHIESTA DI SCAVO DEL POZZO DEL SIGNOR COCCOLI GABRIELE TORBOLE CASAGLIA (BS). Flero 28.2.2005**

World Wide Web

- www.apat.gov.it/ithaca/index.asp
- www.apat.gov.it/site/it-IT/Servizi_per_l'Ambiente/Carte_geologiche/
- www.ogs.trieste.it/
- www.adbpo.it/
- www.cartografia.regione.lombardia.it

1 INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO

Si riportano di seguito i riferimenti cartografici atti ad individuare il territorio di Torbole Casaglia all'interno della cartografia topografia e geologica ufficiale e a dare una collocazione geografica del territorio in esame.

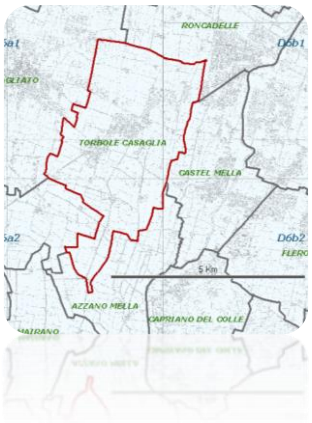
1.1 INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

Il territorio comunale di Torbole Casaglia è rappresentato nella seguente cartografia:

Alla scala 1:10.000 la **C**arta **T**ecnica **R**egionale ricopre il territorio comunale con le sezioni **D6A1**, **D6A2**, **D6B1**, **D6B2** mentre alla scala 1:100.000 nella **C**arta **G**eologica d'**I**talia si individua il territorio comunale all'interno del **Foglio 47,** Foglio di Brescia.

La base cartografica di riferimento per gli elaborati prodotti è il **Rilievo Aerofotogrammetrico del comune di Torbole Casaglia alla scala 1:5000 e alla scala 1:2000** fornita dall'amministrazione comunale.

FIGURA 1 – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO



1.2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il comune di Torbole Casaglia si trova circa 8 km ad Ovest della città di Brescia, nella parte occidentale dell'omonima Provincia, inserito nella regione agraria della Pianura Occidentale. A partire da Ovest e procedendo in senso orario il territorio in esame confina con i seguenti comuni: Travagliato, Roncadelle, Castel Mella, Azzano Mella, Lograto (Figura 1).

La superficie complessiva è di 13,38 km^2 di cui l'urbanizzato e le zone industriali occupano all'incirca il 10%, la restante parte è interessata da superficie agraria.

FIGURA 2 – Regione agraria di appartenenza del comune d Torbole Casaglia

Il paesaggio rurale è caratterizzato dalla presenza di grosse cascine sparse, tra le coltivazioni prevalgono i seminativi, in particolare mais; sono anche presenti prati avvicendati e prati stabili annessi agli allevamenti bovini.

Sono di grande importanza, sul territorio, i canali principali e secondari, le rogge e gli scolatori che attraversano in modo diffuso tutto il territorio comunale e che garantiscono la continuità della presenza idrica in tutti gli appezzamenti coltivati.

Tale struttura idraulica si origina in concomitanza delle operazioni di bonifica della vaste zone paludose che occupavano gran parte della pianura e si è poi consolidata nel tempo.

FIGURA 3- MORFOLOGIA E ISOIPSE CON EQUIDISTANZA 1 METRO

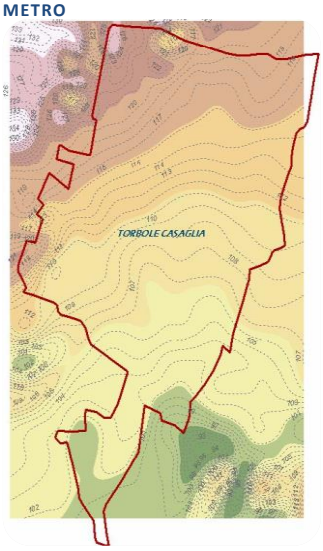
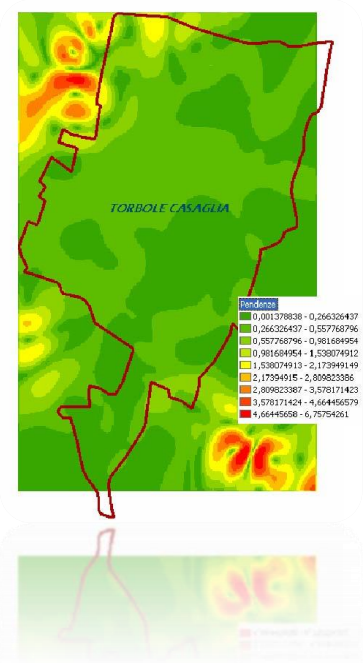


FIGURA 4 – DTM MODELLO DIGITALE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA - AMPLIFICAZIONE VERTICALE: 30X

FIGURA 5 – PENDENZA IN GRADI (GRADIENTE TOPOGRAFICO)



1.3 SUPERFICIE TOPOGRAFICA

Le elaborazioni, di seguito riportate, evidenziano una superficie piana con debole e regolare acclività verso SSE che mostra solo localmente discontinuità morfologiche individuabili ai margini nord-occidentale e sud-orientale del confine comunale. Si osservano, infatti, delle lievi ondulazioni della superficie topografica legate a diversi fattori.

Nella zona settentrionale la morfologia è certamente correlabile alla modellazione fluviale della pianura, mentre la zona meridionale è da mettere in relazione alla presenza al Monte Netto che compare in primo piano nel modello digitale della superficie topografica (DTM - Figura 4).

Tale rappresentazione del terreno è stata creata a partire dai punti quotati riportati sulla Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia, l'inversione delle quote è stata effettuata tramite l'interpolatore deterministico RST (Regularized Spline With Tension).

Nel complesso i numerosi paleoalvei che si individuano, la cui trattazione specifica sarà affrontata nella sezione dedicata alla geomorfologia, non ha lasciato tracce significative sulla topografia; in particolare si presume che la presenza di estese aree paludose abbia obliterato le discontinuità morfologiche operando una significativa modellazione e un livellamento del territorio. Dall'osservazione dell'Hillshade[2] si trova conferma di quanto affermato, ovvero come «*gli andamenti locali del terreno, pur essendo esemplificati dalla monotonia della pianura presentano locali variazioni di pendenze che creano una certa disomogeneità del substrato morfologico*» (F. Schiavone); la superficie topografica risulta quindi lievemente increspata non presentando però significativi e netti dislivelli. La quota altimetrica massima è di 127 m s.l.m, mentre la quota minima è di 98 m s.l.m. e le pendenze medie sono nettamente inferiori ai cinque decimi di grado. Le aree maggiormente depresse sono poste in corrispondenza dei principali corsi d'acqua: il Vaso Mandolossa e il Torrente Gandovere. Si tratta di superfici che recentemente sono state interessate da eventi alluvionali e, in seguito, delimitate in modo dettagliato. Esse sono state riportate nello studio del Reticolo

[2] ***Analitical Hillshade***: *una modalità di analisi che permette di determinare l'illuminazione ipotetica di una superficie facendo risaltare le deformazioni della superficie con un effetto realistico.*

Idrico Minore e verranno approfonditamente descritte nella cartografia geomorfologica e di sintesi allegata al presente studio.

2 CLIMATOLOGIA

Diverse sono le classificazioni utilizzate per descrivere i climi di una regione, secondo Alissov la pianura padana si trova al confine tra la zona subtropicale e la zona temperata con inverno freddo e secco caratteristico dei climi continentali; secondo Koppen la stessa regione ha un clima mesotermico di tipo C, con siccità estiva e mese più caldo con temperatura maggiore di 22°C, assai vicino al tipo C_{fa}.

Tra le altre classificazioni generali si riporta quella di Mannella (1972) che definisce il clima della valle padana un sottotipo moderato di clima continentale con l'indice di oceanità secondo Kerner di 6.5.

I fattori climatici più importanti che determinano il clima sopra descritto sono la latitudine intermedia (45° - 46°), l'altitudine di poche decine di metri sul livello del mare, la barriera dell'arco alpino, la presenza ad Est dell'alto Adriatico poco profondo e con scarsa influenza termica nei mesi invernali ed infine i mari Ligure e Tirreno ad Ovest, separati dalla pianura dai rilievi alpini e appenninici.

Le caratteristiche termiche possono essere così riassunte:

- il mese più caldo è luglio, con temperatura media mensile maggiore di 22°C e in genere compresa tra 24 e 25° C;
- il mese più freddo è gennaio, con temperatura media compresa tra 0 e 2° C;
- l'escursione termica annua è superiore a 18° C e quindi la zona ha caratteri di continentalità abbastanza accentuati;
- la temperatura media annua ha valori compresi tra 12 e 13° C
- l'indice di oceanità (O), definito da Kerner come rapporto percentuale $O = \left[(t_0 - t_a) / A_t \right] \cdot 100$, ha valore medio di 6,5, sempre inferiore ai valori tipici delle località vicine al mare;
- indice di Thom (I_t), funzione della temperatura istantanea e dell'umidità relativa, supera facilmente nel periodo estivo il valore di 29 oltre il quale si ha disagio nella popolazione, con la sensazione di afa caratteristica del clima padano in assenza di ventilazione;
- I giorni di gelo, con temperatura minima uguale o inferiore a 0° C, oscillano tra i 45 e i 60 giorni all'anno;

L'evapotraspirazione potenziale del mese di luglio, calcolata con la formula di Turc: $ETP = \frac{0,4 \cdot t \cdot (I_g + 50)}{t + 15}$, è pari a 167 millimetri.

Per quanto riguarda le caratteristiche pluviometriche, dai dati ufficiali disponibili si desume che la piovosità annua risulta mediamente compresa tra 680 e 730 millimetri (Tabella 1). Il regime pluviometrico è caratterizzato da stagioni intermedie (autunno e primavera) più piovose e da stagioni estreme (estate e inverno) meno piovose. I mesi più piovosi sono ottobre-novembre, seguiti da aprile-maggio; i mesi meno piovosi sono luglio-agosto, seguiti da gennaio-febbraio. Nel semestre estivo (aprile-ottobre) cadono mediamente 400 mm di pioggia.

TABELLA 1 -PRECIPITAZIONI MEDIE MENSILI ED ANNUE PER IL TRENTENNIO 1921-1950. ANNALI IDROLOGICI DELL'UFFICIO IDROGRAFICO DEL PO – PARMA, CONSIGLIO SUPERIORE DEL MINISTERO LL PP – SERVIZIO IDROGRAFICO.

Mese	Grandezza	Ostinano	Canneto sull'oglio	Fontanella	Cremona	Cinghia de botti	Casalmaggiore	Sabbioneta	Viadana
Dic	gg piov	8	6	6	7	6	6	7	4
	mm	63	55	61	52	63	54	91	40
Nov	gg piov	9	7	8	8	7	7	8	6
	mm	74	60	73	69	70	68	57	52
Ott	gg piov	8	7	7	8	7	7	10	6
	mm	76	79	77	75	91	82	106	62
Sett	gg piov	6	6	5	5	5	5	6	5
	mm	60	62	72	51	70	59	75	56
Ago	gg piov	5	4	5	5	4	4	5	4
	mm	48	45	58	46	54	49	62	34
Lug	gg piov	5	4	4	4	4	4	4	3
	mm	34	39	49	32	42	34	36	31
Giu	gg piov	7	7	7	6	5	6	6	6
	mm	59	54	68	48	61	66	56	43
Mag	gg piov	10	8	8	8	7	8	9	7
	mm	80	73	81	69	79	71	75	56
Apr	gg piov	8	7	7	7	6	7	7	6
	mm	65	60	73	56	59	61	54	46
Mar	gg piov	7	6	7	6	6	6	6	5
	mm	57	45	61	46	63	53	49	38
Feb	gg piov	6	7	6	6	5	6	7	4
	mm	54	52	51	49	70	61	52	38
Gen	gg piov	8	7	7	7	6	6	5	4
	mm	67	56	57	48	57	47	42	30
MEDIA ANNUALE	Giorni di pioggia	87	76	77	77	68	72	80	80
	mm	737	680	781	641	779	705	755	526

3 PEDOLOGIA

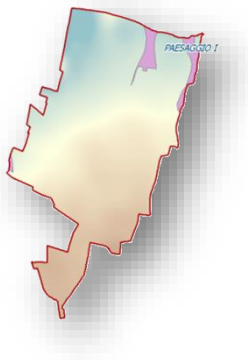
Lo studio della pedologia del territorio comunale di Torbole Casaglia ha preso spunto dall'analisi della carta pedologica prodotta dall'Ente

Regionale per lo Sviluppo Agricolo e Forestale (**ERSAF**). Nella cartografia dell'ERSAF la classificazione delle unità tipologiche di suolo è fondata sulla base di riferimento mondiale per le risorse pedologiche (**World Soil Resources).** Tale base è stata redatta dall'organizzazione delle Nazioni Unite, la Food and Agriculture Organization (**FAO**), nel 1998.

3.1 Province e paesaggi pedologici

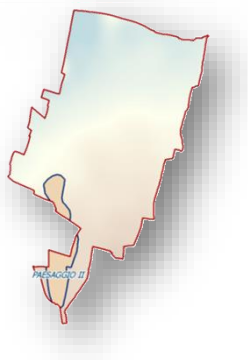
Il territorio comunale di Torbole Casaglia ricade in due province podologiche distinte, la provincia denominata **alta pianura**, che occupa i due terzi del territorio, e la **media pianura**, nella quale ricade la porzione rimanente di territorio.

Aumentando il grado di dettaglio relativo al paesaggio (soilscape) è possibile suddividere il territorio in cinque ambiti paesaggistici. Di seguito viene riportata la definizione tratta dalla carta pedologica ERSAF.



Paesaggio I

Paleoalvei o depressioni di origine torrentizia privi di sedimentazione attiva, delimitati da orli di terrazzo o raccordati alla pianura. Comprendono gli ampi fondivalle generati dall'antica azione dagli scaricatori fluvioglaciali. Sono state cartografate 3 aree appartenenti a questa tipologia di paesaggio che ricoprono una superficie di **46ha**, corrispondente al 3% del territorio.



Paesaggio II

Principali depressioni e testate legate ai fontanili, con drenaggio molto lento per la presenza di una falda semipermanente prossima al piano campagna. Sono state cartografate 2 aree appartenenti a questa tipologia di paesaggio che ricoprono una superficie di **74ha**, corrispondente al 6% del territorio.

Paesaggio III

Superfici modali stabili meglio conservate, a morfolologia subpianeggiante od ondulata, dotate di drenaggio mediocre o buono. Sono state cartografate 5 aree appartenenti a questa tipologia di paesaggio che ricoprono una superficie di **275ha**, corrispondente al 21% del territorio.

Paesaggio IV

Superfici subpianeggianti interposte alle principali linee di flusso ed alle zone più stabili, a drenaggio mediocre o lento. Comprendono anche le aree di transizione con l'alta pianura ghiaiosa. Sono state cartografate 3 aree appartenenti a questa tipologia di paesaggio che ricoprono una superficie di **216ha**, corrispondente al 16% del territorio.

Paesaggio V

Superficie rappresentativa - modale - dell'"alta pianura ghiaiosa", a morfologia subpianeggiante e con evidenti tracce di paleoidrografia a canali intrecciati (braided). Vicino ai principali solchi vallivi la morfologia è caratterizzata da ampie ondulazioni. Sono state cartografate 4 aree appartenenti a questa tipologia di paesaggio che ricoprono una superficie di **526ha**, corrispondente al 39% del territorio.

Urbanizzato

Il 15% del territorio è occupato da insediamenti urbani, industriali o di altro genere, nei quali si ha assenza di suolo. La superficie complessiva che ospita l'urbanizzato è di **202 ha**.

3.2 SUOLI

Tutto il territorio comunale è caratterizzato dalla presenza di suoli bruni lisciviati con accumulo superficiale di argille ad alta attività[3] denominati Luvisols. Sono suoli caratterizzati dalla presenza del processo di illuviazione di argilla con formazione di un orizzonte argillico (Bt) sottosuperficiale, suoli evoluti che testimoniano una pedogenesi prolungata nel tempo. Il limite superiore dell'orizzonte argico[4] inizia o entro 100 cm dalla superficie del suolo, o entro 200 cm se è sovrastato da orizzonti che, per tutto il loro spessore, sono costituiti da sabbia franca o da tessiture più grossolane. Tali suoli presentano una **C**apacità di **S**cambio **C**ationico maggiore o uguale a 24 mEq/100g e un alto tasso di saturazione in basi (TSB: oltre l'85% della CSC).

La pianura alla quale appartiene il territorio comunale di Torbole Casaglia, sebbene caratterizzata da una continuità delle caratteristiche complessive, presenta delle differenziazioni del paesaggio legate, in particolare, ai diversi meccanismi morfogenetici. Prevalgono, ad ogni modo, le aree pianeggianti intercalate da lievi modellazioni dovute all'antica presenza di paleoalvei. Talora la presenza di paleoalvei è evidente solo a livello geo – litologico, senza che si possano evidenziare interruzioni significative nell'andamento pianeggiante, o subpianeggiante, della superficie topografica. L'azione prevalente di deposito, modellazione e formazione dei suoli, è affidata all'acqua.

I suoli, ben sviluppati, sono caratterizzati da elevata fertilità contraddistinta dalla capacità del suolo di fornire alle colture un buon apporto di sostanze nutritive. Alcuni suoli possono presentare difficoltà di drenaggio dovute dalla ridotta soggiacenza della falda.

Grazie all'arricchimento in argilla degli orizzonti del suolo (orizzonte argico), in modo pressoché omogeneo, si considera che essi presentino moderata protettività sia nei confronti delle acque superficiali che nei confronti dell'acquifero a falda freatica.

Nel loro insieme i suoli del territorio comunale non sono dotati di un significativo valore naturalistico, ma piuttosto vanno inseriti nelle attenzioni di carattere ambientale che riguardano la salvaguardia

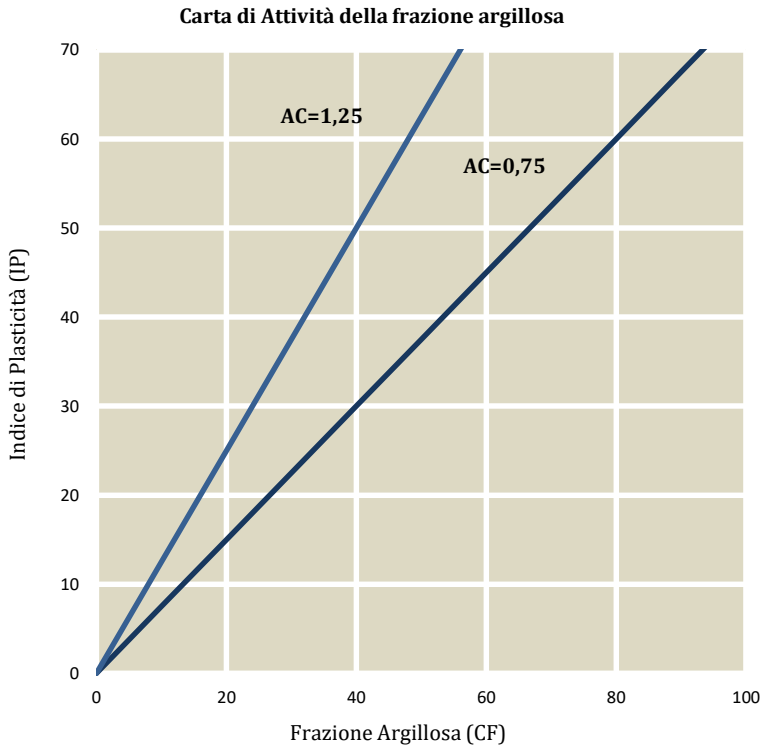
---

[3] *Fonte: food and agriculture organization of the united nations.*

[4] *Orizzonte argico: orizzonte arricchito in argilla.*

dall'inquinamento da nitrati come sottolineato dal PTUA della Regione Lombardia e dalla successiva D.G.R. n. 3297 del 11/10/2006.

GRAFICO 1 – CARTA DI ATTIVITÀ DELLA FRAZIONE ARGILLOSA



Skempton, 1953

4 ELEMENTI IDROGRAFICI, IDROLOGICI E IDRAULICI

L'idrografia superficiale è alquanto essenziale ed è rappresentata da un corposo sistema di canali irrigui principali e secondari, che distribuiscono l'acqua in tutti i poderi agricoli circonvicini e giungono anche nell'abitato comunale. Dai rami principali in genere si diramano altri di minore calibro che circondano i campi coltivati secondo una regolare geometria. Il canale principale da cui si alimentano quelli di grado inferiore è la roggia Travagliata che si origina dal Lago di Iseo e scorre da Ovest verso Est. I fontanili, che nel territorio di Torbole Casaglia hanno la loro emergenza, arricchiscono in modo più o meno continuo il flusso superficiale delle acque che talvolta sono riversate nei campi per uso irriguo».

Le rogge principali, ed il reticolo di canali irrigui da esse derivati, costituiscono quindi l'elemento fisiograficamente più importante, formatosi storicamente in periodo medioevale, consolidatosi nei

secoli successivi e originariamente legato alle operazioni di bonifica delle vaste aree paludose che occupavano il territorio.

La struttura idrologica di superficie, caratterizzata dai numerosi canali che pervadono il territorio comunale e legati alla gestione delle acque irrigue, ha sede di specifica trattazione nell'ambito dello studio del Reticolo Idrico Minore. Si riporta l'elenco dei canali e rogge principali che costituiscono la rete idrografica del territorio comunale di Torbole Casaglia individuati nell'ambito dello studio del reticolo idrico minore e descritti nella relazione illustrativa allegata allo stesso.

Torrente Gandovere

«Il Torrente Gandovere è un corso d'acqua naturale, ha origine dai monti di Brione, attraversa la Franciacorta e in Torbole Casaglia si immette nel Vaso Quinzanella. Il Torrente Gandovere presenta uno stato non qualificante dal punto di vista paesaggistico poiché interessato dallo scarico dei reflui dei comuni posti a monte lungo la valle del torrente stesso. La DGR n. VII/402 del 15/01/2002 ha approvato il PRRA (Piano Regionale di Risanamento Acque) – sostituito successivamente dal PTUA (Piano di Tutela e Uso delle Acque) – che hanno indicato la necessità di realizzare un unico collettore fognario intercomunale convogliante ad un nuovo depuratore sovracomunale da realizzarsi in comune di Torbole Casaglia. I Comuni interessati dall'intervento sono: Ome, Monticelli Brusati, Rodengo Saiano Castegnato, Ospitaletto, Travagliato, Roncadelle, Castel Mella e Torbole Casaglia». (2008 Bellini – R.I.M. Torbole Casaglia)

Torrente Mandolossa

Il Torrente Mandolossa è una diramazione del Gandovere, si origina nel Comune di Roncadelle, attraversa i Comuni di Torbole Casaglia e Azzano Mella, in prossimità del confine intercomunale, per poi gettarsi nel Fiume Mella.

Vaso Quinzanella

Si origina da fontanili siti in prossimità della Cascina Sega e dalle acque del Vaso Fontanella Bassa. Attraversa il Comune di Torbole con andamento nord-sud.

All'incrocio con la S.P. 74 riceve le acque del Torrente Gandovere. Esce poi dal territorio comunale immettendosi nel Comune di Azzano Mella.

Vaso Fontanella

Si origina da fontanili allo scarico della seriola nuova di chiari lungo la ex S.S. 235 e attraversa Torbole con andamento Nord-Sud. All'altezza della cascina Portone cambia toponimo, da Fontanella Alta, detto anche Vaso Biscia, a Vaso Fontanella Bassa. Esce da Torbole Casaglia a sud per immettersi nel comune di Azzano Mella.

Vaso Poletta

Scorre nel territorio di Torbole Casaglia con andamento nord-sud. Nasce dal Vaso Bifolo e dalla confluenza di canali secondari del Vaso Pozzo Torbole. In prossimità del confine con il comune di Azzano Mella si immette nel Vaso Pola.

Roggia travagliata

La roggia Travagliata ha andamento overt-est, entra in Torbole Casaglia con diverse derivazioni provenienti dal territorio comunale di Travagliato. Bagna il settore nord-occidentale del territorio comunale mediante rami paralleli e nel centro abitato confluisce in altri corsi d'acqua.

Vaso Troglio

Si immette in comune di Torbole Casaglia da nord, confine con Roncadelle. Attraversa il settore orientale del territorio con andamento noer-est per poi uscire dal territorio comunale ad est, e entrare il Comune di Castel Mella.

Vaso Acquanegra

Nasce da un ramo del vaso Fontanella Bassa, scorre da nord a sud in prossimità del confine comunale di Azzano Mella, per poi uscire dal Comune.

Vaso Adacquadora

Si origina da fontanili siti ad ovest del territorio comunale, in Lograto. Scorre nella parte meridionale del territorio di Torbole Casaglia per mezzo di diversi rami, prima di immettersi nel territorio comunale di Azzano Mella.

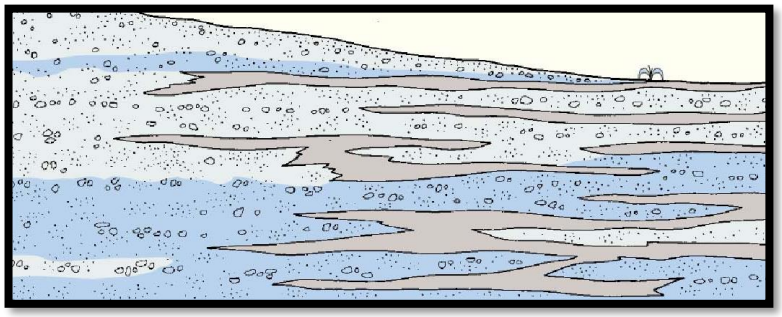
4.1 I fontanili

Con il termine di risorgive si definiscono le venute a giorno di acque sotterranee e legate alla variazione della permeabilità dei sedimenti. Ciò significa che le acque della falda, che circolano all'interno dei sedimenti a granulometria grossolana (ad esempio ghiaie), affiorano

nel momento in cui vengono ad incontrare livelli più fini e quindi meno permeabili, cioè quando l'incremento di livello determinato dalla riduzione di permeabilità fa sì che la tavola d'acqua intersechi la superficie topografica.

Associato al termine risorgiva si ritrova quello di fontanile. I due termini, però, non sono affatto sinonimi: mentre la risorgiva è un fenomeno naturale, il fontanile rappresenta il prodotto dell'intervento umano che ha modificato una risorgiva o ne ha "provocata" una con un intervento di scavo.

FIGURA 6 – SCHEMA RELATIVO ALL'ORIGINE GEOLOGICA DELLE RISORGIVE (MINISTERO DELL'AMBIENTE – G. MUSCIO)

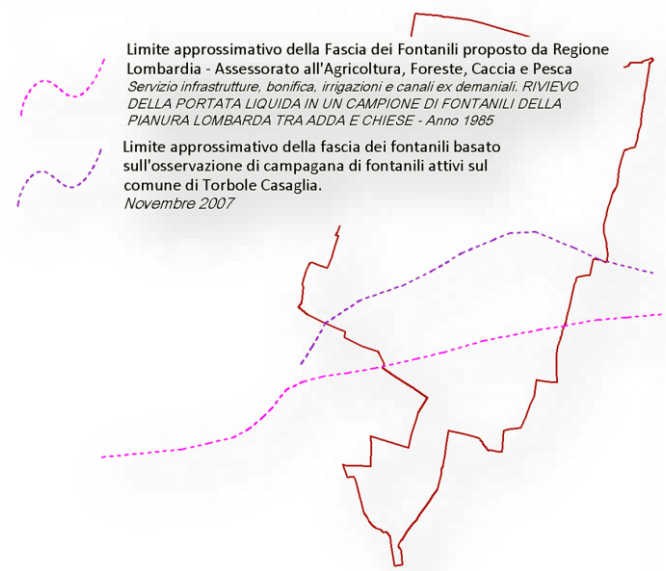


La fascia caratterizzata dalla presenza di risalite in superficie delle acque sotterranee si distribuisce in maniera pressoché continua lungo la Pianura Padana dalle foci dell'Isonzo fino al Cuneese, in corrispondenza del passaggio fra Alta e Bassa pianura. Le peculiarità delle aree di risorgiva, in particolare la temperatura delle acque, ed il fatto di essere circondate per larghi spazi da zone con caratteristiche completamente diverse (in generale piane alluvionali adibite ad uso agricolo) fanno sì che le flore e le faune associate a questi ridotti habitat umidi siano del tutto uniche.

FIGURA 7 – DIFFUSIONE DEL FENOMENO DEI FONTANILI NELLA PIANURA PADANA.

Lungo la sinistra orografica del fiume Po, si ritrovano tre diversi ordini di fontanili raggruppati in funzione della loro disposizione a ridosso delle litozone argillose e connessi a falde acquifere di diversa profondità. Per il caso in esame la falda emergente è la falda freatica, detta Prima Falda e rispecchia la situazione illustrata in figura 6. Una situazione di così elevata vulnerabilità non può non risentire di qualsiasi piccola modificazione avvenga nell'ambiente.

FIGURA 8 – FASCIA DEI FONTANILI



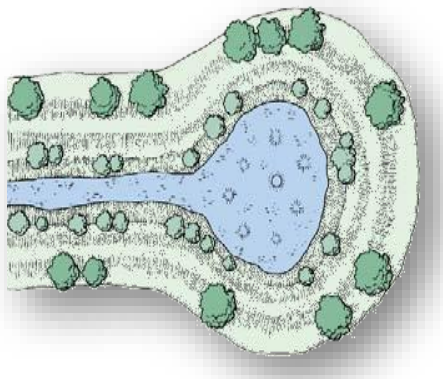
Ciò che caratterizza, quindi, le acque di risorgiva sono la portata e la temperatura abbastanza costanti e questi aspetti hanno sempre interessato l'uomo favorendo, come si è detto, lo sfruttamento di queste particolari forme di sorgenti poste in posizione vantaggiosa per le attività agricole.

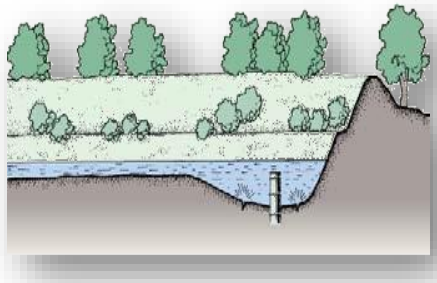
Se per secoli questo sfruttamento ha portato alla modificazione dell'aspetto del fontanile e ad un abbassamento del livello degli acquiferi, gli interventi effettuati durante il XX secolo ne hanno modificato nella sostanza la fisionomia, riducendone drasticamente l'estensione. A questo fatto si aggiunge il forte inquinamento delle acque: quella che alimenta le risorgive è una falda piuttosto superficiale in aree soggette, spesso, ad agricoltura intensiva.

I fontanili conservano anche un elevato valore culturale, la loro introduzione risale, infatti, al XI-XII secolo, ad opera dei monaci Benedettini e Cistercensi che li adottarono per la bonifica di aree acquitrinose consentendo il deflusso delle acque stagnanti e

provvedendo contemporaneamente alla bonifica dei suoli per sottrazione della frazione argilloso limosa con conseguente miglioramento tessiturale e idraulico. A partire dal XV secolo la pratica dei fontanili venne diffusamente utilizzata a scopi agricoli, a seguito dell'estendersi delle terre coltivate, il cui fabbisogno idrico spesso non era sufficientemente garantito dall'apporto dei corsi d'acqua superficiali. In uno dei fontanili ancora attivi sul territorio, si osserva la presenza di manufatti che potrebbero risultare, forse, di un certo interesse storico.

FIGURA 9 – CONFORMAZIONE DI UN FONTANILE





I fontanili sono opere idrauliche solitamente costituite da tre elementi fondamentali: la testa, l'asta e la gola, che solo in fontanili ben conservati si possono ancora distinguere nettamente. La testa è costituita da uno scavo, solitamente di forma ovoidale, con profondità di circa 2-3 metri e comunque tale da raggiungere la tavola d'acqua. Sul fondo dello scavo si trovano gli occhi, ovvero le polle (fontane) da cui scaturisce l'acqua; la fuoriuscita è favorita infiggento tubi del diametro di circa 2" della lunghezza di qualche decimetro. Le pareti dello scavo, dette ripe, devono avere una pendenza tale da permetterne la stabilità, spesso si provvedeva alla protezione delle ripe infiggendo pali di legno e fascine o muretti in ciottoli.

La "corona", intesa come l'insieme delle ripe, del bordo e di un'area di rispetto al contorno del fontanile lasciata incolta, veniva vegetata con la piantumazione di alberi ad alto fusto e siepi, in quanto l'ombreggiamento inibiva la proliferazione vegetale sulle ripe.

Come riportano i manuali tecnici dell'Ottocento, per costruire un fontanile si operava uno scavo di circa due metri di profondità, in un luogo dove si riteneva potessero trovarsi delle "bolle d'acqua". Una volta trovate, si incominciava l'allargamento per raccogliere in una sola fontana un grandissimo numero di queste bolle, con la costruzione della testa, che per questo ha una forma molto irregolare. Quando si era sicuri di aver intercettato abbastanza acqua, si scavava l'asta, si fissavano i punti di fuoriuscita dell'acqua con l'infissione di botti senza fondo, si consolidavano le ripe e si vegetava la corona.

Il fontanile in quanto opera realizzata dall'uomo rappresenta un micro-ambiente artificiale che raggiunge difficilmente alti stadi di complessità e stabilità, e come tale è incapace di autosostenersi ed è destinato a regredire, o addirittura a scomparire, in assenza di periodici interventi manutentivi. Le operazioni da eseguire per garantirne l'efficienza sono sostanzialmente due: lo "spurgo" ed il "taglio erbe". Lo spurgo consiste nella rimozione del materiale terroso e dei detriti vegetali che si accumulano sul fondo della testa e dell'asta, provenienti dal franamento del bordo e delle ripe, soprattutto per effetto dell'erosione per ruscellamento superficiale innescata dalle piogge. Il taglio erbe consiste nel taglio della vegetazione acquatica e ripale. Entrambi gli interventi servono ad impedire una riduzione della portata nel tempo.

In passato, quando i fontanili rappresentavano una fonte d'approvvigionamento idrico fondamentale per l'irrigazione, venivano eseguiti con notevole frequenza: lo spurgo due volte l'anno, prima dell'inizio della stagione irrigua estiva (a Marzo) e prima di quella invernale (Ottobre); il taglio erbe invece veniva praticato più volte durante l'estate, in relazione allo specifico andamento climatico. Oggi, con il loro progressivo abbandono, questi interventi sono molto sporadici o assenti.

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La ricostruzione geologica, tettonica e sismica, i paleoambienti, i sistemi morfogenetici, le suddivisioni cronologiche e la geomorfologia, tengono conto soprattutto dei risultati dell'attività dell'AGIP per la ricerca di idrocarburi.

5.1 GEOLOGIA

La geologia del territorio comunale di Torbole Casaglia è strettamente legata all'origine geologica della Pianura Padana che è stata caratterizzata, durante il Pliocene e il Pleistocene inferiore, dal graduale riempimento del vasto golfo tra i rilievi alpini e quelli dell'Appennino Tosco Emiliano, generato dall'orogenesi alpina.

Con il Pleistocene medio-superiore la Pianura Padana emerge e si imposta su di essa un reticolo drenante. L'aspetto attuale della Pianura Padana è però soprattutto il risultato dell'azione dei ghiacci durante il susseguirsi delle fasi glaciali e dei successivi post-glaciali.

Nella zona di Pianura in cui ricade il territorio sono presenti depositi glaciali connessi alle varie fasi glaciali (Gunz, Mindel, Riss, Würm) che si sono susseguite a partire da 600 mila fino a 10 mila anni fa.

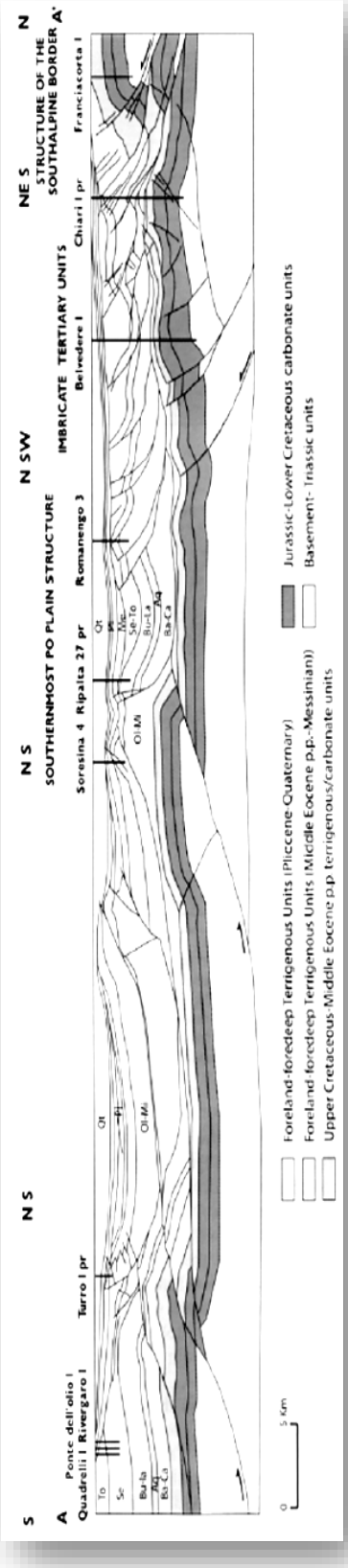
TABELLA 2 - DETTAGLIO DEI PERIODI GLACIALI E INTERGLACIALI

FASI GLACIALI	ANNI B.P.	CARATTERI CLIMATICI
WURM IV	20.000 - 10.000	SECCO, FREDDO; UMIDO, TEMPERATO
Interstadiale WURM III - WURM IV	40.000 - 20.000	UMIDO, TEMPERATO
WURM III		SECCO, FREDDO
Interstadiale WURM II - WURM III	60.000 - 40.000	TEMPERATO, FRESCO
WURM II		SECCO, FREDDO
Interstadiale WURM I - WURM II	80.000 - 60.000	UMIDO, CALDO
WURM I		TEMPERATO
Interglaciale RISS-WURM	130.000 - 80.000	MOLTO UMIDO; CALDO
RISS III	200.000 - 130.000	SECCO, FREDDO; UMIDO, FREDDO

Per l'ultima fase glaciale il massimo avanzamento si verifica circa 30-40 mila anni fa e l'ampia estensione viene a coprire, quasi sempre, anche i depositi legati alle glaciazioni precedenti.

La porzione meridionale del territorio comunale di Torbole Casaglia è interessata dagli estesi livelli fluvio-glaciali collegati al postglaciale würmiano nel quale si verificò il ritiro dei ghiacci in maniera marcata (circa 10-15 mila anni fa). È in questo periodo che si formano gli attuali bacini idrografici che trasportano verso valle i prodotti dello

FIGURA 10 – STRUTTURA DELLA PIANURA BRESCIANA (FANTONI ET AL. 2004)



smantellamento delle catene montuose. Si tratta di ampie conoidi formate dai depositi più grossolani nelle aree più vicine ai rilievi e più fini man mano che il pendio dell'alveo diminuisce e ci si avvicina al grande collettore di acque che è il fiume Po. I fiumi divagavano nell'ampia pianura da loro stessi originata, spostandosi spesso, formando nuovi alvei, abbandonando meandri, modificando continuamente il proprio letto.

Il versante settentrionale della pianura padana è, in linea di massima, formato dal succedersi di un'area collinare con presenza di ampi depositi glaciali (Anfiteatro del Sebino) cui segue la fascia dell'Alta pianura per poi passare alla Bassa pianura che degrada lentamente verso il fiume Po. Su questo versante della valle del Po è esteso e continuo il fenomeno delle risorgive.

5.2 TETTONICA

Dal punto di vista strutturale l'area padana qui interessata è interpretata come una monoclinale che si immerge verso sud. Gli strati mesozoici e cenozoici, infatti, si immergono prima dolcemente poi sempre più rapidamente dal settore alpino verso sud.

La monoclinale è interessata da faglie, con direzione est-ovest, che attraversano il Mesozoico e il Cenozoico con segni di attività nel quaternario, censite dall'APAT nell'ambito del progetto ITHACA [5] (ITaly HAzard from CApable faults).

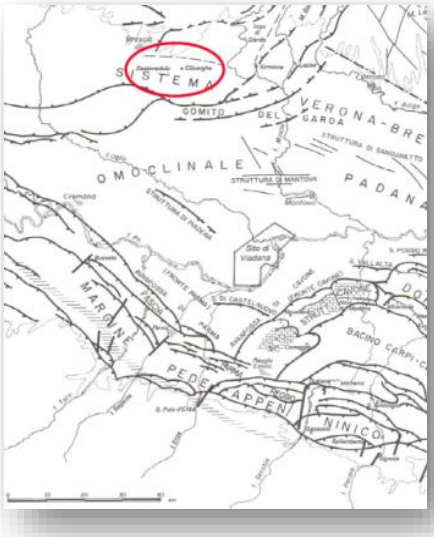
L'evoluzione del bacino padano è documentata da attività tettonica durante il Pliocene medio, con fenomeni di sollevamento e compressione. Con l'inizio del pliocene superiore il mare ricopre ancora l'area dell'attuale pianura e la sedimentazione continua, controllata dalla subsidenza, mentre appaiono attive numerose faglie. Durante il Quaternario persiste la subsidenza a cui succede un periodo di regressione marina che porta progressivamente alla colmata del bacino da ovest verso est.

La porzione di pianura alla quale appartiene il territorio comunale di Torbole Casaglia, è interessata dal sistema tettonico Verona-Brescia, che si sviluppa lungo il margine pedoalpino (Figura 11).

[5] *APAT Servizio Geologico d'Italia (T.Vittori, L.Serva)*

In particolare il comune di Torbole Casaglia è ubicato in prossimità della linea tettonica che attraversa la media pianura bresciana da Ciliverghe a Capriano del Colle. La disposizione del colle di Capriano, del colle di Castenedolo e del colle di Ciliverghe, rappresentati in figura 12 con un'amplificazione delle quote pari a 30 volte, è dovuta alla presenza sia di strutture tettoniche *Fault related fold*, sia di un *Trust Sud-vergente* che di un *Backtrust Nord-vergente*.

FIGURA 11 - SISTEMA TETTONICO DELLA PIANURA A PICCOLA SCALA



Tettonica attiva, le sorgenti sismiche

Dall'assetto strutturale dell'area analizzata è possibile individuare quali possono essere le sorgenti sismiche legate all'attività tettonica in corso.

Le strutture seguono macroscopicamente il fascio Giudicariense e la struttura di Soncino, come indicato in figura 13, e possono essere idealmente racchiuse tra le seguenti strutture tettoniche: a nord ovest la linea delle Giudicare e a sud la struttura di Piadena.

Tali considerazioni sono supportate dalle osservazioni sull'attività neotettonica recente individuata in alcuni depositi quaternari di questo tratto della pianura.

A tale proposito si riporta l'estratto dello studio intitolato "Holocene coseismic surface faulting at Monte Netto, Brescia, and the Christmas 1222 earthquake in the Po Plain, Italy." e redatto da A.M. Michetti[6], A. Berlusconi[6], F. Livio[6], G. Sileo[6], A. Zerboni[7], M. Cremaschi[7], L. Trombino[7], K. Mueller[8], E. Vittori[9], C. Carcano[10], S. Rogledi[10], nel quale *«la reinterpretazione dei profili sismici a riflessione ha consentito di confermare che la serie di rilievi isolati (Colli di Castenedolo e Ciliverghe, Monte Netto di Capriano del Colle) rappresentano la culminazione di anticlinali di crescita di età tardo*

---

[6] *Dipartimento di Scienza Chimiche e Ambientali, Università dell'Insubria, Via Valleggio 11, Como, Italy*

[7] *Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio", Università Statale di Milano, Via Mangiagalli 34, Milano, Italy*

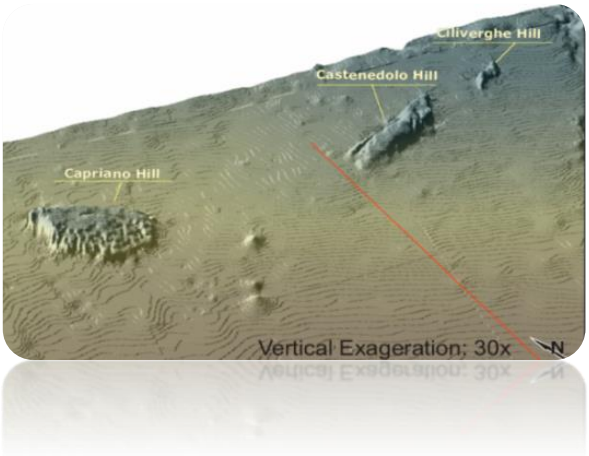
[8] *University of Colorado, Boulder, CO, USA*

[9] *APAT, Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia, Via V. Brancati, 48, 00144, Roma*

[10] *ENI Exploration & Production, S. Donato Milanese (MI)*

quaternaria, confermando quanto intuito da Desio già 40 anni fa (Desio, 1965).

FIGURA 12 - ALLINEAMENTO DEI COLLI DI CAPRIANO, CASTENEDOLO E CILIVERGHE



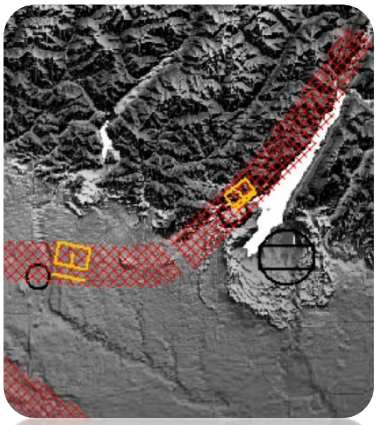
Queste strutture sono controllate da retroscorrimenti fuori sequenza con andamento medio circa E-W. In corrispondenza dell'anticlinale di Monte Netto, lavori di cava (Cava Danesi) hanno permesso di osservare su pareti di altezza media 7 m, lunghe complessivamente ca. 150 m, ed orientate in senso N-S ed E-W, due anticlinali secondarie decametriche che coinvolgono una sequenza di depositi fluviali, lacustri, suoli e loess, la cui età, sulla base dei primi rilievi e del ritrovamento di materiale paleolitico, dovrebbe essere compresa fra il Pleistocene medio-superiore e l'Olocene. Nuovi scavi condotti durante il presente progetto di ricerca hanno dimostrato come la più settentrionale delle due anticlinali sia interessata da "bending-moment faults" che dislocano tutta la parte superiore della sequenza esposta, fino a tagliare il suolo più recente, certamente olocenico, con la formazione di un graben gravitativo.

La geometria dei depositi all'interno del graben indica una formazione improvvisa di questa struttura tettonica secondaria. Ad essa è associata anche una deformazione dei depositi per liquefazione cosismica; il materiale liquefatto include sabbie e ghiaie. I caratteri dei fenomeni di fagliazione superficiale e liquefazione indica chiaramente l'associazione con forti terremoti locali, documentando per la prima volta nell'Avanfossa Padana chiare evidenze di fagliazione superficiale cosismica connessa ad una tipica struttura compressiva. Difatti, il confronto di queste evidenze con l'interpretazione della linea sismica di Capriano del Colle, peraltro passante in corrispondenza della Cava Danesi, mette in luce come tali deformazioni e fagliazioni superficiali siano legate al piegamento anticlinalico dovuto alla propagazione della faglia indicata come CCBFSF. Tale faglia rappresenta una flexural slip fault, connessa al movimento, più profondo, del retroscorrimento di Capriano del Colle (CCB)

Dal punto di vista macrosismico, strutture simili sono compatibili con effetti ambientali in aree epicentrali di terremoti crostali di intensità ESI IX o superiori (per l'Italia, intensità MCS IX o superiori; Michetti et al., 2007). Un simile livello di sismicità è storicamente documentato nella parte meridionale della Provincia di Brescia dal terremoto del

Natale 1222 (Magri e Molin, 1986; Guidoboni e Comastri, 2005). I dati disponibili nel settore bresciano dimostrano che le strutture compressive quaternarie identificate nel Dominio Sudalpino Lombardo possono generare forti terremoti con Mw compresa fra 6.0 e 6.5. Tali valori di magnitudo devono essere ritenuti "caratteristici" nell'ambito del paesaggio sismico dell'Avanfossa Padana lombarda (Serva, 1990; Sileo et al., 2007); e le strutture causative sono quindi definibili come faglie capaci. Anche per le strutture dell'Avanfossa Padana, quindi, come per quelle distensive dell'Appennino, il termine "faglia cieca" risulta di difficile applicazione, quando non del tutto fuorviante.»

FIGURA 13 - DATABASE OF ITALIAN SEISMIC SOURCES (D. SLEJKO, ISTITUTO NAZIONALE DI OCEANOGRAFIA E DI GEOFISICA SPERIMENTALE – OGS)



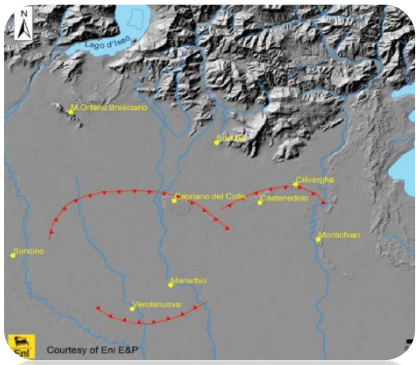
5.3 SISMOLOGIA

Si riporta in figura 15 uno stralcio della carta delle "Massime intensità macrosismiche" osservate nei comuni italiani valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA.

Tale carta è stata elaborata nel marzo 1996, per il Dipartimento della Protezione Civile, da D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise con la collaborazione di C. Meletti, S. Mirenna, G. Monachesi, G. Morelli, L. Peruzza, A. Zerga.

Nella pianura bresciana sono state individuate tre *faglie capaci* che vengono indicate nella sottostante figura 14, dalla quale si può osservare la dislocazione lungo le direttrici già citate dei rilievi isolati della pianura bresciana. Le *faglie capaci* sono la porzione di faglie attive in grado di deformare, dislocare la parte sommatale della crosta terrestre. Non si esclude la possibilità che si verifichino simultaneamente sia fenomeni deformativi che traslazionali. Tali faglie costituiscono, quindi, un elemento di interesse geologico e di importanza primaria per l'analisi dei rischi.

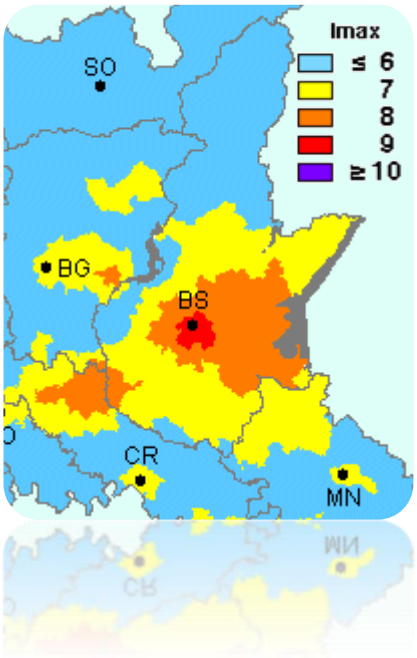
FIGURA 14 – FAGLIE CAPACI INDIVIDUATE NELLA PIANURA BRESCIANA



All'interno di tale quadro sismo tettonico si inseriscono anche i recenti eventi sismici che hanno caratterizzato il territorio bresciano negli ultimi anni. In particolare in questa sede si ricordano tre episodi. In data 24 novembre 2004 nell'area Gardesana occidentale ed epicentro il comune di Salò, si è verificato un sisma di Magnitudo 5.2 della scala Richter. In data 22 luglio 2006 si è verificato un sisma in Val Trompia, con magnitudo non registrata; mentre il 20 ottobre del medesimo anno si verificò, sempre in Val Trompia un sisma con Magnitudo 3.8 della scala Richter.

Per il comune di Torbole Casaglia (Latitudine: 45.51238, Longitudine: 10.11922), l'intensità massima prevista è pari a 8 gradi MCS,

FIGURA 15 – MASSIME INTENSITÀ MACROSISMICHE (D. MOLIN, M. STUCCHI E G. VALENSISE, 1996).



soprattutto per effetto dei sismi con epicentro nell'area gardesana-bresciana, per i quali è stimata un'intensità massima di 6,8 Richter come riportato nella tabella 3.

TABELLA 3 - INTENSITÀ MASSIMA

	CARATTERI SISMICI DELLE STRUTTURE					CARATTERI SISMICI AL SITO		
Strutture sismogenetiche rilevanti	Imax epic. storica (MCS)	Imax epic. potenziale (MCS)	Campi macrosismici di riferimento (terremoti)	Profondità ipoc. ma[illegible] più gravos[illegible] ril.energia (km)	Magnitudo potenziale (sec. Karnik) (*)	Imax storica (MCS)	Imax epic. potenziale (MCS)	Distanza min. Imax potenziale (km)
Margine pedealpino (o Sistema Verona-Brescia)	IX-X (1117) IX-X (1222)	X	1117 1222	10	6,8	VII (1117) VII (1222)	VIII	50
Margine pedeappenninico (Fascia sismotettonica di Parma-Reggio Emilia)	VIII (1438) VIII (1547) VII-VIII (1832)	IX	1832 1971	15	6,3	VII p.p. (1832) VII p.p. (1971)	VIII	30
avanfossa e alto strutturale di Cavone	VII-VIII (1832) VII (1806) VII (1810) VII (1928)	VIII	1806	8 - 10	5,3	VII p.p. (1806) VII p.p. (1832)	VIII	15
Sito di Viadana		terremoto	near - field:	M = 4.3		VII	VII	5

* M = 0,66 Io + 1,4 log h - 1,25

5.4 UNITÀ CRONOSTRATIGRAFICHE

Il quadro cronostratigrafico dei depositi superficiali della zona è riferibile al Pleistocene e all'Olocene (era quaternaria).

Nel territorio in esame sono presenti le seguenti Unità Cronostratigrafiche, tratte dalla carta geologica d'Italia (scala 1:100'000): le alluvioni fluvio-glaciali e fluviali del Würm f_g^w e le alluvioni fluvio-glaciali f_g.

Nella zona meridionale del territorio, grossomodo a sud della strada statale 235, sono presenti *Alluvioni Fluvio-Glaciali e Fluviali*, prevalentemente sabbiose e limose, con strato di alterazione brunastro di spessore limitato. Nella cartografia alla quale ci si sta riferendo, sono indicate con la sigla f_g^w e costituiscono la media pianura a valle della zona delle risorgive.

La loro formazione, risale al pleistocene inferiore, ovvero durante la fase postglaciale Würmiana successiva alla fase glaciale Würm IV avvenuta tra 20'000 e 10'000 anni. In questo periodo avvenne un consistente e progressivo ritiro dei ghiacciai Gardesano e Sebino. Il ritiro fu governato dallo scioglimento del ghiaccio che diede origine ad un ricco reticolo torrentizio alimentato da acque cariche di detriti glaciali prodotti dall'azione erosiva del ghiaccio stesso. L'elevato trasporto solido ha permesso, in fase deposizionale, la formazione dei potenti depositi terrigeni che hanno dato luogo al livello fondamentale della pianura.

Sulla rimanente porzione di territorio, a nord del limite settentrionale delle *Alluvioni Fluvio-Glaciali e Fluviali*, affiorano le alluvioni *Fluvio-Glaciali*. Si presentano come depositi a frazione da molto grossolana a ghiaiosa, con strato di alterazione superficiale argilloso, giallo rossiccio, di ridotto spessore, localmente ricoperte da limi più recenti. Tali terreni, che nella cartografia di riferimento sono indicati con la sigla f_g, occupano, nella pianura bresciana, l'alta pianura a monte della zona delle risorgive e si raccordano con le cerchie moreniche più alte degli anfiteatri sebino e benacese. Secondo alcuni autori sono sottoposte ed anteriori alla formazione precedentemente descritta, secondo altri rappresentano una variazione granulometrica verso monte della medesima formazione.

Il Fluvio-Glaciale ha origine dallo smantellamento delle morene frontali del ghiacciaio del Sebino e ha dato luogo alla pianura ciottolosa denominata "Sander". Tale pianura è suddivisibile in due unità. La settentrionale formata esclusivamente da ciottoli e ghiaie priva di sabbia e la meridionale costituita da sabbia mista a ghiaia.

Successivamente alla fase Glaciale del Würm è succeduta la fase Cataglaciale del Würm durante la quale le precedenti alluvioni sono state incise, in parte smantellate e rideposte altimetricamente al di sotto del livello fondamentale della pianura; i depositi corrispondenti a questa fase sono presenti nelle valli fluviali dei principali fiumi della pianura (Oglio. Mella, Chiese, ecc.). Le Alluvioni antiche, nell'area d'indagine, sono pertanto assenti.

5.5 ELEMENTI LITOLOGICI, LITOLOGIA DI SUPERFICIE

Origine ed elaborazione Dati

Per la definizione delle aree a composizione litologica omogenea è stata assunta come riferimento la carta litologica redatta dalla Regione Lombardia[11]. Le informazioni riportate in tale elaborato derivano dall'interpretazione delle caratteristiche litologiche del substrato pedologico, rilevate con sondaggi effettuati fino alla profondità di 2 metri.

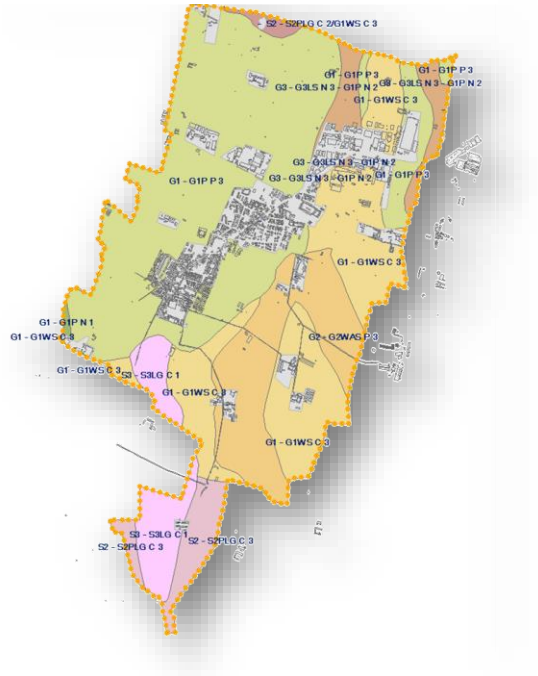
Litologie presenti

---

[11] *disponibile sul sito internet del Sistema Informativo Territoriale della Regione Lombardia: http://www.cartografia.regione.lombardia.it/portale/*

A piccola scala la litologia rispetta la competenza dell'acqua per cui la granulometria dei depositi diminuisce andando da nord verso sud. A grande scala la litologia prevalente è ghiaiosa o ghiaioso-sabbiosa. Localmente si hanno depositi più fini costituiti da sabbie limoso-argillose dove probabilmente l'energia delle acque durante episodi di piena era inferiore. Tutti i depositi sono ricoperti da un suolo di spessore variabile tra 1,0 a 2,0 m costituito da argille brunastre talora rossicce, dovute al rimaneggiamento dei suoli più antichi appartenenti alla formazione denominata *Fluvio–Glaciale*.

FIGURA 16 – CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE



In particolare, come si può facilmente osservare consultando la tabella 4, sul territorio comunale risultano affioranti le seguenti unità litologiche.

L'unità G1, definita *"Unità a ghiaie dominanti"*, ricopre quasi il 60% del territorio ed è costituita da *"Ghiaie poco gradate"* (G1P N 1 e G1P P 3) e da *"Ghiaie ben gradate con sabbia"* (G1WS C 3).

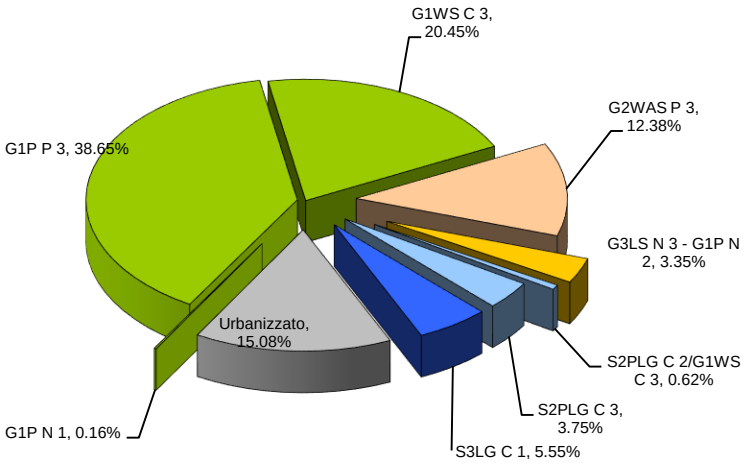
Le unità G2 *"Unita' a ghiaie frammiste a locali depositi fini (sabbie, limi, argille)"* e G3 *"Unita' a ghiaie e depositi fini (sabbie, limi, argille)"* occupano all'incirca il 15% della superficie complessiva. Nel territorio comunale di Torbole Casaglia sono rappresentate entrambe da una sola litologia, rispettivamente *"Ghiaie ben gradate con argilla e sabbia"* (G2) e *"Ghiaie limose con sabbia, Ghiaie poco gradate"* (G3).

Complessivamente ¾ degli strati superficiali del sottosuolo dell'area in esame sono caratterizzati dalla presenza di unità prevalentemente Ghiaiose.

L'unità S2, denominata *"Unità a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille), e ghiaie"* rappresenta poco più del 4% del territorio ed è costituita da *"Sabbie poco gradate con limo e ghiaia e Ghiaie ben gradate con sabbia"* (S2PLG C 2/G1WS C 3) e da *"Sabbie poco gradate con limo e ghiaia"* (S2PLG C 3).

TABELLA 4 – DISTRIBUZIONE AREALE ASSOLUTA E PERCENTUALE DELLE UNITÀ LITOLOGICHE E DELLE LITOLOGIE PRESENTI SUL TERRITORIO COMUNALE DI TORBOLE CASAGLIA

Unità litologica	Litologia	Superficie	Percentuale del Totale
G1	G1P N 1	21'390	0,16%
	G1P P 3	5'173'647	38,65%
	G1WS C 3	2'737'620	20,45%
	TOTALE UNITÀ G1	**7'932'658**	**59,26%**
G2	G2WAS P 3	1'657'674	12,38%
G3	G3LS N 3 - G1P N 2	448'607	3,35%
S2	S2PLG C 2/G1WS C 3	83'580	0,62%
	S2PLG C 3	501'479	3,75%
	TOTALE UNITÀ S2	**585'060**	**4,37%**
S3	S3LG C 1	742'771	5,55%
URBANIZZATO		**2'018'414**	**15,08%**
		13'385'185	**100,00%**



5.6 GEOMORFOLOGIA

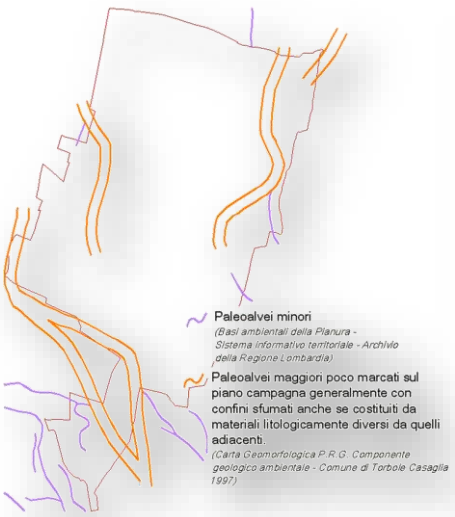
«La pianura quale ambito territoriale naturale al quale appartiene il comune di Torbole Casaglia, presenta un carattere complessivamente unitario nel quale si fondono i vari elementi che ne determinano la struttura. Tali significativi elementi sono la rete idrografica, la scansione degli appoderamenti e gli orientamenti che ne guidano la disposizione sul territorio, il connettivo interaziendale, le colture, gli edifici rurali e i nuclei storici.

La pianura si è delineata in seguito agli effetti delle alluvioni quaternarie e dei fenomeni deposizionali prodotti dagli antichi

scaricatori glaciali nell'alternarsi di periodi glaciali e interglaciali, oltre che per i movimenti tettonici ascensionali che hanno interessato alcune delle aree di pianura» (PTCP Provincia di Brescia, Quaderno 1) tra le quali la zona di Capriano del Colle, prossima al territorio comunale in esame.

I terreni dell'area analizzata si collocano al margine dell'alta pianura, nella zona di raccordo con la bassa pianura che si concretizza con la fascia dei fontanili. Il territorio comunale risulta diviso in due porzioni, l'area a Nord-Ovest appartenente all'Alta Pianura e l'area Sud-Est inserita nella Media Pianura Idromorfa.

FIGURA 17 – PRINCIPALI PALEOALVEI



La fascia delle risorgive si manifesta in corrispondenza di una diminuzione clinometrica che porta la falda acquifera ad avvicinarsi alla superficie del suolo, segnando il passaggio dai depositi fluvio-glaciali, grossolani e quindi fortemente permeabili, ai sedimenti più fini ed impermeabili. Da questa zona si origina quasi tutto il reticolo idrico che caratterizza il territorio meridionale della bassa pianura. Le acque dei fontanili, che oggi si presentano quasi sempre incanalate artificialmente, in passato scorrevano liberamente sulla pianura, creando fenomeni erosivi o di impaludamento come le lame. (PTCP Quaderno 1).

Si osserva che non sono presenti dislivelli accentuati e variazioni della quota topografica legati a terrazzi fluviali o di origine torrentizia. Gli antichi solchi fluvio-torrentizi, difficilmente individuabili dal terreno, e i paleoalvei sono anche evidenziati da una maggiore presenza di frazioni fini negli strati superficiali dei depositi fluvio-glaciali. Si segnalano, tuttavia, aree depresse in corrispondenza dell'alveo del Vaso Mandolossa a nord del territorio comunale e lungo il corso del Torrente Gandovere.

5.7 IDROGEOLOGIA

La struttura idrogeologica delle acque sotterranee è governata in modo determinante dal passaggio litologico, già descritto in precedenza, dei depositi alluvionali e glaciali. La transizione granulometrica avviene sia orizzontalmente che verticalmente, governando la presenza di un limite geologico che costituisce il letto

all'acquifero a falda libera. Tale acquifero secondo lo studio sulla "Geologia degli Acquiferi Padani" della Regione Lombardia viene classificato come acquifero di tipo A. Esso è simile, sia dal punto di vista litologico che di facies, al gruppo sottostante B; è costituito prevalentemente da ghiaie e ghiaie grossolane a matrice sabbiosa da media a molto grossolana a stratificazione da media a molto spessa. Molto subordinati sono gli intervalli sabbiosi con granulometria da media a molto grossolana, spesso ciottolosa.

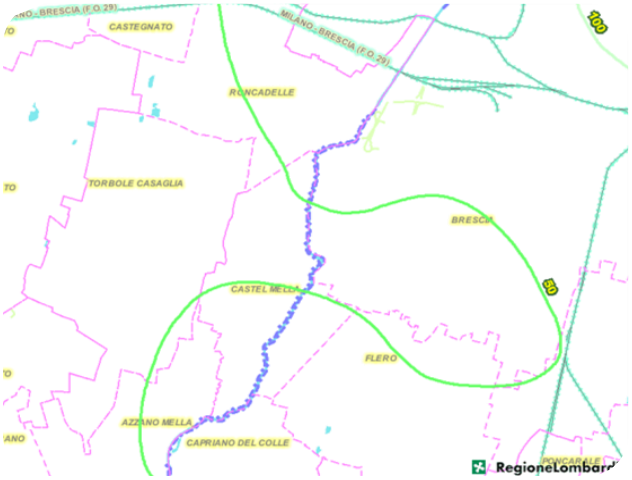


Figura 18 - Regione Lombardia (collaborazione Eni- Divisione Agip) 1999-2002 - "Geologia degli Acquiferi Padani" Isobate della superficie basale dell'acquifero di tipo A

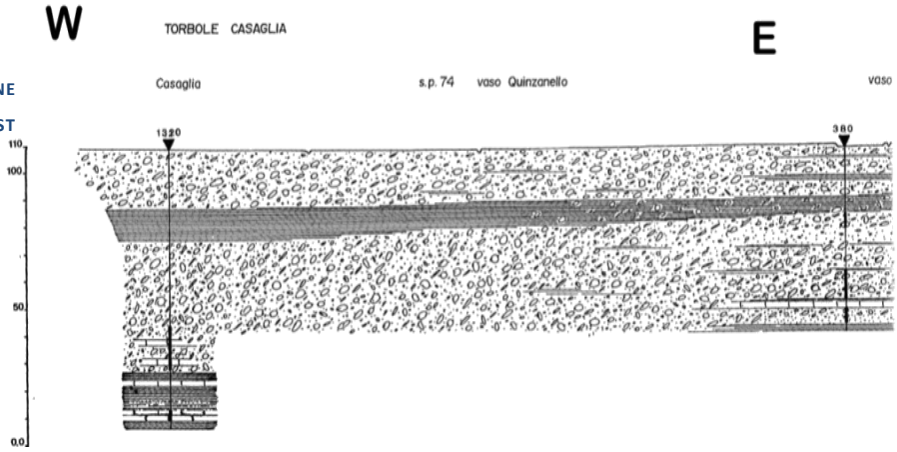


Figura 19 – Sezione idrogeologica est - ovest

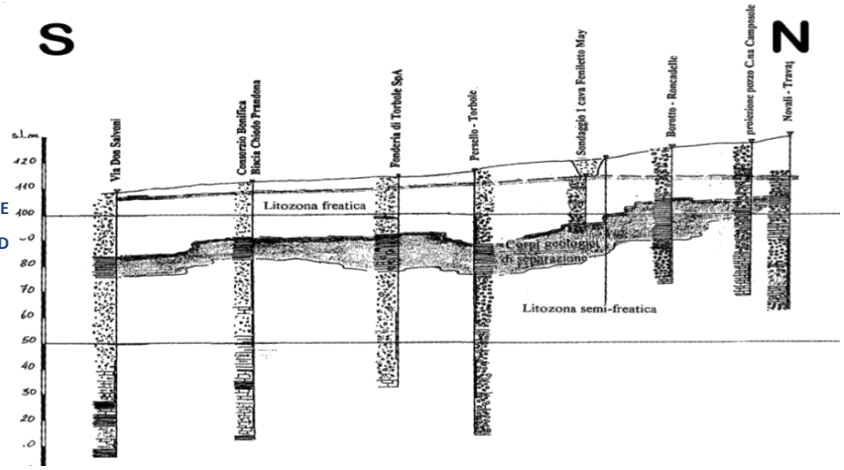


FIGURA 20 – SEZIONE IDROGEOLOGICA NORD SUD

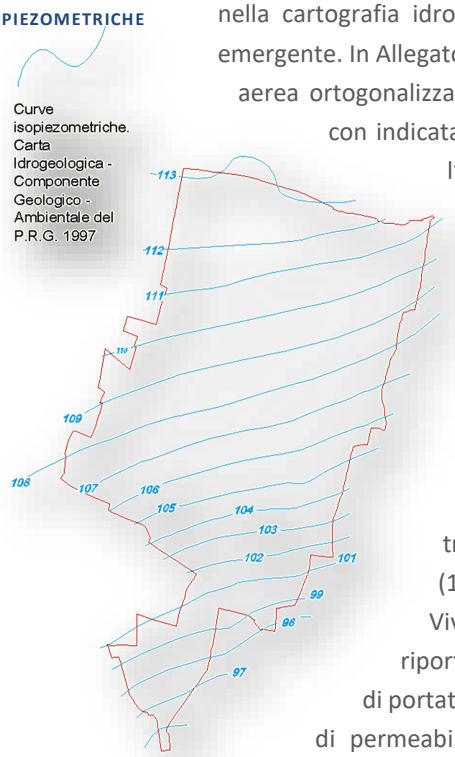
L'ambiente di sedimentazione è continentale in cui dominano le piane alluvionali con sistemi fluviali tipo Braided. Gli apporti grossolani provengono dalle prospicienti aree alpine di erosione con direzione Nord-Sud. I caratteri sedimentari della successione sono compatibili con i sistemi fluviali caratterizzati da elevata energia dei processi sedimentari dovuta alle fasi di deterioramento climatico dei cicli glaciali pleistocenici. Le considerazioni derivanti dallo studio delle stratigrafie confermano la descrizione geologica e geomorfologia precedentemente esposta. Muovendosi da Nord-Ovest a Sud-Est, all'interno del territorio in esame, si osserva un graduale aumento della litologia sabbiosa a discapito di quella ghiaiosa. Nella successione del gruppo sono presenti intercalazioni decimetriche di argilla e argilla limosa di ridotto spessore e basso potenziale di preservazione, tale da non consentire, se non a scala estremamente locale, il confinamento della falda.

Come è possibile osservare dalle sezioni idrogeologiche (figure 17 e 18), viene confermata la semplice struttura costituita da un acquifero superficiale che ospita una falda libera, di considerevole spessore (circa 80 m), del quale si riscontra la continuità sia in direzione nord sud sia lungo la direttrice trasversale.

L'assetto idrogeologico del sottosuolo del comune di Torbole Casaglia induce la presenza della falda in prossimità della superficie topografica che costituisce un elemento di rilevante importanza. In particolare si osserva che in alcune condizioni la tavola d'acqua interseca il piano campagna stesso portandosi a giorno. L'emergenza della falda freatica può avvenire in modo naturale o essere associata all'azione antropica della formazione dei fontanili o dell'attività estrattiva. In prossimità del confine settentrionale del territorio comunale si è verificata la presenza di un'area interessata da attività

estrattive e che è stata individuata nel PTCP della provincia di Brescia (Approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n.22/2004 e Adottato con delibera del Consiglio Provinciale n.41/2008) come area di emergenza della falda, in particolare come area in cui si ha presenza di laghetti di cava. Allo stato attuale la suddetta zona è stata ripristinata con il riempimento dello specchio d'acqua e il ripristino della superficie topografica, per questo motivo essa viene riportata nella cartografia idrogeologica, come area in cui la falda è sub-emergente. In Allegato A viene riportato uno stralcio della fotografia aerea ortogonalizzata (prodotta da COGEME servizi informatici), con indicata l'area in oggetto, dal quale si può osservare l'avvenuto ripristino della superficie topografica.

FIGURA 21 - CURVE ISOPIEZOMETRICHE



Il data base della Provincia di Brescia indica, sul territorio comunale, la presenza di 85 pozzi: 9 sono ad uso igienico, 12 ad uso industriale, 20 ad uso irriguo, 6 ad uso potabile, 15 ad uso domestico e 23 ad uso zootecnico. Di questi è stato possibile rintracciare la stratigrafia di tre soli pozzi: Pozzo acquedottistico comunale (1981), il Pozzo az. Agricolo Falconi e il Pozzo Vivaio Coccoli. Le stratigrafie 3 tre pozzi sono riportate in Allegato B e sono stati esaminati i dati di portata tramite i quali si sono potuti calcolare i valori di permeabilità e della trasmissività. In tabella 6 sono riportati tali valori calcolati per ciascun pozzo, dati completi sono invece consultabili nell'allegato D.

TABELLA 5 – DATI RELATIVI A PERMEABILITÀ E TRASMISSIVITÀ DELL'ACQUIFERO

	1-Pozzo Acquedottistico	2-Pozzo az. Ag. Falconi	3-Pozzo Vivaio Coccoli
Trasmissività	**2,53 x 10^{-02} m^2/s**	**3,08 x 10^{-02} m^2/s**	**2,0 x 10^{-03} m^2/s**
Permeabilità	**3,09 x 10^{-02} cm/s**	**4,11 x 10^{-02} cm/s**	**2,9 x 10^{-03} cm/s**

Come è possibile osservare dai dati riportati, l'acquifero è dotato di una buona capacità a riequilibrare i propri parametri idrodinamici, grazie a dei buoni valori di Trasmissività e Permeabilità.

In tutto il territorio comunale di Torbole Casaglia, la quota della falda sul livello del mare, è prossima a quella della superficie topografica, risultando più profonda a nord e meno a sud dove è subemergente

e risente degli eventi meteorici e dell'emungimento (prevalente nella stagione estiva). La soggiacenza è quindi variabile da circa 8 metri da p.c. nella zona settentrionale decrescendo progressivamente verso sud fino ad essere affiorante. Il gradiente piezometrico risulta estremamente basso con valori che raggiungono lo 0,1% - 0,2%.

5.7.1 Idrogeochimica

L'assetto idrogeochimico delle acque di falda dell'acquifero descritto è individuabile dalle analisi chimiche effettuate su campioni di acqua prelevati da alcune opere di captazione presenti sul territorio comunale tra il 1988 e 1997 e di seguito riportate.

Tabella 6 – Dati idrogeochimici

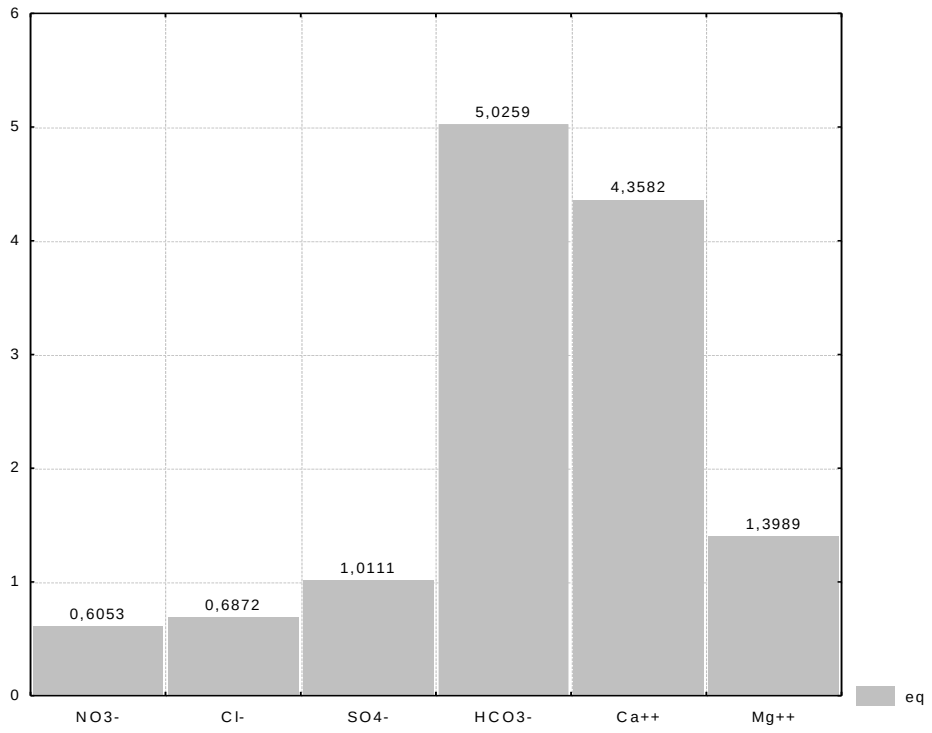
Parametri analitici	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
	Via colombo 17/19 rubinetto utenza	Piazza travagliato 26A rubinetto utenza	Via rassega 4 - rubinetto utenza	Via Pradelle,1
Data	18/07/1989	23/11/1988	03/11/1994	21/03/1997
Profondità	70	20	30	Nr
Torbidità *NTU*	0	0	Nr	0
Ph				7,77
Conducibilità elettrica ($\mu S/cm$)	559	595	610	611
Residuo fisso a 180° (mg/l)	419	446	458	458,25
Durezza totale ($°F$)	27,7	36,3	36	36,5
Alcalinità (mg/l)	237	354	329	
Cloruri (mg/l)	12	21	29	35,45
Solfati (mg/l)			42	55,13
Calcio (mg/l)		106	116	40
Magnesio (mg/l)			17	
Ossidabilità in O_2 **secondo Kubel** (mg/l)		0,6	0,5	0,67
Azoto ammoniacale (mg/l)	0	0	Nr	0
Azoto nitroso (mg/l)	0	0	Nr	0
Azoto nitrico (mg/l)	26	34	59	31,1
Fosforo totale ($\mu g/l$)	Nr	Nr	Nr	0
Ferro ($\mu g/l$)	<20	Nr	<50	0
Composti organoalogenati ($\mu g/l$)	0	0	Nr	-
Cadmio ($\mu g/l$)	0	0	Nr	-

Parametri analitici	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Cromo ($\mu g/l$)	0	0	Nr	-
Piombo ($\mu g/l$)	0	0	Nr	-

Le risultanze analitiche mostrano la presenza di acque dolci, con tenore in cloruri inferiore a 100 mg/l, e dure, tranne che per il pozzo 1 la cui acque si classificano come mediamente dure, con conducibilità elettrica ed un residuo fisso che consente di inserirle nella categoria delle acque medio-minerali[12]. Gli ioni bicarbonato hanno la maggiore concentrazione nelle acque dell'acquifero di Torbole Casaglia, che vengono quindi definite bicarbonate. Il secondo ione maggiormente presente è il catione alcalino-terroso Ca^{++} da cui la denominazione acque bicarbonate – alcalino-terrose[13].

Grafico 2 – Diagramma di Lescoeur.

La concentrazione maggiore è relativa al bicarbonato seguito dagli ioni calcio da cui la classificazione come acque Bicarbonate – alcalino-terrose



[12] *In base alla classificazione delle acque sotterranee in base alle loro caratteristiche fisiche – Autori Vari, v. Celico 1990.*

[13] *Classificazione delle acque in base al tipo di mineralizzazione.*

5.7.2 CARTOGRAFIA IDROGEOLOGICA

La cartografia idrogeologica riporta:

1. le curve isopiezometriche dedotte dalla cartografia allegata allo studio geologico a supporto del P.R.G. del 1997 redatto ai sensi della l.r. 41/97.
2. le classi di soggiacenza della falda superficiale ottenute per sottrazione puntuale della quota della superficie topografica e quella della superficie piezometrica, mediante un'operazione di "raster calculator".
3. i pozzi per acqua presenti sul territorio comunale con specifica indicazione del pozzo le cui acque sono destinate all'utilizzo idropotabile.
4. le criticità idrogeologiche presenti sul territorio sono suddivise in "criticità puntuali"e "criticità areali" le prime sono distribuite nella zona meridionale del territorio mentre la seconde nella zona settentrionale:
    a. la presenza dei fontanili attivi ed inattivi (punti di emergenza della falda), è la concreta evidenza del reale livello di soggiacenza della falda che talvolta raggiunge la superficie topografica;
    b. nello studio geologico a supporto del P.R.G. del 1997 redatto ai sensi della l.r. 41/97 è stato segnalato il corso del vaso Quinzanello per l'importanza idrogeochimica attribuita alle sue acque che sono alimentate direttamente dalla falda freatica. La conformazione e la natura di tale corso d'acqua costituisce, quindi, un'ulteriore conferma della prossimità della tavola d'acqua al piano campagna e dell'interazione del sistema ipogeo con il sistema epigeo;
    c. gli elementi areali sono costituiti essenzialmente da zone di emergenza della falda prodotte dall'attività estrattiva che ha portato alla formazione dei laghetti di cava. Tra quelli indicati in cartografica e individuati dal PTCP della provincia di Brescia, l'unico ricadente nel territorio di Torbole Casaglia è attualmente ripristinato e quindi non presenta superficie libera dell'acqua. Tuttavia la destrutturazione delle condizioni naturali spinge a considerare al condizione la falda come sub-emergente.

6 ANALISI DEL RISCHIO SISMICO

6.1 PERCORSO NORMATIVO (D.G.R. 28 MAGGIO 2008, N. 8/7374)

Con ordinanza del Presidente del Consiglio di ministri n.3274 del 20 marzo 2003 «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica», pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003 Supplemento ordinario n. 72, vengono individuate in prima applicazione le zona sismiche sul territorio nazionale. Tale ordinanza è in vigore dal 23 ottobre 2005 per gli aspetti inerenti la classificazione sismica: di tale classificazione la Regione Lombardia ha preso atto con d.g.r. n.14964 del 7 novembre 2003.

Dal punto di vista della normativa tecnica associata alla nuova classificazione sismica, dal 5 marzo 2008 è in vigore il d.m. 14 gennaio 2008 «Approvazione delle nuove nomer tecniche per le costruzioni», pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008, che sostituisce il precedente d.m. 14 settembre 2005, fatto salvo il periodo di monitoraggio di 18 mesi, di cui al comma 1 dell'art. 20 della l. 28 febbraio 2008, n.31. Durante tale periodo, fino al 30 giugno, si possono utilizzare per la progettazione sia le norme del d.m. 14 gennaio 2008, sia le nome previgenti, elencate al comma 2 del sopracitato art. 20 della l. 28 febbraio 2008, n.31.

Fanno eccezione le nuove progettazioni degli interventi relativi agli edifici e alle opere infrastrutturali di cui al decreto del capo del Dipartimento della Protezione Civile 21 ottobre 2003, per le quali si applicano da subito le disposizioni del d.m. 14 gennaio 2008.

Fino al termine del periodo di monitoraggio (30 giugno 2009), in zona 4, ai sensi della d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003, la progettazione antisismica è obbligatoria esclusivamente per gli edifici strategici e rilevanti, individuati dal d.d.u.o. della Regione Lombardia n.19904 del 21 novembre 2003 non rientranti nelle tipologie di cui al decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile 21 ottobre 2003. Qualora si optasse per l'utilizzo della normativa previgente in materia, si dovranno necessariamente considerare le specifiche di *sismicità media (S=9)* per i comuni in zona 2 e di *sismicità bassa (S=6)* per comuni sia in zona 3 che in zona 4.

Dal 1° luglio 2009 la progettazione antisismica, per tutte le zone sismiche e per tutte le tipologie di edifici sarà regolata dal d.m.

Le riflessioni sulle evidenze sperimentali di danni imputabili alle condizioni geomorfologiche e geotecniche del sito hanno portato a mettere a punto delle metodologie per la valutazione degli effetti locali a scala urbanistica e a definire il tipo di indagini e di analisi numeriche indispensabili per raggiungere risultati ingegneristicamente utili per la pianificazione del territorio e per la progettazione delle costruzioni nelle zone sismiche.

L'insieme di tali studi costituisce uno studio di **microzonazione sismica** che ovviamente si presenta come un'attività interdisciplinare, comprendendo studi sismologici, geologici, di ingegneria geotecnica e di ingegneria strutturale.

Si definisce "microzonazione sismica" l'individuazione e la delimitazione di zone alle quali vengono attribuiti parametri e prescrizioni finalizzati alla riduzione del rischio sismico, da utilizzare nella pianificazione urbanistica, nella progettazione di manufatti e in fase di emergenza. L'individuazione di tali zone avviene attraverso la valutazione della pericolosità di base (terremoto di riferimento) e della risposta sismica locale.

Il vero significato di uno studio di microzonazione sismica è quello di tradursi in uno strumento di uso del territorio e per questo al suo carattere spiccatamente scientifico deve affiancarsi l'aspetto politico, inteso come scelte di priorità precise da parte di amministrazioni locali e di attività volte nella direzione della sicurezza, prevenzione, pianificazione territoriale e conoscenza e salvaguardia dei beni fisici ed architettonici.

Si definisce:

Pericolosità sismica di base: previsione deterministica o probabilistica che si possa verificare un evento sismico in una certa area in un determinato intervallo di tempo. L'evento atteso può essere descritto sia in termini di parametri di scuotimento del suolo (*Pga*, *Pgv*, ecc.), sia in termini di Intensità macrosismica (I_{MCS}).

Terremoto di riferimento: spettro elastico di risposta o accelerogramma relativo ad una formazione rocciosa di base o a un sito di riferimento.

Pericolosità sismica locale: previsione delle variazioni dei parametri della pericolosità di base e dell'accadimento di fenomeni di instabilità dovute alle condizioni geologiche e geomorfologiche del sito; è valutata a scala di dettaglio partendo dai risultati degli studi di

pericolosità sismica di base (terremoto di riferimento) e analizzando i caratteri geologici, geomorfologici e geologico - tecnici del sito.

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

Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti: pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area. (Pergalani, Compagnoni, Petrini: *analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in determinati comuni del territorio lombardo e supporto tecnico inerente l'analisi di vulnerabilità sismica prevista dal programma temporale delle verifiche di cui alla d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003,*2005).

La metodologia da utilizzare prevede 3 livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente: i primi due livelli sono obbligatori[14] in fase di pianificazione, mentre il terzo è obbligatorio in fase di progettazione, sia quando con il 2° livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione, sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni e contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.

Il territorio comunale di Torbole Casaglia è inserito, nella classificazione sismica nazionale (o.p.c.m. 3274 del 20 marzo 2003), in zona 3 per la quale è obbligatorio il 1° livello di approfondimento come indicato in tabella 8.

TABELLA 7 – LIVELLI DI APPROFONDIMENTO PREVISTI DALLA NORMATIVA REGIONALE PER COMUNI APPARTENENTI ALLA ZONA 3

---

[14] *Con le opportune differenze in funzione della zona sismica di appartenenza, come meglio specificato nei criteri attuativi l.r. 12/05 per il governo del territorio.*

1°livello Fase pianificatoria	2°livello Fase pianificatoria	3°livello Fase progettuale
Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili.	Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa > valore soglia comunale;
		Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5.

6.2 ORIGINE ED ELABORAZIONE DATI

Per la redazione della Carta della Pericolosità Sismica di base (1° livello di approfondimento) si è proceduto integrando e sovrapponendo tutti gli elaborati descritti in precedenza come già esposto nei rispettivi paragrafi.

Per ogni tematismo (litologia, geomorfologia, soggiacenza) il territorio comunale è stato suddiviso in aree omogenee. La successiva intersezione di tali aree ha prodotto una nuova suddivisione in zone con gruppi omogenei di parametri indice di ogni tematismo. A queste è stato attribuito lo scenario di pericolosità sismica più adatto alle caratteristiche riscontrate nell'area stessa.

6.2.1 ANALISI CARTOGRAFICA

Di seguito si verificano le possibili cause che possono generare effetti di sito mediante lo studio delle caratteristiche del territorio, in particolare sono stati studiati i seguenti elementi geologici, presi singolarmente o in correlazione con altri elementi.

Geologia e litologia di superficie

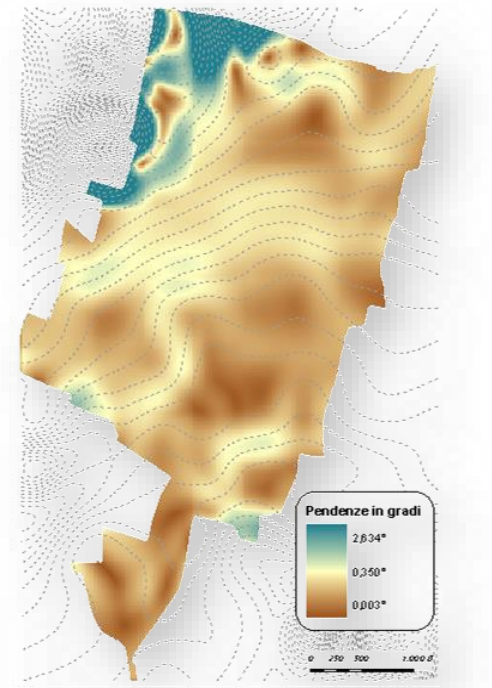
Fornisce indicazioni sulla possibilità che si verifichino amplificazioni di tipo litologico appartenenti ad uno degli scenari di pericolosità sismica indicati con la sigla Z4.

Sul territorio comunale di Torbole Casaglia si ha, esclusivamente, la presenza di depositi fluvio-glaciali e alluvionali. In particolare si osserva che l'area settentrionale è costituita prevalentemente da ghiaie sabbiose dovute per la maggior parte allo smantellamento delle cerchie moreniche frontali del Sebino. L'area meridionale è caratterizzata, invece, da materiali più fini dovuti all'erosione al trasporto ed alla deposizione delle precedenti alluvioni.

Pertanto la presenza di depositi alluvionali e fluvio-glaciali granulari consente di inserire il territorio comunale nello scenario di pericolosità sismica locale corrispondente a possibili effetti di amplificazioni litologiche, identificato con la sigla Z4a.

La litologia di superficie rispecchia nei termini generali la distribuzione granulometrica descritta a livello geologico, in particolare la zona nord occidentale del territorio è caratterizzata dalla presenza di ghiaie poco gradate a profondità superiori ai 2,5 m da piano campagna. Spostandosi in direzione orientale e meridionale si osserva un graduale aumento della componente sabbiosa nei terreni, che porta ad avere, nelle aree più meridionali, sabbie poco gradate con limo e ghiaia.

FIGURA 22 – SLOPE ANALYSIS – PENDENZE ESPRESSE IN GRADI SESSAGESIMALI



Topografia e morfologia di superficie

Fornisce indicazioni sulla possibilità che si verifichino amplificazioni di tipo topografico appartenenti ad uno degli scenari di pericolosità sismica indicati con la sigla Z3. In generale va posta attenzione alla presenza di scarpate e di zone acclivi con altezze maggiori di 10 m. Viene valutata, inoltre, la presenza di scarpate di natura antropica che possono, come le scarpate naturali, essere suscettibili di amplificazioni topografiche.

Il territorio di Torbole Casaglia presenta acclività medie di circa 0,35° sessagesimali, come indicato nell'analisi delle pendenze riportata in figura 20. La quota massima e la quota minima corrispondono rispettivamente a 127 m s.l.m. e 98 m s.l.m.

L'assetto geomorfologico del territorio permette, ragionevolmente, di escludere eventuali effetti di amplificazione sismica dovuti alla morfologia.

Caratteristiche geotecniche del terreno

La caratterizzazione geotecnica dei terreni permette di individuare l'eventuale presenza di zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti. Permette inoltre di classificare il terreno secondo le categorie di suolo di fondazione indicate nell'OPCM 3274 del 20/03/2003 ed ottenere, pertanto, indicazioni necessarie all'approfondimento semiquantitativo per il calcolo del fattore di amplificazione (Fa).

I risultati ottenuti da rilievi geologico-tecnici effettuati sul territorio, mettono in evidenza parametri caratteristici differenti. La zona

settentrionale è caratterizzata della presenza, in superficie [15], di terreni coesivi da poco a mediamente consistenti e, da profondità superiori ai 2-3 m di terreni granulari da poco a mediamente addensati. Dalle prove effettuate su questi terreni, il valore medio di N_{SPT} è pari a 10 ($N_{SPT} = 10$).

Da prove penetrometriche effettuate a Sud – Ovest dell'abitato di Torbole Casaglia si osserva la presenza di terreni granulari maggiormente addensati (da densi a molto addensati) per i quali il valore N_{SPT} risulta essere pari a circa 35 ($N_{SPT} = 35$).

Non si riscontra la presenza di terreni di fondazione particolarmente scadenti e che possano presentare gravi condizionamenti alla costruzione di opere. Non si verifica la presenza di strutture tettoniche o stratigrafiche che pongano a contatto litotipi con risposte sismiche molto diverse. Infine non si evidenzia la presenza di sabbie fini associate alla falda superficiale.

I terreni alla quota di fondazione rientrano, ai sensi delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008, in categoria C *«Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di* $V_{s,30}$ *compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero* $15 < N_{SPT,30} < 50$ *nei terreni a grana grossa e* $70 < c_{u,30} < 250$ *kPa nei terreni a grana fina)».*

Per tali terreni e per periodi di scuotimento compresi nel range 0.1 – 0.5 s, il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione del sito in esame, è pari a 1,8; mentre per i periodi di scuotimento 0.5 – 1.5 s il valore di soglia è pari a 2,4.

Tali considerazioni entreranno in modo dettagliato nella valutazione semi quantitativa prevista per il *secondo* livello di approfondimento relativo alla caratterizzazione sismica dei siti interferenti con l'urbanizzato e con le aree di espansione urbanistica.

6.3 CONSIDERAZIONI

Dall'analisi dei tre aspetti, precedentemente descritti, si inquadra il territorio comunale di Torbole Casaglia come soggetto ad un solo possibile scenario di pericolosità sismica, lo scenario definito con la

[15] *Fino a 2-2,5 m da piano campagna*

sigla Z4a e classificato come: "zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e fluvio – glaciali, granulari e coesivi". L'intero territorio è pertanto suscettibile di possibili effetti di amplificazione litologica.

6.4 Classi di pericolosità e prescrizioni

La carta della pericolosità sismica locale permette l'immediata assegnazione della classe di pericolosità e, di conseguenza dei successivi livelli di approfondimento necessari.

Tutti gli scenari di pericolosità sismica rilevati all'interno del territorio comunale appartengono alla *classe di pericolosità sismica* H2.

Poiché il comune di Torbole Casaglia è inserito (secondo l'o.p.c.m. 3274 del 20 marzo 2003) in zona sismica 3 ed essendo interamente ricadente nella zona Z4a, per le zone interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, è obbligatorio l'approfondimento di 2° livello in fase pianificatoria. È prevista l'esecuzione dell'approfondimento di 3° livello in fase progettuale, nelle aree indagate con il 2° livello qualora si verifichi un Fattore di amplificazione maggiore del valore di soglia comunale. Si ricorda che gli approfondimenti di 2° e 3° livello non devono essere eseguiti in quelle aree che ricadono all'interno della Classi di Fattibilità 4 e pertanto inedificabili.

7 SINTESI E VALUTAZIONE

La fase di sintesi/valutazione è definita tramite la carta dei vincoli, che individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico, e la carta di sintesi, che propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica.

7.1 CARTA DEI VINCOLI

La carta dei vincoli riporta a scala comunale le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore, di contenuto prettamente geologico. Si riportano quindi i *vincoli derivati dalla pianificazione di bacino* (P.A.I.), le Aree di salvaguardia delle *captazioni ad uso idropotabile e* i *vincoli di polizia idraulica* individuati nello studio del reticolo idrografico minore condotto nel rispetto di quanto disposto dalla DGR del 25/01/2002 n. 7/7868 "Determinazione del reticolo idrico minore e fasce di rispetto".

7.1.1 VINCOLI DERIVATI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO

Sono stati inseriti quei vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della l. 183/89 (cfr. Parte 2 - Raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata) ed in particolare dai seguenti elaborati.

Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, approvato con d.p.c.m. 24 maggio 2001 (Elaborato n.8 – Tavole di delimitazione delle Fasce Fluviali);

Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) approvato con d.p.c.m. 24 luglio1998 (in particolare per quanto riguarda la perimetrazione delle fasce fluviali del Fiume Po);

Il PSFF è confluito nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), in corrispondenza all'approvazione di quest'ultimo (Comitato Istituzionale, deliberazione n. 18 del 2001). Dal PSFF si desume la definizione di Fascia C.

*«Area di inondazione per piena catastrofica **(Fascia C)**, costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento, come definita nell'Allegato 3».*

La fascia C viene recepita dal PTCP della provincia di Brescia e si estende su una superficie di 677,3 ha corrispondente al 50,6% della superficie complessiva comunale.

7.1.2 VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA

Ai sensi della D.g.r. 25 gennaio 2002, n. 7/7868 e successive modificazioni, devono essere riportate le fasce di rispetto individuate nello studio finalizzato all'individuazione del reticolo idrico minore, previo parere positivo da parte della Sede territoriale regionale competente.

Di seguito si riporta il paragrafo 4.2.3 della *Relazione Tecnica* allegata all'*Elaborato tecnico di individuazione e regolamentazione del Reticolo Idrico* del Comune di Torbole Casaglia.

«A seguito della determinazione definiva del reticolo idrico minore, sulla base delle disposizioni contenute nei R.D. 523/1904 e delle indicazioni di cui agli approfondimenti geologici di cui allo strumento urbanistico del Comune di Torbole Casaglia (ex L.R. 41/97 e L.R. 12/05), sono state individuate le fasce di rispetto dei corsi d'acqua in corrispondenza delle quali, sui corsi d'acqua di competenza del Comune, vigono le norme di polizia idraulica di cui alla parte normativa dell'elaborato tecnico. Le suddette fasce di rispetto sono riportate nella Parte Cartografica (Tavola RIM: Individuazione del reticolo idrico del territorio comunale).

Queste ultime sono definite in considerazione delle aree storicamente soggette ad esondazioni eventualmente presenti, delle aree interessabili da fenomeni erosivi e di divagazione dell'alveo eventualmente presenti, della necessità di garantire una fascia di rispetto sufficiente a consentire l'accessibilità al corso d'acqua ai fini della sua manutenzione, fruizione e riqualificazione ambientale e dall'assetto urbanistico della tutela degli insediamenti.

Il criterio generale seguito nell'attribuzione delle suddette fasce sul territorio comunale di Torbole Casaglia è il seguente:

- *nella zona extraurbana, i corsi d'acqua del reticolo minore e principale è stata generalmente attribuita una fascia di rispetto di ampiezza pari a 10 m su entrambi i versanti;*
- *nella zona urbana, ai corsi d'acqua del reticolo minore è stata generalmente attribuita una fascia di rispetto di ampiezza pari a 5 m su entrambi i versanti, anche in relazione alla presenza di alvei cementati; in corrispondenza dei corsi d'acqua che abbiano evidenziato situazioni particolari, si è provveduto a mantenere anche nella zona urbana, una fascia di rispetto di ampiezza pari a 10 m su entrambi i versanti;*

- *ai tratti tombinati è stata attribuita una fascia di rispetto di ampiezza pari a un metro su entrambi i versanti:*
- *sulla base delle risultanza della studio geologico propedeutico alla definizione dello strumento urbanistico, ai corsi d'acqua transitanti nella aree con evidenze di vulnerabilità idrogeologica (morfologicamente più depresse, allagatesi in seguito a sovralluvionamenti della rete scolante a causa di precipitazioni intense e prolungate, ecc), è stata assegnata una fascia di rispetto di ampiezza pari a 10 m su entrambi i versanti.*

Si evidenzia che, sulla base della giurisprudenza corrente, le distanze dai corsi d'acqua devono intendersi misurate dal piede arginale esterno o, in assenza di argini in rilevato, dalla sommità della sponda incisa. Nel caso di sponde stabili, consolidate o protette, le distanze possono essere calcolate con riferimento alla linea individuata dalla piena ordinaria». (Bellini, Studio Professione Ambiente- §4.2.3 Fasce di rispetto - Reticolo Idrico Minore di Torbole Casaglia).

7.1.3 Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

Le aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile sono rappresentate dall'area di tutela assoluta e dall'area di rispetto relativa al pozzo acquedottistico, ai sensi del d.lgs. 258/2000, art. 5, comma 4.

Aree di Tutela Assoluta

La zona di tutela assoluta e' costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni o derivazioni: essa deve avere una estensione in caso di acque sotterranee e, ove possibile per le acque superficiali, di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e adibita esclusivamente ad opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio (d.lgs. 258/2000 art. 5 comma 4).

Aree di Rispetto

Individua la zona di rispetto nella quale valgono le prescrizioni contenute al comma 5[a] art.5 del D.lgs 258/2000. Per quanto riguarda gli insediamenti o le attività elencate al comma 6[b], la cui disciplina all'interno della zona di rispetto è demandata alla Regione, si fa riferimento alle *Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle zone di rispetto* (Allegato 1 alla D.G.R. 10 aprile 2003- n.7/12693).

La zona di rispetto del pozzo idropotabile è stata definita mediante criterio geometrico previsto dalle "*Direttive per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee (pozzi e sorgenti) destinate al consumo umano - art.9, punto 1, lettera f del d.P.R. 24 maggio 1988, n.236*" (Deliberazione della G.R. del 27 giugno 1996 n.6/15137). Di conseguenza, al loro interno, l'attuazione degli interventi o delle attività elencate nell'articolo 5 comma 6 del D.lgs 258/2000 è subordinata all'effettuazione di un'indagine idrogeologica di dettaglio che porti ad una riperimetrazione di tali zone secondo i criteri temporale o idrogeologico (come da D.G.R. del 27 giugno 1996 n.6/15137) o che comunque accerti la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e dia apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi.

7.2 Carta di Sintesi

All'interno della carta di sintesi vengono rappresentate, attraverso l'uso di poligoni, aree omogenee dal punto di vista della pericolosità e della vulnerabilità specifiche per la problematica geologica di cui sono conseguenza. I suddetti poligoni definiscono quindi zone con caratteristiche geologico–geotecniche, geomorfologiche o a vulnerabilità idrogeologica o idrologica omogenee.

Nel caso del comune di Torbole Casaglia concorrono alla definizione della carta di sintesi la vulnerabilità idrogeologica (acquifero superficiale) e le aree soggette ad allagamento.

Sul territorio vengono pertanto individuate le zone a vulnerabilità dell'acquifero da alta a molto alta, caratterizzate dalle seguenti tipologie:

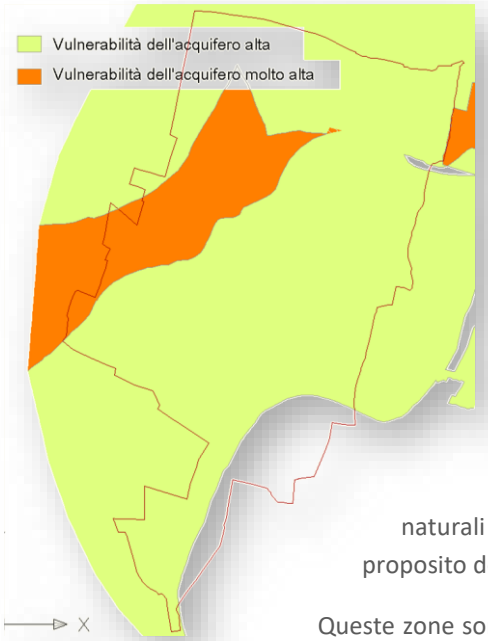
- aree ad elevata vulnerabilità degli acquiferi definite nell'ambito dello studio di cui al D.lg. 258/2000.
- aree a bassa soggiacenza dell'acquifero (Emergenze idriche)

7.2.1 Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

Le informazioni riguardanti la vulnerabilità della falda freatica superficiale, sono ricavate dal Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Brescia, approvato in data 21 aprile 2004 con Delibera C.P. n°22.

Dall'analisi degli elementi pedologici, geo-litologici e idrogeologici del territorio in esame, si è potuto constatare che la falda freatica è sottoposta ad un livello potenziale di inquinamento elevato. Infatti, nonostante la protettività dei suoli nei confronti delle acque sotterranee non sia del tutto nulla, la scarsa profondità della tavola d'acqua, specialmente in corrispondenza delle stagioni di maggiore piovosità, rende poco contrastata la contaminazione delle acque sotterranee da parte di qualsiasi inquinante.

FIGURA 23 - VULNERABILITÀ DELLA FALDA. STRALCIO DEL PTC DI BS (APPROV. 21/04/04 DCP 22). LA CAMPITURA DI COLORE ARANCIONE INDICA UNA VULNERABILITÀ MOLTO ALTA, MENTRE LA CAMPITURA DI COLORE VERDE INDICA UNA VULNERABILITÀ ALTA.



In particolare si osserva che la larga diffusione dell'attività agricola sul territorio comunale, può condizionare la composizione idrochimica dell'acquifero. In passato si sono osservate elevate concentrazioni in nitrati, al di sopra dei limiti imposti dal DPR 236/88.

Tale stato di vulnerabilità è accentuato dalla presenza di zone del territorio in cui la tavola d'acqua interseca la superficie topografica, sia a causa dell'asportazione antropica degli strati superficiali del sottosuolo, che per le cause naturali (nella zona meridionale del territorio) già citate a proposito dei fontanili.

Queste zone sono individuate nella cartografia di sintesi come aree di emergenza della falda. Tra queste si annovera anche l'area descritta nel paragrafo 4.7.1, nella quale la falda è sub-emergente.

Si segnala che dall'osservazione di dati storici sono emersi casi relativi ad elevate concentrazioni di Atrazina (superiore a $0{,}4\,\mu g/l$) e, in corrispondenza del pozzo Prandona, si è riscontrata (settembre 1989) la presenza di Cromo esavalente con concentrazione pari a $12\,\mu g/l$.

L'obiettivo del P.T.C.P., in queste aree, è di evitare le possibili contaminazioni della falda anche superficiali da inquinamenti derivati da impianti ed attività urbane.

Il vigente Programma di Tutela e Uso delle Acque della Provincia di Brescia approvato con delibera n.8/2244 del 29 marzo 2006 e la successiva modifica, D.g.r. n.8/3297 dell' 11 ottobre 2006, individuano l'intero comune di Torbole Casaglia come ricadente nelle "Nuove aree vulnerabili all'inquinamento da Nitrati". La delibera ha

effetto particolarmente incidente sulla gestione delle deiezioni animali, per le quali è stata emanata la D.g.r. n.3439 del 16 novembre 2006.

Come descritto in precedenza le aree in cui si verificano **emergenze idriche**, ovvero quelle aree in cui la falda raggiunge o supera la quota del piano campagna, costituiscono un elemento di vulnerabilità dell'acquifero e quindi di pericolosità idrogeologica. In particolare la conformazione del territorio in esame implica l'inserimento in questa categoria dei fontanili e le aree di cava. Si sottolinea che anche gli elementi idrologici costituiti da quelli che un tempo erano fontanili (ex-fontanili) sono considerati ugualmente vulnerabili per la venuta a giorno della tavola d'acqua. Dalla descrizione dell'assetto idrogeologico si evince che le acque superficiali e le acque sotterranee costituiscono quasi un unico sistema. I punti di emergenza della falda sono quindi numerosi e distribuiti su tutto il territorio.

7.2.2 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

[la presente valutazione della pericolosità idraulica insistente sul territorio è superata dalla PGRA per il cui recepimento nello strumento urbanistico si rimanda alla relazione di aggiornamento della componente geologica idrogeologica e sismica del 2019]

~~Le aree in riferimento al presente punto appartengono *«alle aree già allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali desunte dalla ricerca storica-bibliografica»* secondo la definizione della D.g.r. 1566/96.~~

~~Sono aree perimetrale, sul territorio comunale, in occasione della stesura dello studio intitolato "STUDI PRELIMINARI E DI FATTIBILITA' – SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI TORRENTI GANDOVERE, VAILA, CANALE, UGOLO, SOLDA E DELLA ROGGIA MANDOLOSSA AI FINI DI MODERAZIONE DELLE ESONDAZIONI NELLE LORO ASTE VALLIVE" redatto da Maione – Bacchi – Manfredini (1996).~~

~~Le aree in oggetto sono state riportate all'interno dello Studio Geologico a supporto del P.R.G. entrato in vigore nel 1997 e intitolato *Componente Geologico Ambientale del Nuovo P.R.G.* redatta dallo Studio Tecnico Associato Oikos (dott. Geol. Oneda e Ing. Cigolini – 1997). Esse vengono descritte e cartografate quali aree~~

~~morfologicamente ribassate (cartografia geomorfologica) e come aree che hanno subito eventi di allagamento (cartografia di sintesi). Più precisamente vengono definite come: *«aree di allagamento [...] indicate e censite nel progetto preliminare di "Sistemazione idraulica dei torrenti Gandovere e Vaila ecc. Provincia di Brescia, 1996"[...]»*. Sono, infatti, riferire agli episodi del 23 – 25 settembre 1993 e del 25 – 26 settembre del 1994 in corrispondenza di cui si sono verificati eventi descritti, secondo Oneda-Cigolini, come: *«sovralluvionamenti dovuti a precipitazioni intense e prolungate su una rete scolante che è divenuta inadeguata all'urbanizzazione ed alla trasformazione del territorio»*. Inoltre questi avvenimenti *«non sono dovuti alla presenza di aree naturalmente predisposte ad essere esondate, ma sono gli effetti idraulici delle trasformazioni che avvengono nell'hinterland del Comune di Brescia»*.~~

~~Le medesime aree sono state riportate all'interno della cartografia tecnica dello studio del Reticolo Idrico Minore del comune di Torbole Casaglia e, all'interno dello stesso, recepite come aree *«ubicate nelle zone morfologicamente più depresse e prossime alla rete scolante, che si sono allagate in seguito a sovralluvionamenti nella rete di canali scolanti in territorio settentrionale»* (Febbraio 2008, L. Bellini e R. Bellini).~~

~~Le aree di maggiore importanza sono due, una localizzata lungo l'alveo del torrente Mandolossa nella parte Nord – Est del territorio comunale in corrispondenza del confine con i comuni di Roncadelle e di Castel Mella in prossimità di Fornace Deretti con un'estensione areale di circa 60 ha. La seconda area è posta lungo il corso del torrente Gandovere a sud del territorio comunale con un'estensione simile alla precedente.~~

8 CARTA DI FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO

[Per la descrizione della classi di fattibilità si rimanda alla relazione di aggiornamento della componente geologica idrogeologica e sismica del 2019]

Le disposizioni e le prescrizioni relative a ciascuna classe di Fattibilità geologica sono riportate nell'elaborato del Documento di Piano - PREVISIONI DI PIANO – "Indirizzi di assetto geologico idrogeologico e sismico". Tale documento è riportato integralmente anche nel Piano delle Regole.

Bergamo, 28/02/2011 Dott. Geol. Paolo Ferrari

Collaboratore dott. Giacomo Bonometti

Allegati alla relazione illustrativa

Denominazione	Descrizione
Allegato A	Laghetto di cava
Allegato B	Stratigrafie dei pozzi
Allegato C	ELENCO POZZI data base Provincia di Brescia
Allegato D	Elaborazione prove di emungimento

~~Appendice~~

~~SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO SISMICO~~

[Appendice Stralciata. Per l'approfondimento sismico di Secondo livello ai sensi dell'All. 5 DGR 2616/11 si rimanda alla relazione di aggiornamento della componente geologica idrogeologica e sismica del 2019 – G00 - ALLEGATO - Relazione illustrativa di Microzonazione Sismica secondo gli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica]

Cartografia geologica

[Per l'elenco della cartografia si rimanda alla relazione di aggiornamento della componente geologica idrogeologica e sismica del 2019]

ALLEGATO A – LAGHETTO DI CAVA

Legenda

Confine comunale

Pericolosità Idrogeologica

Laghetti di cava individuati da P.T.C.P. Provincia di Brescia
Il Laghetto ricadente in territorio comunale di Torbole Casaglia risulta tombato da Ortofoto digitale (Comune di Torbole Casaglia - COGEME servizii informatici)

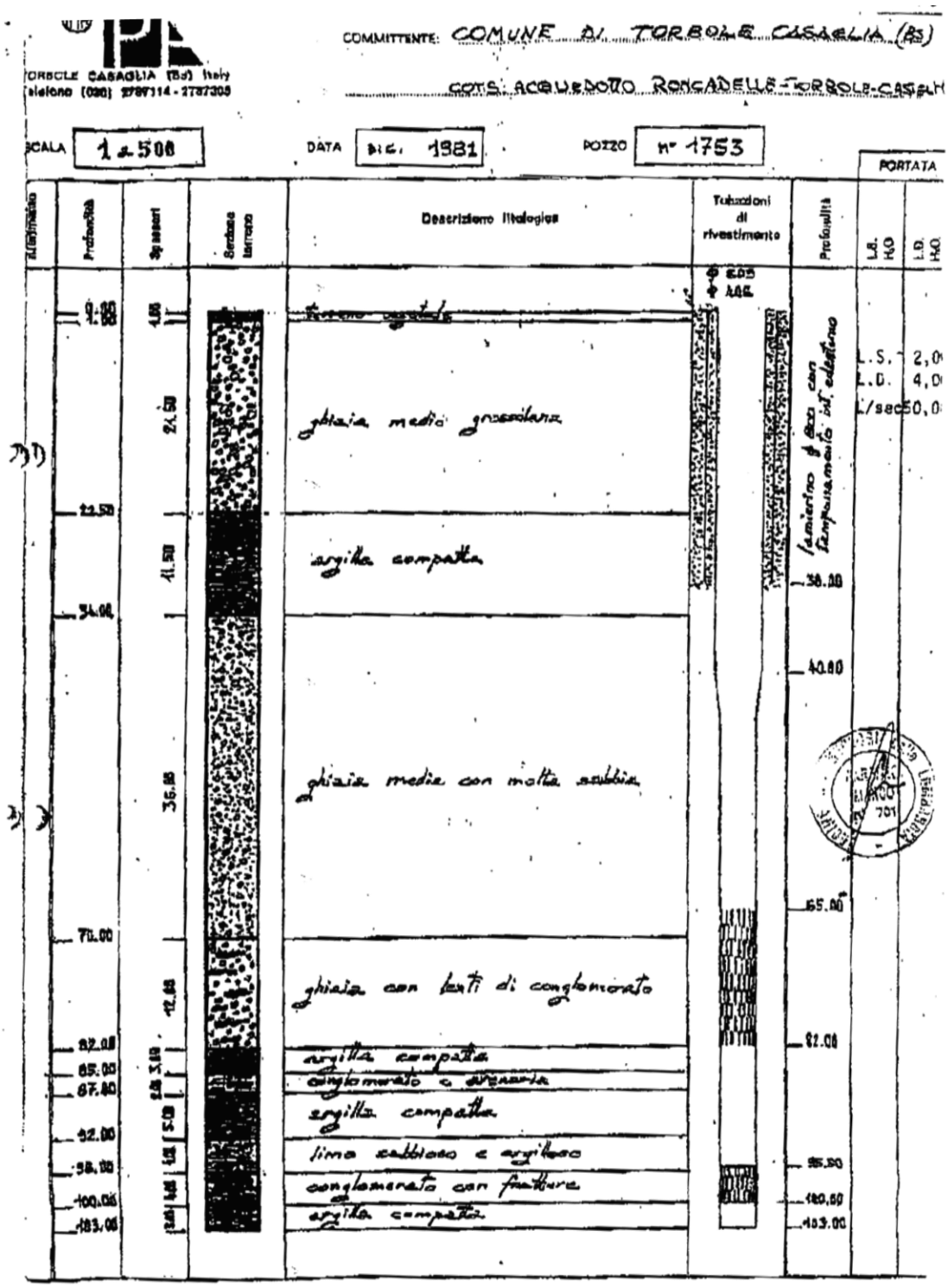
X 1587489; Y 5042772

X 1586943; Y 5042166

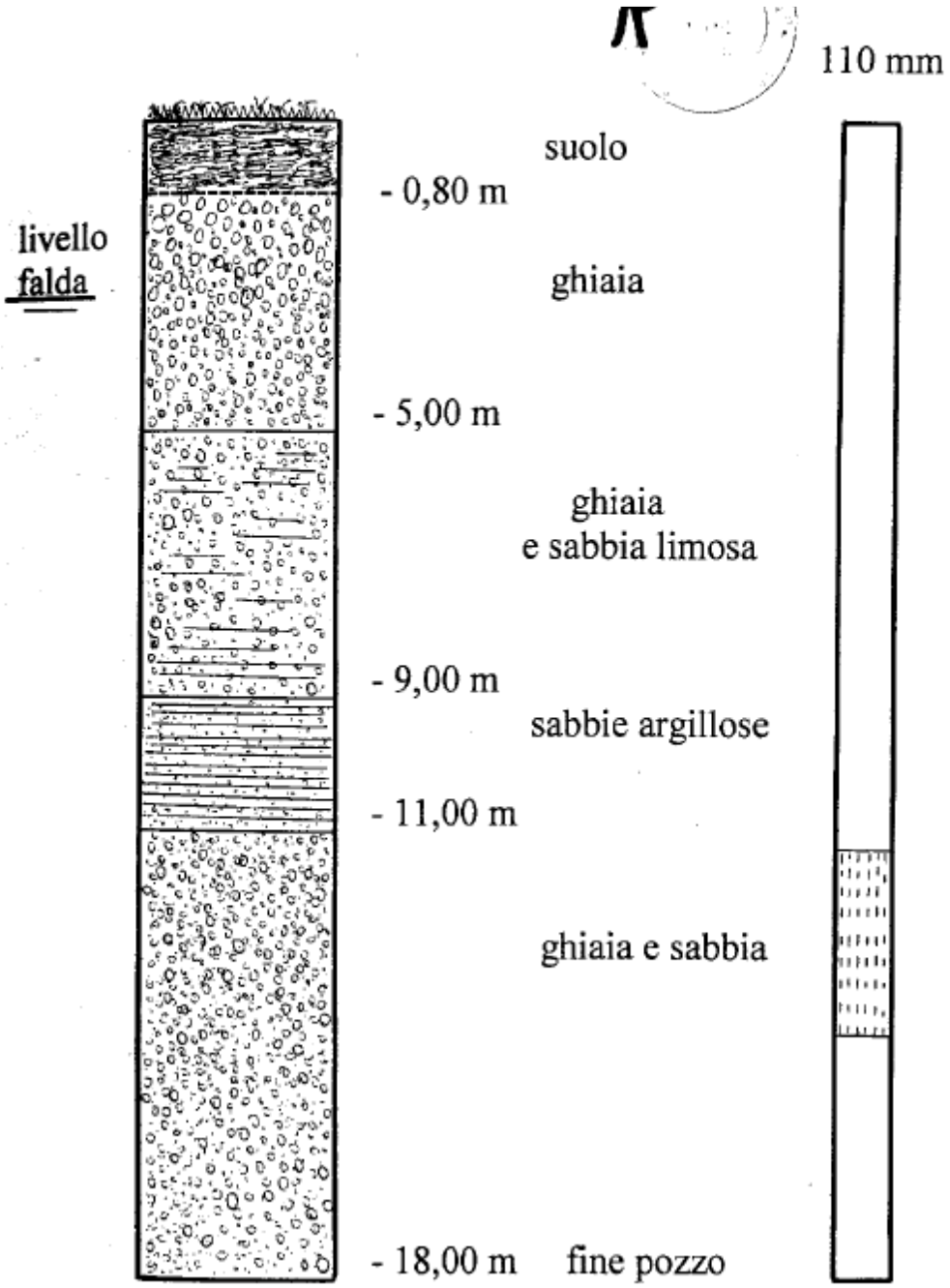
Scala 1:3.000

ALLEGATO B – STRATIGRAFIE POZZI

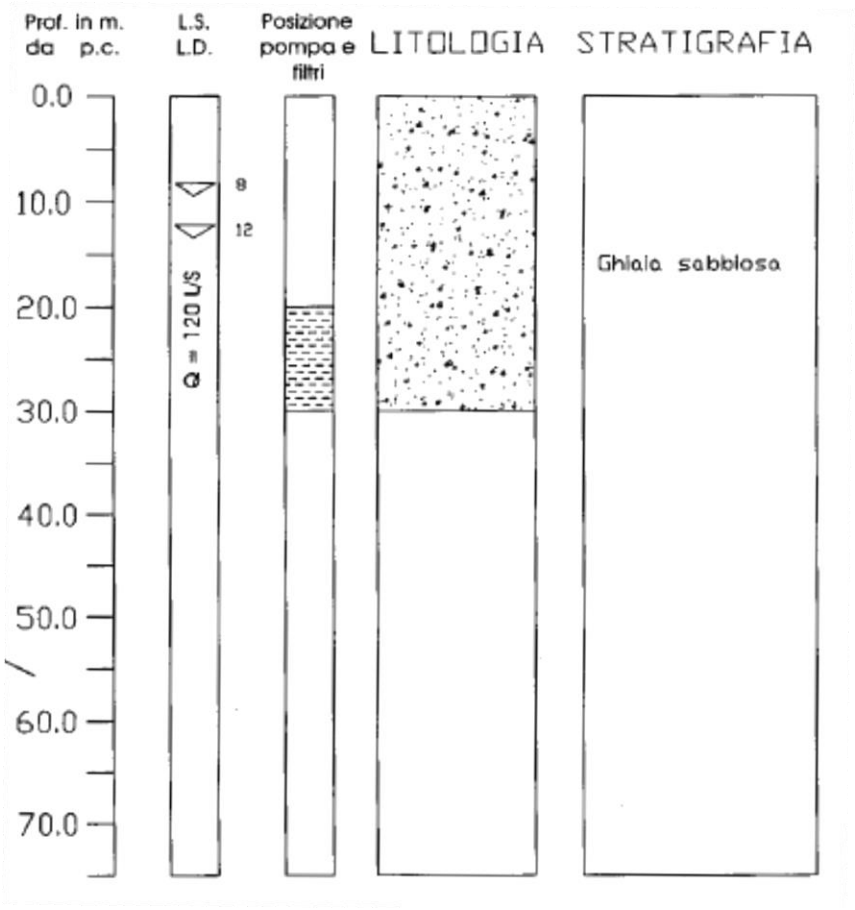
POZZO ACQUEDOTTISTICO

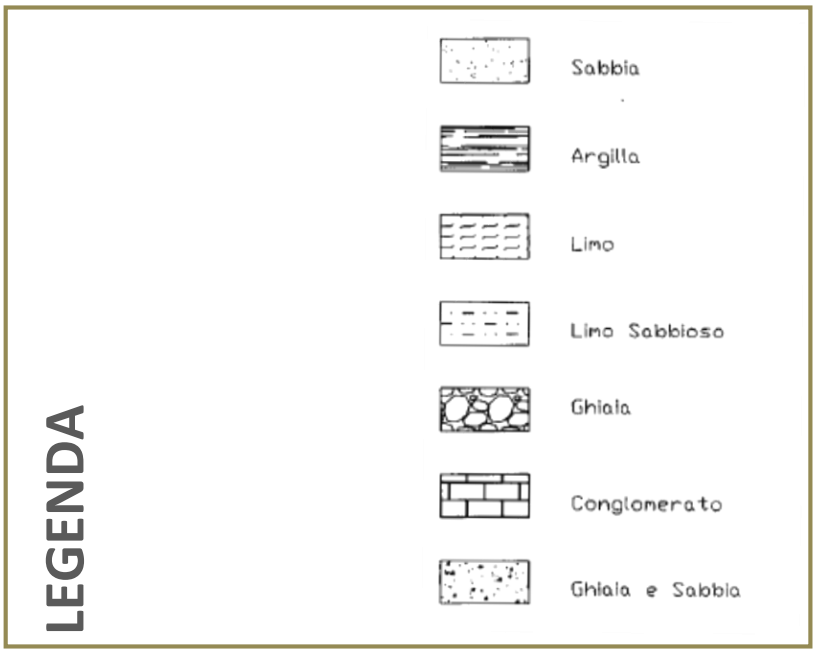


POZZO VIVAIO COCCOLI



POZZO AZIENDA AGRICOLA FALCONI





ALLEGATO C – ELENCO POZZI – DATA BASE DELLA PROVINCIA DI BRESCIA

Tipo Uso	Foglio	Mappale	Data Ricevimento Domanda	Pratica (c/o provincia di Brescia)	Portata media dichiarata
IGIENICO	-	-	04/02/1983	BS0176301983	6
	1	57	21/06/1995	BS0159171995	0
	2	47	18/10/2001	BS039662001	2,5
	4	79	24/09/1998	BS0193221998	0,5
	6	2	25/07/1974	BS0156021974	2
		234/c	01/07/1976	BS0153191976	2,66
	10	58	29/03/1983	BS0196441983	2
	13	18	22/07/1998	BS0193001998	1
	17	29/30	01/03/1980	BS0198991980	1
INDUSTRIALE	-	276	23/11/1975	BS0150321975	22
		478	22/09/1975	BS0151521975	20
		492	15/07/1974	BS0156201974	10
		1802	22/10/1979	BS0197821979	3
				BS0197831979	3
		1918	27/08/1975	BS0151401975	1
	3	204	18/12/2001	BS01116302001	4
		235	06/02/1975	BS0155371975	9
		206/207	03/06/1986	BS01115651986	4
	4	74	03/08/1994	BS0142411994	0
	6	2	01/08/1994	BS0177741994	5
		1400	06/03/1975	BS0155141975	2,5
IRRIGUO	-	-	01/08/1994	BS0134541994	1
			19/08/1994	BS0126011994	0
			06/10/1994	BS0123421994	0,6
	1	14	24/08/1978	BS0146141978	100
		15	22/08/1994	BS0125491994	8
		43	01/12/1999	BS0194581999	14
			01/06/2006	BS036552006	14
	2	8-9-10-38	27/01/1986	BS0188061986	240
	4	9	20/07/1978	BS0146941978	68
	7	281	18/07/1994	BS0138181994	4,16
	8	19	29/03/2007	BS037552007	0,5
	11	41131	27/01/1986	BS0188011986	240
	13	17	19/12/1995	BS0157441995	30
		77	06/10/1993	BS0179181993	120
		121	09/01/2006	BS037652006	20
	16	450	19/08/1994	BS0124091994	0

Tipo Uso	Foglio	Mappale	Data Ricevimento Domanda	Pratica (c/o provincia di Brescia)	Portata media dichiarata
	17	37	12/11/1982	BS01106441982	0,8
	20	4	16/04/1984	BS0169231984	60
		1727	22/08/1994	BS0125301994	0
	23	2	28/06/1996	BS0190561996	5,5
POTABILE	-	1408	14/02/1983	BS0196501983	1
	2	47	18/10/2001	BS039662001	2,5
	8	63	21/06/1995	BS0159241995	1,6
	12	72	29/07/1994	BS0134801994	1,6
	18	21	03/08/1994	BS0181421994	40
	20	10	20/06/1994	BS0136731994	0
USO DOMESTICO	-	107	14/02/1983	BS0196511983	1
	4	16	09/04/1985	BS0186941985	1,5
		1706	02/02/1996	BS0145471996	0
	7	163	16/12/1994	BS0123531994	0
		2066	01/07/1994	BS0135601994	0
	9	63	12/11/1982	BS01106411982	0,65
	10	52	23/06/1995	BS0159851995	0
		209	01/07/1994	BS0135511994	2
		275	18/07/1994	BS0137631994	0
	11	35	16/12/1994	BS0123521994	0
	12	55	14/12/2000	BS0136372000	0
		161	05/06/1994	BS0136011994	0,5
	16	113	23/08/1994	BS0120651994	0
		2120	21/06/1994	BS0136811994	0,1
	21	4	11/11/1982	BS01113151982	1
ZOOTECNICO	-	-	19/08/1994	BS0126021994	0
	1	25	02/12/1982	BS0173671982	1
		27	01/10/1982	BS01105731982	0,5
		47	16/10/1987	BS0188881987	1
			19/12/1995	BS0156221995	1
	2	1	02/12/1982	BS0173821982	1
		19	10/12/1982	BS0173771982	1
		182/3	24/08/1983	BS0169831983	2,5
	3	28	02/12/1982	BS0173871982	1,5
	4	14	12/11/1982	BS01106431982	1
	8	6	04/10/1982	BS01105201982	1
			19/12/1995	BS0157451995	3
	12	20	12/11/1982	BS01106421982	1
		43	04/10/1982	BS01105191982	1
			19/12/1995	BS0157591995	1,5
	16	55	12/11/1982	BS01106451982	1,5
	19	5	30/11/1984	BS0186721984	2
		8	12/11/1982	BS01113171982	1

Tipo Uso	Foglio	Mappale	Data Ricevimento Domanda	Pratica (c/o provincia di Brescia)	Portata media dichiarata
		35	25/09/2000	BS0195742000	1
		41	02/11/1982	BS01106571982	1
		44	11/11/1982	BS01106401982	0,6
		53	26/11/1982	BS0174171982	1
	20	10	03/10/1982	BS01105281982	0,1
	12	209	24/08/1994	BS0121241994	

ALLEGATO D – ELABORAZIONE PROVE DI EMUNGIMENTO

Le PROVE DI EMUNGIMENTO sono utilizzate per calcolare le proprietà idrauliche di un acquifero e vengono definite come TRASMISSIVITÀ e COEFFICIENTE D'IMMAGAZZINAMENTO. La trasmissività **T** definisce in un valore le condizioni della permeabilità verticale della colonna litologicastratigrafica ed è definita come prodotto dello spessore dell'acquifero per la permeabilità dei materiali costituenti l'acquifero stesso.

Il coefficiente d'immagazzinamento **CI** è il volume di acqua che può essere disponibile in un acquifero e liberato sotto l'influenza della gravità. Esso è dipendente dal tipo di falda (freatica o artesiana), dalla permeabilità del mezzo. Per falde freatiche CI = 30 - 40 % per alluvioni sabbio-ghiaiose e talora limose.

	1-Pozzo Acquedottistico	2-Pozzo az. Ag. Falconi	3-Pozzo Vivaio Coccoli
Portata massima emunta	50,0 l/sec	120,0 l/sec	5,0 l/sec
Livello statico dal p.c.	2,0 m	8,0 m	3,4 m
Livello dinamico dal p.c.	4,0 m	12,0 m	5,9 m
Spessore dell'acquifero	82,0 m	75,0 m	~70,0 m
Trasmissività	**$2,53 \times 10^{-02}$ m^2/s**	**$3,08 \times 10^{-02}$ m^2/s**	**$2,0 \times 10^{-03}$ m^2/s**
Permeabilità	**$3,09 \times 10^{-02}$ cm/s**	**$4,11 \times 10^{-02}$ cm/s**	**$2,9 \times 10^{-03}$ cm/s**

Note

[a] ***Comma 5 art. 5 D.lgs 258/2000:***

La zona di rispetto e' costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata e può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata in relazione alla tipologia dell'opera di presa o captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa. In particolare nella zona di rispetto sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

a) dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurati;

b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;

c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;

d) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche proveniente da piazzali e strade;

e) aree cimiteriali;

f) apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;

g) apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione della estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;

h) gestione di rifiuti;

i) stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;

l) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;

m) pozzi perdenti;

n) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. E' comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

[b] ***Comma 6 art.5 D.lgs 258/2000****:*

Per gli insediamenti o le attività di cui al comma 5, preesistenti, ove possibile e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento: in ogni caso deve essere garantita la loro messa in

sicurezza. Le regioni e le province autonome disciplinano, all'interno delle zone di rispetto, le seguenti strutture od attività:

a) fognature;
b) edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
c) opere viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio;
d) le pratiche agronomiche e i contenuti dei piani di utilizzazione.