

| <b>INDICE</b>                                                                                                                                       | <b>pag.</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>1 – Premessa e finalità dell'indagine</b>                                                                                                        | <b>4</b>    |
| <b>2 – Metodologia di studio</b>                                                                                                                    | <b>5</b>    |
| <b>3 - Caratteri topografici e morfologici (TAV 1)</b>                                                                                              | <b>7</b>    |
| <b>4 - Caratteri geologici</b>                                                                                                                      | <b>9</b>    |
| 4.1) Inquadramento generale                                                                                                                         |             |
| 4.2) Litostratigrafia delle formazioni                                                                                                              |             |
| 4.3) Litostratigrafia delle formazioni profonde                                                                                                     |             |
| <b>5 - Elementi di pedologia</b>                                                                                                                    | <b>17</b>   |
| <b>6 - Caratteri geotecnici</b>                                                                                                                     | <b>20</b>   |
| 6.1) Classificazione dei materiali                                                                                                                  |             |
| 6.2) Peso di volume, densità relativa e angolo<br>di attrito interno                                                                                |             |
| 6.3) Capacità di portata unitaria e modulo di<br>reazione del terreno (Modulo di Winkler)                                                           |             |
| <b>7 - Reticolo Idrografico</b>                                                                                                                     | <b>24</b>   |
| <b>8 – Idrogeologia (TAV.2)</b>                                                                                                                     | <b>37</b>   |
| 8.1 Censimento e catalogazione pozzi                                                                                                                |             |
| 8.2 Caratteristiche idrogeologiche del territorio comunale                                                                                          |             |
| 8.3 Indagine piezometrica                                                                                                                           |             |
| 8.4 Soggiacenza della falda freatica                                                                                                                |             |
| 8.5 Idrochimica e Vulnerabilità degli acquiferi                                                                                                     |             |
| <b>9 - Sismicità del territorio</b>                                                                                                                 | <b>53</b>   |
| 9.1) Generalità                                                                                                                                     |             |
| 9.2) Fattori di pericolosità sismica – Unità litotecniche<br>e velocità delle onde sismiche - Coefficienti di<br>intensità e amplificazione sismica |             |
| 9.3) Fenomeni di liquefazione di terreni granulari saturi                                                                                           |             |

9.4) Vulnerabilità sismica – Coefficiente di protezione

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>10 - Carta dei vincoli esistenti e di sintesi (TAV. 4)</b>    | <b>59</b> |
| <b>11- Fattibilità geologica per le azioni di piano (TAV. 5)</b> | <b>63</b> |
| <b>12- Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI)</b>      | <b>69</b> |
| Stralcio delle norme tecniche di attuazione (art. 28 – 31)       |           |
| <b>13 - Considerazioni conclusive:</b>                           | <b>70</b> |
| <b>Norme tecniche per le distanze dai corsi d'acqua</b>          |           |
| <b>Bibliografia:</b>                                             | <b>73</b> |

## **ALLEGATI NON GRAFICI**

- Elenco pozzi
- Stratigrafie pozzi
- Analisi chimiche relative ai pozzi comunali
- Tabelle relative alla vulnerabilità degli acquiferi

## **TAVOLE CARTOGRAFICHE**

**Tav. 1)** Carta Geologica-Morfologica (1: 10.000)

**Tav. 2)** Carta Idrogeologica e del Sistema idrografico (1: 10.000)

**Tav. 3)** Sezioni Litostratigrafiche (1: 10.000)

**Tav. 4)** Carta dei Vincoli esistenti e di Sintesi (1: 10.000)

**Tav. 5)** Carta Fattibilità geologica per le azioni di piano (1:10.000)

## 1) Premessa e finalità dell'indagine

La **Legge Regionale 41 del 24.11.1997** "Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti", prevede che nell'ambito dell'istruttoria relativa all'approvazione dei P.R.G. e relative varianti venga acquisito il parere tecnico del Servizio Geologico Regionale.

I successivi **DGR 7/6645 del 29/10/2001** e **DGR 7365 dell'11/12/2001** hanno integrato la L.R. 41/97 consentendo di uniformare gli studi geologici comunali a un modello univoco di contenuti e informazioni.

Con questi provvedimenti si è inteso sottolineare la necessità di valutare la componente geologica nella pianificazione territoriale locale e al tempo stesso fornire agli operatori del settore un riferimento fondamentale di metodo e contenuti.

Tale documento consentirà infatti, così come negli obiettivi della normativa di settore, di motivare in modo specifico e circostanziato le scelte urbanistiche anche in relazione alle caratteristiche geologiche, geotecniche, geomorfologiche e idrogeologiche.

La geologia è infatti in grado di offrire durante la fase progettuale un contributo essenziale individuando e valutando le potenzialità (o vulnerabilità) e la vocazione del territorio anche al fine della prevenzione del rischio geologico e ambientale.

Inoltre con l'attuazione del Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del Fiume Po (**PAI**) in campo urbanistico (**N.T.A. delibera 18 del 26/04/2001**), si è posta particolare attenzione alle interferenze fra le informazioni contenute nel PAI e la realtà territoriale del Comune di Orzinuovi.

Il presente studio è quindi finalizzato all'individuazione e definizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, idrografiche e geotecniche del territorio comunale al fine di rendere "compatibile" la scelta urbanistica con l'assetto del territorio.

## 2) Metodologia di studio

L'indagine proposta, pur redatta in perfetta sintonia con quanto disposto dalle citate D.G.R., risulta ovviamente "tagliata" sulle esigenze e peculiarità del territorio comunale di Orzinuovi.

In questo senso si è preferito non approfondire eccessivamente tematiche connesse con un rischio presunto quale quello sismico, o quello geomorfologico, mentre si è ritenuto opportuno concentrare sforzi ed attenzione verso altre problematiche quali quelle connesse con la "vulnerabilità idrogeologica", con il rischio idraulico e con la tutela e salvaguardia di emergenze naturali tipiche della pianura.

Lo studio proposto risulta articolato in 3 fasi:

La prima fase (**fase di analisi**) si è concretizzata con la raccolta dei dati bibliografici integrati da informazioni raccolte sul terreno per la definizione delle principali caratteristiche geologiche, geolitologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrografiche.

In questa fase viene prodotta la cartografia di base e di inquadramento (scala 1:10.000) costituita dalle carte Geologica-Geomorfologica (Tav.1), Idrogeologica e del sistema idrografico (Tav. 2) con allegato schema interpretativo dei rapporti litostratigrafici (Tav. 3).

Vengono descritti i caratteri pedologici dello strato superficiale e di seguito determinati i parametri geotecnici dei terreni alluvionali dell'area in esame.

L'analisi geologica non ha interessato il solo territorio comunale in quanto la normativa di riferimento e la realtà territoriale indagata, ha richiesto di estendere l'indagine anche a zone esterne al territorio di Orzinuovi; si è quindi optato per l'adozione della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 quale supporto topografico.

**In questa fase si è confrontata la realtà territoriale di Orzinuovi con quanto riportato nel PAI, riportando le fasce fluviali "A", "B" e "C" che risultano interessare tutta la porzione occidentale del territorio comunale in adiacenza al corso del Fiume Oglio.**

Durante la seconda fase (**fase di diagnosi**) sono stati interpretati e correlati i dati raccolti in precedenza con l'obiettivo di formulare proposte attraverso una lettura del territorio anche sotto il profilo geologico-ambientale e delle vocazioni d'uso.

La seconda fase del lavoro si è completata con la redazione della Carta dei Vincoli esistenti e di Sintesi (Tav. 4) nella quale vengono riportati gli elementi del territorio più significativi evidenziati nella fase di analisi e successivamente di "incrocio" dei dati raccolti.

E' pure in questa fase che vengono fatte osservazioni di carattere sismico di cui si terrà conto poi nella definizione delle classi di fattibilità geologica.

Quale strumento finale viene proposta la Carta di Fattibilità Geologica delle azioni di Piano (Tav. 5) nella quale il territorio comunale è stato suddiviso in classi di fattibilità geologica.

In questa fase di **classificazione territoriale**, vengono formulate le proposte scaturite dal processo diagnostico che si attueranno attraverso una zonizzazione del territorio.

Tale carta viene rappresentata sulla base della CTR poiché su un'unica tavola alla scala 1: 10.000 si riesce a rappresentare interamente il territorio comunale, avendo una visione d'insieme migliore.

Il tutto viene coordinato dal presente rapporto finale (Relazione Geologica e Geologico-tecnica) nel quale oltre ad illustrare la metodologia seguita per la realizzazione dello studio viene dato ampio spazio al commento dei diversi elaborati prodotti motivando la classificazione proposta.

### **3) Caratteri topografici e morfologici - (Tav. 1)**

Il territorio comunale di Orzinuovi occupa una superficie di Km<sup>2</sup> 48,10 e oltre al capoluogo comprende le frazioni di Coniolo, Ovanengo, Barco e Pudiano. Proprio quest'ultima frazione rappresenta l'appendice orientale del territorio comunale conferendo allo stesso un aspetto allungato secondo la direzione E-W. La maggiore distanza in senso N-S è di circa 9,5 Km, partendo da C.na Belprato (m. 90 slm) a C.na Terraverde (m 74 slm), mentre la maggiore distanza in senso E-W è di circa 11 km partendo dall'alveo del Fiume Oglio fino a giungere a C.na Celeste.

Sotto l'aspetto geomorfologico il territorio è situato immediatamente a S di quella zona definita come "fascia dei fontanili" che segna il passaggio tra l'alta e la media pianura bresciana, estesa tra l'Oglio e il Mella; tale zona si distingue per l'uniforme aspetto pianeggiante con deboli ma costanti pendenze del suolo volte da N a S. Il territorio comunale di Orzinuovi presenta inoltre una debole pendenza rivolta verso l'alveo del Fiume Oglio, con bruschi salti di quota in corrispondenza dei terrazzi morfologici. Negli ultimi anni l'attività antropica ha modificato l'aspetto naturale del paesaggio riducendo le pendenze e rettificando le superfici al fine di guadagnare porzioni di territorio da destinare all'attività agricola.

Le linee di massima pendenza mantengono in generale un orientamento prossimo alla direttrice N-S con inclinazione media equivalente a 0,3%.

L'abitato di Orzinuovi, che costituisce un unico agglomerato localizzato nella parte centrale del territorio comunale con una superficie di poco più di 4 km<sup>2</sup>, risulta compreso tra le curve di livello di m 88 e di m 83 slm.

Come sopra accennato, il territorio comunale presenta scarpate naturali che tendono a raccordare, anche se con bruschi salti di pendenza, l'alveo attivo del Fiume Oglio al Livello Fondamentale della Pianura.

Ulteriori irregolarità del suolo sono costituite dalle vasche di presa dei fontanili e dalla rete dei canali irrigui che sul territorio comunale si sviluppano a costituire una fitta maglia di canali che delimitano singoli poderi.

In particolare sono stati rilevati numerosi fontanili attivi da cui si dipartono i rispettivi canali di deflusso delle acque (Serieole, Cavi, Rogge, Vasi), impiegati esclusivamente nell'irrigazione agricola.

Le vasche di presa, originatesi da tubi drenanti infissi sul fondo canale per circa 5 - 8 m (tubi Norton), mostrano per lo più profondità comprese tra m 2,00 e m 4,0 dal piano campagna; nella maggior parte dei casi anche la profondità degli alvei dei canali di deflusso si mantiene in prossimità dei fontanili intorno ai 2 – 3 m; via via che ci si allontana dalle vasche la profondità dei canali si riduce a circa 1,50 m.

Sono inoltre presenti nella porzione Sud del territorio comunale due laghetti artificiali (ex cava) di dimensioni significative, ubicati fra l'abitato di Orzinuovi e la frazione Ovanengo.

L'invaso denominato Laghetto Mandarino occupa una superficie di circa mq 80.000, mentre il secondo, denominato Laghetto Giovannini occupa una superficie di circa mq 40.000. Il primo fu creato circa una decina di anni fa per prelevare materiale inerte per la costruzione della superstrada Orzinuovi-Montichiari, mentre il secondo, privato, per la vendita di inerti. La profondità di entrambe i laghetti si aggira intorno ai – 4 m dal p.c. Considerando la profondità della falda acquifera che nella zona è ubicata a circa – 2,0 m dal p.c., ne risulta che la profondità dell'acqua nei laghetti è variabile fra 1,5 e 2 m a seconda della stagione.

Esistono altri due laghetti artificiali privati di dimensioni più contenute rispetto ai primi. Il primo, utilizzato per l'allevamento del pesce ubicato a N del paese sul confine comunale con Roccafranca, il secondo, utilizzato per la pesca sportiva, ubicato in località "Madonnina Dell'Oglio".

Ulteriori elementi geomorfologici risultano alcune evidenti tracce di antichi percorsi fluviali (paleoalvei) abbandonati che vengono anche riportati nella bibliografia di settore (Carta Geomorfologica del Piano Territoriale Paesistico).

Viste le caratteristiche geomorfologiche e l'acclività del suolo, gran parte del territorio comunale appartiene al "Piano Generale Terrazzato" (P.G.T.), compreso tra l'Oglio ed il Mella. Tale appartenenza geografica dell'area è

confermata dalla presenza delle formazioni alluvionali fluvioglaciali, costituite prevalentemente da ghiaia e ciottoli misti a sabbia, localizzate subito sotto lo strato di copertura.

#### **4) Caratteri geologici - (Tav. 1)**

##### *4.1) Inquadramento generale*

Sotto l'aspetto geologico il territorio risulta compreso nella fascia alluvionale di origine fluvioglaciale di età quaternaria della media pianura bresciana, estesa longitudinalmente tra i depositi terrazzati dell'Oglio e del Mella.

Vista l'adiacenza del territorio comunale con il Fiume Oglio, si può ritenere che l'intero territorio di Orzinuovi si sia originato dall'evoluzione che il Fiume stesso ha avuto durante la sua storia, partendo dalle Glaciazioni Wurmiane fino ai giorni nostri.

Il territorio comunale di Orzinuovi è costituito da depositi continentali di genesi fluviali e fluvioglaciale che in questa zona attingono spessori assai rilevanti e sono caratterizzati da condizioni di giacitura decisamente uniformi.

Come detto la porzione orientale del territorio comunale si sviluppa in corrispondenza del "Livello fondamentale della pianura".

Tale unità geomorfologica delimitata a Nord dalla linea delle risorgive assume anche il significato di unità formazionale (Alluvioni fluvioglaciali e wurmiane costituenti la media pianura) in quanto costituita da sedimenti sabbioso-ghiaiosi con strato di alterazione superficiale argilloso di ridotto spessore.

L'ipotesi più probabile è che si tratti di una variazione granulometrica, verso valle, del fluvioglaciale wurmiano rinvenibile a nord della linea delle risorgive e costituente l'alta pianura.

Nella porzione occidentale del territorio comunale lungo una fascia continua che borda il corso d'acqua principale affiorano le alluvioni, più recenti, del fiume Oglio; sono organizzate in una serie di terrazzi che raccordano il livello fondamentale della pianura (L.F.P.) all'ambito fluviale vero e proprio.

Oltre al livello fondamentale della pianura vengono individuati altri 2 ordini di terrazzi corrispondenti rispettivamente alle alluvioni antiche e alle alluvioni recenti ed attuali del fiume Oglio.

Dal punto di vista morfologico il territorio comunale può quindi essere distinto in tre porzioni:

- il settore centro-orientale che occupa il "livello fondamentale della pianura" e cioè la piana fluvioglaciale che si è formata alla fine del Pleistocene.

- il settore centro-occidentale caratterizzato da aree ribassate rispetto al livello fondamentale della pianura ma rilevate sui ripiani alluvionali più recenti del fiume Oglio e dei suoi affluenti al quale sono raccordate o da scarpata morfologica o da aree a debole pendenza;

- il settore occidentale che interessa il fondovalle del Fiume Oglio, a morfologia generalmente irregolare con orli di terrazzi fluviale che suddividono tale porzione del territorio in zone altimetricamente distinte ma comunque depresse rispetto ai primi due settori.

I depositi fluvioglaciali del livello fondamentale della pianura sono stati erosi dal Fiume Oglio nell'Olocene, creando una valle fluviale, in cui si sono successivamente depositati sedimenti alluvionali.

A loro volta questi sedimenti sono stati erosi ed incisi sempre dall'azione dell'Oglio, che ha depositato le alluvioni più recenti.

Procedendo dal capoluogo in direzione della valle dell'Oglio si incontrano diversi ordini di terrazzi che degradano verso il fiume di età sempre più recente; nella cartografia allegata (TAV. 1) sono riconoscibili in base all'andamento degli orli di scarpata di erosione fluviale e delle rotture di pendenza.

Il dislivello tra il livello fondamentale della pianura e il fiume Oglio nel tratto compreso nel comune Orzinuovi è compreso tra i 10 e i 12 metri.

**Livello Fondamentale della Pianura (Wurm-Riss) o Piano Generale Terrazzato (P.G.T.):** costituito dalle alluvioni fluvioglaciali wurmiane. Si tratta di alluvioni sabbiose e ghiaiose per lo più non alterate; l'eventuale

strato di alterazione giallo rossiccio è generalmente inferiore al metro (diluvium recente)

Rappresenta l'unità geomorfologica a più alta gerarchia dal punto di vista deposizionale in quanto rappresenta l'unità più antica, più estesa ed altimetricamente più elevata tra quelle che costituiscono la pianura.

La superficie topografica di questa unità è compresa tra le quote 92 e 77 metri s.l.m.; in questa zona è insediato l'abitato di Orzinuovi ai bordi della scarpata che delimita il principale terrazzo del fiume Oglio.

**I° terrazzo (o Piano di “Barco”)- Alluvioni antiche del fiume Oglio:** rappresentano le superfici antiche altimetricamente intermedie tra il livello fondamentale della pianura e i depositi alluvionali più recenti dell'Oglio.

Nel territorio di Orzinuovi affiorano secondo una fascia continua nella porzione occidentale del territorio comunale in corrispondenza di superfici la cui quota oscilla tra i 85 e i 73 metri s.l.m.

Tali depositi sono caratterizzati da uno strato di alterazione di spessore molto ridotto; in questa zona si è sviluppata una parte dell'abitato di Orzinuovi e la frazione di Barco. In corrispondenza dell'abitato di Barco una scarpata di circa 6 m separa il I° terrazzo dal II°.

**II° Terrazzo (o Piano di “C.na Livelli”) - Alluvioni recenti ed attuali del fiume Oglio:** rappresentano le superfici terrazzate, con dislivelli massimi dell'ordine del metro, stabilizzate e in continuità morfologica (adiacenti) con le alluvioni attuali del corso d'acqua dalle quali sono però nettamente separate da una scarpata.

Occupano tutta l'area compresa tra la base della scarpata principale della valle dell'Oglio e la piana del fiume stesso, in corrispondenza del confine occidentale del territorio comunale.

Si tratta di depositi ghiaiosi-sabbiosi-limosi sciolti anch'essi con strato di alterazione di ridotto spessore.

Rappresentano aree stabilizzate in quanto sono occupate da vegetazione arborea ed arbustiva ma più frequentemente coltivate; data la posizione altimetrica non sono in genere soggette a fenomeni di allagamento in occasione delle normali piene dell'Oglio.

Questa porzione di territorio, appartenente al **II° terrazzo o Piano di C.na Livelli** corrisponde alla porzione di territorio comunale che potenzialmente è soggetta a rischio di esondazione durante le piene definite “catastrofiche” nella recente normativa PAI e che quindi corrisponde alla fascia “C” della normativa stessa.

All'interno di questa unità si riconoscono tracce di meandri abbandonati, paleoalvei ad andamento meandriforme o viceversa deboli ripiani fossili.

Il caratteristico assetto morfologico con coltri alluvionali più recenti "inscatolate" entro le più antiche, è tipica delle "valli a cassetta" quale appunto la valle dell'Oglio nel tratto comunale; il fiume scorre per alcuni chilometri nel punto topograficamente più depresso segnando il confine con la provincia di Cremona.

La caratteristica saliente è la brusca deviazione, quasi ad angolo retto, che l'alveo del fiume Oglio subirà all'altezza di Villagana dove il corso d'acqua sembra seguire un antico alveo del fiume Po al quale si mantiene a lungo pressochè parallelo.

Questo fenomeno, peraltro comune a quasi tutti i principali corsi d'acqua della Lombardia, viene attribuito con ogni probabilità ai movimenti tettonici verticali tuttora attivi nella Pianura Padana.

Per quanto concerne l'andamento del corso d'acqua il fiume Oglio costituisce un corso d'acqua caratterizzato dal tipico andamento meandriforme.

La formazione della configurazione meandriforme è favorita da condizioni di bassa energia e pendenza come del resto si verifica nel caso dell'Oglio dove la natura dei depositi è prevalentemente sabbiosa e la pendenza è dell'ordine del 2-3 per mille.

Si tratta ovviamente di un'alveo a fondo mobile in quanto i sedimenti che lo costituiscono così come quelli che costituiscono la circostante pianura possono essere soggetti a trasporto e a sedimentazione; il fondo alveo, impostato entro i depositi fluviali, presenta pendenze medie del 3,5 %. e risulta costituito da materiale grossolano dalle sabbie alle ghiaie con ciottoli.

Nel tratto considerato è presente un unico canale attivo; tale esatto è dovuto anche alla presenza di numerose difese spondali che "guidano" il flusso della corrente impedendone le tipiche divagazioni.

Dal punto di vista geologico in senso verticale la successione delle unità che caratterizza il territorio indagato comprende dall'alto verso il basso una serie di sabbie e sabbie-ghiaiose di età presumibilmente wurmiana (Oloceniche nella valle dell'Oglio), sovrapposte ad unità meno permeabili, comprendenti i fluvio-glaciali Mindel e Riss, sovrapposti a loro volta ad un substrato poco permeabile attribuibile al Villafranchiano, cioè all'unità inferiore del quaternario padano.

#### *4.2) Litostratigrafia delle formazioni superficiali*

A valle della linea delle risorgive il Piano dell'alta pianura si raccorda con i depositi alluvionali che costituiscono la media pianura, che si estende oltre i confini del Comune verso Cremona.

Per chiarire l'andamento delle litologie presenti nel sottosuolo di Orzinuovi, sono state raccolte numerose stratigrafie di pozzi presenti sul territorio comunale e si è provveduto a correlare, mediante un'interpolazione grafica, litologie simili appartenenti a stratigrafie diverse, in modo da ricostruire una sezione litostratigrafia attendibile per questa porzione di pianura. Dai dati stratigrafici recuperati è stato possibile ricostruire una sezione con andamento N-S e una con andamento E-W (TAV. 3). Tali sezioni verranno dettagliatamente descritte nel capitolo dedicato all'idrogeologia della zona.

I depositi di origine quaternaria, di cui si hanno informazioni fino ad una profondità di circa 200 m, presentano spessori molto rilevanti; il sottosuolo di Orzinuovi, nelle profondità raggiunte dai pozzi, si presenta come un materasso alluvionale costituito da litologie sabbioso ghiaiose nel quale si alternano orizzonti lenticolari limoso argillosi di potenza ed estensione variabile. Dalle sezioni si può notare come aumentando la profondità rispetto al piano campagna, la potenza e l'estensione di banchi argillosi diventi predominante sulle litologie ghiaioso sabbiose.

Entro i primi 50 –60 m dal piano campagna invece le litologie sabbiose e ghiaiose sede della falda superficiale mostrano una netta dominanza. Nella litozona superficiale la presenza di livelli argillosi dotati di notevole continuità laterale può determinare la formazione di falde protette.

L'età della formazione in esame corrisponderebbe all'intervallo di tempo compreso tra il wurmiano postglaciale e l'Olocene.

#### *4.3) Litostratigrafia delle formazioni profonde*

Il complesso stratigrafico sottostante le unità sedimentarie della pianura descritte nel paragrafo 4.2, è stato ricostruito utilizzando per un limitato intervallo le stratigrafie dei pozzi idrici della zona (vedi stratigrafie), mentre per la parte estesa in profondità si è fatto riferimento alle sezioni stratigrafiche dell'AGIP, riportate nel Foglio 47 - Brescia - della Carta Geologica d'Italia (che non vengono allegate).

Si è così constatato che da quote prossime a m - 100 a profondità dell'ordine di m 300 dal piano di campagna si succedono sedimenti fluvio-glaciali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi talora cementati (ceppo), intercalati da banchi ora argillosi ora argilloso-sabbiosi che si fanno più frequenti verso sud.

Detta serie stratigrafica è normalmente riferita al periodo compreso tra la glaciazione del Mindel e il postglaciale wurmiano.

In regolare sequenza è poi sviluppata la formazione quaternaria di ambiente marino, costituita in gran parte da argille e argille sabbiose; l'unità raggiunge il consistente spessore di 250 metri circa ed appartiene ai piani Emiliano e Calabriano.

A profondità prossime a m 550 ha inizio la serie pliocenica, distinta in due formazioni di cui la superiore di natura argillosa e argilloso-marnosa è cronologicamente riferita al Pliocene medio-superiore. L'unità inferiore, di ridotto spessore e per lo più rappresentata da marne e marne argillose, è datata al Pliocene inferiore.

I sedimenti pliocenici risultano infine appoggiati in discordanza stratigrafica sul substrato oligocenico marnoso-arenaceo, esteso localmente

a profondità comprese tra 850 e 900 metri.

L'assenza di terreni di età miocenica, interposti tra i piani dell'Oligocene e del Pliocene, sta ad indicare che per un lungo periodo dell'Era Terziaria la zona corrispondente all'alta e media pianura bresciana fu sottoposta ad una intensa azione erosiva, conseguente alla regressione marina che si è verificata a causa dell'orogenesi delle regioni alpine meridionali.

## **5) Elementi di pedologia**

Il suolo è un corpo naturale tridimensionale, la cui genesi è condizionata da una serie di fattori, quali il clima, il materiale originario, i processi geomorfologici, il tempo, l'attività biotica e l'uomo.

La genesi della maggior parte dei suoli è riconducibile ad epoche remote, con clima sicuramente più umido dell'attuale. La prolungata stabilità di queste superfici, la buona permeabilità dei substrati e la maggiore umidità del clima passato hanno consentito la formazione di suoli caratterizzati dalla completa rimozione dei carbonati (quando il materiale originario ne era fornito) e dalla lisciviazione delle argille. La rimozione dei carbonati è stata incompleta solo in situazioni confinate, dove la scarsa profondità della falda ha fortemente rallentato i movimenti dell'acqua nel suolo e il conseguente allontanamento dei sali solubili.

L'attività dell'uomo, inteso come fattore di pedogenesi, ha spesso modificato i suoli originari. Sono riconoscibili tre principali modalità d'azione, riconducibili ad epoche storiche: 1) la regimazione delle acque e la bonifica di tratti del territorio con falda prossima alla superficie; 2) le lavorazioni del terreno e le opere di sbancamento e livellazione, che hanno contribuito, insieme all'erosione naturale, all'asportazione di notevoli spessori di suolo, talvolta comprendenti gli orizzonti profondi; 3) l'apporto di concimi e di correttivi chimici nel suolo, che ha probabilmente arricchito di basi il complesso di scambio.

Le aree della media e bassa pianura bresciana con superfici piatte o lievemente depresse, con substrato granulometricamente variabile e falda oscillante generalmente poco profonda, corrispondono ad antiche aree di divagazione delle acque provenienti dai fontanili. I suoli più diffusi presentano caratteri sia di eluviazione superficiale e illuviazione profonda, sia i caratteri derivati da grande influenza della falda. Subordinati si ritrovano i suoli in cui mancano i caratteri legati alla presenza di livelli argillosi e che manifestano, oltre ad un drenaggio difficoltoso, anche un notevole accumulo in profondità del carbonato di calcio, che può dare luogo

anche a un orizzonte indurito e cementato (orizzonte petrocalcico).

Lo studio della composizione dei suoli presenti in Orzinuovi è stato effettuato operando una serie di osservazioni visuali-manuali soprattutto in corrispondenza di trincee esplorative o dove vi erano degli sbancamenti del suolo in corrispondenza di cantieri edili.

E' stato possibile in questo modo riconoscere i principali caratteri e cogliere le differenze essenziali tra la parte occidentale e orientale del territorio e fra la porzione N e S

In generale si è osservato come il suolo sia suddiviso in due o tre livelli facilmente distinguibili, che globalmente vanno da uno spessore minimo di 0,80 m ad un massimo di 1,60 m, al di sotto dei quali iniziano i depositi sabbiosi o ghiaiosi che non hanno subito processi di pedogenesi.

Gli elementi essenziali rilevati sono stati riportati in alcune stratigrafie di trincee esplorative inserite nel testo (vedi stratigrafie trincee).

Il primo livello, comunemente indicato come **terreno agrario**, è costituito prevalentemente da limi argillosi di colore bruno, con una bassa percentuale in sabbia e con una notevole variabilità nel contenuto in ciottoli, che possono essere da assenti nella porzione centro orientale del comune a presenti in abbondanza nella porzione occidentale. Lo spessore di questo livello sembra avere un certo incremento procedendo da N verso S, variando dai 20 cm all'estremo N del paese, ai 60 cm verso il confine meridionale.

E' su questa porzione che vengono esplicate tutte le attività agricole.

Segue un secondo livello caratterizzato da un forte incremento nel contenuto in sabbia, che può essere in parte sostituita da limi nella parte centro orientale del Comune e intercalata da ghiaie nella zona N e verso l'Oglio.

Lo spessore di questo livello è molto variabile (da 30 a 120 cm) ma non sembra avere un trend definito. In alcuni casi a questo segue un terzo livello che fa da transizione ai depositi sottostanti ghiaioso sabbiosi; questo orizzonte è spesso costituito da depositi prevalentemente sabbiosi e limosi a volte discontinui, con poca ghiaia e ciottoli e di colore variabile da grigio al

bruno a seconda del contenuto in limo. Verso l'Oglio tale orizzonte di transizione non esiste e si riscontrano oltre 1 m di profondità ghiaie e ciottoli poligenici eterometrici.

L'evoluzione dei suoli dipende principalmente sia dalla diversa natura dei sedimenti, sia dall'età delle superfici; sinteticamente si può affermare che i suoli del livello fondamentale della pianura appartenente a Orzinuovi siano tra i più antichi ed evoluti e vengono classificati in pedologia come **Alfisuoli**.

Si tratta di suoli in cui si sono accumulate, in seguito a lisciviazione, le argille più fini. Gli Alfisuoli si sviluppano su superfici sufficientemente stabili con assenza o lieve entità dei processi di ringiovanimento. Nell'area indagata costituiscono in gran parte il livello fondamentale della pianura e i terrazzi più antichi del Fiume Oglio.

Gli orizzonti argillitici condizionano le proprietà agronomiche degli Alfisuoli, sia influenzandone il comportamento idrologico (in particolare incrementandone la capacità di ritenzione idrica) sia aumentandone la dotazione e le capacità di scambio degli elementi nutritivi. Le pratiche agronomiche devono dunque puntare alla conservazione di questi orizzonti, limitando gli sbancamenti e le arature profonde.

Gli Alfisuoli sono di colore variabile dal rossastro al brunastro.

## 6) Caratteri geotecnici

La classificazione dei terreni e la determinazione dei loro caratteri geotecnici sono stati ricavati sia dalle descrizioni stratigrafiche dei pozzi idrici e dalle osservazioni dei materiali provenienti da scavi, sia utilizzando i risultati di analisi di laboratorio e di prove penetrometriche eseguite in precedenti indagini.

Si rileva che i parametri di seguito riportati rispecchiano il valore generale e indicativo delle caratteristiche geotecniche dei primi metri del sottofondo del territorio comunale.

Considerato che il territorio di Orzinuovi ricade in zona sismica di II° Categoria con grado di sismicità  $S = 9$  (D.M. 5/3/1984), i valori dell'angolo di attrito interno dei materiali incoerenti ( $\Phi$ ), della resistenza alla compressione ( $q_u$ ) e del modulo di reazione del sottofondo ( $k$  = modulo di Winkler) sono stati determinati apportando le prescritte riduzioni.

### 6.1) *Classificazione dei materiali*

Facendo riferimento alla tabella C.N.R. UNI 10006, nella porzione settentrionale del territorio comunale nel Livello Fondamentale della Pianura, l'orizzonte sottostante lo strato coltivo, generalmente costituito da ghiaia e ciottoli con matrice limoso-sabbiosa, si identifica per lo più con i Gruppi **A1** e **A2**, comprendenti i materiali con alte percentuali in ghiaia.

Nei settori centrale e meridionale in corrispondenza del livello Fondamentale della Pianura il livello sottostante il terreno agrario e che mantiene spessori variabili da m 0,50 a m 1,30 comprende in buona misura tipi litologici con indici di gruppo **A2**, **A4** e **A5**, essendo rappresentato da consistenti frazioni in sabbia e sabbia limosa con ridotte percentuali di ghiaia.

Gran parte dei depositi alluvionali delle aree immediatamente sottostanti il Livello Fondamentale della Pianura (I° e II° terrazzo) sotto lo strato di copertura fino a 15,00 – 20,00 metri di profondità, rientrano in generale nelle classi dei materiali con frazioni passanti al setaccio di mm 2 inferiori

al 50% e pertanto possono essere inclusi nel Gruppo **A1** corrispondente alle ghiaie.

Nella stessa formazione stratigrafica locale si identificano poi con minore frequenza livelli di ghiaia mista a sabbia e limo, riferibili al Gruppo **A2**, presentando passanti al setaccio di mm 2 superiori al 50% e al setaccio di mm 0,075 fino al 35%; tale litotipo nel settore meridionale del territorio è da ritenersi, anche a limitate profondità, maggiormente sviluppato rispetto alla formazione ghiaiosa.

Nello stesso intervallo stratigrafico i terreni argillosi costituiscono generalmente pochi strati di alcuni metri di spessore e talora sono rappresentati da un unico livello.

#### *6.2) Peso di volume, densità relativa e angolo di attrito interno*

Constatato il buon grado di addensamento dei materiali ghiaioso sabbiosi con ciottoli, che costituiscono gran parte della formazione alluvionale superficiale delle aree sottostanti il Livello Fondamentale della Pianura, e i materiali sabbioso ghiaiosi che costituiscono il Livello Fondamentale, il peso di volume ad umidità naturale è stato uniformato ai valori medi riportati dagli AA, corrispondenti a

$$P/V = 1,8 - 1,9 \text{ kg/dmc.}$$

Con lo stesso criterio analitico la densità relativa (**Dr%**) è stata poi valutata intorno all'**70%** per i depositi piuttosto addensati di natura sabbioso-ghiaiosa, mentre nelle unità più sabbiose o sabbioso-limose con elevato grado di umidità tale parametro si può ridurre anche a misure minime dell'ordine del **60%**.

Considerando i caratteri granulometrici dei depositi ghiaiosi, si ricava un valore medio dell'angolo di attrito interno dell'ordine di

$$\Phi = 32^\circ$$

per le formazioni rappresentate da sabbia mista a ghiaia ma con elevate percentuale in sabbia l'angolo di attrito viene definito normalmente nella misura di

$$\Phi = 28^\circ.$$

Tuttavia tenendo conto che il territorio in esame ricade in zona sismica è opportuno applicare la seguente correzione, proposta da Sono e Okamoto:

$$\Phi_r = \Phi - \arctang (kt/2) \text{ dove:}$$

$\Phi_r$  = angolo di attrito interno in condizioni sismiche -

$\Phi$  = angolo di attrito interno naturale -

$kt$  = coefficiente di accelerazione sismica orizzontale =  
 $= (S - 2)/100 = 0,07$  (vedi capitolo sulla sismicità).

Introducendo detta relazione si ottengono angoli di attrito ridotti, equivalenti a

$$\Phi_r = 30^\circ$$

per le formazioni ghiaiose e di

$$\Phi_r = 26^\circ$$

per i livelli di sabbia e sabbia con limo mista a ghiaia.

### *6.3) Capacità di portata unitaria e modulo di reazione del terreno (Modulo di Winkler) -*

La resistenza del terreno alla compressione ( $q_u$ ), è stata determinata, non solo facendo riferimento alla equazione di Terzaghi e Peck prescritta per terreni incoerenti, ma anche tenendo conto dei valori della resistenza alla penetrazione, rilevati in alcune prove penetrometriche eseguite sul territorio comunale.

Nel calcolo della capacità di portata unitaria del terreno il fattore di sicurezza è posto pari a 3.

Si è così constatato che fino a profondità variabili da m 1,00 a m 2,00 circa dal piano di campagna, nei terreni sabbioso limosi in falda, il coefficiente di portata unitaria del terreno ( $q_u$ ) risulta mediamente compreso tra **0,5 e 0,8 kg/cm<sup>2</sup>**.

La presenza della falda può comportare liquefacibilità delle sabbie.

Nel sottofondo ghiaioso fuori falda ( $\Phi_r = 30^\circ$ ), il valore della capacità di

portata può essere definito, con l'approssimazione del caso, da indici che oscillano da **1,2 a 1,4 kg/cm<sup>2</sup>**.

Nel substrato sabbioso con presenza di ghiaie e livelli limosi ( $\text{Or} = 28^\circ$ ), localizzato in prossimità della zona falda con maggiore frequenza nel settore centrale (zona abitata), la resistenza alla punta si riduce invece a valori da ritenersi per lo più compresi tra **0,8 e 1,0 kg/cm<sup>2</sup>**.

Analogamente il modulo di reazione del terreno (**k**) (modulo di Winkler) assume in linea di massima nel banco ghiaioso, esteso al di sopra del livello acquifero, un valore corrispondente a **k = 4,0 kg/cmq**.

Nei terreni sotto falda, tale modulo raggiunge invece coefficienti variabili tra **2,5 e 3,0 Kg/cm<sup>2</sup>** per i livelli in ghiaia mista a sabbia e di **2,0** per le unità con consistente frazione in sabbia o limi.

Considerando le caratteristiche granulometriche del territorio comunale e l'addensamento molto variabile dei depositi, i valori di permeabilità "**k**" e di porosità efficace "**ne**" risultano molto variabili.

La porosità efficace "**ne**" corrisponde al rapporto percentuale del volume dei vuoti che permettono il flusso delle acque sotterranee rispetto al volume totale dei vuoti

Sulla base delle osservazioni dei materiali ghiaioso-sabbiosi provenienti da scavi di trincee esplorative, si possono definire i seguenti parametri:

$$k = 3 \times 10^{-1} \text{ cm/s;}$$

$$ne = 20 \% - 25 \%$$

Si osserva tuttavia che il valore della permeabilità nei livelli con alta percentuale di sabbia o sabbia limosa, raggiunge certamente coefficienti dell'ordine di **k = 6 – 8 x 10<sup>-2</sup> cm/sec**.

Se la percentuale limosa è dominante sulle sabbie  $k = 3 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$

Introducendo la nota relazione di Darcy:

$$v = (k \times i) / ne$$

dove "**i**" è il gradiente della falda, la velocità media del corpo idrico sotterraneo, posto in corrispondenza dei livelli costituiti in prevalenza da sabbia e ghiaia, potrebbe raggiungere valori compresi tra **3,0 e 4,0 m/giorno**.

---

## **8) Reticolo Idrografico**

Il territorio del comune di Orzinuovi, della superficie complessiva di km<sup>2</sup> 48,10 è compreso tra il Fiume Oglio che ne delimita il confine occidentale ed il paleoalveo del fiume Strone sul lato orientale. Questi corsi d'acqua con i loro depositi alluvionali in epoca relativamente recente hanno determinato la struttura morfologica del suolo.

Il patrimonio idrico è altresì costituito da canali superficiali, naturali o artificiali per la maggior parte originati e alimentati dai fontanili: sorgenti di acqua a temperatura pressoché costante (12-13°) che dopo un percorso sotterraneo nelle rocce impermeabili dell'alta pianura Padana riaffiorano in superficie al contatto con i suoli impermeabili della bassa pianura.

L'andamento dei corsi d'acqua minori è influenzato dalla presenza dell'Oglio e dello Strone: perciò l'orientamento della falda superficiale (Isopieze) è N-SO per le rogge che scorrono nella parte occidentale del Comune e N-SE per quelle che sono identificabili nella parte orientale.

Il presente documento contiene una breve descrizione dei principali canali superficiali identificati mediante un numero progressivo spostandosi da Est verso Ovest sul territorio comunale.

| <b>ELENCO ROGGE/CORPI IDRICI CHE SOLCANO IL TERRITORIO COMUNALE</b> |                                                                                                                                                           |                    |                                                  |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------|
|                                                                     |                                                                                                                                                           |                    |                                                  |
| <b>FIUME OGLIO</b>                                                  |                                                                                                                                                           |                    |                                                  |
| Numero progressivo                                                  | NOME ROGGIA                                                                                                                                               | Numero progressivo | NOME ROGGIA                                      |
| <b>1</b>                                                            | Roggia Carosa                                                                                                                                             | <b>19</b>          | Roggia Gavazza                                   |
| <b>2</b>                                                            | Bisciolo - Oriolo-Roggia<br>Molino di Barco                                                                                                               | <b>20</b>          | Bocca Saverona<br>Bocca Motta<br>Bocca Colombaia |
| <b>3</b>                                                            | Risorgive Montagnola                                                                                                                                      | <b>21</b>          | Roggia Gabbiana - Rio Pissina                    |
| <b>4</b>                                                            | Seriola Conta<br>Bocca Contella<br>Bocca di Barco<br>Bocca di Buonpensiero                                                                                | <b>22</b>          | Roggia Farfenga                                  |
| <b>5</b>                                                            | Roggia Comuna:<br>Bocca Comunella Belprato<br>Bocca Comunella Superiore<br>Bocca Ladrone<br>Bocca Gaspara<br>Bocca Comunella Inferiore<br>Bocca Battirola | <b>23</b>          | Fiumicello di Rossa                              |
| <b>6</b>                                                            | Serioletta di Roccafranca                                                                                                                                 | <b>24</b>          | Fiumazzo - Fiume di Coniolo -<br>Roggia Ila      |
| <b>7</b>                                                            | Fossa Seriola dei Pauzzi                                                                                                                                  | <b>25</b>          | Seriola Battista o Martinengo                    |
| <b>8</b>                                                            | Dugale di Barco o Vaso<br>Vecchio<br>Bocca Fiumicello<br>Bocca Bissone<br>Bocca Cossonella<br>Bocca Ponte Palazzolo<br>Bocca Mezzarola<br>Bocca Dugalino  | <b>26</b>          | Roggia Cesaresca                                 |
| <b>9</b>                                                            | Fosso Nuovo Est e Ovest                                                                                                                                   | <b>27</b>          | Roggia Battista o Comuna                         |
| <b>10</b>                                                           | Fosso Donatello                                                                                                                                           | <b>28</b>          | Roggia Patrinola e Motella                       |
| <b>11</b>                                                           | Vaso Fossa                                                                                                                                                | <b>29</b>          | Roggia Motella                                   |
| <b>12</b>                                                           | Roggia Gambalone                                                                                                                                          | <b>30</b>          | Roggia Rivabene                                  |
| <b>13</b>                                                           | Seriola Villachiera<br>Bocca Battirola                                                                                                                    | <b>31</b>          | Roggia Provaglia                                 |
| <b>14</b>                                                           | Fosso Sandro                                                                                                                                              | <b>32</b>          | Risorgive Menarola                               |
| <b>15</b>                                                           | Fosso Sandro - Formana                                                                                                                                    | <b>33</b>          | Roggia Torcola o argine Fiume<br>Strone          |
| <b>16</b>                                                           | Vaso Fiume - Orzinuovi                                                                                                                                    | <b>34</b>          | Vaso Contina                                     |
| <b>17</b>                                                           | Fosso Savoria                                                                                                                                             | <b>35</b>          | Vaso Conta di Zurlengo                           |
| <b>18</b>                                                           | Vaso Marchetto Savaronello                                                                                                                                |                    |                                                  |

E' stato costituito il "Comprensorio n° 9 Sinistra Oglio", un ente che dal luglio 2001 ha giurisdizione sulle seguenti rogge orceane:

- Roggia Carosa: dalla derivazione dal fiume Oglio fino allo scaricatore di Via Vecchia.
- Seriola Conta: dalla derivazione dal fiume Oglio a Roccafranca fino alla cascina Vittone di Villachiarà.
- Dugale di Barco o Vaso Vecchio: dalla cascina Belprato fino al Molino Spianata.
- Fosso Nuovo Est e Ovest: dal sottopasso della Roggia Comuna in località Lamazzi fino alla cascina Barchezze.
- Serioletta dei Pauzzi: dalla cascina Belprato fino alla confluenza con la Carosa.
- Seriola Comuna: dalla bocca Malpaga fino alla cascina Favorita.
- Seriola Villachiarà: dalla cascina Borghetti fino alla cascina Pieve - Via Villachiarà.
- Vaso Sandro Formana: dalla cascina Borghetti fino a Via Maglio.
- Vaso Savoria: dalla linea di confine tra il comune di Roccafranca - Orzinuovi fino alla cascina Arciprebenda.
- Vaso Fiume: dal Fenil Fabbrichetta in via Cesarina fino alla cascina Salnitro in Via Villachiarà.
- Vaso Marchetto: dal confine tra i comuni di Roccafranca - Orzivecchi (cascina Fabbrichetta) fino alla cascina Fabbrica
- Roggia Saverona: dalla cascina Fenil Nuovo di Orzinuovi fino allo scaricatore presso il Fenil Asmondi.

Pertanto a detto ente compete la potestà di accordare tutte le autorizzazioni relative a qualsiasi lavoro insistente sui corpi idrici sopra citati e ad esso devono essere avanzate tutte le richieste di concessione previo parere idraulico favorevole del consorzio di appartenenza.

Le seguenti rogge invece faranno parte del comprensorio n° 10 Oglio - Mella, **in fase di costituzione**, e da esso dipenderà la loro giurisdizione che attualmente viene esercitata dal Genio Civile di Brescia.

- Fiumazzo: dal confine tra i comuni di Orzinuovi - Orzivecchi fino al territorio di Farfengo.
- Seriola Battista: dalla cascina di Cerudine fino al territorio di Farfengo.
- Roggia Conta: di Zurlengo: dai confini del comune di Pompiano fino a Pudiano.
- Roggia Cesaresca: per il tratto attraversante il territorio di Pudiano.
- Roggia Motella: per il tratto compreso nel territorio di Pudiano.
- Roggia Rivabena: dalle sorgive presso la cascina Celeste fino al confine con S. Paolo.
- Roggia Provaglia: dalla cascina Celeste fino al confine con S. Paolo.
- Roggia Fenarola: dal confine di Pompiano fino al confine di S. Paolo.
- Roggia Torcola - argini del Fiume Strone: per il tratto compreso tra Pompiano e S. Paolo.

Vengono di seguito presentate le caratteristiche peculiari di ciascuna Roggia che solca il territorio comunale.

#### ROGGIA CAROSA (1)

Questo Vaso lungo 2570 metri presenta una peculiarità rispetto alle altre rogge del territorio che sono originate o alimentate esclusivamente dai fontanili, esso infatti deriva quasi interamente le sue acque dal Fiume Oglio. Solo saltuariamente riceve acque da canali colatori.

#### ROGGIA BISCIOLO DEL MOLINO DI BARCO (2)

Il capofonte della Roggia Bisciolo, lunga mt 3500, si può individuare nel quadrante nord-ovest di Orzinuovi, in una superficie delimitata a Nord dal

fondo S. Antonio Cascina Livelli e dalla Via Vecchia. Le sue acque provengono principalmente dai colli della Carosa, dalle falde superficiali, dai reflui del Fiumicello, della Cossonella, della Mezzarola, della Fossa e da pochi fontanili.

#### ROGGIA RISORGIVE MONTAGNOLA (3)

La Roggia che ha una lunghezza complessiva di 460 metri ha origine nel quadrante Nord occidentale del Comune di Orzinuovi in un'area delimitata dalla residenza Montagnola a ovest e dalla Roggia Conta a Nord.

Le sue acque provengono dai fontanili ubicati alla base di un terrazzo che si sviluppa per 500 metri in direzione Est-Ovest .

Il suo letto è inizialmente di ridotte dimensioni (larg. 1,50 profondità 1,30) e corre in direzione Ovest-Est per poi proseguire nella direzione naturale verso Sud nell'asta principale

#### VASO CONTA (4)

Uno sbarramento artificiale formato sulla sponda sinistra dell'Oglio a sud ovest di Roccafranca consente di derivare l'acqua che da origine alla Conta, alimentata anche da numerosi fontanili nel tratto fino alla cascina Sigalane di Sopra, dove un secondo ramo, derivante sempre dalle acque del Fiume grazie ad una tura innalzata nella stagione estiva, si immette nella asta principale. La sezione del canale si presenta ampia per tutto il corso, a volte con tratti piuttosto profondi e con alte sponde. Ha una portata d'acqua di circa 800 l/s

#### ROGGIA COMUNA(5)

La Comuna scaturisce dal Fiume Oglio e da una rete di fontanili, una volta molto numerosi, attualmente ridotti all'essenziale, in seguito all'alluvione del 1975 che ha eroso la sponda sinistra del fiume, dove la roggia raccoglieva i reflui delle risorgive della zona denominata "Case Pescatori".

la Roggia ha uno sviluppo verso sud per alcuni chilometri e riceve tutti i colatori di Roccafranca fino alla cascina Belprato,

Più a Sud di detta Cascina la Comuna si divide in 3 rami: la Bocca Gaspara, la Comunella Inferiore, la Battirola

#### SERIOLETTA DI ROCCAFRANCA (6)

Ha origine ai piedi del castello di Roccafranca. Attraversa tutto il territorio del comune di Roccafranca ed estendendosi verso sud-ovest, dopo aver attraversato la Roggia Comuna in località Cascina Belprato in Orzinuovi, irriga alcuni appezzamenti posti a nord della Cascina Fienil Nuovo, riversando poi le sue acque nella Roggia Comuna.

#### SERIOLETTA DEI PAUZZI (7)

Nel quadrante nord-est di Orzinuovi, a sud est della cascina Belprato nasce da numerosi fontanili e da acque di falda la Serioletta dei Pauzzi.

Con andamento rettilineo e con direzione verso mezzogiorno arriva alla cascina Martinella che fiancheggia sul lato destro.

#### VASO VECCHIO (8)

Si possono individuare le sorgenti del vaso Vecchio nella testa di fonte posta nell'angolo sud-est della cascina Belprato.

Dopo un percorso di 200 metri piega a sud, prima dell'Azienda Giovannini, nella quale le sue acque vengono sfruttate mediante una serie di manufatti con finalità ittica e sono state altresì depauperate dell'apporto delle risorgive esistenti nel fondo, sopresse per far posto alle vasche di itticoltura.

Il canale, nel primo tratto di circa 2 Km scorre in una depressione che costituisce un naturale collettore delle acque di superficie e dei fontanili della zona.

#### DUGALE DI BARCO (8.1)

Il Dugale di Barco nasce in località Belprato ma assume il toponimo identificativo al Molino della Spianata a circa 5 Km dalla sorgente costituita da risorgive e alimentata da vari coli.

Le sue dimensioni sono discrete: ha la larghezza di 3 metri e l'altezza di 1 metro.

Il corso in direzione Nord Sud si snoda sul lato destro della strada per Barco.

#### FOSSO NUOVO OVEST-EST (9)

Ha origine a Nord della Cascina Aurora in territorio di Roccafranca ed è alimentato sia dalle risorgive dislocate lungo il suo corso, sia dalle acque di colo dei cavi Campagna Bassa e Sandro Caseificio.

Il canale presenta fin dal capofonte una sezione media di ml. 2.50, sezione che rimane inalterata per tutti gli 800 metri di percorso con andamento ovest est fino al punto in cui riversa le sue acque nel Fosso Nuovo Est che prosegue in direzione sud per complessivi metri 1250 anch'esso alimentato da risorgive naturali che per l'abbassamento della falda, si sono sensibilmente impoverite.

#### VASO DONATELLO BONIFICA DEI FOLONARI (10)

Ha le sue origini in territorio di Roccafranca a Nord della Roggia Comuna che sottopassa per raggiungere con andamento rettilineo Nord - Sud il Comune di Orzinuovi. Le iniziali ridotte dimensioni del canale si ampliano e raggiungono una maggiore profondità in località Lamazzi.

E' alimentato da acque provenienti dalla falda superficiale e dalle Colatizie dei terreni circostanti

#### VASO FOSSA (11)

Il breve corso del Vaso Fossa inizia alla Fontana della Madonna, posta all'interno dei Giardini Pubblici e si spinge fino all' Arrighino Grande dove si immette nel Bisciolo.

All'interno dell'abitato è ormai intubato. Oltre che dalle risorgive della sorgente riceve anche lo scarico della Cossonella in via Lame e fa da collettore fognario del settore ovest di Orzinuovi.

#### ROGGIA GAMBALONE(12)

Le risorgive della cascina Fontanelle, sono oggi le sole tributarie di acqua di falda del vaso Gambalone che un tempo si formava più a nord, al Paesetto. Oggi queste aree sono completamente urbanizzate e ciò ha comportato la soppressione dei fontanili esistenti.

Ai Sospiri riceve i colli del Vaso Fiume e alla Colombaia fiancheggia il laghetto Mandarino che lo alimenta abbondantemente. Inizialmente presenta una sezione ridotta (un metro e mezzo) ed è poco profondo, ha una direzione nord sud e alla cascina Caselle di Villachiarà è integrato dalle acque emunte da un pozzo.

Raggiunge dimensioni notevoli a Villachiarà che oltrepassa per sfociare nell'Oglio al Romitorio di Villagana.

#### ROGGIA VILLACHIARA(13)

A nord di Urago dalla sponda sinistra dell'Oglio trae le sue sorgenti il vaso Villachiarà che nel tratto fino a Rudiano, in cui scorre parallela al fiume in un'asta verticale distante solo 500 metri, riceve abbondanti apporti dalle risorgive. Nel restante tragitto fino a Villagana la sua distanza dall'Oglio, nel quale si getta dopo 20 Km di percorso, è di circa 3 Km. Nel territorio di Orzinuovi che attraversa da nord a sud, scorrendo parte intubato (ex officina Belometti) parte a giorno (da Viale Adua al Mulino Benzoni), cede parte delle sue acque alla Belasina e al Vaso Fiume.

#### FOSSO SANDRO(14)

Ha le sorgenti alimentate da fontanili posti sul lato destro della strada comunale Cizzago -Ludriano.

Il primo tratto è stato tombinato con tubi in cemento per consentire l'allargamento della sede stradale. Al termine della tombinatura il canale

assume una sezione di 3 metri e qui riceve i colli dei terreni circostanti. Mantiene un andamento Nord Sud e raggiunge dimensioni più ragguardevoli, larghezza di 5 metri e profondità di 2 metri, fino al salto del Mulino di Cizzago.

Da questo punto si divide in due rami: uno rettilineo piega verso est e prende il nome di Savoria, l'altro attraversa l'abitato di Ludriano e dopo un percorso di 755 mt si divide in Sandro Caseificio e Sandro Monasterolo.

#### VASO SANDRO MOLINO FORMANA (15)

Il Fosso Sandro nasce in comune di Cizzago e più precisamente sul lato sinistro della strada provinciale Cizzago – Rudiano, dove le acque dei fontanili sono rimpinguate dalle acque affluenti da alcuni collettori posti a nord dell'abitato.

#### VASO FIUME DI ORZINUOVI (16)

Il Vaso Fiume si sviluppa prevalentemente nel Comune di Orzinuovi e solo in piccola parte in quello di Villachiara. La Roggia nasce in località Pietre Bianche a Cizzago poco a monte della cascina S. Sofia dove numerosi fontanili concorrono ad alimentare i tre rami che successivamente, a sud della strada per la cascina Macogna, confluiscono in un'unica asta la cui sezione di mt. 2.50 si mantiene invariata fino a Orzinuovi.

Il canale scorre con decisa direzione Nord Sud fiancheggiando la strada Comunale Orzinuovi - Cesarina,

#### VASO SAVORIA (17)

Il canale deriva dalla divisione effettuata dal Vaso Sandro Molino il quale si origina nel comune di Roccafranca - località Cizzago..

#### VASO MARCHETTO - SAVARONELLO (18)

Il vaso Marchetto ha le sue sorgenti in Comune di Cizzago, a nord della Cascina S. Giuseppe ed è alimentato da fontanili.

Scorre in direzione Nord - Est in fregio alla strada Cizzago – Ludriano.

In prossimità di C.na Cesarina divide le sue acque in 2 rami: uno che conserva il nome di Marchetto l'altro denominato Conta

#### ROGGIA GAVAZZA (19)

Fin dalla sorgente localizzata in zona P.I.P. a nord est dell'abitato, la Gavazza presenta una sezione molto larga che mantiene per tutto il corso. L'apporto idrico delle risorgive che la originano è scarso, tuttavia riceve le acque del Vaso Grino e le colatizie della Savoria. Ha una decisa direzione Nord sud fino ad Ovanengo che raggiunge sovrappassando la R. Gaspara e sottopassando la strada per Coniolo. Attraversato il paese l'asta principale si immette nella R. Conta di Borgo S. Giacomo.

#### ROGGIA SAVERONA (20)

Le acque dei fontanili del Fenil Madonna e gli scarichi degli esuberi della Saverona di Orzivecchi formano la Roggia Saverona che con direzione sud sottopassa la strada per Coniolo dirigendosi verso C.na Gavazza.

#### ROGGIA GABBIANA PESSINA (21)

Questo vaso che scorre in territorio orceano per 2 Km circa, in realtà va ad irrigare terreni tutti posti a sud di Borgo S. Giacomo fino ad Acqualunga. Ha origine a valle della Roggia Farfenga da una serie di fontane che copre circa un chilometro di lunghezza.

#### FIUMICELLO DI ROSSA e ROGGIA FARFENGA (22-23)

Sono i fontanili della cascina Fenilazzo a dare origine al Vaso Fiumicello. A nord di Rossa confluisce nelle risorgive della Farfenga, potenziandone la dotazione idrica destinata ai fondi che si estendono fino a Farfengo.

#### FARFENGA FIUMICELLO(23)

Una serie di fontanili che si susseguono per circa 2 Km dalla località Colombaia – Gavazza fino alla cascina Rossa alimentano la Farfenga, una roggia dall'ampia sezione trapezoidale, con sponde ripide

Scorrendo con direzione NSE, come tutti i canali della zona orientale del comune; raggiunge ed irriga i fondi tra la frazione Rossa e Farfengo.

#### VASO FIUME DI CONIOLO - FIUMAZZO - ROGGIA ILA (24)

L'apporto idrico di 60 fontanili del territorio di Orzivecchi unitamente alle acque sorgive del fosso denominato Fiumazzo a sud dell'abitato, contribuiscono ad alimentare una roggia di circa 10 Km di lunghezza. Nel suo tragitto orientato da nord a sud fino a Coniolo dove cambia il nome in Vaso Fiume riceve le colatizie di vari altri vasi.

A Coniolo si divide in quattro rami: Monastero, Villa, Carpano e Loda.

Si immette nella Roggia e nel Vaso Battista sulla strada Coniolo – Farfengo ai confini dei due comuni.

#### SERIOLA BATTISTA O MARTINENGO(25/27)

Alla cascina Giardino dalla sponda sinistra della Roggia Conta di Orzivecchi, si stacca un ramo che prende il nome di Battista e che seguendo un percorso a gradoni con direzione Sud est, raggiunge le Cerudine dove a sua volta si suddivide in due rami.

#### ROGGIA CESARESCA (26)

Il ragguardevole bacino della Cesaresca interessa solo in modo marginale il Comune di Orzinuovi di cui delimita per un breve tratto il confine con S. Paolo.

Tuttavia la Roggia che inizia in Comezzano per l'apporto di numerosi fontanili e che nel suo lungo corso riceve altre risorgive, colatizie e affluenze, rappresenta una delle riserve irrigue maggiori del territorio con una portata media di 400 l/s

#### ROGGIA PATRINOLA MOTELLA - ROGGIA MOTELLA(28/29)

Interessa marginalmente il Comune di Orzinuovi, interessando le frazioni Pudiano e e Coniolo.

#### ROGGIA RIVABENA (30)

Le ridotte dimensioni, il breve percorso di 1Km, la piccola portata ed il modesto comprensorio (30 Ha) fanno della Riva Bena un canale di scarsa rilevanza. Interessa i fondi di Pudiano

#### ROGGIA PROVAGLIA (31)

Ha inizio in comune di Trenzano col nome di Conta che cambia poi in Fiumazzo in territorio di Pompiano. Solo a Meano assume quello di Provaglia. Nel suo corso di Km 6,5 si presenta come un canale di discrete dimensioni e portata e attraversa i territori dei seguenti comuni: Trenzano - Corzano - Pompiano – Orzinuovi - S.Paolo – Quinzano, dove esaurisce la sua funzione irrigua.

#### RISORGIVE FENAROLA (32)

Hanno origine nel comune di Pompiano. La parte terminale del capofonte lambisce il comune di Orzinuovi nella zona nord per un percorso di 750 m.

#### ROGGIA TORCOLA – ARGINE DEL FIUME STRONE (33)

La roggia Torcola è una roggia modesta, sia per quanto riguarda le dimensioni che la portata; tuttavia irriga alcuni appezzamenti in prossimità della Cascina Demanio

#### VASO CONTINA (34)

Va' inclusa nell'elenco delle rogge locali perché nel suo alveo è reperibile ancora un modestissimo quantitativo idrico.

#### ROGGIA CONTA DI ZURLENGO (35)

Interessa marginalmente l'abitato di Orzinuovi

Tutte queste Rogge elencate vengono rappresentate graficamente nella carta idrologica e idrogeologica (TAV. 2).

In questo elaborato grafico vengono riportate le aree potenzialmente esondabili e le aree soggette ad allagamenti per la presenza di litologie superficiali impermeabili. Non viene comunque fatta una distinzione grafica tra le due tipologie di fenomeno poiché le une solitamente sono accompagnate dalle altre.

In particolare in passato, la Roggia Villachiara a Nord dell'abitato di Orzinuovi in seguito a particolari eventi di piena è esondata allagando i terreni indicati nell'elaborato grafico. Contemporaneamente l'area indicata con la medesima simbologia nella zona PIP del Comune, in seguito alle prolungate precipitazioni, restava allagata per diversi giorni.

## **8) - Idrogeologia**

### *8.1) Censimento e catalogazione dei pozzi*

Considerando che in un'area di pianura la principale fonte di approvvigionamento idrico sono i pozzi è ovvio che l'indagine idrogeologica si è subito orientata alla ricerca di tali informazioni.

E' stato svolto un censimento della documentazione esistente presso i principali Istituti ed Enti Pubblici e privati che in qualche modo hanno "rapporti" con le acque sotterranee o che si occupano della loro gestione.

Le generalità e i principali dati tecnici di ogni singola opera di captazione sono stati riassunti in un semplice elenco riportato in allegato (elenco pozzi della rete di monitoraggio). I pozzi sono stati riportati nella Carta Idrogeologica e del Sistema Idrografico (TAV. 2) distinguendo quelli per i quali è nota anche la stratigrafia da quelli che sono privi di informazioni litostratigrafiche.

Infatti i dati litostratigrafici ricavati dalle stratigrafie disponibili sono stati oggetto di un'operazione di correlazione che ha portato alla realizzazione di due sezioni litostratigrafico interpretative che interessano l'intero territorio comunale e si sviluppano in direzione N-S e E-W; il dettaglio di tale ricostruzione è ovviamente funzione del numero e della attendibilità dei dati di cui si dispone (TAV. 3)

Il risultato di questo censimento ha portato alla individuazione, oltre che dei 3 pozzi comunali attivi, di ben 82 pozzi principalmente a carattere irriguo.

Come detto, tre sono di proprietà della Amministrazione Comunale (n° 1, 2, 67) due ubicati nel capoluogo e uno nella Frazione di Coniolo.

Ricordiamo che sono stati censiti anche i principali fenomeni di emergenza idrica naturale (fontanili) storicamente noti nel territorio comunale di Orzinuovi la cui possibile origine è da ricercarsi nelle profonde incisioni che caratterizzano alcuni corsi d'acqua.

In realtà al momento del rilievo (novembre-dicembre 2001) non tutte le emergenze idriche erano ben visibili in quanto le portate dei corsi d'acqua da

esse generate erano tali da mascherarne la presenza; la situazione al contorno e la conoscenza della zona sono tuttavia tali da rendere plausibile l'esistenza di tale fenomeno.

Per la catalogazione dei pozzi vengono riportate le notizie che, come l'ubicazione la proprietà e il codice identificativo, ne consentono una facile individuazione, mentre per quanto riguarda i dati tecnici viene riportata la quota topografica del pozzo (in m slm), la profondità ove accertata e il valore della soggiacenza della falda misurata nella campagna di rilevamento (novembre-dicembre 2001). Grazie a queste informazioni è stato possibile ricostrire l'andamento della falda superficiale, rappresentata graficamente nella TAV. 2 (carta idrogeologica) mediante delle curve isopiezometriche.

La ricostruzione dettagliata della falda superficiale è stata possibile grazie al discreto numero di misurazioni effettuate sia in pozzi superficiali che trincee esplorative aperte in passato sul territorio comunale.

## **8.2) Caratteristiche idrogeologiche del territorio comunale**

Come accennato in precedenza la geologia del sottosuolo comprende notevoli variazioni laterali e verticali in dipendenza degli eventi che hanno interessato la zona nel Quaternario.

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

Dall'alto verso il basso le unità rinvenibili sono le seguenti:

**Unità sabbioso-ghiaiosa** costituita dalle sabbie e dalle ghiaie (il passaggio avviene gradualmente muovendosi da Nord verso Sud) dei sedimenti alluvionali recenti e di quelli fluvioglaciali Wurmiani; l'interesse idrogeologico risiede nella capacità che hanno questi depositi, che ospitano in genere la falda freatica, di assorbire le infiltrazioni dalla superficie e di trasmetterle alle falde più profonde.

Grazie a questa loro particolare proprietà ospitano in genere orizzonti acquiferi dotati di elevato rendimento e contengono acqua di buona qualità se non contaminata come purtroppo si verifica di frequente.

**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*).

Di notevole interesse è il fatto che l'unità che viene rinvenuta a modeste profondità, raggiunge notevoli spessori ed ospita in genere falde che pur non essendo molto produttive risultano meno vulnerabili rispetto a quelle dell'unità sovrastante.

**Unità Villafranchiana:** costituita da depositi continentali rappresenta il substrato poco permeabile degli acquiferi superficiali più produttivi; prevalgono le argille ed i limi dalla tipica colorazione grigio-azzurra che spesso recano intercalazioni torbose.

Tale unità ospita in genere anche lenti ghiaioso-sabbiose di discreta estensione ma di modesto spessore nelle quali sono contenute acque di scadente qualità grazie alla presenza di ferro e idrogeno solforato.

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

**Substrato roccioso indifferenziato:** affiorante lungo il margine prealpino si approfondisce molto rapidamente al di sotto della potente serie quaternaria spostandosi in direzione Sud; nell'area oggetto della presente indagine non è stato ovviamente rinvenuto in nessuna perforazione.

Una prima importante osservazione è quella per cui le condizioni idonee per l'instaurarsi di corpi acquiferi emungibili si rinvennero, nel sottosuolo dell'area studiata, solamente nel pacco di sedimenti corrispondente ai depositi continentali quaternari.

Tale serie sedimentaria, sulla base dei dati di alcune perforazioni AGIP presenta spessori di alcune centinaia di metri e quindi ben superiori alle profondità generalmente raggiunte dalle opere di captazione.

Per quanto riguarda la natura litologica del sottosuolo ci si è rifatti alle conoscenze già acquisite dallo scrivente, all'archivio pozzi dello studio e a recenti pubblicazioni aventi come argomento l'idrogeologia della zona.

Le caratteristiche salienti dei pozzi censiti sono riportate nell'allegato elenco.

La presenza dell'acqua nel sottosuolo del territorio comunale è legata ad aspetti climatico-antropici, ma soprattutto a complesse strutture geologiche che ne governano l'accumulo e il transito in geometrie proprie del sottosuolo.

Come già detto nel tentativo di ricostruire in modo attendibile queste geometrie sono state realizzate e vengono presentate due sezioni litostratigrafico-interpretative.

Il quadro ottenuto è risultato sufficientemente rappresentativo e compatibile con i dati piezometrici di cui si darà conto in seguito.

Dall'esame delle sezioni litostratigrafiche è possibile notare come l'assetto geometrico strutturale del sottosuolo presenti una forte eteropia dei termini stratigrafici; la disposizione di questi materiali è generalmente per corpi stratiformi, di potenza molto variabile e lateralmente continui su distanze di alcuni chilometri, secondo uno schema classico per tutta la pianura.

L'assetto geometrico-strutturale del sottosuolo è descrivibile come un materasso alluvionale nel quale a corpi idrici di natura più frequentemente sabbiosa, sabbioso-limosa e più raramente ghiaiosa caratterizzati da spessori modesti ma da una continuità laterale talora molto accentuata, si alternano livelli impermeabili di natura argillosa e argillo-sabbiosa.

Il territorio di Orzinuovi è infatti caratterizzato dalla presenza di un acquifero multistrato nel quale sono presenti diverse falde.

In base a considerazioni legate alla struttura idrogeologica, alla piezometria e al chimismo delle acque è possibile proporre una suddivisione generale, seppure schematica, in due litozone principali; una superiore generalmente libera sede della falda acquifera superficiale il cui spessore si aggira intorno alla decina di metri e un'altra, sottostante la prima,

caratterizzata da orizzonti a bassa permeabilità che isolano e proteggono i livelli acquiferi presenti in profondità. Tali acquiferi possono ospitare falde in pressione, come accade per esempio in corrispondenza del pozzo n°26 (F.le Martinella) che risulta risaliente.

Alla scala dell'intero territorio comunale, la litozona superficiale presenta nei primi due, tre metri di profondità la prevalenza di litologie fini sabbioso limose, con la presenza della falda freatica fra i 2 e i 3 metri dal piano campagna. Localmente l'esame delle sezioni litostratigrafiche, così come le singole stratigrafie dei pozzi allegate, permettono di individuare situazioni diverse da zona a zona.

L'acquifero freatico risulta attualmente poco sfruttato a conferma non tanto della modesta disponibilità idrica, quanto dalla scadente qualità delle acque in esso contenute; solo alcuni pozzi ad uso irriguo di grande diametro e qualche vecchio pozzo a scavo emungono acqua dal complesso acquifero freatico che ricordiamo si presenta sempre ben isolato dai sottostanti orizzonti acquiferi.

Come accennato in precedenza oltre i 10-15 m di profondità sembra ovunque accertata la presenza di una potente serie argillosa e argillo-sabbiosa (livello impermeabile) sufficientemente esteso (diversi Km se si considerano i frequenti passaggi eteropici da litotipi argillosi verso litotipi argillo-sabbiosi) e in grado di determinare al di sotto di esso la presenza di altri livelli produttivi a carattere semi-artesiano.

In linea generale quindi la possibilità di comunicazione tra i vari corpi idrici sembra assai ridotta; gli stessi sono infatti alquanto protetti dai fenomeni di inquinamento dai numerosi ed estesi setti impermeabili.

In direzione del fiume Oglio la potente serie argillosa risulta interrotta in quanto probabilmente "erosa" e successivamente, a seguito di un nuovo ciclo deposizionale, sostituita da materiale sabbioso ospitante la falda di subalveo.

Ad un esame più dettagliato il settore artesiano profondo si presenta piuttosto articolato, all'interno del quale si possono distinguere numerosi orizzonti acquiferi per lo più indipendenti gli uni dagli altri.

In relazione all'influenza che l'assetto geometrico dei vari acquiferi esercita sulla profondità dei pozzi censiti dobbiamo segnalare che nella zona di Orzinuovi, i pozzi ad uso irriguo raggiungono mediamente profondità superiori ai 60 m e risultano completati in modo da sottoporre a sfruttamento diversi orizzonti acquiferi contemporaneamente.

Una precisa caratterizzazione delle quote e delle caratteristiche idrologiche delle diverse falde artesiane rimane tuttavia un argomento che necessita di ulteriori verifiche sperimentali e di dati più attendibili; riteniamo tuttavia importante sottolineare, ad esempio, l'esistenza di un orizzonte acquifero a profondità prossime ai 30-40 m isolato dalla falda superficiale da un potente setto limoso argilloso di circa una decina di metri e di una successiva falda tra i 50-60 m, entrambe dotate di buone potenzialità.

Oltre tale profondità i dati sono meno attendibili poiché puntiformi e distanti gli uni dagli altri, e non consentono una precisa definizione della geometria delle litofacies.

Per quanto riguarda il sottosuolo dell'abitato di Orzinuovi, il noto concetto di due o più falde sovrapposte e divise da livelli impermeabili viene confermato; infatti sulla base ai dati di cui si dispone è possibile ipotizzare l'esistenza di un sicuro livello impermeabile ovunque presente a partire dai 15 m dal p.c. in grado di garantire l'isolamento da perturbazioni, sia idrodinamiche che idrochimiche, per le falde idriche ad esso sottostanti.

Tale osservazione è molto importante non solo per i riflessi che ha sulla idrogeologia della zona, ma anche per i problemi relativi alla propagazione in profondità di un eventuale carico inquinante proveniente dalla superficie e quindi nella definizione della vulnerabilità degli acquiferi.

Tale intervallo argilloso esercita quindi una ottima funzione isolante e protettiva tra i circuiti artesiani più profondi (e per questo emungibili a

scopo di potabilità) e quello freatico sovrastante e pertanto sfruttabile ad esempio per le utenze produttive ed irrigue.

In sostanza ciò significa che non vi è diretto interscambio tra tutta la circuitazione idrogeologica di superficie compresi eventuali inquinanti veicolati e le opere di presa (pozzi) con intervalli di captazione oltre tali quote.

Per quanto concerne la potenzialità degli orizzonti acquiferi presenti nel sottosuolo di Orzinuovi i dati di cui si dispone sono relativi a prove di portata esperite in corrispondenza dei pozzi comunali “Villaggio Giardino” (n° 2) e “Scuole Elementari” (n° 1).

Le portate specifiche, espresse in l/s per metro di abbassamento, costituiscono una buona misura della resa dei pozzi e di conseguenza sono indicative della produttività degli orizzonti acquiferi presenti nel sottosuolo.

In entrambi i casi si registrano portate specifiche di poco inferiore ai 5 l/s\*metro; considerato che ciascuno dei due pozzi presenta portate di circa 40 l/s si può confermare le discrete disponibilità idriche degli acquiferi emunti.

### *8.3) Indagine Piezometrica*

La disponibilità di un buon numero di pozzi, distribuiti in modo da coprire in modo uniforme tutto il territorio comunale ha costituito una condizione favorevole per la ricostruzione della piezometria delle falde idriche sotterranee.

Tralasciando per ora la falda freatica che sarà successivamente oggetto di alcune considerazioni, è importante rilevare come la maggior parte dei pozzi trivellati abbia raggiunto profondità prossime ai 70-80 m; maggiori profondità sono state raggiunte dai pozzi comunali e da quelli privati realizzati di recente.

Durante la campagna di misura dei livelli idrici, eseguita nel novembre-dicembre 2001, è apparso subito chiaro che nonostante la differente profondità, i valori di soggiacenza misurati sono apparsi ben correlabili; il confronto fra i dati relativi ai pozzi superficiali e quelli di pozzi che

emungono falde profonde ha evidenziato un dislivello di ca. 8-9 metri a conferma che la falda freatica è ben isolata dalle falde profonde.

Il valore della soggiacenza misurata nei pozzi presenti sul territorio comunale sono riassunti nell'ellegato elenco pozzi; con questi valori è stato ricostruito l'andamento delle isopiezometriche così come riportato nella Carta Idrogeologica. Si tenga presente che l'andamento piezometrico della falda superficiale per l'intero territorio comunale è stato interpretato dai dati rilevati solo nei pozzi superficiali e nei punti in cui la falda freatica viene a giorno. I dati relativi alla falda superficiale pur non essendo distribuiti in modo uniforme sul territorio comunale hanno consentito una ricostruzione attendibile dell'andamento della piezometria superficiale.

L'area indagata è compresa tra l'isopiezometrica 89 m s.l.m. e l'isopiezia 71 m s.l.m. anche se la porzione meridionale del territorio comunale presenta scarsità di dati; per i pozzi ubicati nella valle dell'Oglio si registra una risalienza del livello statico al di sopra del piano campagna (in questa situazione la falda profonda ha un livello piezometrico superiore a quella superficiale).

Come era logico aspettarsi viene confermata la presenza di un deflusso che a grande scala risulta diretto verso Sud; per quanto concerne le cadenti piezometriche queste oscillano tra lo 0,15 e lo 0,3 %.

Le cadenti piezometriche si mantengono su valori ridotti e questo probabilmente in relazione alla modesta trasmissività dell'idrozona profonda. Nel complesso la piezometria dell'idrozona profonda manifesta una certa regolarità favorita dalla ridotta influenza dei fattori locali; meno evidenti, rispetto alla piezometria freatica, sono infatti gli effetti dovuti al drenaggio esercitato dal fiume e all'assetto planoaltimetrico del territorio indagato.

La ricostruzione della piezometria della falda freatica ha evidenziato una flessione delle isopieze a Est del centro abitato con formazione di un potenziale "asse di drenaggio" che mostra direzione circa parallela all'andamento del Fiume Oglio. Tale "asse di drenaggio" divide il flusso idrico in due componenti orientate rispettivamente verso SW e verso SE.

Tale andamento della falda superficiale potrebbe essere causato oltre che dall'effetto drenante del fiume Oglio sulla falda superficiale, anche dai numerosi pozzi irrigui presenti sul territorio comunale che emungendo contemporaneamente e in periodi limitati notevoli quantità d'acqua, possono modificare drasticamente la piezometria superficiale.

Come accennato in precedenza nella porzione meridionale del territorio comunale la mancanza di dati attendibili non ha consentito una ricostruzione fedele della piezometria, mentre nella valle dell'Oglio tutti i pozzi, ad eccezione di quelli a scavo profondi pochi metri, presentano livelli statici che portano l'acqua a fuoriuscire naturalmente dal terreno senza l'ausilio di pompe.

Non si ritiene tuttavia che il fiume possa influenzare significativamente i livelli piezometrici dei circuiti idrici profondi ed isolati come quelli captati da alcuni pozzi individuati nella valle dell'Oglio.

Non sono noti rilievi piezometrici precedenti e pertanto non è possibile formulare considerazioni relativamente a possibili evoluzioni dell'assetto piezometrico; allo stesso modo non sono note le escursioni a cui è soggetta la falda.

Rispetto alla situazione attuale dobbiamo precisare che la messa in esercizio dei pozzi ad uso irriguo presenti sul territorio e nelle zone limitrofe determina, durante la stagione irrigua, un diverso assetto della piezometria; questo porta a concludere che quella presentata nella Carta Idrogeologica rimane la fotografia di una situazione con una ben precisa collocazione temporale (Novembre–dicembre 2001) e non può certo essere considerata definitiva. C'è anche da sottolineare che l'inverno 2001-2002 è stato particolarmente secco e pertanto la falda superficiale misurata presentava valori di soggiacenza superiori alla media di altri anni.

Questo fatto porta a ritenere che in condizioni di piovosità "normali", la falda superficiale si colloca a circa 30-50 cm più superficiale di quella rilevata.

#### *8,4) Soggiacenza della falda freatica*

Le considerazioni di carattere idrogeologico espresse nel presente paragrafo derivano essenzialmente dalle misure di soggiacenza della falda freatica esperite in alcuni pozzi superficiali, in alcune trincee esplorative e nei laghetti ex cava presenti sul territorio comunale.

L'assetto geometrico del sottosuolo è descrivibile come un grande materasso alluvionale nel quale, a seconda delle diverse situazioni locali, sono immersi corpi stratiformi di natura permeabile (in prevalenza sabbiosi e sede degli acquiferi) ai quali si alternano livelli impermeabili più frequentemente limosi e argillo-limosi, comunque caratterizzati da una spiccata continuità laterale.

Ne consegue che nel sottosuolo comunale l'acquifero freatico risulta ben definito isolato e generalmente esteso fino ad una profondità massima di 10-15 metri. Per ciò che attiene al senso di movimento della falda si può definire, un gradiente rivolto sostanzialmente a Sud

Tale acquifero presenta un livello statico medio che si aggirava all'epoca delle misure (Novembre 2001), a profondità di circa -2,0 m dal piano campagna. Solamente in corrispondenza del centro storico di Orzinuovi la falda presenta valori di soggiacenza maggiori, in seguito ad un effetto barriera che le vecchie mura che perimetrano il centro storico esercitano sulla falda freatica. In corrispondenza del centro storico la falda si colloca mediamente intorno ai -4 m dal p.c.

Va evidenziato come tale livello risulti condizionato sia da fattori climatici (precipitazioni meteoriche) come da fattori antropici (attività irrigua); si segnalano infatti oscillazioni del livello della falda freatica di oltre 1 metro.

Il fenomeno che tuttavia più di ogni altro condiziona i citati livelli freatici è connesso con l'assetto planoaltimetrico e in particolare con la presenza delle profonde incisioni dei corsi d'acqua minori e delle scarpate che delimitano i terrazzi morfologici; questi infatti funzionano come veri e propri sistemi drenanti che determinano un diverso assetto della piezometria della falda.

A questo particolare contesto idrogeologico sembra si possano attribuire le emergenze idriche naturali rinvenute nel territorio indagato.

Una prima importante osservazione è che i livelli freatici misurati sono da considerarsi abbastanza "bassi" in relazione al fatto che le misure sono state eseguite in una stagione (novembre 2001) caratterizzata da prolungata carenza di precipitazioni atmosferiche.

La correlazione dei dati ha permesso di ricostruire la carta delle isopiezometriche così come riportato nella TAV: 2.

In tale elaborato grafico si può notare come nel territorio comunale siano molto estese le aree in cui la falda superficiale si presenta con valori prossimi al piano campagna. Durante la stagione irrigua infatti la falda può collocarsi a profondità minori di 1 m dal p.c. (aree ad elevata vulnerabilità).

Va comunque evidenziato che molte delle aree che sono ubicate nei ripiani immediatamente sottostanti il Livello fondamentale della pianura nella direzione del Fiume Oglio, hanno incrementato il loro grado di vulnerabilità in seguito a interventi antropici eseguiti in passato (come asportazioni di terreno superficiale, livellamenti, bonifiche agricole, cave) che hanno ridotto notevolmente lo spessore di terreno insaturo compreso fra il piano campagna e il livello della falda superficiale.

Tali interventi andranno pertanto regolamentati al fine di impedire l'incremento provocato antropicamente della vulnerabilità a causa di eccessivi sbancamenti.

### *8.5) Idrochimica e vulnerabilità degli acquiferi*

Come accennato in precedenza il noto concetto di due o più falde sovrapposte e divise da livelli impermeabili sembra trovare conferma nel sottosuolo indagato; infatti in base ai dati di cui si dispone è possibile ipotizzare l'esistenza di un primo livello impermeabile a profondità prossime ai 10 -15 metri in grado di garantire l'isolamento da perturbazioni, sia idrodinamiche che idrochimiche, per le falde idriche ad esso sottostanti (acquiferi protetti).

Tale osservazione è molto importante non solo per i riflessi che ha sulla idrogeologia della zona, ma anche per i problemi relativi alla propagazione in profondità di un eventuale carico inquinante proveniente dalla superficie.

Negli allegati grafici vengono riportati i dati relativi ad un gruppo di parametri determinati su campioni d'acqua prelevati dai pozzi “Giardino”, “Centro-Scuole Elementari” e “Coniolo”; la serie comprende i dati relativi al triennio 1997-1999

L'intento è quello di valutare l'attuale grado di mineralizzazione delle acque sotterranee e in particolare se anche i dati idrochimici confermano l'indipendenza tra gli orizzonti acquiferi “protetti” (quelli captati dai pozzi del paese di Orzinuovi) e quelli più superficiali (pozzo frazione “Coniolo” profondo 32 metri) e quindi la bassa vulnerabilità dei primi.

La nostra attenzione si è quindi concentrata su alcuni parametri che abbiamo ritenuto discriminanti nella caratterizzazione idrochimica delle falde presenti nel sottosuolo indagato e in particolare di quelle captate dai pozzi Comunali.

Tutte le informazioni in nostro possesso, riportate di seguito in forma tabellare, consentono infatti di riconoscere l'importanza di alcuni parametri e in particolare la Conducibilità e la Durezza per certi motivi e i Solfati, i Nitrati, i Nitriti con il Cromo e il Piombo per altri.

Ad esempio le concentrazioni dei cloruri e dei nitrati che in genere sono indicatori di una contaminazione di tipo antropico che interessa le falde superficiali meno protette si attestano su valori così bassi (ad eccezione del pozzo “Centro-Scuole Elementari”) che quasi mai raggiungono il valore guida stabilito dal D.P.R. 236/88.

In base al contenuto in cloruri (max 3,1 mg/l) le acque analizzate vengono classificate come "dolci".

L'assenza dei nitriti, unitamente a quella degli indici microbiologici, conferma che contaminazioni di tipo organico non sono in atto nelle falde da cui "pesca" il pozzo “Giardino”.

La Durezza (°F) e la Conducibilità ( S/cm) sono gli altri parametri presi in considerazione; i valori di durezza sono inferiori ai 20° F per le acque del

pozzo Giardino (acque poco dure) mentre presentano un valore medio superiore a 25° F quelle del pozzo “Coniolo” variano confermando che nel complesso si tratta di una diversa facies idrochimica (acque mediamente dure).

Anche la conducibilità elettrica presenta un andamento piuttosto regolare con valori inferiori ai 350 uS/cm per il pozzo “Giardino” e superiori ai 420 uS/cm per il pozzo Coniolo; poco significativo il valore rilevato al pozzo “Centro-Scuole Elementari” dove si registrano valori molto elevati, superiori ai 600 uS/cm.

La conducibilità di una soluzione è direttamente correlata al contenuto salino, ossia agli ioni presenti dotati di carica elettrica; in base alla quantità del residuo fisso a 180° C. l'acqua emunta dai pozzi comunali rientra comunque nella categoria delle acque medio-minerali a conferma di un grado di mineralizzazione da poco accentuato a medio.

Altrettanto significativa può essere ritenuta l'assenza di elementi quali il Cromo, il Pb e i Solventi Clorurati in quanto indicatori di alto valore diagnostico nella mappatura dell'inquinamento industriale.

In questo contesto assume un significato anomalo la concentrazione dei solfati che nel pozzo “Giardino” supera i 30 mg/l al pari di quanto rilevato nel pozzo “Coniolo” dove il valore medio si attesta sui 36 mg/l; anche in questo caso al pozzo “Centro-Scuole Elementari” si registrano tenori molto alti, superiori ai 50 mg/l che non trovano una spiegazione

Analizzando i dati raccolti si osserva che le concentrazioni dei parametri esaminati sono sempre inferiori al valore limite (CMA) fissato dal D.P.R. 236/88, tale situazione trova conferma nella valutazione della **vulnerabilità degli acquiferi**.

Quest'ultima è definita dalla possibilità di infiltrazione e propagazione degli inquinanti provenienti in genere la superficie o da altre falde più superficiali già compromesse.

Questo concetto implica uno stato di potenziale minaccia della qualità originaria delle acque sotterranee, determinato unicamente dalle condizioni

ambientali, sia naturali che antropiche, esistenti e indipendenti dalle sorgenti inquinanti (**Vulnerabilità intrinseca**).

Per quanto concerne il naturale grado di protezione degli acquiferi presenti nel sottosuolo comunale dobbiamo segnalare, come accennato in precedenza, che l'assetto geometrico-strutturale dei depositi fluviali e fluvioglaciali contribuisce a definire un quadro abbastanza omogeneo.

Considerando infatti la possibilità di accesso verso le falde idriche di potenziali agenti inquinanti appare evidente come i sedimenti costituenti l'acquifero più superficiale (freatico) in diretta comunicazione con l'ambiente esterno, data la loro natura permeabile (essenzialmente sabbioso-ghiaiosa), offrano modeste difese, mentre già a partire dal secondo orizzonte acquifero, in quanto delimitato al tetto da un banco argilloso impermeabile che presenta una notevole estensione areale, si riscontrano buone condizioni di isolamento e protezione nei confronti di eventuali immissioni inquinanti provenienti dalla superficie.

Nella definizione della vulnerabilità hanno un peso preponderante i seguenti fattori geologici e idrogeologici:

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

Una prima valutazione del grado di vulnerabilità dell'acquifero superficiale trova riscontro nelle misure della soggiacenza del tetto della falda dal piano campagna, effettuate da misure dirette in pozzi presenti nella zona indagata (rete di monitoraggio).

In relazione alla granulometria dei sedimenti costituenti l'acquifero superficiale, non esistono dati ulteriori alle stratigrafie disponibili che confermano la presenza di litotipi prevalentemente sabbiosi ai quali è possibile associare i valori di permeabilità ricavati dalla bibliografia di settore; ipotizzando la presenza di un deposito omogeneo e isotropo si possono adottare anche in questo caso coefficienti di permeabilità  $K$  dell'ordine dei  $10^{-4}$  m/s.

Inquadrando questi parametri di massima (idro-litologia, tipo di copertura dell'acquifero e soggiacenza della superficie freatica), è stato possibile valutare, secondo criteri oggettivi, il grado di vulnerabilità degli acquiferi; tale valutazione è stata fatta con il metodo GOD, messo a punto dal British Geological Survey (Foster, 1987) e che, secondo le valutazioni del C.N.R., rappresenta uno dei più importanti ed utili nel settore (Civita, 1994).

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

La valutazione è stata applicata per il modello idrogeologico descritto nel precedente paragrafo e riassunto nella Carta Idrogeologica e nelle relative sezioni litostratigrafico-interpretative.

Da tale stima si evince come per tutte le aree in variante al PRG l'acquifero freatico sia naturalmente caratterizzato da un **indice di vulnerabilità “alto”** (i valori medi dell'indice sono superiori a 0,6) così come riassunto nella allegata tabella, nonostante alcune porzioni di tali aree presentino una copertura superficiale costituita da litologie fini.

Se consideriamo che il metodo GOD non prende in considerazione l'azione protettiva esercitata dalla presenza del suolo riteniamo che quello calcolato sia un indice sufficientemente rappresentativo, in termini cautelativi, della vulnerabilità dell'acquifero freatico presente nel sottosuolo comunale.

Si viene pertanto a configurare una situazione per cui le opere di captazione meno profonde ( $< 15$  metri) interessano un corpo idrico altamente vulnerabile, mentre per la falde profonde (acquiferi protetti) captati dai pozzi comunali in quanto protette da più di un orizzonte impermeabile dotato di significativa potenza (oltre 10 metri per il primo) ed estensione (alcuni km) si segnalano bassi indici di vulnerabilità **(indice di vulnerabilità “basso”)**.

Come abbiamo visto in precedenza per queste ultime non vengono infatti segnalati significativi fenomeni di degrado delle acque sotterranee legati ad attività antropiche.

La vulnerabilità intrinseca dell'acquifero freatico, senza dubbio elevata nelle zone in cui prevalgono le sabbie e la falda si colloca a ca. 1-1,5 m dal p.c. come accade in tutte quelle zone definite nella TAV. 2 “ad alta vulnerabilità”, si ritiene possa costituire, dal punto di vista idrochimico, un fattore vincolante ai fini della pianificazione territoriale del Comune di Orzinuovi anche se sono disponibili risorse idriche profonde ben protette.

Per questo motivo nella TAV. 2 e TAV. 4 (Carta dei vincoli e di Sintesi) vengono riportate le aree caratterizzate da elevata vulnerabilità, che ricordiamo interesserebbe solo l'idrozona freatica limitatamente alle zone con soggiacenza inferiore a 1,5 metri dal p.c.

Nella TAV. 5 (Carta di Fattibilità) tale parametro discriminante è quindi considerato un fattore limitante.

Data la spiccata vocazione agricola del territorio Comunale di Orzinuovi sono presenti numerosi e importanti insediamenti zootecnici che potrebbero costituire potenziali centri di contaminazione.

In quest'ottica è opportuno che la gestione dei reflui zootecnici venga coordinata dal Piano di Utilizzazione Agronomica (PUA).

## 8) Sismicità del territorio

### 8.1) Generalità

Nella stesura del presente capitolo si è fatto soprattutto riferimento agli studi dei fenomeni sismici riportati nelle pubblicazioni **“Determinazione del rischio sismico ai fini urbanistici in Lombardia”** (C.N.R. – Regione Lombardia – 1996) e **“Il rischio sismico nel Bresciano”** (Fondazione Bresciana per la ricerca scientifica - 1989). Pur ritenendo piuttosto teoriche le informazioni fornite nella presente sezione, si è scelto di accennare tale argomento per inquadrare una problematica complessa e imprevedibile come un evento sismico, in una realtà più ristretta come quella comunale.

Si è quindi cercato di adottare in linea generale la metodologia relativa alla prevenzione del rischio sismico per gli strumenti urbanistici, come viene proposta dal lavoro del C.N.R. e della Regione Lombardia sopra segnalato e dalla L. R. n. 41 del 24/11/1997.

Nel D.M. 5/3/1974 il territorio comunale di Orzinuovi, risulta inserito nella **prima fascia di pericolosità della zona sismica di II° Categoria con grado di sismicità  $S = 9$** ; tale zona, situata a SO di Brescia, corrisponde ad un'area di comprovata vulnerabilità sismica per la presenza di strutture sismogenetiche profonde (vedi figura allegata)

Inoltre detta zona sismica, insieme ad un'altra zona situata ad E di Brescia, appare inclusa in un territorio sismico molto più ampio che si estende dalla Lombardia al Veneto con una larghezza di 50 – 60 chilometri e che presenta altri settori ritenuti, se pure in forma non ufficiale, a rischio sismico.

A tale proposito si ritiene opportuno ricordare che i terremoti di intensità medio-alta in Lombardia si sono manifestati in massima parte anteriormente al 1802; in particolare nell'area sismica ora segnalata si ricordano almeno due terremoti: il primo di forte intensità che risale al 1222 con epicentro presso la città di Brescia e quello del 1802, localizzato tra Soncino, Crema e Orzinuovi .

## *8.2 Fattori di pericolosità sismica - Unità litotecniche e velocità delle onde sismiche – Coefficienti di intensità e amplificazione sismica -*

Le situazioni che possono determinare elementi di pericolosità sismica in aree pianeggianti si possono riassumere nel seguente schema:

- 1) Aree con sovrapposizioni stratigrafiche di terreni aventi caratteri litologici e proprietà meccaniche molto dissimili;
- 2) Presenza della falda idrica a profondità di **10 – 15 metri** dal suolo; è noto che il flusso di acque sotterranee nelle formazioni alluvionali quaternarie può concorrere a determinare situazioni di amplificazione sismica;
- 3) Aree con marcate irregolarità topografiche e poste in prossimità dei cigli delle scarpate.

Particolare attenzione va inoltre posta ai **fenomeni di liquefazione** dei terreni di fondazione in presenza di falda idrica.

In riferimento al punto 1) nell'area comunale di Orzinuovi vengono distinte fino alla profondità di un centinaio di metri circa le seguenti unità litotecniche (fig. 9 ):

- 1) da m 0.0 a m 15: Sabbie limose con ghiaie;
- 2) da m 15 a m 50: Ghiaia e sabbia con intercalazioni limoso- argillose;
- 3) da m 50 a m 70: Argilla;
- 4) da m 70 a m 82: Alternanza di livelli sabbiosi con livelli argillosi.

Come descritto in precedenza, nel sottosuolo del territorio prosegue poi la serie sedimentaria di età quaternaria e pliocenica di natura sabbioso-ghiaiosa e argillosa, con uno spessore dell'ordine di 600 –700 m; mantenendosi omogenei i caratteri stratigrafici del deposito alluvionale, si deduce che la velocità delle onde sismiche indotte dal basamento roccioso risulti piuttosto uniforme.

Dalla tabella della fig. 10, si può rilevare con buona approssimazione che

nei depositi alluvionali saturi, soprastanti il basamento roccioso, le onde trasversali (**V<sub>p</sub>**) si propagano con una velocità media compresa tra **1.500** e **1.600 m/sec**; nella stessa successione stratigrafica la velocità media delle onde di taglio (**V<sub>s</sub>**) raggiunge invece valori prossimi a **500 m/sec**.

Si deducono quindi nell'intervallo stratigrafico ora indicato tempi di percorrenza corrispondenti a **tp = 0,5 sec** per le onde longitudinali e a **ts = 1,4 sec** per le onde di taglio.

Considerato il grado di sismicità del luogo, si perviene al coefficiente di intensità sismica della zona secondo la relazione

$$C = (S - 2) / 100 = 0,07,$$

regolarmente prescritto dal D.M. 16/1/1996, riguardante le norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

Tenendo conto pertanto delle proprietà litologiche e meccaniche delle formazioni quaternarie e plioceniche del sottosuolo del territorio, non si riscontrano condizioni sufficienti per ritenere che possano manifestarsi localmente incrementi di rilievo dell'intensità sismica. Infatti le onde sismiche, trasmesse dal basamento roccioso alle soprastante serie alluvionale di notevole spessore e con caratteri meccanici abbastanza omogenei, tendono a propagarsi senza apprezzabili variazioni di velocità, riducendo in tal modo i fenomeni di amplificazione.

E' da ritenersi poi piuttosto limitata l'amplificazione derivante dal passaggio dell'energia sismica dalla formazione satura al livello posto al di sopra della falda che mantiene nella porzione N del territorio comunale una soggiacenza massima di m 4,00 durante i periodi più scarsi di piogge.

A carattere regionale, non essendo stati rilevati ad oggi nelle zone sismiche di pianura dati standard relativi all'amplificazione, per il territorio in esame viene proposto in forma analitica approssimata un indice di amplificazione sismica dell'ordine di **a = 2,0**, che è pur sempre da ritenersi un coefficiente di modesta entità. **Nella classificazione regionale l'area in esame viene infatti inclusa nella prima fascia di pericolosità** proprio perché, al momento delle presenti ricerche, mostra nel complesso fattori di rischio sismico piuttosto limitati.

### *8.3) Fenomeni di liquefazione di terreni granulari saturi –*

La liquefazione dei terreni incoerenti saturi è certamente uno dei più importanti effetti dei terremoti, riconducibili ai caratteri litostratigrafici del luogo. Tale fenomeno si verifica tuttavia se esistono particolari condizioni che si possono riassumere come di seguito indicato (figg. 11 e 12).

1) Presenza nei primi **10 metri** di profondità di terreni prevalentemente sabbiosi omogenei non consolidati saturi o parzialmente insaturi (sabbie e sabbie limose o argillose in elevate percentuali e caratterizzate da curve granulometriche con andamenti ben definiti); tale livello deve inoltre mantenere resistenze alla punta penetrometrica SPT inferiori a **N = 10**.

2) Presenza di strati sabbiosi o sabbioso-limosi di consistente spessore saturi o parzialmente saturi, sottoposti a un livello superficiale costituito da terreni non liquefacibili, avente lo spessore inferiore a **m 3,00** (fig. 11).

3) Il fenomeno si verifica quando la magnitudo raggiunge valori prossimi a **M = 6** con durata superiore a **t=15sec** e accelerazioni massime **C<sub>max</sub> = 0,10**.

Il diagramma di flusso e i grafici delle figg. 11 e 12 adottati da Sherif e Ishibashi (1978) per la rilevazione del potenziale alla liquefazione, sono stati riportati per confermare che il fenomeno si manifesta in particolari situazioni geofisiche.

Dai documenti in possesso si è constatato che nel territorio di Orzinuovi la formazione litologica estesa nei primi **10 - 15 metri** sotto falda risulta costituita prevalentemente da sabbia mista a ghiaie con presenza di limi in varie percentuali.

Se pure tale caratteristica litologica del sottofondo riduce in parte la probabilità della liquefazione, **non si esclude tuttavia che localmente siano presenti nell'intervallo stratigrafico considerato banchi sabbiosi con caratteri favorevoli al verificarsi del fenomeno.**

**Nel caso che da una analisi preliminare del terreno destinato alle costruzioni si riscontrassero scadenti caratteri geotecnici, tali da presupporre il rischio alla liquefazione, si riterrà necessario approfondire l'indagine geotecnica mediante l'esecuzione di prove**

**specifiche sul terreno o su campioni provenienti dai primi m 10 di profondità.**

#### **8.4) Vulnerabilità sismica – Coefficiente di protezione -**

La vulnerabilità rappresenta il possibile danno provocato dai terremoti sui fabbricati, tenendo conto delle loro tipologia, età e caratteristiche costruttive, che vengono definite da parametri convenzionali espressi in scala centesimale come indicato nella fig.. 13

Considerato che **il territorio comunale risulta incluso nella prima fascia di pericolosità** della zona sismica di II° Categoria, dalla bibliografia tematica predisposta dal C.N.R. e dalla Regione Lombardia sono state rilevate le seguenti Classi di vulnerabilità con i corrispondenti indici:

1) Classe di modesto grado di vulnerabilità con  $i \leq 20$ , comprendente parte degli edifici costruiti per lo più nel dopoguerra con solai e strutture portanti in cemento armato.

2) Classe A di alta vulnerabilità dove  $40 < i < 60$ ; in detta Classe sono classificati gli edifici più antichi dell'abitato non ristrutturati (cascinali e abitazioni), costruiti con organizzazione scatolare e con tecniche ormai superate; con una certa frequenza tali fabbricati mostrano murature con leganti poco consistenti, fondazioni per lo più superficiali e coperture in scadenti condizioni (Appartengono a tale classe alcuni edifici del centro storico in pessime condizioni di manutenzione)

Nella Carta Regionale del Rischio Sismico non sono stati rilevati nell'abitato, certamente per la loro esigua frequenza, le costruzioni appartenenti alla Classe M di media vulnerabilità, avente indice  $20 < i < 40$ .

Inoltre non sono stati riportati nella medesima carta tematica gli edifici costruiti negli ultimi **15** anni circa, realizzati in gran parte con criteri antisismici e che pertanto mantengono un indice di vulnerabilità equivalente a  $i \leq 10$ .

Assumendo pertanto come probabile il fattore di amplificazione  $a = 2,0$  sopra segnalato e facendo riferimento al diagramma e alla tabella della fig. 13 si deduce, per i fabbricati indicati nella Classe con indice di vulnerabilità

$i \leq 20$ , un tasso di danno medio annuo per cause sismiche dell'ordine di **0,15 %**, mentre per gli edifici della classe A ( $40 \leq i \leq 60$ ) tale percentuale del danno medio annuo raggiungerebbe valori prossimi a **0,45%**.

Si osserva tuttavia che al momento delle presenti indagini i dati relativi alla vulnerabilità e alla frequenza degli eventi sismici risultano ancora approssimati e incompleti; al fine quindi della determinazione del rischio sismico questi elementi assumono importanza come indicazioni di base e per il loro significato statistico.

Come riportato nelle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche (D.M. 16/1/1996), si ritiene ancora opportuno richiamare la prescrizione del coefficiente di protezione sismica corrispondente a  **$I = 1,4$**  per le opere “le cui resistenza è di primaria importanza per la protezione civile”, mentre tale indice si riduce a  **$I = 1,2$**  “per le opere che presentano un particolare rischio per le loro caratteristiche d'uso”. Il parametro di protezione sismica si manterrà equivalente a  **$I = 1,0$**  per le costruzioni che non rientrano nelle categorie sopra indicate.

**Pertanto da quanto esposto e in conformità ai DD MM 11/3/1988 e 16/1/1996 si riterrà necessario per le costruzioni procedere alle opportune indagini stratigrafiche e geotecniche, verificando in particolare sistematicamente con i metodi noti nella letteratura, oltre alla capacità di portata del terreno, anche il potenziale alla liquefazione, nel rispetto della normativa antisismica.**

## **10 - Carta dei vincoli esistenti e di sintesi (TAV. 4)**

La Carta di Sintesi costituisce il documento nel quale vengono riassunti tutti i fenomeni naturali ed antropici che in qualche modo potrebbero costituire una limitazione alle scelte urbanistiche. Realizzata alla scala 1:10.000, l'elaborato contiene gli elementi più significativi emersi nella fase di analisi.

La mancanza di fenomeni di dissesto (instabilità di versanti) e la presenza di scarpate generalmente stabili anche se di rigetto significativo come in corrispondenza del Fiume Oglio e delle Rogge principali, ha comportato una attenta valutazione di quegli elementi dell'analisi geologica che più di tutti condizionano il territorio comunale di Orzinuovi, come le aree potenzialmente soggette ad esondazione, le aree che per composizione litologica degli orizzonti superficiali sono facilmente allagabili a seguito di eventi piovosi prolungati e le aree ad elevata vulnerabilità idrogeologica.

Tale lavoro è stato inoltre rivolto all'individuazione di zone caratterizzate da scadenti proprietà geotecniche, alla delimitazione delle aree di rispetto degli elementi naturali che caratterizzano il paesaggio locale, come fontanili, canali e Rogge dotati di portate significative ai fini irrigui (Rogge di competenza del Comprensorio n° 9 "Sinistra Oglio") e l'individuazione dei laghetti artificiali (ex cave) che mettono a giorno la falda superficiale.

La Carta dei Vincoli e di Sintesi riporta anche le principali limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente idrogeologico (PAI - N.T.A. delibera 18 del 26/04/2001). Il Comune di Orzinuovi infatti, essendo delimitato verso Ovest dal corso del Fiume Oglio, presenta delle fasce di rispetto che seguono l'alveo attivo del Fiume stesso e che potenzialmente risultano più soggette ad esondazioni. Le fasce fluviali sono tre e vengono distinte nel seguente modo: "fascia A" o di deflusso della piena, "fascia B" o di esondazione, "fascia C" o aree di inondazione per piena catastrofica. Queste fasce, sono rappresentate nella cartografia seguendo la morfologia delle coste e dei terrazzi fluviali, eventuali scostamenti grafici fra le fasce riportate sulle TAV 4 e 5, rispetto a

quanto indicato nelle tavole del PAI, sono dovute alle scrupolose verifiche di campagna eseguite lungo i margini del Fiume Oglio che hanno permesso di evidenziare alcune forme topografiche legate alla morfologia fluviale che alla scala della cartografia PAI non vengono rilevate.

Da un punto di vista geotecnico i dati a disposizione, raccolti nel tempo e provenienti da più indagini penetrometriche eseguite sul territorio comunale, consentono di definire aree caratterizzate da terreni con litologie fini (limi sabbiosi), con scadenti proprietà geotecniche; tali aree corrispondono in linea di massima con quelle aree caratterizzate da alta vulnerabilità.

Ricordiamo tuttavia che le informazioni litostratigrafiche e geotecniche derivanti dalle prove eseguite, sono dati puntiformi che caratterizzano un intorno limitato dell'area indagata; pertanto si rende necessario eseguire prove geognostiche (scavi, penetrometrie, sondaggi) specifiche per la zona da indagare.

La presenza dell'acqua a modeste profondità, soprattutto per i terreni ubicati in corrispondenza del “Livello Fondamentale della Pianura” (vedi TAV. 1) contribuisce ad un peggioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, e a determinare una situazione di elevata vulnerabilità per la falda superficiale.

La prima falda libera, ospitata entro un acquifero di notevoli potenzialità ed allo stato attuale poco compromessa qualitativamente, si presenta fortemente vulnerabile in relazione alla sua limitata soggiacenza e alla natura permeabile dell'acquifero.

Nella Carta di Sintesi, vengono individuate le zone caratterizzate da “alta” vulnerabilità dell'acquifero superficiale, definita mediante i parametri classificativi suggeriti dal metodo GOD (British Geological Survey – Foster 1987)

Per gli acquiferi profondi si ritiene che la presenza di significativi livelli impermeabili garantisca un elevato grado di protezione naturale e quindi un basso grado di vulnerabilità. Tali informazioni dovranno però essere confermate da specifiche analisi chimiche su campioni d'acqua prelevati da singole falde profonde, non condizionate cioè da altre falde; al momento

attuale tali dati non sono a disposizione.

Per quanto concerne le zone di tutela dei pozzi comunali, ricordiamo che in applicazione del D.L. 152 del 11/05/99, D.L. 258 del 18/08/00 (DPR 236/88) e **D.G.R. 7/12693 del 10/04/03**, l'estensione della zona da tutelare, oltre i 10 m di rispetto assoluto, viene fissata in 200 m; all'interno di tale zona sono vietate tutta una serie di attività che sono dettagliatamente specificate all'interno delle normative indicate.

Nella Carta di Sintesi vengono inoltre riportate le aree di rispetto dei Cimiteri comunali (200 m di raggio) sia del capoluogo che frazioni, e del depuratore (100 m di raggio), comunque già identificate nelle tavole di azzonamento del PRG.

Vengono inoltre riportate, secondo un ben preciso intento dell'Amministrazione Comunale di tutelare tutte le peculiarità naturalistiche e ambientali del territorio comunale, le fasce di rispetto dei fontanili (20 m per lato a partire dal ciglio della riva), le fasce di rispetto che circondano i laghetti artificiali ex cava (20 m per lato a partire dal ciglio della scarpata) e le fasce di rispetto dei corsi d'acqua (10 m per lato a partire dal ciglio dell'argine). **Le fasce di rispetto, nelle Carte di Sintesi e di Fattibilità, per motivi di chiarezza grafica legati alla scala cartografica, sono indicate in via approssimativa, e dovranno pertanto essere individuate puntualmente sul terreno.**

Vengono inoltre tutelati con fasce di rispetto tutti i canali irrigui di competenza del Comprensorio n° 9 e indicati nell'allegato "D" della D.G.R. 25/01/2002 n° 7/7868; vengono delimitati con fasce di rispetto anche alcuni canali non compresi nell'elenco ufficiale della D.G.R., che per l'aspetto paesaggistico e le peculiarità ambientali (fontanili) che li caratterizzano, detengono un ruolo di primaria importanza nel contesto ambientale di Orzinuovi, oltre che da un punto di vista agricolo.

Tali canali sono alimentati principalmente dalle acque provenienti dalle numerose teste di fontanile presenti nella porzione Nord del territorio comunale. Al fine di non modificare la portata d'acqua che costantemente dispongono tali canali si è scelto di impedire ogni opera in grado di

peggiorare l'assetto del territorio nei pressi degli argini, ad esclusione di alcuni interventi di carattere idraulico e di manutenzione che migliorino l'efficienza del canale.

Va comunque evidenziato che le disposizioni e i vincoli derivanti dalle fasce di rispetto lungo i canali avranno valore esclusivo per i nuovi interventi sul territorio.

In particolare ai sensi della D.G.R. 25/01/2002 n° 7/7868, come modificata dalla D.G.R. 01/08/2003 n° 13950, fino a quando non verrà approvato e adottato e lo “Studio sul reticolo idrico minore”, che costituirà variante urbanistica, sulle acque pubbliche, così come definite dalla Legge 36 del 05/01/94 e relativo regolamento, valgono le disposizioni di cui al regio decreto 25/07/1904 n° 523, e in particolare il divieto di edificazione ad una distanza inferiore ai 10 m dagli argini.

Viene individuata con apposita simboleggiatura anche la porzione di territorio interessata dal Parco Oglio Nord, per il quale dovranno entrare in vigore le N.T.A.

Infine viene riportata la perimetrazione del Bacino estrattivo n° 15 che pur interessando principalmente il Comune di Orzivecchi, con l'ampliamento autorizzato dalla Provincia di Brescia, interessa in parte anche il Comune di Orzinuovi.

## 11- Fattibilità geologica per le azioni di piano (TAV. 5)

Con riferimento alla Legge Regionale 41/97 e alla Deliberazione della Giunta Regionale n. 7/6645 del 29/10/2001 che indica “*Approvazione direttive per la redazione dello studio geologico ai sensi della L.R. 41/97*”, **nel territorio di Orzinuovi vengono distinte tre classi di fattibilità geologica per le azioni di piano.**

Secondo un ben preciso intento di tutelare le peculiarità naturalistiche e ambientali del territorio comunale, è stata attribuita la classe di fattibilità 4 ad alcuni elementi caratteristici del paesaggio; tali elementi sono rappresentati dai corsi d’acqua (Rogge), i fontanili, i bacini di cava. Inoltre in corrispondenza di alcune zone adiacenti il corso del Fiume Oglio, valutate le condizioni morfologiche locali e le ripetute esondazioni verificatesi nel passato, si è deciso di impedire nuove edificazioni.

Considerato che il territorio comunale è inserito nell’elenco dei Comuni sismici (S = 9 o Zona 2) e che la falda acquifera superficiale è ubicata a modeste profondità non sono state identificate aree “senza particolari limitazioni”, corrispondenti alla classe 1<sup>^</sup>.

La carta della fattibilità è stata predisposta in scala 1: 10.000.

### ***Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni –***

L’alta pericolosità/vulnerabilità che caratterizza alcune aree del territorio comunale, comporta gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d’uso di tali zone.

In tutte le porzioni di territorio di seguito elencate, appartenenti a questa classe, **deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione (art. 3.3 D.G.R. 6645/01) e sono esclusivamente consentiti i seguenti interventi:**

1. opere tese al consolidamento e alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

*(I progetti presentati relativamente a tali opere, dovranno dimostrare l'effettivo miglioramento derivante dall'intervento prospettato).*

2. opere pubbliche e di interesse pubblico non altrimenti localizzabili.  
*(I progetti presentati relativamente a tali opere dovranno essere corredati da apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico).*
3. Per gli edifici esistenti saranno consentiti esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 31, lett. a), b) e c) della L. 457/1978.

- Appartiene a questa classe la **zona di tutela assoluta dei pozzi comunali**, destinati alla erogazione di acqua potabile.

In conformità alle prescrizioni vigenti (**D.L. 152 dell' 11/05/99** e 258 del 18/08/00 e D.P.R. 236/88) i pozzi che alimentano l'acquedotto comunale devono essere delimitati da una zona perimetrale circolare di **m 10** di raggio, definita di tutela assoluta e che deve essere adibita esclusivamente ad opere di presa e a costruzioni di servizio.

L'area deve essere recintata e dotata di canalizzazioni per lo smaltimento delle acque meteoriche; l'estensione può essere ridotta qualora la situazione morfologica o quella preesistente non consentano di rispettare il limite prescritto.

Vengono inserite in questa classe anche le **fasce di rispetto "A e B" del PAI**. Nel capitolo successivo vengono elencate tutte le attività consentite e vietate all'interno di tali fasce (si vedano a tal proposito i seguenti articoli delle **N.T.A. del PAI**: **art. 1 commi 5 e 6; art. 29 comma 2; art. 30 comma 2; art. 31; art. 32 commi 3 e 4; art. 38; art. 38 bis; art. 39 commi 1,2,3,4,5,6; art. 41).**

**Si fa presente comunque che, avendo inserito la fascia B del PAI in classe di fattibilità 4, entro tale fascia vige la normativa più restrittiva (cioè quella della classe 4 e non quella della fascia B del PAI) che non consente la realizzazione di nuove edificazioni a carattere rurale.**

Per l'elevato grado di rischio presentato dai **laghetti artificiali ex cava** dislocati sul territorio comunale, vengono vietate in tali aree tutte quelle attività che in qualche modo possano convogliare sostanze o materiali direttamente nelle acque. E' consentita invece la pesca sportiva.

In detti laghetti andrà garantito in primo luogo il regime delle acque in entrata e in uscita, così da assicurare le condizioni ambientali della flora e della fauna acquatiche esistenti.

Ricade anche in questa classe l'intero corso **dei canali la cui competenza idraulica spetta al Comprensorio n° 9 "Sinistra Oglio"** (come previsto nello studio sul reticolo idrico minore in fase di predisposizione), che nel contesto idrologico di Orzinuovi rivestono un ruolo di primaria importanza per la distribuzione delle acque irrigue, tali canali si originano principalmente dalla numerose teste di fontanile presenti sul territorio comunale o poste immediatamente a Nord, nei Comuni di Roccafranca e Comezzano Cizzago, oppure provenienti direttamente dal Fiume Oglio. Questi canali (comprese le relative bocche di derivazione non vincolate con le fasce di rispetto), vengono identificati con numerazione progressiva ed elencati in allegato.

Lungo il percorso di detti canali di competenza comprensoriale si prescrivono fasce di rispetto di **m 10 di larghezza** per lato, a partire dalla sommità degli argini. Entro queste fasce, fintanto che non verrà approvato e adottato e lo "Studio sul reticolo idrico minore", che costituirà variante urbanistica, sulle acque pubbliche, così come definite dalla Legge 36 del 05/01/94 e relativo regolamento, valgono le disposizioni di cui al **regio decreto 25/07/1904 n° 523, e in particolare il divieto di edificazione ad una distanza inferiore ai 10 m dagli argini.**

Entro i 10 m di rispetto sono invece consentiti:

1. interventi di sistemazione idraulica e riguardanti la viabilità (strade, ponti, ciclabili), di pubblico interesse, sempre che non vengano ridotte le sezioni dei corsi d'acqua o limitate le capacità di deflusso della portata di piena;
2. secondo quanto espresso nei criteri relativi alla pianificazione territoriale, in queste fasce, per ragioni di pubblico interesse, potranno ancora essere ammesse la formazione di reti tecnologiche e opere di urbanizzazione anche puntiformi che dovranno di norma risultare interrato;
3. è possibile inoltre la costruzione di recinzioni non massive, amovibili e prive di opere di fondazione come staccionate, siepi, viminate, reti ecc. che non siano da ostacolo al deflusso superficiale.

Per il particolare valore ambientale e idrogeologico in questa classe vengono inserite le **aree di salvaguardia dei fontanili**.

In particolare le aree di salvaguardia delle risorgive comprenderanno le vasche di captazione e una fascia perimetrale di rispetto di **m 20 di larghezza per lato** a partire dalla sommità delle sponde.

Come sopra riportato in merito alle fasce di rispetto dei canali e delle Rogge di competenza del Comprensorio, considerata l'importanza ambientale e idrogeologica dei fontanili, dai quali prendono origine numerose Rogge, si impone il divieto di edificazione ad una distanza inferiore ai 20 m dagli argini del fontanile, fintanto che non entrerà in vigore lo studio sul reticolo idrico minore.

In dette aree sono ammesse le normali attività agricole e saranno inoltre consentite:

- 1) le opere di manutenzione e di recupero ambientale, finalizzate alla formazione di zone a verde pubblico o privato;
- 2) le opere di sistemazione idraulica ivi compresa la viabilità ciclopeditone e l'adeguamento di quella veicolare esistente;

- 3) l'esecuzione di opere tecnologiche a rete, anche puntiformi, non altrove differibili, purchè di pubblico interesse.
- 4) l'esecuzione di recinzioni non massive, prive di strutture di fondazione, che non creino ostacolo al deflusso superficiale

Si raccomanda inoltre che nelle norme di attuazione del P.R.G. siano previste prescrizioni riguardanti:

- 1) il divieto di discarica di materiali nelle vasche di presa, nelle aste di deflusso e nelle aree perimetrali di salvaguardia;
- 2) la manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere di captazione, in massima parte rappresentate da tubi Norton infissi nel terreno, nonché delle vasche delle risorgive e dei canali di deflusso;
- 3) la tutela della flora e della fauna caratteristiche dell'ambiente dei fontanili, promuovendo al riguardo iniziative volte a migliorarne le conoscenze e a valutarne l'importanza.

Nel loro insieme tali indicazioni normative vengono richiamate allo scopo di salvaguardare sia il patrimonio naturalistico che l'aspetto paesaggistico di questi luoghi caratteristici della media pianura bresciana.

Infine sono comprese in questa classe anche le **fasce di rispetto che circondano i laghetti ex cava**; considerata l'alta vulnerabilità della cava e delle zone limitrofe, dovranno essere previste delle **fasce di rispetto di 20 m a partire dalla sommità del ciglio di scarpata**.

Secondo un ben preciso intento di tutelare le aree di cava, dovrà essere imposto il divieto di nuova edificazione ad una distanza inferiore ai 20 m dal ciglio della scarpata.

In dette aree sono ammesse le normali attività agricole e saranno inoltre consentite:

- ❖ le opere di manutenzione e di recupero ambientale, finalizzate alla formazione di zone a verde pubblico o privato;
- ❖ le opere di sistemazione idraulica ivi compresa la viabilità ciclopedonale e l'adeguamento di quella veicolare esistente;

- ❖ l'esecuzione di opere tecnologiche a rete, anche puntiformi, non altrove differibili, purchè di pubblico interesse.
- ❖ l'esecuzione di recinzioni non massive, prive di opere di fondazione, che non creino ostacolo al deflusso superficiale

Dovrà essere fatto divieto assoluto di discarica e di accumulo temporaneo di materiali estranei all'ambiente da tutelare.

### ***Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni -***

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso delle aree per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate.

Nella classe ricadono **le zone di rispetto** che si estendono in corrispondenza **dei pozzi idrici dell'acquedotto comunale**, come prescritto dal D.P.R. 236/88.

La zona di rispetto dei pozzi idrici del capoluogo e della frazione Coniolo, come previsto dalle norme, viene definita da un'area circolare di m 200 di raggio, dove l'opera di derivazione è ubicata nel centro.

E' opportuno segnalare che entro il perimetro prescritto, le attività esistenti e le nuove attività (per le nuove attività sono previsti limitazioni o divieti) sono regolamentate dal D.L. 152 del 11/05/99, D.L. 258 del 18/08/00 (DPR 236/88) e **D.G.R. 7/12693 del 10/04/03**.

Sono incluse in questa classe di fattibilità **le aree corrispondenti alla "fascia C" del PAI**. Nel capitolo successivo vengono elencate tutte le attività consentite e vietate all'interno di tale fascia (si vedano a tal proposito i seguenti articoli delle **N.T.A. del PAI**: **art. 1 commi 5 e 6; art. 29 comma 2; art. 30 comma 2; art. 31; art. 32 commi 3 e 4; art. 38; art. 38 bis; art. 39 commi 1,2,3,4,5,6; art. 41**).

**Vengono inoltre incluse in questa classe tutte quelle aree del territorio comunale con elevata vulnerabilità dell'acquifero superficiale e scadenti proprietà geotecniche.**

I fattori che hanno condizionato l'inserimento di tali aree sono i seguenti:

- superficialità della falda freatica che in seguito a eventi piovosi prolungati o nei periodi successivi alle irrigazioni estive può raggiungere una soggiacenza prossima al piano campagna.
- Le litologie superficiali limoso sabbiose poco addensate
- L'elevata vulnerabilità dell'acquifero superficiale
- Le scadenti proprietà geotecniche dei primi metri di terreno

**Tutto ciò suggerisce di imporre una attenta indagine geotecnica mediante prove penetrometriche e sondaggi geognostici sui terreni interessati da qualunque tipo di nuova struttura; in particolare diventa fondamentale conoscere le litologie presenti nello spessore di terreno interessato dalle fondazioni, il carico ammissibile sopportabile dal terreno, il piano di posa della fondazione, la profondità della falda acquifera, i possibili cedimenti ed eventuali fenomeni di liquefacibilità delle sabbie.**

**In questa classe rientrano anche tutte quelle aree che negli ultimi anni si sono dimostrate allagabili in seguito a eventi piovosi prolungati o allo straripamento di alcune Rogge. In tali aree le litologie superficiali limoso argillose offrono un elevato grado di impermeabilità alla filtrazione e quindi un elevato grado di ristagno.**

## ***Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni -***

In conformità ai criteri per la pianificazione territoriale, **la restante parte del territorio comunale è stata inclusa in questa classe**

In questa porzione di territorio comunale la falda è collocata generalmente ad una profondità maggiore che non nelle altre zone, con valori minimi di soggiacenza di circa 2,0 m. Le litologie sono generalmente

più grossolane già in superficie e i parametri geotecnici degli orizzonti litologici presenti nei primi 3 m dal piano campagna sono buoni. Nonostante la componente sabbioso limosa sia presente quasi ovunque, l'angolo di attrito interno delle ghiaie e sabbie si aggira intorno ai  $26^\circ$ . Quindi, nonostante la falda freatica in determinati periodi dell'anno (nel periodo seguente le irrigazioni estive o in seguito a prolungati eventi piovosi), possa presentarsi superficiale, le caratteristiche geomeccaniche e litologiche di tali terreni sono discrete.

Nell'eventualità che si volessero eseguire piani seminterrati, si consigliano adeguate opere di impermeabilizzazione delle fondazioni e scavi esplorativi per l'individuazione precisa del livello statico della falda.

Considerate le caratteristiche morfologiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche, nelle aree identificate in questa classe non esistono vincoli o limitazioni alle azioni di piano; tuttavia i progetti di costruzione andranno accompagnati da indagini geotecniche che prevedano prove penetrometriche e scavi esplorativi, secondo le prescrizioni contenute nella Legge n. 64/74 e nel D.M. LL. PP. 11/3/88 .

### ***Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni -***

Non sono presenti aree del territorio comunale attribuibili a questa classe di fattibilità

## **12- Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI)**

***Stralcio delle norme di attuazione (N.T.A. del PAI): art. 1 commi 5 e 6; art. 29 comma 2; art. 30 comma 2; art. 31; art. 32 commi 3 e 4; art. 38; art. 38 bis; art. 39 commi 1,2,3,4,5,6; art. 41***

### 13 - Considerazioni Conclusive

A conclusione del presente studio si ritiene opportuno in primo luogo suggerire che nelle azioni di piano venga adottato un **criterio generale di tutela e di economicità nell'uso del suolo**, tenendo presente in particolare il pregio agrario delle aree che, per la loro fertilità e per la disponibilità di acqua, permettono colture intensive e specializzate con produzioni di buona qualità.

Si vuole inoltre rinnovare la raccomandazione perché vengano presi e mantenuti provvedimenti per la tutela e la valorizzazione degli aspetti ambientali e paesaggistici del territorio con particolare riferimento alle **aree dei fontanili e dei corsi d'acqua da questi alimentati**.

Richiamando le indicazioni regionali in materia di tutela delle acque dall'inquinamento si ritiene opportuno introdurre nel nuovo regolamento edilizio la prescrizione di opere che facilitino il **deflusso delle acque meteoriche che ricadono sui piazzali e sulle strade con coperture impermeabili**. L'orientamento della Commissione Regionale prevede infatti che le acque piovane che si raccolgono nelle aree urbane vengano convogliate in parte nella rete fognaria e parte nel sottosuolo mediante pozzi a dispersione naturale. A proposito di quest'ultima soluzione si ricorda che buona parte del sottosuolo di Orzinuovi, in particolare nei primi metri di profondità, mostra litologie limoso sabbiose (poco permeabili) che non consentono una facile dispersione delle acque nel sottosuolo. Inoltre la presenza della falda superficiale a profondità che mediamente si aggira fra i – 2 m e – 3 m dal piano campagna rende spesso inefficace questo metodo di allontanamento delle acque meteoriche. Dove possibile sarebbe utile convogliare le acque piovane nei canali irrigui.

In conformità ancora alla legislazione nazionale e regionale più volte segnalata (L. 2/2/ 1974 n. 64 – D.M. 5/6/1984 – D.M. 11/3/1988 – D.M.

16/1/1996 – L.R. n. 41/1997 – D.G.R. 6/37918 del 6/8/1998), si ritiene opportuno richiamare i criteri relativi allo svolgimento delle indagini geotecniche che vanno riportati nelle **norme di attuazione del P.R.G.**

Considerato che il territorio comunale è situato in zona sismica e la variabilità litologica è notevole anche su brevi distanze, i progetti per le nuove costruzioni pubbliche e private andranno sempre accompagnati da indagini geotecniche specifiche per ogni intervento e non riconducibili a interventi eseguiti in lotti vicini..

I caratteri litologici, la profondità della falda idrica, il carico ammissibile sopportabile dal terreno, i cedimenti, il piano di posa della fondazione, i possibili fenomeni di liquefazione del terreno sottostante il piano di posa, andranno verificati con prove dirette (prove penetrometriche, scavi esplorativi, eventualmente sondaggi stratigrafici, prove in foro, ecc.).

Si rileva ancora che le norme sopra indicate prescrivono l'esecuzione di accertamenti geotecnici anche nei progetti per le costruzioni di strade e di condotte di fognatura o tecnologiche e comunque quando siano previsti scavi di apprezzabili dimensioni e che possano raggiungere o avvicinarsi al livello freatico.

**Come stabilito dall' art. 17 della Legge 2/2/74 n. 64 più volte richiamata, i risultati delle indagini devono essere illustrati in una apposita relazione tecnica da presentarsi all'Ufficio Tecnico con la documentazione necessaria per la richiesta della concessione edilizia.**

I DD. MM. stabiliscono infine che le verifiche di stabilità del terreno e delle strutture di fondazione vengano eseguite con i metodi e i procedimenti propri della letteratura geotecnica e che il piano di posa delle fondazioni non deve essere di norma localizzato nell'intervallo stratigrafico dove risultino apprezzabili le variazioni stagionali del contenuto naturale d'acqua.

**Si vuole sottolineare che il presente studio costituisce uno strumento per la pianificazione territoriale ma non può essere utilizzato per i singoli interventi che andranno analizzati puntualmente con indagini geologiche e geotecniche specifiche, programmate secondo le precisazioni contenute nelle N.T.A. e secondo le indicazioni dei D.M. LL.PP. 5/3/84 e 11/3/88.**

*Orzinuovi, 09 settembre 2004*

*Dott. Geol. Guido Torresani*

## BIBLIOGRAFIA

- BONI A. e altri (1968): “Carta Geologica d’Italia. Foglio 47 - Brescia. Scala 1:100.000” - Servizio Geologico d’Italia. Poligrafico dello Stato, Napoli.
- BONI A. e altri (1970): “Note illustrative della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:100.000. Foglio 47 - Brescia” - Servizio Geologico d’Italia, Napoli.
- BONI A. e altri (1972): “Carta Geologica delle Prealpi Bresciane a sud dell’Adamello. Scala 1:50.000” - Univ. di Pavia, Pavia.
- BRAGA G. e altri (1976): “Indagine preliminare sulle falde acquifere profonde della porzione di Pianura Padana compresa nelle province di Brescia, Cremona, Milano, Piacenza, Pavia e Alessandria” - Istituto di Ricerca sulle Acque, C.N.R., Roma.
- CACCIAMALI G.B. (1905): “Rilievo Geologico della regione tra Monticelli, Ome, Saiano” - Ateneo Brescia, Brescia.
- CACCIAMALI G.B. (1907-a): “Studi sull’Anfiteatro morenico Sebino” - Ateneo Brescia, Brescia.
- CACCIAMALI G.B. (1907-b): “Sulle glaciazioni quaternarie” - Boll. Soc. Geol. Ital., v.26, n.2, Roma.
- CASSINIS R. e altri (1989): “Il rischio sismico nel Bresciano” - Fond. Bresc. Ric. Scient. - Editoriale Ramperto.
- COZZAGLIO A. (1900): “Considerazioni geologiche sul Sebino” - Ateneo Brescia, Brescia.

- COZZAGLIO A. (1915): "Sul sistema glaciale benacense; sulla origine geologica della pianura tra l'Oglio e l'Adige" - Ateneo Brescia, Brescia.
- COZZAGLIO A. (1927): "Idrogeologia della provincia di Brescia" - L'Economia Bresciana, 1, pt.I, Brescia.
- COZZAGLIO A. (1937): "Carta Geologica della Pianura Padana tra l'Adige e il Serio" - Ist. Arti Grafiche, Bergamo.
- DENTI E. e altri (1989): "Studio Idrogeologico della pianura bresciana compresa tra i fiumi Oglio e Chiese".
- DESIO A. e altri (1966): "Carta Geologica d'Italia. Foglio 46 Treviglio. Scala 1:100.000" (II ed.). Serv. Geol. It., Roma.
- DESIO A., VILLA F. (1960): "Stratigrafia dei pozzi per acqua della Pianura Padana. 1 - Lombardia" - Univ. di Milano, Ist. di Geol., Milano.
- ENI (1972): "Acque dolci sotterranee" - Grafica Palombi, Roma.
- FAPPANI A. (1995): "Comezzano Cizzago una Comunità" - Editrice La Rosa, Brescia.
- PELOSO G.F., PESCE M. (1981): "Studio Idrogeologico della porzione di sud-est del F°46 'Treviglio' e di quella di sud-ovest del F°47 'Brescia'" - Atti dell'Ist. Geol. dell'Univ. di Pavia, Vol. XXIX.
- PERGONIG E. (1956): "Il Quaternario della Pianura Padana" - Atti del IV° Cong. INGUA, Roma.
- REGIONE LOMBARDIA - C.N.R. - "Determinazione del rischio sismico a fini urbanistici in Lombardia" - Regione Lombardia, Servizio Geologico, Giugno 1996.
- SACCO F. (1894): "L'apparato morenico del Lago d'Iseo" - Ann. R. Acc. Agricolt., I carta geol., al 100.000, Torino.

SACCO F. (1936): “Il glacialismo lombardo” - L’Universo n.8,  
n.9, n.10, Firenze.

VECCHIA . (1954-a): “I terreni glaciali pleistocenici dei dintorni  
del Lago d’Iseo” - Atti Soc. Ital. Sc. Nat., v.93, nn.1-2,  
Milano.

ZAINA I. (1968): “La Padania sepolta nel tratto bresciano” - Nat.  
Bresc. v.5, Brescia.