

Regione Lombardia



Provincia di Brescia



COMUNE DI BRANDICO



COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

(L.R. 12/2005)

RELAZIONE

GIUGNO 2010

Dott. Geol. Massimiliano Pelizzari - Dott. Geol. Carmela Ricci
Via Tosio, 28 - 25121 Brescia – Telefono e Fax 030 3757893

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

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. RICERCA STORICA E BIBLIOGRAFICA.....	4
2.1 SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE REGIONALE.....	4
2.2 PROGRAMMA DI TUTELA E USO DELLE ACQUE – PTUA.....	5
2.3 STUDI E ARCHIVI PROVINCIALI.....	5
2.4 STUDI E ARCHIVI COMUNALI.....	6
2.5 PRINCIPALI TESTI SCIENTIFICI UTILIZZATI.....	6
2.6 PRINCIPALI SITI WEB CONSULTATI.....	7
3. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	8
4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	10
5. ANALISI DELLA COMPONENTE GEOLOGICA.....	11
5.1 INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	11
5.2 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI.....	12
6. PERICOLOSITÀ SISMICA.....	14
6.1 ZONA SISMICA DI APPARTENENZA.....	14
6.2 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE.....	14
6.2.1. Analisi di 1° livello.....	15
6.2.2 Analisi di 2° livello.....	16
6.2.3 Conclusioni dell’analisi sismica di 2° livello.....	19
7. IDROGRAFIA.....	22
8. ANALISI DELLA COMPONENTE IDROGEOLOGICA.....	24
8.1 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	24
8.2 INDIVIDUAZIONE DELLE UNITÀ IDROSTRATIGRAFICHE: I GRUPPI ACQUIFERI.....	26
8.3 INDIVIDUAZIONE DELLE UNITÀ IDROGEOLOGICHE.....	31
8.4 SINTESI DELLA STRUTTURA DEGLI ACQUIFERI NEL SOTTOSUOLO DI BRANDICO.....	32
8.4.1 Vincoli normativi regionali: descrizione del settore idrogeologico 1 “Rovato”	34
8.5 DESCRIZIONE DELLE SEZIONI IDROGEOLOGICHE A SCALA COMUNALE.....	36
8.6 PERMEABILITÀ DEI DEPOSITI SUPERFICIALI.....	38
8.7 DINAMICA DELLE ACQUE SOTTERRANEE.....	39
8.8 FONTANILI.....	40
8.9 VULNERABILITÀ NATURALE DEL PRIMO ACQUIFERO.....	41
9. RACCORDO CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA.....	46
9.1 PIANO STRALCIO PER L’ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL BACINO DEL FIUME PO (PAI)	46
9.2 PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO DELLA PROVINCIA DI BRESCIA.....	46
9.3 PROGRAMMA DI TUTELA E USI DELLE ACQUE.....	46
10. CARTA DEI VINCOLI.....	47
10.1 AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI DI ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO MEDIANTE IL PUBBLICO ACQUEDOTTO.....	47
10.2 VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA.....	47
11. CARTA DI SINTESI.....	48
11.1 AREE A BASSA SOGGIACENZA DELLA FALDA.....	48
11.2 AREE CON EMERGENZE IDRICHE.....	49
11.3 AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO.....	49
12. CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO.....	50

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta a supporto del Piano di Governo del Territorio del Comune di Brandico, in Provincia di Brescia.

La metodologia adottata è quella proposta dalla direttiva “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12, approvati con D.G.R. 22/12/2005, n°8/1566, e aggiornati dalla d.g.r. n°28/05/2008 n. 8/7374.

La metodologia adottata si fonda su tre differenti fasi di lavoro:

1. la fase di analisi, a sua volta suddivisa in:
 - fase di ricerca storica e bibliografica
 - compilazione della cartografia di inquadramento
 - fase di approfondimento/integrazione
2. la fase di sintesi/valutazione
3. la fase di proposta

Nella **fase di analisi**, la ricerca storica è stata finalizzata ad acquisire una conoscenza, il più approfondita possibile, del territorio in esame, basandosi sulla raccolta dei dati e della documentazione esistente, senza trascurare quella disponibile presso le Strutture provinciali e regionali e il quadro conoscitivo delle caratteristiche fisiche del territorio e dei vincoli, contenuto nel Sistema Informativo Territoriale regionale.

Al fine di caratterizzare il territorio comunale dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrologico, idrogeologico, strutturale e sismico sono stati redatti i seguenti elaborati cartografici d’inquadramento:

- Tav. 1 - Carta geolitologica e geomorfologica (Scala 1:10.000)
- Tav. 2 - Carta idrogeologica, idrografica e della vulnerabilità del primo acquifero (Scala 1:10.000)
- Tav. 3 - Sezioni idrogeologiche (Scala orizz. 1:10.000 - scala vert. 1:1.000)

A partire dalla suddetta documentazione si è passati alla fase di approfondimento e integrazione attraverso l’analisi della sismicità del territorio, con redazione della:

- Tav. 4 - Carta della pericolosità sismica locale (Scala 1:10.000)

La **fase di sintesi/valutazione** è definita tramite i seguenti elaborati:

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

- Tav. 5 - Carta dei vincoli (Scala 1:10.000)
- Tav. 6 – Carta di sintesi (Scala 1:5.000)

La carta dei vincoli individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico.

La carta di sintesi propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica, della vulnerabilità idraulica, idrogeologica e sismica.

La **fase di proposta** ha previsto l'applicazione di modalità standardizzate di assegnazione della classe di fattibilità agli ambiti omogenei per pericolosità geologica e geotecnica, vulnerabilità idraulica, idrogeologica e sismica, individuati nella fase di sintesi.

Detta assegnazione è stata rappresentata cartograficamente in:

- Tav. 7 – Carta di fattibilità delle azioni di piano (Scala 1:5.000)

Per ciascuna delle classi di fattibilità assegnate, c'è una relativa normativa d'uso (prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, opere di mitigazione del rischio, necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali, necessità di predisposizione di sistemi di monitoraggio e piani di protezione civile).

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

2. RICERCA STORICA E BIBLIOGRAFICA

Come indicato nella premessa, la prima fase dello studio ha comportato una ricerca storica e bibliografica, basata sulla raccolta di documentazione cartacea e/o su supporto informatico, presso i vari Enti competenti sul territorio: Regione, Provincia, Comune.

Di seguito sono citate tutte le fonti bibliografiche utilizzate.

2.1 SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE REGIONALE

Il Sistema Informativo Territoriale permette di acquisire, aggiornare, elaborare, rappresentare e diffondere dati ed informazioni spazialmente riferiti alla superficie terrestre.

Il Repertorio Cartografico del Sistema informativo territoriale della Regione Lombardia comprende:

- cartografia e basi informative geografiche;
- cartografia e basi informative tematiche;
- fotografie aeree;
- immagini derivate dalle riprese da telerilevamento aereo o satellitare;
- specifici progetti di settore, finalizzati all'organizzazione di banche dati o di sistemi informativi.

Come specificato nel seguito della relazione, per la redazione del presente studio, sono risultati di particolare interesse le seguenti aree tematiche:

- Geologia degli acquiferi padani
- Carta dei suoli
- Basi informative ambientali della pianura, contenenti un progetto realizzato dall'Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia (ERSAL), che comprende i seguenti 6 tematismi:
 1. l'uso del suolo, realizzato tramite fotointerpretazione di foto aeree eseguite, per conto della Regione, nel 1994;
 2. le attività di sfruttamento del territorio relative, in particolare, al suolo;
 3. l'idrologia superficiale, con il reticolo idrografico attuale e il riporto del reticolo storico dei principali corsi d'acqua;
 4. le rilevanze naturalistiche e paesaggistiche, riguardanti i beni storicoarchitettonici, ambientali e paesaggistici;
 5. la litologia di superficie, con riferimento alle proprietà granulometriche e fisico-chimiche del substrato pedologico;

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

6. la geomorfologia, relativa alla rappresentazione areale, lineare e puntiforme di elementi morfologici caratteristici del territorio.

2.2 PROGRAMMA DI TUTELA E USO DELLE ACQUE – PTUA

Il Programma di tutela e uso delle acque – PTUA, definitivamente approvato con Delibera di Giunta Regionale n. 2244 del 29 marzo 2006, rappresenta lo strumento regionale per la pianificazione della tutela e dell'uso delle acque.

Esso è costituito da:

- Relazione di sintesi
- Relazione generale
- Rapporto ambientale
- Studio di incidenza
- Norme tecniche di attuazione
- Cartografia di Piano
- Allegati tecnici alla relazione generale

Nell'articolo 51 delle Norme Tecniche di Attuazione sono riportate le misure immediatamente vincolanti per i privati e le pubbliche amministrazioni.

In rete sono disponibili anche le basi dati tematiche utilizzate per redigere il PTUA, organizzate in un database suddiviso nelle sei parti, qui sotto elencate:

- Corpi idrici superficiali e Aree idrografiche
- Monitoraggio Idrometeorologico
- Classificazione qualitativa acque superficiali
- Monitoraggio e classificazione acque sotterranee
- Impatti
- Risultati modellazioni

2.3 STUDI E ARCHIVI PROVINCIALI

Presso l'Amministrazione Provinciale di Brescia è stata raccolta la seguente documentazione:

- “Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Brescia” approvato con Deliberazione del Consiglio Provinciale n° 22 del 21/04/2004 e pubblicato sul BURL – serie inserzioni n° 52 del 22/12/2004, con relativa variante di adeguamento del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) alla L.R. 12/05, deliberato dal Consiglio Provinciale

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

con atto n. 14 del 31 marzo 2009, è pubblicato sul B.U.R.L. serie inserzioni n. 27 del 8 luglio 2009.

2.4 STUDI E ARCHIVI COMUNALI

Presso l'Amministrazione Comunale di Brandico è stata raccolta la seguente documentazione:

- “Indagine Geologica di Fattibilità relativa alla Variante di P.R.G.” espletata dal dr. Renato Cazzoletti – Brandico, Settembre 2001
- Ortofoto del territorio comunale di Brandico, volo 2009

2.5 PRINCIPALI TESTI SCIENTIFICI UTILIZZATI

- A.A.V.V. (1989) - Il rischio sismico nel bresciano. Elementi per una valutazione. Fondazione Bresciana per la Ricerca Scientifica, Ed. Ramperto, Brescia.
- ALLER L., BENNET T., LEHR J.H., PETTY R.J. (1985) - DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeological Settings. EPA/600/2-85/018, National Water Well Association - Worthington.
- CIVITA M., DE MAIO M. (2000) – SINTACS R5: Valutazione e cartografia automatica della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento con il sistema parametrico SINTACS R5.
- AMBROSETTI P., BOSI C., CARRARO F., CIARANFI N., PANIZZA M., PAPANI G., VEZZANI L. & ZANFERRARI A. (1987) - Neotectonic Map of Italy. Prog. Fin. Geodin. Sottopr. Neotettonica. Carte scala 1:500.000.
- BARONI C. & VERCESI P.L. (1989) - Neotettonica del territorio bresciano: stato delle conoscenze. In: “Il rischio sismico nel bresciano. Elementi per una valutazione”, Fondazione Bresciana per la Ricerca Scientifica. Ed. Ramperto, Brescia.
- BONI A. & PELOSO G.F. (1982) - Dati sulla neotettonica dei fogli 34 “Breno”, 47 “Brescia”, di parte dei fogli 35 “Riva” e 48 “Peschiera del Garda”. In: C.N.R. - “Contributi conclusivi per la realizzazione della Carta neotettonica d'Italia”, pubbl.506 P.F. Geodinamica.
- BONOMI T., VERRO R. (1998) - Caratterizzazione idrogeologica della Pianura Bresciana mediante l'uso di banche dati e Sistemi Informativi Territoriali. Acque Sotterranee n.60, Anno XV, Dicembre 1998.
- CASSINIS G., PEROTTI C., VERCESI P.L. (1980) - Prealpi bresciane a sud dell'Adamello: breve sintesi delle conoscenze geologiche e ulteriori temi di ricerca. In: Attualità dell'opera di A. Cozzaglio nel 40° della scomparsa, Ateneo di Brescia).
- CREMASCHI M. (1987) - Paleosols and vetusols in the central Po Plain (Northern Italy). A study in quaternary geology and soil development - Unicopli - Milano.
- ERSAL (1993) -I suoli della pianura bresciana centrale, ERSAL Edizioni - Milano
- REGIONE LOMBARDIA (1984) - Rilievo della portata liquida in un campione di fontanili della pianura lombarda tra Adda e Chiese, Assessorato all'Agricoltura, Foreste, Caccia e Pesca.
- REGIONE LOMBARDIA (2001) - Piano Territoriale Paesistico Regionale - B.U. Regione Lombardia n. 32 - Milano.
- REGIONE LOMBARDIA - Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia. Cartografia e Note illustrative - B.U. Regione Lombardia n. 31, Edizione Speciale 31 luglio 2002 - Milano.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1990) - Carta Geologica della Regione Lombardia in scala 1:250.000 - Milano.

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

- CAZZOLETTI R. (2001) - Comune di Brandico - Studio geologico ai sensi della L.R. 41/1997.

2.6 PRINCIPALI SITI WEB CONSULTATI

- www.regione.lombardia.it (sito della Regione Lombardia)
- www.provincia.brescia.it (sito della Provincia di Brescia)
- www.comune.brandico.bs.it (sito del Comune di Brandico)

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

3. RIFERIMENTI NORMATIVI

La prevenzione del rischio idrogeologico attraverso una pianificazione territoriale compatibile con l'assetto geologico, geomorfologico e con le condizioni di sismicità del territorio a scala comunale viene attuata in Regione Lombardia dal 1993.

Le deliberazioni n. 5/36147 del 18 maggio 1993, n. 6/37918 del 6 agosto 1998 e n. 7/6645 del 29 ottobre 2001 hanno costituito gli indirizzi tecnici per gli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici generali dei comuni, secondo quanto stabilito dalla l.r. 24 novembre 1997, n. 41, abrogata dalla l.r. 11 marzo 2005, n.12 "Legge per il governo del territorio".

A livello nazionale, inoltre, l'entrata a regime dei piani di bacino previsti dalla legge 183/89, ha contribuito notevolmente a valorizzare il ruolo della pianificazione locale come strumento di base di ogni pianificazione sovraordinata.

Le recenti modifiche costituzionali (modifica del Titolo V) recepite, per quanto attiene agli aspetti urbanistico-territoriali, a livello regionale dalla l.r. 11 marzo 2005, n.12 "Legge per il governo del territorio", impongono un approccio di più alto profilo, con una maggiore assunzione di responsabilità dei professionisti di settore in tutte le fasi del processo pianificatorio.

L'entrata in vigore della "Legge per il governo del territorio", ha quindi modificato profondamente l'approccio culturale alla materia urbanistica passando dal concetto di pianificazione a quello di Governo del Territorio; la conseguente variazione degli atti costituenti lo strumento urbanistico comunale (Piano di Governo del Territorio – P.G.T.), ha imposto una ridefinizione dei criteri tecnici volti alla prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici a scala comunale.

La Direzione Generale Territorio e Urbanistica – Unità Organizzativa Tutela e Valorizzazione del Territorio della Regione Lombardia ha redatto i "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", contenuti nella d.g.r. n. 1566 del 22 dicembre 2005 pubblicata sul Bollettino Ufficiale Regionale n. 13, Edizione Speciale del 28 marzo 2006.

Nella direttiva sono forniti gli indirizzi, le metodologie e le linee guida da seguire per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del territorio comunale, per l'individuazione delle aree a pericolosità geologica e sismica, la definizione delle aree a vulnerabilità idraulica e idrogeologica e l'assegnazione delle relative norme d'uso e prescrizioni; in particolare, vengono introdotte nuove linee guida per la definizione della vulnerabilità e del rischio sismico, a seguito

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

della nuova classificazione sismica del territorio nazionale (O.P.C.M. n°3274 del 20 Marzo 2003), basate sulle più recenti metodologie messe a punto dalla comunità scientifica.

Per i comuni (come Brandico) che hanno già realizzato uno studio geologico del proprio territorio a supporto della pianificazione, la direttiva fornisce indicazioni per l'aggiornamento del quadro delle conoscenze geologiche.

Inoltre, essa ha lo scopo di rendere coerenti e confrontabili i contenuti degli strumenti di pianificazione comunale con gli atti di pianificazione sovraordinata (PTCP e PAI) e definire, per questi ultimi, le modalità e le possibilità di aggiornamento.

Per il Comune di Brandico, dotato di uno studio geologico del proprio territorio a supporto della pianificazione ai sensi della l.r. 41/97, sarebbe sufficiente, secondo la direttiva, procedere con un aggiornamento relativamente alla componente sismica, all'analisi vincolistica, alla cartografia di sintesi e di fattibilità, ma alla luce di nuovi dati disponibili, si è ritenuto più corretto rivedere anche il quadro conoscitivo e quindi redigere uno studio completo e conforme alla direttiva.

Ai sensi della normativa vigente, i Comuni per dotarsi di un nuovo P.G.T. devono:

- predisporre il P.G.T., con studio della componente geologica conformemente ai criteri espressi dalla d.g.r. 1566/05 ed eventuali proposte di aggiornamento/modifica al P.A.I.
- acquisire i pareri vincolanti della Regione sulle eventuali proposte di aggiornamento/modifica al P.A.I.
- acquisire il parere provinciale di compatibilità con il P.T.C.P.
- adeguare ed approvare il P.G.T.

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

4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio comunale di Brandico, posizionato nella bassa Pianura Bresciana occidentale, si estende su una superficie di circa 8,4 Km². Oltre al capoluogo, posto in posizione centro-orientale, presenta altri due nuclei abitati rappresentati dalle frazioni Ognato e Castelgonelle, posti rispettivamente a NE e ad W di quest'ultimo.

Partendo dal confine N del territorio comunale e proseguendo in senso orario i confini amministrativi interessano:

- il Comune di Maclodio
- il Comune di Mairano
- il Comune di Longhena
- il Comune di Corzano
- il Comune di Trezano

La principale infrastruttura viaria è la S.P. n°33 che attraversa l'intero territorio in posizione circa centrale e collega Brandico a Longhena.

Dal punto di vista idrografico, il territorio è attraversato da una fitta rete di fossi irrigui.

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI
GOVERNO DEL TERRITORIO

5. ANALISI DELLA COMPONENTE GEOLOGICA

5.1 INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il territorio comunale di Brandico è ubicato nella zona di transizione tra la media e la bassa pianura alluvionale; detta zona è caratterizzata dalla presenza di alluvioni fluvioglaciali e fluviali wurmiane, prevalentemente sabbio-ghiaiose e sabbiose con intercalazioni limo-argillose.

La porzione di territorio attribuita alla media pianura ricopre circa metà della superficie comunale ed è caratterizzata dalla diminuzione di permeabilità conseguente alla riduzione granulometrica dei sedimenti (v. Tav. 1); la falda freatica emerge quindi in superficie, intersecando la superficie topografica, o permane a scarsa profondità. Poiché la dinamica di flusso, espansione e ristagno delle acque di risorgiva è correlata alla configurazione dei livelli impermeabili, in funzione della continuità di questi, come degli interventi di bonifica idraulica, si verificano fenomeni di idromorfia di varia intensità.

La bassa pianura sabbiosa coincide con la piana alluvionale dei fiumi wurmiani, i quali vi depositavano sabbie, limi e in minor misura argille. Qui le acque di risorgiva si organizzano in un reticolo a meandri scarsamente inciso.

Le unità litologico-morfologiche cartografate sono state distinte, su base morfologica e pedologica:

- Unità a ghiaie dominanti – G1: costituita da litologia prevalentemente sabbiosa e ghiaiosa;
- Unità a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie - S2: costituita da litologia prevalentemente sabbiosa;
- Unità a sabbie con depositi fini (limi e argille) e ghiaie - S3: costituita da litologia prevalentemente sabbioso-limosa.

La morfologia del territorio in esame si presenta pianeggiante o lievemente ondulata, con quote comprese tra 95 e 105 metri s.l.m. Il territorio risulta interamente inserito nelle monotone ed ampie strutture regionali della pianura, nel livello noto come “Piano Generale Terrazzato” (PGT) che risulta essere il più elevato ed esteso dei ripiani che in questa zona configurano l’assetto della pianura; dal punto di vista geomorfologico detta zona appartiene all’unità definita “livello fondamentale della pianura”.

Il rilievo di campagna, integrato all’osservazione delle foto aeree del territorio comunale (rilievo Cogeme 2009), ha evidenziato elementi geomorfologici poco significativi, prevalentemente

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

legati allo sviluppo del reticolo idrografico, quali piccole scarpate (ripiani, dossetti e avvallamenti) e incisioni la cui evidenza morfologica è debolissima è spesso mascherata dal successivo intervento antropico. Nella porzione SE del territorio, poco fuori il confine comunale con Maclodio, si individua una modesta depressione, di natura drenante-colatizia, con il fontanile da cui si origina il vaso Serioletta nella zona industriale di Maclodio e, più ad oriente, con i Vasi Biscia e Calina.

La testimonianza di antiche opere di bonifica, rilevabile sul territorio, rende difficile la separazione tra componente antropica e naturale assetto morfologico.

I fontanili costituiscono una delle principali fonti di alimentazione dei numerosi vasi irrigui; essi sono distribuiti a formare un allineamento (linea dei fontanili) che taglia la pianura da E ad W, tra l'isoipsa 100 e l'isoipsa 160 m s.l.m.

Viene segnalata la presenza di numerose emergenze idriche (fontanili) la stragrande maggioranza delle quali ubicate a N del territorio comunale di Brandico; all'interno di quest'ultimo viene segnalato solo il fontanile da cui si origina il Canale Bonifica, noto anche in bibliografia come Roggia Acina (v. Tav. 1).

La consultazione del S.I.T. della Regione Lombardia ha permesso di cartografare alcuni paleoalvei interrati, quindi difficilmente rilevabili morfologicamente.

Non vengono segnalate importanti erosioni di sponda anche se in alcuni punti le scarpate dei corsi d'acqua secondari sono interessati da fenomeni di dissesto che sono tuttavia troppo modesti e poco estesi per poter essere rappresentati cartograficamente.

5.2 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Nell'ambito dello Studio Geologico redatto dal Dr. Cazzoletti per la redazione del P.R.G. (Settembre 2001), sono state acquisite numerose informazioni relative alla natura litologica dei terreni affioranti, attraverso la raccolta di trincee esplorative, sondaggi meccanici e prove penetrometriche (v. All.1).

I punti di indagine, ubicati sulla Tav.1, sono concentrati nelle zone prossime all'abitato di Brandico e alle due frazioni.

Le profondità raggiunte sono modeste (2÷8 m da p.c.), ma si possono ritenere esaustive al fine di caratterizzare i terreni dal punto di vista geotecnico, anche in relazione alla bassa soggiacenza della falda freatica (2÷5 m da p.c).

I dati raccolti hanno permesso di individuare le tre unità litologico-morfologiche descritte nel precedente paragrafo, costituite da materiale granulare generalmente sciolto.

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

Dall'esame delle trincee esplorative realizzate si evince la presenza, nell'area compresa fra il capoluogo Brandico e le frazioni di Ognato e Castelgonelle, di terreni saturi a profondità variabili da 2,0 a 2,2 m da p.c. Nell'area settentrionale del "Bettolino" la falda si attesta invece a 2,5 m da p.c.

La falda freatica è soggetta ad oscillazioni della superficie piezometrica (anche in senso positivo al termine della stagione irrigua); dai dati raccolti, si presume che il livello di massima escursione possa raggiungere e superare i 2 m da p.c.

Per valutazioni piezometriche di dettaglio si rimanda al capitolo 8 del presente studio.

Dall'esame delle stratigrafie delle trincee esplorative e dei diagrammi penetrometrici relativi ad indagini effettuate in precedenza, si evince generalmente un aumento del grado di addensamento con la profondità. Il rapporto resistenza alla punta/resistenza laterale conferma la presenza, al di sotto della coltre superficiale, di un banco sabbio-ghiaioso moderatamente addensato ($N_{SPT} = 5-6$ colpi), con spessori di circa 1,5 m in corrispondenza del capoluogo e 2,5-3,0 m nella zona del Bettolino (P1 P2, P3 e P4); inferiormente a questa litozona si incontrano depositi ghiaio-sabbiosi più addensati ($N_{SPT} = 15-20$ colpi) che si estendono generalmente fino alla profondità di circa 7,5 m.

Dal punto di vista geotecnico possono quindi essere individuate:

- una litozona meno addensata, dello spessore medio di 3 m ($N_{ScPT} = 5-6$ colpi), caratterizzata da modesti valori di consistenza e resistenza meccanica (angolo di attrito interno pari a 28-30° e moduli di deformazione inferiori ai 120-150 kg/cm²)
- una litozona maggiormente addensata ($N_{ScPT} = 15-20$ colpi) alla quale corrispondono angoli di attrito interno di 32-34° e moduli di deformazione pari a 250-300 kg/cm².

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

6. PERICOLOSITÀ SISMICA

6.1 ZONA SISMICA DI APPARTENENZA

L'OPCM n°3274 del 20 Marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, in vigore dal 23/10/2005, individua le nuove zone sismiche sul territorio nazionale.

La Regione Lombardia recepisce detta classificazione con D.G.R. 7 novembre 2003 n.7/14964; il Comune di Brandico ricade in Zona Sismica 3.

Il D.M. 14 gennaio 2008, entrato in vigore il 5 marzo 2008, contiene la nuova normativa tecnica associata alla classificazione sismica e sostituisce il precedente D.M. 14 settembre 2005.

6.2 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Per la determinazione del rischio sismico in Comune di Brandico si è fatto riferimento alle procedure riportate nell'allegato 5 “Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio” alla D.G.R. del 22 dicembre 2005, n. 1566.

La metodologia di analisi prevede tre livelli di approfondimento (v. diagramma di flusso in Fig. 1), con grado di dettaglio in ordine crescente:

- 1° LIVELLO: riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base di osservazioni geologiche, mediante cartografia di inquadramento, e di dati esistenti; detto livello di analisi, obbligatorio in tutte le zone sismiche, prevede la redazione della Carta della Pericolosità sismica locale (aree a pericolosità sismica locale).
- 2° LIVELLO: caratterizzazione semi-quantitativa degli aspetti di amplificazione negli scenari perimetrati nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa); l'applicazione di tale livello di analisi è obbligatorio, per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, negli scenari PSL, individuati attraverso il 1° livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica, ad esclusione delle aree già in edificabili. Nei Comuni ricadenti in zona sismica 4 detto livello è obbligatorio, negli scenari PSL Z3 e Z4, solo per edifici strategici e rilevanti (cfr. elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03);

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

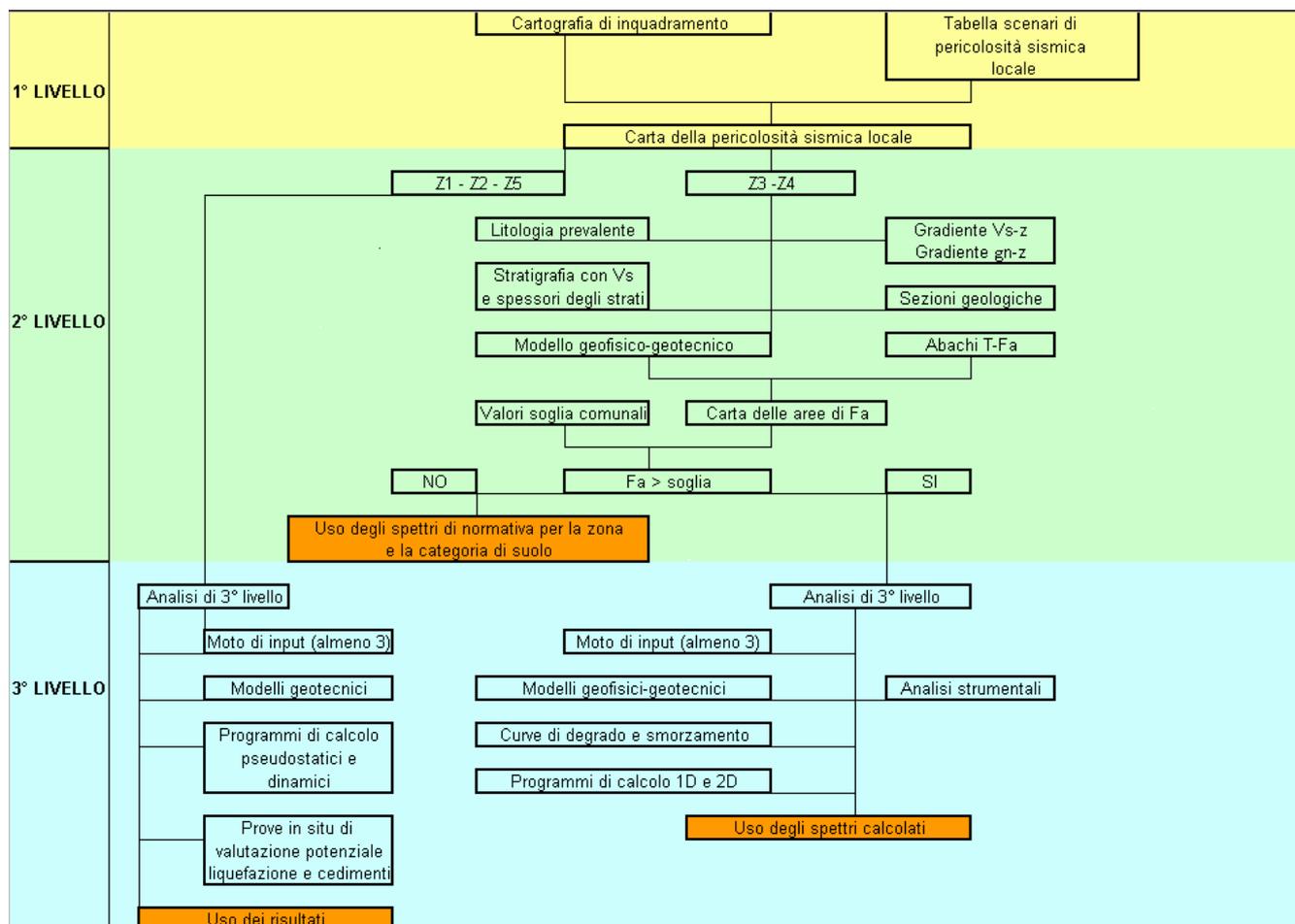


Fig.6.1 – Diagramma di flusso dei dati necessari e dei percorsi da seguire nei tre livelli di indagine

- **3° LIVELLO:** definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite rispetto al 2° livello. Si applica in fase progettuale nelle aree indagate con il 2° livello quando il valore di Fa calcolato risulta maggiore del valore soglia comunale e negli scenari PSL Z1 e Z2; è sempre obbligatorio nelle zone sismiche 2 e 3, solo per edifici strategici e rilevanti nelle zone sismiche 4 (cfr. elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03).

6.2.1 Analisi di 1° livello

L'analisi di primo livello, di tipo qualitativo, costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento. Detta analisi è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti permettendo l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili.

Attraverso l'analisi dei dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi e di inquadramento, è stata quindi redatta la Carta della pericolosità sismica locale (v. Tav. 4), nella quale viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

sismici locali definite nella tabella 1 dell'allegato 5 alla direttiva, di seguito riportata (cfr. Tab. 1):

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

Tab. 6.1 – Scenari di pericolosità sismica locale (da allegato 5 alla d.g.r. del 22 dicembre 2005, n. 1566)

Dallo studio effettuato emerge la presenza nel territorio comunale di Brandico dello scenario Z4a, relativo a zona con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi.

6.2.2 Analisi di 2° livello

L'analisi di secondo livello ha riguardato la valutazione per gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche litologiche (zona Z4a).

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

EFFETTI LITOLOGICI: SCENARIO SISMICO Z4a

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s; la conoscenza degli spessori e delle Vs può essere ottenuta utilizzando qualsiasi metodo di indagine diretto ed indiretto, in grado di fornire un modello geologico e geofisico del sottosuolo attendibile in relazione alla situazione geologica del sito e il più dettagliato possibile nella parte più superficiale per una corretta individuazione dello strato superficiale; in mancanza del raggiungimento del

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

bedrock ($V_s \geq 800$ m/s) con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di V_s con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s;

- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico - geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova SPT, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento.

Attualmente sono disponibili:

- una scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2);
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2);
- una scheda per le litologie prevalentemente sabbiose.

Una volta individuata la scheda di riferimento è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di V_s con la profondità; in particolare si dovrà verificare l'andamento delle V_s con la profondità partendo dalla scheda tipo 1, nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori di V_s inferiori ai 600 m/s si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2.

In presenza di una litologia non contemplata dalle schede di valutazione allegate si potrà utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle V_s con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine.

Nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata ma l'andamento delle V_s con la profondità non ricada nel campo di validità della scheda, potrà esserne scelta un'altra che presenti l'andamento delle V_s con la profondità più simile a quello riscontrato nell'indagine.

Nel caso di presenza di alternanze litologiche, che non presentano inversioni di velocità con la profondità, si potranno utilizzare le schede a disposizione solo se l'andamento dei valori di V_s con la profondità, nel caso da esaminare, risulta compatibile con le schede proposte.

In presenza di alternanze litologiche aventi inversioni di velocità con la profondità, si potrà utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle V_s con la profondità più simile a quello riscontrato nell'indagine e si accetteranno anche i casi in cui i valori di V_s escano dal campo di validità solo a causa dell'inversione.

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocità V_s dello strato superficiale, utilizzando la matrice della scheda di valutazione, la curva più appropriata

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

(indicata con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di Fa nell'intervallo 0.1-0.5 s e nell'intervallo 0.5-1.5 s, **in base al valore del periodo proprio del sito T** .

Il valore di Vs dello strato superficiale riportato nella scheda è da intendersi come limite massimo di ogni intervallo (es: per un valore di Vs dello strato superficiale ottenuto dall'indagine pari a 220 m/s si sceglierà il valore 250 m/s nella matrice della scheda di valutazione).

Qualora lo strato superficiale abbia una profondità inferiore ai 4 m si utilizzerà, per la scelta della curva, lo strato superficiale equivalente, a cui si assegna una velocità Vs calcolata come media pesata del valore di Vs degli strati superficiali la cui somma supera i 4 m di spessore.

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n Vs_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

Il valore di Fa determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale e dovrà essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di Fa ottenuto dalle schede di valutazione, con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s; l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre per strutture più alte e più flessibili si dovrebbe fare riferimento all'intervallo tra 0.5-1.5 s.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati in formato .xls (**soglie_lomb.xls**) e rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di F_a con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0.1 che tiene conto della variabilità del valore di F_a ottenuto.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di F_a è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:
 - anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di V_s utilizzati nella procedura di 2° livello, deve essere opportunamente motivata e a ciascun parametro utilizzato deve essere assegnato un grado di attendibilità, secondo la seguente Tabella 6.2:

<i>Dati</i>	<i>Attendibilità</i>	<i>Tipologia</i>
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (V_s)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Tab. 6.2 – Livelli di attendibilità assegnati ai risultati ottenuti dall'analisi

6.2.3 Conclusioni dell'analisi sismica di 2° livello

L'approfondimento dell'analisi di 2° livello è stata effettuata mediante indagine geosismica M.A.S.W.; gli stendimenti sono stati ubicati in corrispondenza delle aree di espansione edilizia site in zona NW del territorio comunale (MASW 1 e 2), zona industriale in località Bettolino, ed in corrispondenza del piano di lottizzazione in fase di realizzazione ad E del centro abitato del

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

capoluogo (MASW 3 e 4), zona residenziale. In corrispondenza di ciascuna area sono stati effettuati n°2 stendimenti sismici ubicati ortogonalmente tra loro, per un totale di n°4 stendimenti (v. Tav. 4). Detta analisi ha permesso di ricavare la categoria di sottosuolo mediante l'individuazione del parametro V_{s30} , velocità delle onde di taglio S nei primi 30 m di profondità (v. All.2 - Indagine sismica). I valori di velocità calcolati negli stendimenti, compresi fra 276,4 e 341,4 m/s, sono tutti corrispondenti alla categoria di **sottosuolo C** "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s".

Le indagini eseguite non hanno permesso di calcolare direttamente la profondità alla quale le onde sismiche hanno V_s pari o superiore a 800 m/s; al fine di ricostruire il modello geofisico fino a tale profondità, si è ricorsi all'utilizzo di un'interpolazione matematica, che ha messo in relazione l'andamento delle V_s con la profondità, sulla base dei risultati ottenuti per i primi 30 m indagati (v. "Riassunto interpretazione MASW" in All. 2); le profondità ricavate non sono però confrontabili tra loro.

Per il calcolo del *periodo proprio del sito* T , necessario per calcolare F_a e poter utilizzare le schede litologiche opportune, sono state utilizzati, a favore della sicurezza, tutti i valori di profondità ricavati dall'interpolazione matematica ed è stato ricostruito il modello geofisico relativo mediante l'analisi delle stratigrafie dei pozzi ubicati in prossimità degli stendimenti e delle sezioni idrogeologiche realizzate.

Per entrare nelle schede appropriate è necessario valutare le profondità e la V_s relativa del primo strato; poiché quest'ultimo presenta spessore sempre inferiore a 4 m, è stata individuata la media pesata di V_s degli strati che raggiungono i 4 m, calcolando cioè lo strato superficiale equivalente.

Si riporta di seguito la tabella riassuntiva dei valori calcolati di V_s per i primi 4 m di profondità e dei valori di T fino alla profondità dove le V_s risultano pari a 800 m/s:

MASW	Vseq (primi 4 m)	T (s) calcolato
1	170,6	0,57
2	175,7	0,78
3	198,7	0,46
4	194,2	0,56

Quindi a 4 m di profondità la V_s risulta sempre inferiore a 200 m/s.

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

La verifica del campo di validità del profilo di velocità induce ad utilizzare la **scheda litologia sabbiosa**. Facendo riferimento alla curva verde (CURVA 2) e inserendo nell'abaco il valore T calcolato, i valori di amplificazione sismica Fa locali risultano:

MASW	Fa (0.1-0.5)	Fa (0.1-0.5) arrotondato	Fa (0.5-1.5)	Fa (0.5-1.5) arrotondato
1	1,32	1,4	1,93	2
2	1,03	1,1	1,89	1,9
3	1,5	1,6	1,75	1,8
4	1,34	1,4	1,92	2

I valori soglia regionali, calcolati secondo il T.U. delle costruzioni per il Comune di Brandico e per il tipo di suolo C, sono:

$$\mathbf{Fa (0,1-0,5) = 1,7}$$

$$\mathbf{Fa (0,5-1,5) = 2,8}$$

Detti valori di soglia risultano sempre superiori al valore di Fa locale derivato dall'indagine sismica effettuata, anche aumentando il valore ricavato di 0,1 (10% di tolleranza/errore); non è quindi necessario procedere ad ulteriori approfondimenti in fase progettuale, poiché i valori soglia stabiliti ai sensi della normativa sismica nazionale sono rispettati con un buon margine di sicurezza.

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

7. IDROGRAFIA

La descrizione dettagliata della rete idrografica presente nel territorio di Brandico è stata effettuata nella Relazione Illustrativa redatta nell'ambito del lavoro relativo all'individuazione del Reticolo Idrico Minore, alla quale si rimanda per la descrizione del tracciato dei corsi d'acqua principali.

Di seguito si riporta un estratto sintetico del citato elaborato, al fine di fornire un quadro generale delle peculiarità fisiografiche, in considerazione anche delle criticità idrauliche che si manifestano episodicamente in concomitanza di eventi meteorici eccezionali.

La rete idrografica è costituita da seriole, rogge e vasi colatori, alcuni dei quali provvedono unicamente alla distribuzione dell'acqua per uso irriguo (l'acqua di questi canali è frazionata ad orari, coincidenti con i turni di irrigazione, per soddisfare il fabbisogno idrico dei campi).

L'alimentazione di questi canali, con orientazione prevalente N-S, avviene sia per derivazione dal Fiume Oglio (ossia il sistema di canali, orientati prevalentemente W-E, che si sviluppano a partire dalle derivazioni in Comune di Palazzolo s/Oglio: la Roggia Castellana-Baioncello, la Roggia Baiona, la Roggia Trenzana, la Seriola Castrina) sia per drenaggio della falda freatica ad opera dei fontanili; la zona di studio è infatti situata immediatamente a S di quella porzione della pianura individuata come "zona delle risorgive", la quale costituisce la zona di transizione tra l'alta pianura e la bassa pianura bresciana.

La disponibilità idrica dei canali durante la stagione estiva è tuttavia spesso integrata dall'emungimento di acque sotterranee per mezzo di pozzi; particolarmente significativo è il quantitativo estratto dai pozzi dei consorzi irrigui, attivi per tutta la stagione irrigua.

Segue l'elenco dei canali appartenenti al reticolo idrico minore del Comune di Brandico.

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

N° progr.	Denominazione	Codice SIBITER o n° progr. DGR 20552/05 (n. 9 = Consorzio Sinistra Oglio)	Competenza Polizia Idraulica C = Comune CB = Consorzio Bonifica
1	Roggia Ognata	75	C
2	Vaso Campagna	5.B.2A Consorzio n.9 126	CB C
3	Vaso Serioletta	190	C
4	Roggia Calina	57	C
5	Vaso Seriola Nuova		C
6	Vaso Fiume		C
7	Seriola Baioncello di Maclodio	8.C.1 Consorzio n.9	CB
8	Vaso Bonforta		C
9	Vaso Ariazzolo Molgora		C
10	Seriola Pontile		C
11	Vaso Bonifica		C
12	Vaso Casaletta		C
13	Cavo Ariazzolino		C
14	Vaso Barbaresca		C
15	Vaso Ariazzolo	109	C
16	Vaso Baioncellino		C
17	Vaso Chizzola		C
18	Vaso Fiorita	39 Consorzio n.9	CB
19	Vaso Vesarello		C

Fig. 7.1 – Elenco dei corpi idrici appartenenti al reticolo idrico minore.

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

8. ANALISI DELLA COMPONENTE IDROGEOLOGICA

8.1 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il Comune di Brandico ricade nella Pianura Padana, che rappresenta una delle maggiori riserve idriche europee, in quanto la struttura idrogeologica del territorio è caratterizzata dalla presenza di potenti livelli acquiferi, in particolare nella media e nella bassa pianura, dove lo spessore degli acquiferi sfruttabili raggiunge circa 200 m da piano campagna.

L'Allegato 3 alla Relazione Generale del Programma di Tutela e Uso delle Acque della Regione Lombardia "Classificazione dello stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei di pianura", propone la seguente distinzione di aree "idrogeologicamente importanti":

- Zona di ricarica delle falde: corrisponde alla parte settentrionale della pianura dove prevalgono le alluvioni oloceniche e sedimenti fluvioglaciali pleistocenici, a granulometria grossolana, con un acquifero praticamente ininterrotto da livelli poco permeabili. Si estende quasi completamente a monte della fascia delle risorgive. In questa zona l'infiltrazione da piogge, nevi e irrigazioni, permette la ricarica tanto della prima falda come delle falde profonde.
- Zona di non infiltrazione alle falde: caratterizzata dalle aree in cui affiora la roccia impermeabile o dove è presente una copertura argillosa (depositi fluvioglaciali del Pleistocene medio e antico).
- Zona ad alimentazione mista: costituita dalla porzione centrale e meridionale della pianura (media e bassa), in cui le falde superficiali sono alimentate da infiltrazioni locali, ma non trasmettono tale afflusso alle falde più profonde, dalle quali sono separate da diaframmi poco permeabili. Si tratta dell'area corrispondente alla massima parte della pianura.
- Zona di interscambio tra falde superficiali e profonde; si rinviene in corrispondenza dei corsi d'acqua principali, soprattutto del Fiume Po.

Le caratteristiche idrogeologiche sono correlate alla conducibilità idraulica (o permeabilità) dei depositi fluviali e fluvioglaciali, in quanto le caratteristiche granulometriche condizionano la circolazione idrica sotterranea.

Le principali variazioni litologiche sono contraddistinte dalla progressiva prevalenza di terreni limoso-argillosi, che si verifica sia con l'aumento della profondità sia procedendo da N verso S. Gli

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

acquiferi di maggiore potenzialità si trovano entro i primi 100 metri di profondità, sede di falde libere che traggono alimentazione per lo più dall'infiltrazione superficiale delle acque meteoriche e irrigue. Più in profondità, si hanno ulteriori acquiferi sabbiosi o, più raramente, sabbioso-ghiaiosi con falde confinate, intercalati a prevalenti limi e argille, che traggono la loro alimentazione dalle aree poste più a N e dallo scambio con gli acquiferi soprastanti, laddove i setti argillosi di separazione sono discontinui.

Secondo una **ricostruzione idrostratigrafica tradizionale** nella pianura lombarda, facendo riferimento alle caratteristiche di permeabilità dei litotipi e alla loro disposizione geometrica, vengono identificati i seguenti complessi acquiferi principali:

Acquifero tradizionale:

E' l'acquifero superiore, comunemente sfruttato dai pozzi pubblici. La base di tale acquifero è generalmente limitata dai depositi Villafranchiani (Pleistocene Inferiore).

A partire dalla media pianura esso risulta suddiviso da un livello poco permeabile di spessore variabile (acquitardo), in aumento verso la bassa pianura, in un acquifero superficiale (I° acquifero – Pleistocene superiore), generalmente freatico, e nel sottostante acquifero tradizionale s.s., semiconfinato (II° acquifero – Pleistocene medio).

Acquifero profondo:

E' costituito dai livelli permeabili presenti all'interno dei depositi continentali del Pleistocene inferiore (III° acquifero) ed è a sua volta suddiviso in quattro corpi acquiferi minori (acquifero multistrato), separati da banchi argillosi anche molto spessi e continui.

Con un approccio differente, secondo gli studi effettuati dalla Regione Lombardia in collaborazione con l'Esplorazione Italia dell'Eni Divisione Agip (cfr. **“Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia”**, 2002), il bacino padano può essere suddiviso in quattro unità idrostratigrafiche, denominate Gruppi Acquiferi (A, B, C, D) secondo la classificazione sedimentologica delle “Sequenze Deposizionali” (Mitchum et Al., 1977).

Tali sequenze, o Unità Idrostratigrafiche Sequenziali (UIS), sono separate da barriere impermeabili che si sviluppano a scala regionale, denominate UBSU (Unconformity Bounded Stratigraphic Unit).

All'interno di ogni Gruppo Acquifero vi è un'ulteriore compartimentazione in unità idrostratigrafiche di rango inferiore: i Complessi Acquiferi. Questi, a loro volta, sono caratterizzati dalla sovrapposizione di Sistemi Acquiferi, sede di circolazione idrica e costituiti prevalentemente

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

da sedimenti permeabili comprendenti localmente barriere di permeabilità locali, ai sottostanti Sistemi Acquitarzo/Acquiclude, cioè setti impermeabili, talora inglobanti orizzonti acquiferi di modesta entità.

Dal punto di vista sedimentologico, i Gruppi Acquiferi (o come sopra accennato, le UIS) sono caratterizzati da gruppi di strati con geometrie e caratteristiche petrofisiche variabili, ma legati geneticamente, cioè depositi in ambienti sedimentari contigui ed in continuità di sedimentazione.

Nello studio viene anche proposta una correlazione con le altre interpretazioni idrogeologiche, affiancando i nuovi gruppi acquiferi con le unità idrogeologiche e/o idrostratigrafiche tradizionali sopradescritte (cfr. Fig. 8.1).

UNITA' LITOLOGICHE		UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE		UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE	ETA'	UNITA' IDROGEOLOGICHE
Mazzarella S. e Martinis B.		Francani V. e Pozzi R.		ACIP - Regione Lombardia		Avanzini, Beretta, Francani, Nespola, CAP
Litozona ghiaioso-sabbiosa	Acquifero Tradizionale	Fluvioglaciale Wurm Auct. (Diluvium recente)	I acq.	Gruppo acquifero A	Pleistocene superiore	Unità ghiaioso-sabbiosa
		Fluvioglaciale Riss-Minde (Dil. Medio-Antico)	II acq.		Gruppo acquifero B	Pleistocene medio
		Ceppo Auct.				Pleistocene inferiore
Litozona sabbioso-argillosa	Acquiferi Profondi	Villafranchiano	III acq.	Gruppo acquifero C		Unità sabbioso-argillosa (facies continentali e di transizione)
Litozona argillosa		-		Gruppo acquifero D	(Calabriano)	Unità argillosa (facies marina)

Fig. 8.1 – correlazione tra Unità idrostratigrafiche ed Unità idrogeologiche.

8.2 INDIVIDUAZIONE DELLE UNITÀ IDROSTRATIGRAFICHE: I GRUPPI ACQUIFERI

Analizzando più in dettaglio la classificazione ENI-Regione Lombardia, si propone una breve descrizione stratigrafica dei Gruppi Acquiferi sopra menzionati, ricostruita dai ricercatori grazie a sondaggi a carotaggio continuo realizzati in diversi punti della pianura lombarda. Per correlare i differenti livelli, oltre a datazioni eseguite utilizzando il materiale organico riscontrate all'interno delle carote (approccio biostratigrafico), sono stati interpretati i profili sismici a disposizione dell'ENI.

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

Appare evidente, a causa del grado di approssimazione imposto dalla scala utilizzata per lo studio in argomento, che a scala locale i reali andamenti delle barriere impermeabili regionali possano discostarsi dal modello regionale di diversi metri.

Nei profili sismici si riconoscono due direzioni prevalenti di progradazione dei corpi sedimentari: la prima assiale rispetto al bacino Padano, Est vergente, originata dal paleo-delta del Po; la seconda trasversale, Sud-Est vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione alpina.

Segue una descrizione sedimentologica dei Gruppi Acquiferi:

GRUPPO ACQUIFERO A

Il Gruppo Acquifero è stato completamente attraversato da tutti i sondaggi. Lo spessore, piuttosto ridotto, è di norma compreso tra 20 e 40 m.

Presenta forti analogie con il sottostante Gruppo B per quanto attiene a litologie e facies sedimentarie, e alla loro interpretazione in termini di ambienti e sistemi deposizionali. Tali analogie non hanno permesso il riconoscimento del limite nel sondaggio Ghedi RL1.

Nel gruppo A rientrano le litologie più grossolane incontrate dai singoli sondaggi. Il gruppo è prevalentemente rappresentato da ghiaie e ghiaie grossolane, poligeniche, da grigie a grigio-giallastre, a matrice sabbiosa da media a molto grossolana, a stratificazione da media a molto spessa.

Risultano subordinati gli intervalli sabbiosi, con sabbia giallastra, da media a molto grossolana, spesso ciottolosa.

L'ambiente di sedimentazione è continentale; dominano le piane alluvionali con sistemi fluviali di tipo braided. Gli apporti, molto grossolani, provengono dalle prospicienti aree alpine in erosione, con direzioni da Nord a Sud.

I caratteri sedimentari della successione del gruppo (granulometria grossolana dei sedimenti, classazione scarsa o assente, caratteri della stratificazione, tipi di strutture sedimentarie, ecc.) sono compatibili con sistemi fluviali caratterizzati da un'elevata energia dei processi sedimentari, energia determinata dalle fasi di deterioramento climatico dei cicli glaciali pleistocenici.

Allontanandosi dalle aree alpine di alimentazione, la successione sedimentaria del gruppo mostra una chiara variazione laterale di facies, con graduale aumento verso Sud delle litologie sabbiose a scapito di quelle ghiaiose.

GRUPPO ACQUIFERO B

Il Gruppo Acquifero B è stato raggiunto e completamente attraversato da tutti i sondaggi. Gli spessori stratigrafici sono compresi tra 40 e 50 m.

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

Per le forti analogie litologiche e sedimentarie, il limite del Gruppo Acquifero B con il soprastante gruppo A non è stato definito in tutti i sondaggi. E' invece risultata più agevole la determinazione del limite con il sottostante Gruppo Acquifero C.

La successione sedimentaria del gruppo mostra in tutti i sondaggi un generale aumento verso l'alto della granulometria dei sedimenti.

Dall'analisi dei sondaggi si evidenzia anche una chiara variazione laterale di facies con litologie prevalentemente ghiaiose nelle aree settentrionali più prossime alle aree di alimentazione, che passano a prevalenti sabbie nei sondaggi più meridionali e più distanti dalle aree di alimentazione.

La successione del gruppo è suddivisibile in due distinti cicli positivi (FU. *Fining Upward*: granulometria che diminuisce dal basso verso l'alto) di circa 20 m cadauno.

Nel ciclo inferiore prevalgono le litologie sabbiose, in quello superiore c'è una maggiore presenza di granulometrie più grossolane.

Il limite di base del Gruppo Acquifero B coincide con una fase di fondamentale importanza nell'evoluzione sedimentaria della pianura lombarda per quanto attiene a litologie, facies sedimentarie, ambienti e sistemi deposizionali, direzioni degli apporti: si assiste al passaggio ad una deposizione generalizzata di sedimenti grossolani, rappresentati da sabbie medio-grossolane, sabbie ciottolose, ghiaie a matrice sabbiosa.

L'ambiente di sedimentazione è esclusivamente continentale, con sistemi deposizionali di piana alluvionale ad alta energia (sistemi fluviali *braided*), e mostra un importante cambio nella direzione degli apporti, generalmente da Nord verso Sud, nonché rapide variazioni laterali di facies con il progressivo allontanarsi dalle aree di alimentazione rappresentate dai settori alpini in erosione.

Tale ambiente deposizionale è correlato, anche sulla base di dati paleontologici, alle fasi glaciali pleistoceniche.

La successione del Gruppo Acquifero B è prevalentemente costituita da sedimenti, quali sabbie medio-grossolane e ghiaie a matrice sabbiosa, caratterizzati da porosità e permeabilità elevate.

I sedimenti fini, molto subordinati, sono limitati alla parte bassa della successione (ciclo positivo inferiore) con intercalazioni di argilla limosa e limo di spessore decimetrico fino a metrico.

La variazione di facies, da Nord verso Sud, comporta un aumento della frequenza e dello spessore dei livelli argillo-limosi nei settori meridionali della pianura lombarda, i quali contribuiscono al confinamento delle falde sottostanti, riducendone la vulnerabilità intrinseca.

In corrispondenza dell'allineamento morfologico Ciliverghe-Castenedolo-Capriano del Colle si assiste all'innalzamento dei depositi pleistocenici della pianura, che ha portato all'erosione

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

pressoché totale del Gruppo Acquifero B con la venuta a giorno direttamente del Gruppo Acquifero C (alti morfologici di Castenedolo e Capriano del Colle).

GRUPPO ACQUIFERO C

Il limite con il soprastante Gruppo Acquifero B è stato definito in tutti i sondaggi, il limite con il sottostante Gruppo Acquifero D è stato osservato solo nel sondaggio di Agrate RL 4.

Sulla base delle correlazioni con dati di sottosuolo (linee sismiche, log elettrici e dati di pozzo), il Gruppo Acquifero C è stato attribuito alla parte bassa del Pleistocene medio.

Un importante evento trasgressivo ripartisce la successione sedimentaria del Gruppo Acquifero C in due distinti cicli regressivi.

Il ciclo regressivo inferiore è rappresentato alla base da sedimenti marini di piattaforma: argilla limo-sabbiosa, grigia, fossilifera. Si passa quindi ad ambienti transizionali, prima con un sistema litorale a prevalente sabbia grigia fine e finissima, bioturbata, laminata o massiva, fossilifera; quindi a un sistema deltizio a sabbia grigia, media, classata, laminata, a stratificazione media e spessa, con frustoli vegetali.

La parte alta del ciclo è rappresentata da sedimenti continentali di piana alluvionale con sabbia grigia da finissima a media, laminata, alternata ad argilla limosa verde e argilla palustre bruno-nerastra ricca in materia organica.

Una fase trasgressiva interrompe il ciclo regressivo inferiore, prima con le facies transizionali di un sistema litorale a prevalenti sabbie finissime e limi bioturbati, quindi con argilla marina, grigia, fossilifera, di piattaforma.

Il ciclo regressivo superiore del Gruppo Acquifero C è costituito nella parte bassa da una sequenza di facies negativa (CU – *Coarsening Upward*: aumento della granulometria dal basso verso l'alto) di progradazione di sistemi deltizi (ambiente transizionale), con prevalente sabbia grigia fine e media, in strati gradati da medi a molto spessi, laminata, con abbondanti frammenti vegetali (frustoli, legno).

Segue una sedimentazione in ambiente continentale di piana alluvionale con sabbia grigia da finissima a media alternata ad argilla limosa verde e argilla palustre bruno-nerastra.

Nel suo complesso il Gruppo Acquifero C corrisponde ad una fase di rapida progradazione da Ovest verso Est dei sistemi deposizionali padani (sistemi di scarpata, di piattaforma, transizionali e quindi continentali), progradazione che determina il rapido colmamento dei bacini profondi a sedimentazione torbida ancora presenti nella parte orientale e Sudorientale della Lombardia.

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

La generale evoluzione regressiva del gruppo è interrotta, con la deposizione di argille grigie marine di piattaforma, da almeno un'importante fase di rapida trasgressione, contraddistinta da un significativo spessore stratigrafico e da una notevole continuità laterale (verificati con i dati di sottosuolo), che compartimenta il gruppo in due distinti acquiferi su un ampio settore della pianura lombarda.

GRUPPO ACQUIFERO D

Il Gruppo Acquifero D è stato raggiunto solo dal sondaggio Agrate RL 4, che ne ha attraversato la parte sommitale per circa 50 m (intervallo tra 132.4 – 185 m di profondità).

Le correlazioni con dati di sottosuolo (linee sismiche, log elettrici e dati di pozzo) hanno permesso di attribuire l'intervallo stratigrafico del gruppo alla parte alta del Pleistocene inferiore.

Nel sondaggio di cui sopra, il Gruppo Acquifero è rappresentato da una sequenza di facies negativa (CU) caratterizzata da argilla siltosa e limo con intercalazioni di sabbia fine e finissima in strati sottili alla base, sabbia grigia fine e media bioturbata nella parte intermedia, e ghiaia poligenica grigia alternata a sabbia nella parte alta.

La successione sedimentaria è attribuita, in accordo con i dati di sottosuolo, ad un sistema deposizionale di delta-conoide progradante da Nord verso Sud (direzione di progradazione desunta dall'analisi delle linee sismiche dell'area).

Più in dettaglio, nel già citato Allegato 3 alla Relazione Generale del Programma di Tutela e Uso delle Acque della Regione Lombardia, in cui è effettuata una suddivisione della Regione in bacini a loro volta suddivisi in settori, con caratteri idrogeologici omogenei, si osserva che il Comune di Brandico ricade nel Settore 1 "Rovato" del Bacino 5 "Oglio-Mincio" (cfr. Fig. 8.2).

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

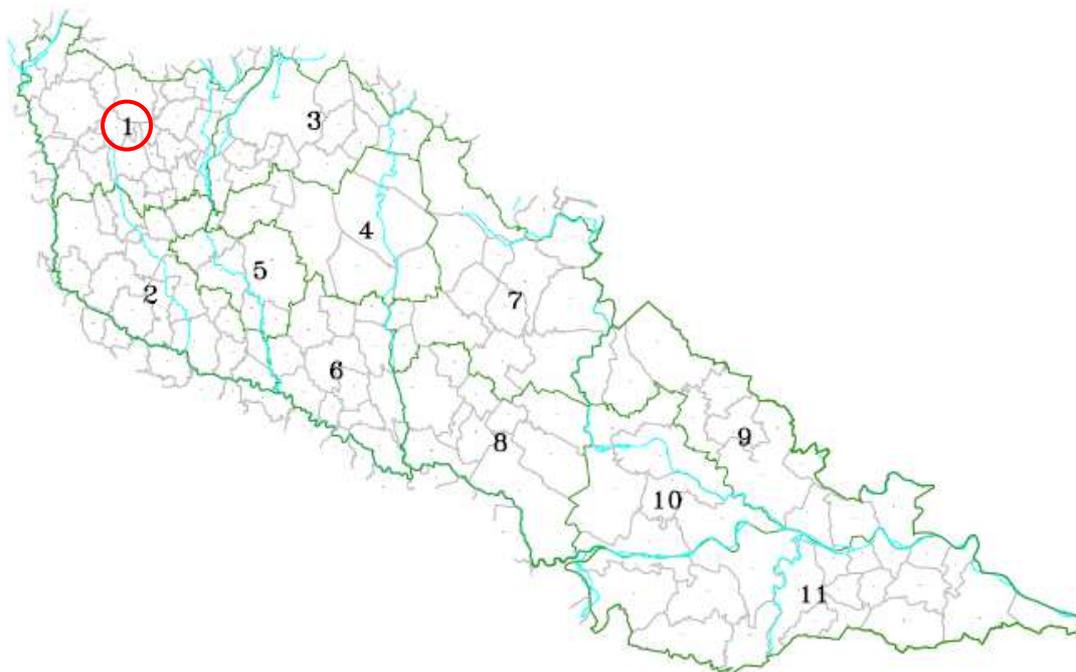


Fig. 8.2 – Bacino Oglio-Mincio (All.3 del PTUA): in evidenza il settore 1 “Rovato”.

8.3 INDIVIDUAZIONE DELLE UNITÀ IDROGEOLOGICHE

Con riferimento alla ricostruzione idrostratigrafica tradizionale nella pianura lombarda, si rileva, all'interno del cosiddetto “acquifero tradizionale”, la suddivisione tra il primo ed il secondo acquifero, entrambi interessati da captazioni di acque sotterranee, mentre non si hanno dati a disposizione di pozzi fenestrati all'interno del terzo acquifero o “acquifero profondo”.

La serie idrogeologica a scala regionale è definita dalla successione di quattro unità idrogeologiche, ovviamente non sempre individuabili localmente.

Dall'alto verso il basso sono state classificate, da un punto di vista cronologico, le seguenti unità:

UNITÀ SABBIOSO GHIAIOSA: è costituita dalle sabbie e dalle ghiaie (il passaggio avviene gradualmente muovendosi da Nord verso Sud) dei sedimenti alluvionali recenti e di quelli fluvio-glaciali Wurmiani.

Data l'elevata permeabilità di tali depositi, solitamente la produttività e la trasmissività dell'unità risultano elevati, anche grazie alla possibilità di ricevere importanti apporti di acque sotterranee sia da monte, per deflusso, sia dalla superficie, per infiltrazione.

In prossimità delle prealpi tale unità riveste il fondamentale ruolo di Zona di ricarica delle falde profonde, poiché in tale dominio geologico non esiste ancora una netta separazione tra falde sovrapposte e non intercomunicanti.

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

Le caratteristiche sopra esposte indicano come la vulnerabilità intrinseca delle acque contenute in questa unità sia generalmente elevata, in quanto mancano orizzonti a bassa permeabilità a protezione delle stesse dall'infiltrazione di inquinanti dalla superficie topografica.

UNITÀ A CONGLOMERATI: si tratta di una successione di conglomerati, sabbie, arenarie e raramente ghiaie con scarse intercalazioni argillose attribuibili alle diverse fasi glaciali Mindel e Riss (Pleistocene medio); a livello della media pianura i conglomerati e le arenarie lasciano molto frequentemente il posto alle sabbie, ghiaie e argille (Unità idrogeologica Fluvioglaciale Mindel-Riss).

Spesso si rinviene a modeste profondità, raggiungendo notevoli spessori ed ospitando generalmente falde meno vulnerabili rispetto a quelle dell'unità sovrastante, in quanto semiconfinate (o semilibere, a seconda dei casi).

UNITÀ VILLAFRANCHIANA: costituita da facies continentali e di transizione, rappresenta il substrato poco permeabile degli acquiferi superficiali più produttivi; prevalgono le argille ed i limi, solitamente caratterizzati dalla colorazione grigio-azzurra, spesso con intercalazioni torbose.

In via subordinata, sono presenti anche lenti ghiaioso-sabbiose, di discreta estensione areale ma di modesto spessore, all'interno delle quali sono contenute acque tipiche di ambienti riducenti, di scadente qualità a causa della presenza di ferro, manganese, idrogeno solforato e, localmente, anche arsenico.

A questa unità idrogeologica in genere di modesto spessore, fanno seguito verso il basso i sedimenti del Pleistocene inferiore di origine marina (Calabrieri).

SUBSTRATO ROCCIOSO INDIFFERENZIATO: affiorante lungo il margine prealpino, si approfondisce molto rapidamente al di sotto della potente serie quaternaria, immergendosi verso S; nell'area oggetto della presente indagine non è stato ovviamente rinvenuto in nessuna perforazione.

8.4 SINTESI DELLA STRUTTURA DEGLI ACQUIFERI NEL SOTTOSUOLO DI BRANDICO

Consultando lo studio Regione Lombardia-Eni nel territorio del Comune di Brandico, il Gruppo Acquifero A presenta una superficie basale impermeabile ad una profondità variabile: inferiore a 70 m da piano campagna (con una quota di circa 25 m s.l.m.), nella zona più settentrionale, oltre gli 80 m nella parte meridionale del territorio comunale (con una quota di circa 10 m s.l.m.). Al di sotto della barriera di permeabilità regionale, si rinvengono i gruppi più profondi.

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

Il modello idrogeologico di dettaglio, realizzato nell'ambito del presente studio, evidenzia un aumento dello spessore cumulativo dei livelli poroso-permeabili in prossimità dei paleoalvei, con un intervallo compreso tra 50 e 65 m per i primi 100 metri di profondità.

Quindi, come evidenziato all'interno delle sezioni idrogeologiche, descritte successivamente, si ritiene che il limite regionale possa essere ridefinito nel seguente modo:

- nella parte N del territorio comunale la base del Gruppo Acquifero "A" può essere individuato a circa 53 m s.l.m. (v. Sez. I Tav.3);
- nella parte S del territorio comunale la base del Gruppo Acquifero "A" può essere individuato a circa 45 m s.l.m. per la Sez. I, 50 m s.l.m. per la Sez. II.

Tali limiti non concordano quindi con il limite regionale, discostandosi in difetto fino a 40 m, il limite ricostruito risulta più superficiale. Ciò è facilmente spiegabile con la scala utilizzata dall'Eni per le correlazioni, la quale non può valutare le strutture idrogeologiche locali, rilevate nell'ambito del presente studio (paleoalvei e spartiacque sotterranei).

Oltretutto, molto spesso i limiti tra i Gruppi Acquiferi A e B sono difficilmente identificabili perfino nei sondaggi a carotaggio continuo eseguiti per lo scopo (cfr. par. 8.2), quindi si ritiene che il limite basale proposto dalla Regione (a riguardo, è stato utilizzato lo shapefile scaricabile del Geoportale di Regione Lombardia relativo al limite basale del Gruppo Acquifero "A") riguardi nello specifico il limite basale del Gruppo Acquifero B, individuato alle seguenti profondità:

- nella parte N del territorio comunale a circa 43 m s.l.m. per le Sez. I e III,
- nella parte centrale del territorio comunale a circa 40 m s.l.m. per la Sez. II,
- nella parte S del territorio comunale a circa 20 m s.l.m. per la Sez. IV.

È comunque in ogni caso presente una differenza compresa tra i 10 e i 20 metri rispetto a quanto ipotizzato, per le ragioni succitate.

Si ritiene utile un accenno alle tavole relative alle sezioni idrostratigrafiche elaborate per lo studio "Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia": la sezione 4, che nella parte settentrionale attraversa tutta la pianura bresciana, mostrerebbe per la media e bassa pianura uno spessore medio di 150 m per il Gruppo Acquifero A, nell'ordine di 350 m per il Gruppo Acquifero B, alla cui base sarebbe inoltre ubicata l'interfaccia acqua dolce-acqua salata.

Ciò in contrasto con quanto descritto nella relativa relazione, sopra richiamata per gli aspetti sedimentologici, dove gli spessori dei due Gruppi Acquiferi sono definiti nell'ordine di 40-50 m ciascuno, nonché con le correlazioni riportate in Fig. 8.1, le quali indicano che siano a grandi linee

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

raffrontabili i limiti tra i Gruppi Acquiferi A e B con le Unità Ghiaioso-sabbiosa e Unità Ghiaioso-sabbiosa-limosa.

Da una rapida analisi dell'evoluzione del bacino padano, è comprensibile che gli spessori delle Unità Idrostratigrafiche aumentino in prossimità del depocentro del bacino padano, ma in questo caso servirebbe una riflessione riguardante le correlazioni appena richiamate.

E' altresì plausibile che in prossimità della pianura bresciana il marker sismico sia stato influenzato, più che da limiti biostratigrafici, da orizzonti sviluppatisi con la cosiddetta neotettonica, artefice dei sollevamenti rappresentati dall'allineamento Ciliverghe-Castenedolo-Capriano del Colle.

8.4.1 Vincoli normativi regionali: descrizione del settore idrogeologico 1 "Rovato"

Le NTA del P.T.U.A., indicano nei regolamenti attuativi gli strumenti per realizzare gli obiettivi di piano, e il R.R. 2/2006, che disciplina l'uso delle risorse idriche in Lombardia, costituisce il punto di riferimento per la razionalizzazione, mediante il risparmio, il riutilizzo e la salvaguardia della risorsa idrica, individuando con l'art. 14 specifici vincoli per le aree di ricarica degli acquiferi profondi, le aree di riserva ottimali, le aree di riserva integrative, la macroarea di riserva e le aree con impatto antropico significativo (per maggiori dettagli, consultare l'All. 11 del P.T.U.A.).

Al fine di comprendere i disposti del sopra citato regolamento, attualmente in fase di riscrittura, si ritiene utile approfondire gli aspetti idrogeologici che sottendono i limiti individuati per lo sfruttamento di acque sotterranee.

Il settore in esame, appartenente al bacino di scala regionale Oglio-Mincio, si sviluppa a partire dall'alta pianura bresciana fino all'inizio della bassa pianura, nella fascia altimetrica compresa tra 170 m s.l.m. a N e 84 m s.l.m. a S. Il limite occidentale è definito dal Fiume Oglio, quello orientale dal Fiume Mella.

L'area è caratterizzata da un acquifero differenziato, la cui base si trova tra 0 e 100 m s.l.m.; l'aquitard più o meno continuo di separazione tra falda superficiale e confinata è compreso all'incirca tra le quote di 80 e 100 m s.l.m. La trasmissività media è di $1,28 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$.

Il Comune di Brandico si trova quindi nella parte meridionale del settore, a pochi chilometri dal confine con il settore 2 "Orzinuovi", costituendo un dominio di transizione tra le caratteristiche litologiche e idrogeologiche della media pianura e quelle della bassa.

Un aspetto molto interessante a riguardo si rileva nell'individuazione di ben 5 comuni, all'interno del settore di Rovato, classificati come aree di riserva integrative, cioè funzionali a immagazzinare e fornire importanti volumi di acque sotterranee in quantità e qualità idonee per sopperire ad aree

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

urbane in crisi idrica. Tra questi comuni rientrano Trenzano e Maclodio, direttamente confinanti con Brandico.

E' ovvio che tali suddivisioni, di tipo amministrativo, trovino in realtà dei limiti sotterranei non coincidenti con i confini comunali, in quanto anche il sottosuolo di Brandico, nelle zone W ed E del territorio, è caratterizzato da paleoalvei altamente trasmissivi e produttivi.

Aspetti quantitativi

Il prelievo per unità di superficie è alto (circa 6,3 l/s per km²), in conseguenza della marcata vocazione industriale del settore. Complessivamente la consistenza delle risorse idriche contenute negli acquiferi è buona, in virtù anche dell'apporto fornito dalla conca del Lago d'Iseo che consente il mantenimento di un sostanziale equilibrio di bilancio.

Le osservazioni contenute nel P.T.U.A. accertano come l'uscita verso valle tramite falda sia molto cospicua e nettamente superiore alla portata d'ingresso. Il rapporto prelievi/ricarica continua a mantenersi favorevole (0,66) sebbene sia leggermente peggiorato rispetto al bilancio del 1996 (0,38) e colloca il settore nella classe quantitativa A (Uso della risorsa non significativo e sostenibile, anche se a scala locale si registrano situazioni di non sostenibilità in alcuni areali; è consigliato il monitoraggio piezometrico in tutto il Settore al fine di individuare dove è necessario intervenire).

A scala locale si registrano abbassamenti negli areali meno trasmissivi e nell'ambito della città di Brescia, dove il rilevante fabbisogno idrico per uso industriale ha comportato fra il 1980 e il 1992 la formazione di depressioni piezometriche accentuate. Il bilancio del 2003 conferma il trend di abbassamento della falda e rileva lo spostamento della richiesta d'acqua dalla città verso i comuni limitrofi, in conseguenza del decentramento dei comparti produttivi. L'area comunale di Brescia ad W del Fiume Mella, compresa in questo settore, va dunque considerata come una zona di crisi idrica potenziale, per la possibilità non remota che l'incremento demografico e il ritorno ad un più intenso utilizzo delle acque sotterranee riproduca le condizioni degli anni '80.

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Settore		Classificazione prelievi-ricarica		Classificazione livello			Classificazione stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei	
Settore	Comune	1996	2003	Classificazione livello	Differenza livello di riferimento e del 2003 (m)	trend livello falda	Class. Stato quantitativo 152 per settore	Pianificazione interventi
1	CASTREZZATO	A	A	2	0-(-3)		A	Uso della risorsa non significativo e sostenibile, anche se a scala locale si registrano situazioni di non sostenibilità in alcuni areali. Si consiglia di attivare subito il monitoraggio piezometrico in tutto il Settore al fine di individuare dove è necessario intervenire.
	URAGO D'OGGIO			3	0-3			
	COMEZZANO-CIZZAGO			-3	0-(-3)			
	AZZANO MELLA			-3	0-(-3)			

Fig. 8.3 – Classificazione dello stato quantitativo del settore 1 “Rovato”, All. 3 del P.T.U.A.

8.5 DESCRIZIONE DELLE SEZIONI IDROGEOLOGICHE A SCALA COMUNALE

Per ricostruire in dettaglio la geometria dei corpi acquiferi nel primo sottosuolo, sono stati utilizzati i dati riportati nelle Schede per il censimento dei pozzi a stratigrafia nota, di cui all’All. 3.

Le stratigrafie sono quindi state utilizzate per ricostruire la Tav. 3 - Sezioni idrogeologiche (Scala orizz. 1:10.000 - scala vert. 1:1.000).

Dall’analisi delle strutture idrogeologiche, emerge un dato rilevante di grande interesse, ossia l’esistenza di due sistemi di paleoalvei nel sottosuolo in prossimità dei confini occidentale ed orientale del Comune di Brandico, tali da influenzare l’andamento della superficie piezometrica della falda freatica.

Sono altresì presenti strutture idrogeologiche costituenti barriere di permeabilità che favoriscono l’emersione della falda libera in prossimità del Vaso Bonifica e del pozzo 22.

Sono state eseguite 4 sezioni idrogeologiche, disposte secondo i dati a disposizione con l’obiettivo di schematizzare gli acquiferi e la conseguente circolazione idrica sotterranea.

La sezione I evidenzia una cospicua presenza di livelli permeabili, in particolare nella parte meridionale della traccia, dove si rileva la presenza del paleoalveo attraversato dal pozzo 21. Il limite tra i Gruppi Acquiferi A e B è abbastanza netto nella parte N della sezione, mentre è più sfumato in quella S, anche per la presenza del citato paleoalveo, in corrispondenza del quale i

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

depositi fini hanno una componente limoso sabbiosa maggiore. Sempre nella parte S si nota la suddivisione del Gruppo A in due complessi acquiferi, “A1” e “A2”, i quali cominciano a delinearsi nel tratto compreso tra i pozzi 20 e 21, a testimonianza del passaggio tra la struttura idrogeologica della media pianura, con un primo acquifero assimilabile ad un monostrato, alla bassa pianura, dove anche il primo acquifero diventa compartimentato. Il maggior spessore della frazione limoso argillosa (sistema acquicludo “sa1”) che separa i sistemi acquiferi “a1” e “a2” nel tratto in prossimità del pozzo 22 può aver favorito l’emersione della falda freatica in corrispondenza di tale pozzo, che di fatto funge da tubo “Norton”, con una portata costante di circa 8 l/s, drenando un terreno altrimenti costantemente paludoso.

La **sezione II** è particolarmente interessante, poiché le sequenze deposizionali, schematizzabili per mezzo delle stratigrafie, rappresentano un ispessimento di depositi limoso argillosi, con tracce di materiale organico, ed una diminuzione complessiva dello spessore dei livelli permeabili, a riconferma di quanto asserito in precedenza, e cioè che nella parte centrale del territorio comunale di Brandico la circolazione idrica sotterranea incontra barriere di permeabilità che impediscono il deflusso, “deviandolo” verso gli orizzonti a maggiore permeabilità. E’ inoltre interessante l’ispessimento di depositi fini presso il pozzo 3, ubicato alla stessa latitudine della testa del fontanile Vaso Bonifica: come si approfondirà più avanti, tale barriera a bassa permeabilità ha favorito l’emersione della superficie piezometrica nella frazione capoluogo, ed è quindi ragionevole correlare tale emersione con la struttura idrogeologica in argomento. Il limite tra i Gruppi A e B si attesta a 50 m s.l.m., a sua volta il Gruppo A è suddiviso da 2 complessi acquiferi (A1 e A2), il B almeno da 2 (B1 e B2) ma non è stato indagato per tutto lo spessore quindi i dati sono parziali.

La **sezione III**, ortogonale al deflusso delle acque sotterranee, chiarisce ulteriormente i concetti sopra descritti, con una sezione drenante maggiormente sviluppata nella parte E (pozzo 2), in concomitanza di un probabile paleoalveo, e una forte presenza dei depositi fini in corrispondenza del pozzo 23. Il limite tra i Gruppi Acquiferi A e B è ben identificabile nella parte E della traccia, attestato a circa 43 m s.l.m. (cioè a 57 m di profondità dal p.c.). Anche in questa sezione si identificano due complessi acquiferi (A1 e A2) all’interno del Gruppo A.

La **sezione IV** fornisce ulteriori conferme riguardanti: la suddivisione del Gruppo Acquifero A in due complessi (A1 e A2), il limite tra i Gruppi A e B a circa 53 m s.l.m. (cioè 40-45 m di profondità da p.c.) nonché la presenza del paleoalveo attraversato dalla perforazione del pozzo 21.

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

8.6 PERMEABILITÀ DEI DEPOSITI SUPERFICIALI

La stima della permeabilità dei depositi superficiali fornisce le indicazioni necessarie per valutare la ricarica superficiale, cioè risultante dall'infiltrazione delle acque meteoriche, nonché per individuare il grado di protezione degli acquiferi superficiali, derivando la carta della Vulnerabilità (cfr. par. 8.9).

Sono state quindi definite tre classi di permeabilità, riferite ai litotipi superficiali, per le quali è possibile attribuire un intervallo di variazione della conducibilità idraulica (permeabilità):

DEPOSITI AD ELEVATA PERMEABILITÀ

A tale classe sono stati attribuiti i depositi ascrivibili all'Unità G1 "a ghiaie dominanti", costituita da litologia prevalentemente sabbiosa e ghiaiosa che, cautelativamente, sono associati ad un'alta permeabilità, con coefficiente k maggiore di 10^{-4} m/s.

E' importante puntualizzare che, in tali depositi, il valore della permeabilità è strettamente legato alla percentuale di matrice fine (sabbiosa o limosa) che, intasando i vuoti presenti nella matrice grossolana, determina una diminuzione della permeabilità sia in senso orizzontale che verticale.

DEPOSITI A MEDIA PERMEABILITÀ

Appartengono a questa classe i depositi ascrivibili all'Unità S2 "a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie", a litologia prevalentemente sabbiosa, caratterizzati da una conducibilità idraulica media "k" minore di 10^{-4} m/s e maggiore di 10^{-6} m/s.

Come deducibile dalla definizione sopra richiamata, tali depositi presentano un differente grado di permeabilità sia in senso orizzontale che verticale in relazione alla variabilità del rapporto sabbia/limo e alla presenza di sottili intercalazioni argillose.

DEPOSITI A BASSA PERMEABILITÀ

A questa classe appartengono i depositi ascrivibili all'Unità S3 "a sabbie con depositi fini (limi e argille) e ghiaie" a litologia prevalentemente sabbioso-limosa i quali, in relazione alla presenza di frazioni a granulometria fine, determinano valori del coefficiente di permeabilità k inferiori a 10^{-6} m/s.

La conducibilità idraulica può essere ritenuta praticamente assente là dove la componente della frazione limoso argillosa è preponderante. Tali litologie infatti costituiscono una barriera di permeabilità per la circolazione idrica, con un coefficiente di permeabilità "k" che può essere inferiore a $10^{-8} \div 10^{-9}$ m/s.

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

8.7 DINAMICA DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Come descritto nel par. 8.5, il sottosuolo indagato dalle sezioni idrogeologiche evidenzia la presenza di almeno 2 gruppi acquiferi nella zona settentrionale del territorio comunale di Brandico, i quali si differenziano ulteriormente nella parte meridionale in ulteriori 2 complessi acquiferi, per un totale di 2 sistemi acquiferi appartenenti al Gruppo Acquifero A e 2 sistemi acquiferi appartenenti al Gruppo Acquifero B, per il quale, come già sottolineato, potrebbero esserci ulteriori suddivisioni non riscontrate nei dati a disposizione.

Il dato certo riguarda la separazione idrodinamica tra le falde contenute nel Gruppo Acquifero A, tra loro intercomunicanti nei tratti in cui la distinzione tra i due sistemi non è ancora presente, rispetto a quelle reperibili all'interno del Gruppo Acquifero B.

I dati rilevati durante la campagna di rilevamento della superficie freatica, eseguita in data 21 novembre 2009, riguardano la piezometria della falda libera, contenuta nei sistemi acquiferi del Gruppo Acquifero A, noto anche con la definizione idrogeologica tradizionale di "Unità ghiaioso-sabbiosa".

La falda contenuta nell'acquifero si presenta pertanto a pelo libero (non confinata).

La morfologia del tetto della falda, ricavata dall'interpolazione di misure di livelli statici effettuate in alcuni pozzi, è stata rappresentata in Tav. 2 - Carta idrogeologica, idrografica e della vulnerabilità del primo acquifero (Scala 1:10.000).

La direzione di flusso e la soggiacenza della falda si presentano differenziate a seconda delle diverse aree in cui il territorio risulta suddiviso dal punto di vista geologico-morfologico.

La soggiacenza risulta variabile dagli oltre 3,00 metri nella zona di Ognato, a poco più di 1,50 metri nella zona orientale e sud occidentale del territorio comunale, risentendo della progressiva diminuzione della granulometria dei depositi dell'acquifero e della quota del piano campagna. Nella succitata Tav 2 si è optato per indicare i tematismi relativi alla vulnerabilità, e non alla soggiacenza, perché più attinenti alle peculiarità specifiche relative alla falda superficiale.

Per quanto riguarda la direzione di flusso, si nota come la morfologia della superficie piezometrica sia influenzata dalla presenza, già citata, di sistemi di paleoalvei, rilevati morfologicamente e confermati dalle sezioni idrogeologiche.

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

A scala comunale si notano quindi delle variazioni rispetto alla direzione di flusso provinciale orientata NW-SE, confermata nella parte E del Comune, con un asse drenante posizionato nella zona W del territorio comunale che modifica localmente la direzione da NW-SE a N-S a NE-SW.

Si nota inoltre che il gradiente aumenta leggermente in prossimità dell'abitato di Castelgonelle, passando da 2,8 a 2,4 per mille, a dimostrazione della variazione granulometrica, con un passaggio ad una componente percentuale maggiore di frazione fine.

In ogni caso il gradiente si attesta sul valore medio prossimo al 2,5 per mille.

8.8 FONTANILI

Uno degli aspetti di maggior interesse dell'idrogeologia della Pianura Padana è senza dubbio rappresentato dalle emergenze di acque sotterranee note con il nome di Risorgive o Fontanili, che testimoniano la risalita a quota campagna delle acque di falda.

Tali manifestazioni, molto comuni al limite tra l'alta e la media pianura, si rinvencono solitamente concentrate lungo determinate fasce areali in stretta correlazione ai fattori che le generano, rivestendo anche una notevole valenza paesistico ambientale.

La tipologia dei fontanili dipende dalla dinamica delle acque sotterranee, a sua volta correlata alla geometria degli acquiferi.

Le acque sotterranee, infiltrate nel sottosuolo prevalentemente nella zona di alta pianura, defluiscono secondo le leggi dell'idraulica, seguendo la legge di Darcy, che individua la portata in transito come il prodotto tra la velocità del fluido (pari alla permeabilità moltiplicata per il gradiente idraulico) e l'area attraversata. La presenza di un fronte di ostruzione, o la diminuzione della sezione drenante dell'acquifero, determina una sovrappressione che costituisce la spinta di risalita dell'acqua e l'emersione delle acque sotterranee, se la granulometria dei depositi superficiali lo consente.

A seconda del meccanismo che provoca la risalita dell'acqua si possono distinguere 2 tipologie di fontanili:

1 - Fontanile di sbarramento: è dovuto ad una repentina diminuzione di permeabilità in senso orizzontale; l'acqua in pressione si sposta verso i punti in cui incontra minor resistenza, cioè a permeabilità maggiore. Da un punto di vista matematico, la diminuzione della permeabilità comporta un aumento del gradiente e, per conservare la portata, aumenta la sezione drenante. Questa tipologia è frequente nelle fasce poste ai margini delle conoidi alluvionali, al passaggio tra l'alta e la bassa pianura, dove i sedimenti ghiaioso-sabbiosi permeabili sfumano gradualmente in depositi limo-argillosi meno permeabili.

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

2 - Fontanile di affioramento: è legato all'emergenza di falde superficiali in corrispondenza di rapidi abbassamenti della superficie topografica (scarpate, etc.).

In Comune di Brandico è presente un fontanile, il Vaso Bonifica, tipico fontanile di sbarramento. E' molto evidente infatti, all'interno delle sezioni idrogeologiche sopra descritte, un ispessimento di depositi a granulometria fine in corrispondenza dell'area di emersione dello stesso, tale da costituire una barriera permeabile significativa.

La testata del fontanile è interessata dalla presenza di almeno una decina di tubi norton attivi, funzionali ad un drenaggio ottimale per concentrare l'emersione della falda e favorirne il deflusso superficiale.

8.9 VULNERABILITÀ NATURALE DEL PRIMO ACQUIFERO

E' stata effettuata una valutazione relativa la vulnerabilità intrinseca del primo acquifero per l'intero territorio comunale; si intende per vulnerabilità intrinseca l'insieme delle caratteristiche dei complessi idrogeologici che costituiscono la loro "susceptibilità specifica ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido o idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea, nello spazio e nel tempo" (Civita, 1987). Tale definizione è riferita a inquinanti generici e non considera le caratteristiche chemio-dinamiche delle sostanze.

I parametri determinanti, dal punto di vista fisico, sono rappresentati dalla litologia, dalla struttura e dalla geometria del sistema idrogeologico.

Tra i possibili approcci alla valutazione e cartografia della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi si è optato per adottare un metodo qualitativo, che prevede la zonizzazione per aree omogenee, attraverso la tecnica della sovrapposizione cartografica.

In particolare, si è seguito (con qualche modifica) il metodo elaborato parametrico **SINTACS** che valuta la vulnerabilità intrinseca, per intervalli preordinati e situazioni tipo, mediante la classificazione di alcune caratteristiche litostrutturali delle formazioni acquifere e delle condizioni di circolazione idrica sotterranea.

Il nome del metodo è l'acronimo dei parametri analizzati: **S**oggiacenza, **I**nfiltrazione (efficace), **N**on saturo (per l'effetto di autodepurazione), **T**ipologia della copertura, **A**cquifero (relative caratteristiche idrogeologiche), **C**onducibilità idraulica dell'acquifero, **S**uperficie topografica (acclività).

Il punteggio di ogni parametro è moltiplicato per un peso, in funzione dello scenario di riferimento, a sua volta riferibile a vari intervalli di variazione del parametro stesso. Lo scenario di riferimento influenza inoltre la scelta della stringa di riferimento utilizzata per normalizzare i valori; è stata

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

scelta la stringa relativa all’impatto rilevante, per la presenza di fonti d’inquinamento potenziale diffuse (es. spandimento liquami).

In sostanza, il metodo considera tre fattori che: 1) condizionano l’aliquota dell’infiltrazione (I, T, S), 2) caratterizzano l’insaturo (S, N), caratterizzano il saturo (A, C).

In base alle classi di variabilità dei parametri si è deciso di correlare la zonazione delle aree a diversa vulnerabilità utilizzando i dati relativi alla carta di protettività dei suoli, per ottenere una lettura immediata nella “Carta idrogeologica, idrografica e della vulnerabilità del primo acquifero” (Tav. 2).

I due parametri che hanno mostrato una maggior variabilità sono la soggiacenza e la tipologia della copertura, per questo sono stati ottenuti 2 valori significativi (fig. 8.9), discretizzando il territorio di Brandico in **zone a vulnerabilità alta** (Indice normalizzato pari a 68) e **zone a vulnerabilità elevata** (Indice normalizzato pari a 70).

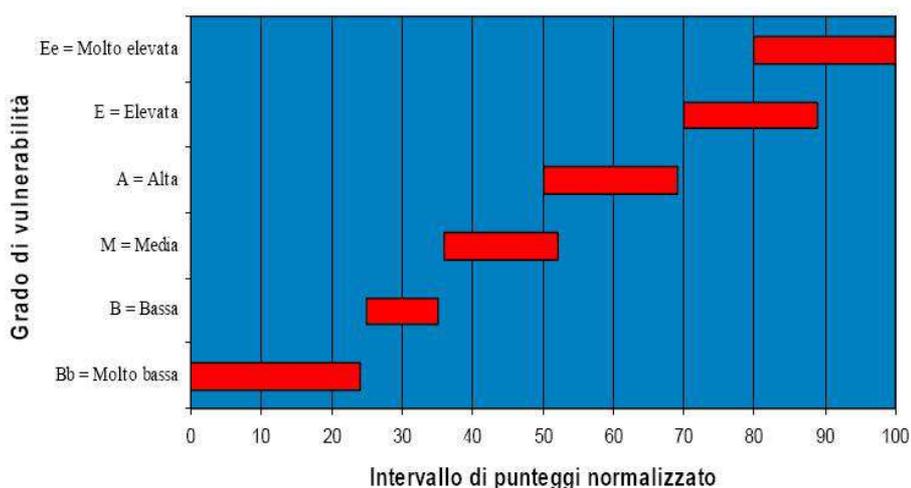


Fig. 8.4 – Figura relativa ai punteggi SINTACS per valutare il grado di vulnerabilità.

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Comune di Brandico

VULNERABILITA' INTRINSECA DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE: APPLICAZIONE DEL SISTEMA SINTACS

Soggiacenza	S	9,5
Infiltrazione	I*	6,2
Effetto di autodepurazione del NON saturo	N**	5,5
Tipologia della copertura	T	6
Caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero	A	8
Conducibilità dell'acquifero	C	8
Superficie topografica	S	10

"Pozzo 04"

N.B. Dati rilevati da relazione, da TAV. 6 PTUA (piovosità) e SIT

Stringhe dei pesi moltiplicatori

I normale	I. rilevante	Drenaggio	Carsismo	Fessurato	Σ
5	5				47,5
4	5				31
5	4				22
3	5				30
3	3				24
3	2				16
3	2				20
I_{SINTACS grezzo}					190,5
I_{SINTACS normalizzato}					70,2991
Grado di Vulnerabilità					E

Gradi Vulnerabilità	I. grezzo	I. normalizzato
Bb	0-80	0-24
Bb	81-105	25-35
M	106-140	36-49
A	141-186	50-69
E	187-210	70-79
Fe	211-260	80-100

* I = $P * X = 870 * 0,45 = 391,5 \text{ mm/a}$
 P = precipitazioni medie annue, X = coefficiente d'infiltrazione potenziale

N** = $\sum h_i P_i / \sum h_i = 6$
 P = peso, h = spessore

Fig. 8.5 – Calcolo del grado di vulnerabilità considerando i dati relativi al pozzo 04, rappresentativo delle caratteristiche idrogeologiche della parte S del territorio comunale di Brandico.

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Comune di Brandico

VULNERABILITA' INTRINSECA DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE: APPLICAZIONE DEL SISTEMA SINTACS

Soggiacenza	S	8,2
Infiltrazione	I*	6,2
Effetto di autodepurazione del NON saturo	N**	6
Tipologia della copertura	T	6
Caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero	A	8
Conducibilità dell'acquifero	C	8
Superficie topografica	S	10

"Pozzo 23"

N.B. Dati rilevati da relazione, da TAV, 6 PTUA (piovosità) e SIT

Stringhe dei pesi moltiplicatori

I normale	I. rilevante	Drenaggio	Carsismo	Fessurato	Σ
5	5				41
4	5				31
5	4				24
3	5				30
3	3				24
3	2				16
3	2				20
I_{SINTACS grezzo}					186
I_{SINTACS normalizzato}					68,3761
Grado di Vulnerabilità					A

Gradi Vulnerabilità	I. grezzo	I. normalizzato
Bb	0-80	0-24
Bb	81-105	25-35
M	106-140	36-49
A	141-186	50-69
E	187-210	70-79
Ee	211-260	80-100

* I = $P * X = 870 * 0,45 = 391,5 \text{ mm/a}$
 P = precipitazioni medie annue, X = coefficiente d'infiltrazione potenziale

N** = $\sum h_i P_i / \sum h_i = 6$
 P = peso, h = spessore

Fig. 8.6 – Calcolo del grado di vulnerabilità considerando i dati relativi al pozzo 23, rappresentativo delle caratteristiche idrogeologiche della parte N del territorio comunale di Brandico.

COMUNE DI BRANDICO (Provincia di Brescia)

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Fig. 8.7 - Tabella dei pozzi censiti in comune di Brandico (fonti: Provincia, Ster, sopralluoghi)

°Codice Pozzo	X	Y	Foglio	mappa	Uso	Q Max (l/s)	Q med (l/s)	φ (mm)	Profondità (m da p.c.)	ubicazione filtri (m da p.c.)	Prova di portata	Stratigrafia
PO1702601	1.580.160	5.034.610	10	9	Domestico	1					no	no
PO1702602	1.582.890	5.035.020	5	4	Irriguo		30		58	26-56	no	si
PO1702603	1.581.410	5.033.790	6	21	Irriguo		35,5	600	67	31,50-49,50 / 57,50-62	no	si
PO1702604	1.581.340	5.032.920	9	20	Irriguo	200		600	75,5	27-31 / 35-44 / 47-53 / 64-69,5	si	si
PO1702605	1.581.560	5.032.370	9	14	Irriguo	100			53		no	si
PO1702606	1.580.752	5.033.692	3	46	Domestico	1			20		no	no
PO1702607	1.581.177	5.033.736	3	56	Irriguo	20	20		30	12-24	no	no
PO1702608	1.581.293	5.033.675	3	56	Zootecnico	1	1		54	25-50	no	no
PO1702609	1.580.008	5.033.948	2	23	Irriguo	20	20		30	12-24	no	no
PO1702610	1.581.478	5.033.613	6	71	Domestico	1	1				no	no
PO1702611	1.581.396	5.033.811	9	15	Domestico	1	1		16		no	no
PO1702612	1.580.921	5.035.288	1	31	Potabile	1	1	609	40,5	26-38	no	si
PO1702613			5	2	Irriguo	40					no	no
PO1702614			2	18	Zootecnico	1	1		30		no	no
PO1702615	1.581.428	5.034.089	4	33	Irriguo	170	80	609	69	15-23 / 28-34 / 38-45	no	si
PO1702616			3	93	Irriguo	40	40		41		no	no
PO1702617	1.581.690	5.033.512	10	9	Zootecnico	1	1		45		no	no
PO1702618	1.580.862	5.035.180	1	61	Ind.-Pot.	50	13	*406 (A)-323(B)	38,5 (B) / 92,1 (A)	12,9-18,9 / 21,8-33,9 (B) --- 46,1-49,1 / 55,1-61,1 / 82-85 / 87,1-90,1 (A)	si	si (*pozzo doppia colonna)
PO1702619	1.583.248	5.033.004	11	25	Irriguo	45	6	609	41,5	16-20 / 22-32 / 34-40	si	si
PO1702620	1.580.691	5.034.937	1	111	Irr.-igienico	10	5	152	30	15-20 / 24-29	si	si
PO1702621	1.580.365	5.033.565	2	2	Irriguo	123,3	250	609	82	30-33 / 35,5-38 / 47-59 / 66-72	si	si
PO1702622	1.580.441	5.033.021			Irriguo			609	52	30-45		si
PO1702623	1.581.154	5.034.776			Irriguo			609	82	15-33 / 48-51 / 76-78,5		si
PO1702624	1.581.082	5.034.142			Irriguo						no	no
PO1702625	1.582.444	5.035.055			Irriguo						no	no
PO1702626	1.582.485	5.035.048			Irriguo						no	no
PO1702627	1.582.437	5.032.909			Irriguo						no	no

* il codice è composto dal riferimento al tipo di derivazione (PO come abbreviativo di pozzo), dal codice ISTAT comunale e dal numero progressivo (in grassetto)

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

9. RACCORDO CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA

Di seguito si propone un'analisi dei Piani vigenti a livello provinciale, regionale e nazionale, rispetto ai quali è stato eseguito un accurato confronto durante la redazione del presente elaborato, al fine di proporre un quadro più approfondito ma coerente con gli strumenti di pianificazione sovraordinata.

9.1. PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL BACINO DEL FIUME PO (PAI)

Nel territorio di Brandico non sono presenti né dissesti, né tratti di corsi d'acqua fasciati dall'Autorità di Bacino.

9.2. PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO DELLA PROVINCIA DI BRESCIA

Per quanto riguarda il PTCP, sono state consultate le relative Tavole di carattere geologico-ambientale, dalle quali è possibile trarre alcune considerazioni:

Tavola Ambiente e Rischi - Atlante dei Rischi idraulici e idrogeologici

È indicata una classificazione della vulnerabilità della falda, meglio definita nell'allegata Carta idrogeologica, idrografica e della vulnerabilità del primo acquifero (Tav. 2). Nella medesima tavola è indicato inoltre il reticolo idrografico con una maggior precisione rispetto al PTCP.

Tavola Ambiente e Rischi - Carta Inventario dei dissesti

Nel territorio di Brandico non è riportato alcun dissesto.

Tavola Paesistica

Anche in questo caso, gli elementi geomorfologici che caratterizzano il territorio di Brandico sono stati individuati e cartografati con un maggiore dettaglio nell'allegata Carta geolitologica e geomorfologica (Tav. 1).

Non si rilevano quindi contraddizioni con quanto riportato nella cartografia allegata al PTCP.

9.3. PROGRAMMA DI TUTELA E USI DELLE ACQUE

L'analisi della componente idrogeologica è stata eseguita in conformità con il PTUA, attualmente in fase di revisione a seguito dell'adozione, il 24 febbraio 2010, del *Piano di gestione del Distretto idrografico del bacino del fiume Po*. Per maggiori dettagli si rimanda quindi al sottoparagrafo 8.4.1.

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

10. CARTA DEI VINCOLI

Nella Carta dei vincoli (Tav. 5, scala 1:10.000) sono rappresentati i vincoli derivanti dalla normativa vigente in ambito ambientale, i quali implicano limitazioni d'uso del territorio.

**10.1 AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI DI ACQUE DESTINATE AL
CONSUMO UMANO MEDIANTE IL PUBBLICO ACQUEDOTTO**

Non essendo attualmente presente un pozzo pubblico ad uso potabile in Comune di Brandico (per l'approvvigionamento idropotabile della popolazione si utilizza il pozzo consortile in comune di Mairano), non è vigente alcuna limitazione a riguardo; il vincolo, ai sensi della normativa vigente (art. 94 D. Lgs. 152/2006) è costituito dalla Zona di Tutela Assoluta (ZTA) e dalla Zona di Rispetto (ZR), all'interno delle quali sono previsti specifici divieti e limitazioni d'uso del suolo.

Qualora il Comune di Brandico dovesse disporre di un pozzo ad uso potabile collegato al pubblico acquedotto, dovrà procedere ad individuare le aree di salvaguardia e ad aggiornare di conseguenza la relativa cartografia dello strumento urbanistico.

10.2 VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA

A seguito dell'individuazione del reticolo idrico minore, sono riportati sulla Tav 5 i vincoli di polizia idraulica rappresentati dalle fasce di rispetto dei corsi d'acqua, d'ampiezza differente in funzione del grado di tutela, a sua volta correlato al tratto d'appartenenza (extraurbano, urbano, intubato).

Si specifica che, come riportato nel regolamento di polizia idraulica, qualora sia necessario verificare il rispetto delle distanze, l'ampiezza della fascia deve essere sempre misurata in situ secondo le modalità riportate nel regolamento medesimo, in quanto la cartografia ha una valenza puramente indicativa.

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI
GOVERNO DEL TERRITORIO

11. CARTA DI SINTESI

La Carta di sintesi (Tav. 6, scala 1:5.000) rappresenta le criticità rilevate nel corso delle fasi di elaborazione della presente relazione, per le quali è necessario prevedere misure specifiche atte a ridurre i relativi rischi.

Tali misure si concretizzano in scelte urbanistiche che tutelino gli interessi della collettività nel pieno rispetto delle dinamiche idrogeologiche, particolarmente rilevanti nella pianura bresciana rispetto ad altri rischi ambientali.

11.1 AREE A BASSA SOGGIACENZA DELLA FALDA

Per quanto riguarda il concetto di vulnerabilità della prima falda (o falda freatica), si è scelto di optare per due differenti approcci per la redazione della Tav. 2 e della Tav. 6, indicando la vulnerabilità intrinseca della falda nella Tav. 2, desunta dalla carta di protettività del SIT regionale e per la quale è stato applicato il metodo SINTACS (v. par. 8.9), mentre nella CARTA DI SINTESI (Tav. 6) discretizzando la soggiacenza della falda rispetto al piano campagna in due differenti intervalli:

- **aree con soggiacenza minore di 2 m;**
- **aree con soggiacenza compresa tra 2 e 5 m.**

E' importante chiarire che il valore della soggiacenza non è un valore assoluto e costante, ma è un valore indicativo ed estremamente dinamico.

Infatti la profondità della falda varia nel corso dell'anno, in funzione della piovosità stagionale e del periodo irriguo, e negli anni, con alcuni periodi più umidi e piovosi alternati ad altri siccitosi (può generare lo stesso effetto di "magra" anche il sovrasfruttamento antropico).

Non è stato possibile disporre di dati storici per ottenere un valore medio della superficie piezometrica, sebbene la ricostruzione elaborata a seguito della specifica campagna piezometrica eseguita nell'ambito del presente studio sia concorde, per quanto riguarda i valori guida, con la piezometria redatta dal Dott. Cazzoletti nel 2001, indicata nella tavola in allegato al PRG.

La Tav. 2 si differenzia dall'elaborato allegato al PRG soprattutto per l'interpretazione, suffragata dai dati di campagna, relativa al paleoalveo esistente nella parte W del territorio comunale, considerato dagli scriventi come asse drenante.

Si sottolinea infine come il concetto di alta vulnerabilità non coincida necessariamente con quello di bassa soggiacenza, in quanto, a parità di soggiacenza, il ruolo protettivo svolto da un certo tipo di

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

suolo può abbassare localmente la vulnerabilità rispetto ad un'area con un suolo maggiormente permeabile.

11.2 AREE CON EMERGENZE IDRICHE

Sul territorio di Brandico è presente un unico fontanile denominato Vaso Bonifica.

Sulla Tav. 6 è stata tracciata una zona circostante l'emergenza, per sottolineare, qualitativamente, le locali condizioni idrogeologiche di bassissima soggiacenza della falda freatica in prossimità dell'emergenza, particolarmente critiche durante fenomeni temporaleschi intensi, a causa del limitato drenaggio delle acque superficiali ad opera del primo sottosuolo praticamente privo di insaturo.

E' da sottolineare anche la valenza paesistica di pregio, necessariamente da preservare.

11.3 AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

Non è stato possibile individuare cartograficamente le aree oggetto di allagamenti in concomitanza di eventi meteorici eccezionali, sia per ragioni di carattere geomorfologico, in quanto sono assenti dislivelli morfologici evidenti (scarpate, orli di terrazzo, argini naturali) che consentono di prevedere la dinamica delle acque esondate dai canali, sia per la problematica correlata al cattivo funzionamento della regolazione delle derivazioni dal Fiume Oglio in determinati periodi dell'anno.

Il battente idraulico che si genera, stimato da testimonianze in circa 30 cm, non dovrebbe pregiudicare l'incolumità delle persone, ma può creare danni rilevanti alle strutture interrato.

Per mitigare il rischio si propone di prescrivere la realizzazione di nuovi fabbricati in posizione rialzata rispetto al piano campagna, evitando la costruzione di locali interrati.

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

12. CARTA DELLE CLASSI DI FATTIBILITA' DELLE AZIONI DI PIANO

La Carta di fattibilità delle azioni di piano (Tav. 7, scala 1:5.000) è stata desunta dalla Carta dei vincoli (Tav. 5) e dalla Carta di sintesi (Tav. 6); ad ogni area individuata è stata attribuita una classe di fattibilità, secondo i criteri attuativi l.r. 12/05, caratterizzata da una differente sensibilità nei confronti delle problematiche geologiche, geomorfologiche, sismiche e idrogeologiche. Laddove sono presenti differenti situazioni, in base al tipo di controindicazione o di limitazione alla modifica della destinazione d'uso, sono state distinte sulla carta delle sottoclassi.

Partendo dalla classe con maggiori limitazioni, il territorio di Brandico presenta le seguenti classi di fattibilità:

CLASSE 4 - FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI

Questa classe comprende aree nelle quali sono state riscontrate gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso del territorio.

4 – fascia di rispetto dei corsi d'acqua appartenenti al RIM

Si tratta delle aree comprendenti l'alveo attuale dei corsi d'acqua e le fasce di tutela ad essi adiacenti; l'estensione di tali fasce varia in funzione alla tipologia del corso d'acqua (tracciato urbano e extraurbano) e delle sue caratteristiche (tratti coperti e tratti a cielo aperto).

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. Per quanto riguarda i tratti intubati, la fascia di rispetto è da intendersi misurata dalla parete esterna in pianta del manufatto che costituisce il tombotto o la copertura.

Per la definizione delle attività ammesse e vietate dovranno essere applicate le norme contenute nel Regolamento redatte nell'ambito del lavoro relativo all'individuazione del Reticolo Idrico Principale e Minore e delle relative fasce di rispetto ai sensi D.G.R. n.7/7868 del 25-01-2002 , n.7/13950 del 01-08-2003, D.d.g. n. 8943 03-08-2007, D.G.R. n. 8/8127 del 01-10-2008.

Si rammenta comunque che è sempre vietata la copertura dei corsi d'acqua, a meno che non sia imposta da ragioni di tutela della pubblica incolumità, e la realizzazione di impianti di smaltimento dei rifiuti (D.lgs. 152/99 art. 41).

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

CLASSE 3 - FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

All'interno delle aree definite in classe 3 andranno previsti, se necessario, interventi per la mitigazione del rischio.

3a - area caratterizzata da soggiacenza della falda minore di 2 m

In queste aree la realizzazione di interventi è subordinata all'esecuzione di un'indagine idrogeologica di dettaglio che determini la quota della superficie freatica durante i periodi di massima, la compatibilità dell'intervento stesso con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e, se necessario, fornisca appropriate prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi.

3b – area caratterizzata da soggiacenza della falda compresa fra 2 e 5 m

In queste aree la realizzazione di interventi è subordinata all'esecuzione di un'indagine idrogeologica di dettaglio che valuti la potenziale oscillazione del livello di falda e determini la quota della superficie freatica durante i periodi di massima.

Nel caso di insediamenti potenzialmente idroinquinanti, la relazione idrogeologica dovrà verificare anche la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e, se necessario, dovrà fornire appropriate prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi.

SISMICITÀ DEL TERRITORIO

Nel territorio di Brandico i valori di soglia regionali, calcolati secondo il T.U. delle costruzioni per il territorio comunale in oggetto e per il tipo di suolo C, risultano sempre superiori ai valori di amplificazione sismica F_a ricavata dall'indagine sismica effettuata (v. sottoparagrafo 6.2.3), non è quindi necessario procedere ad ulteriori approfondimenti in fase progettuale.

PROCEDURE PER L'APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA GEOLOGICA

Si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi di fattibilità 3 e 4 (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa.

Copia della relazione geologica deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani Attuativi (l.r. 12/2005, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/2005, art. 38).

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

Si sottolinea che gli approfondimenti di cui sopra non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008).

Brescia, giugno 2010

Dott. Geol. Massimiliano Polizzari

Dott. Geol. Carmela Ricci