

## **COMUNE DI TERNO D'ISOLA**

**(Via Casolini, 7 Terno d'Isola - BG )**



### **Studio geologico di supporto alla pianificazione urbanistica (L.R. 41/1997)**

Bergamo, 29 ottobre 2002

## INDICE DEGLI ARGOMENTI

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE DEL TERRITORIO</b>	<b>4</b>
2.1	<i>Delimitazione amministrativa e caratteristiche fisiche principali</i>	4
2.2	<i>Meteoclimatologia</i>	4
2.2.1.	La temperatura dell'aria e del suolo	5
2.2.2.	Precipitazioni	6
2.2.3.	Evapotraspirazione e regime idrico dei suoli	7
<b>3</b>	<b>GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E PEDOLOGIA DEL TERRITORIO COMUNALE</b>	<b>9</b>
3.1	<i>Geologia</i>	9
3.1.1	Premessa	9
3.1.2	Le unità litologiche	9
3.2	<i>Geomorfologia</i>	11
3.2.1	Premessa	11
3.2.2	Forme e processi legati all'azione dei ghiacciai quaternari	12
3.2.3	Forme e processi legati alla circolazione delle acque superficiali	12
3.2.4	Forme e processi legati all'intervento antropico	13
<b>4</b>	<b>IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA</b>	<b>15</b>
4.1	<i>Premessa</i>	15
4.2	<i>Idrologia</i>	15
4.3	<i>Rischio idraulico</i>	16
4.4	<i>Idrogeologia</i>	19
4.4.1	Premessa	19
4.4.2	Classi di permeabilità delle unità cartografate	20
4.4.3	Approvvigionamento idrico e censimento dei pozzi idrici	20
4.4.4	Geometria degli acquiferi	21
4.4.5	Piezometria	22
4.4.6	Vulnerabilità degli acquiferi	23
<b>5</b>	<b>PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA</b>	<b>25</b>
5.1	<i>Premessa</i>	25
5.2	<i>Le classi di prima caratterizzazione geologico-tecnica</i>	26
<b>6</b>	<b>SINTESI DEI PRINCIPALI ASPETTI TERRITORIALI</b>	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>DEFINIZIONE DELLE CLASSI DI FATTIBILITÀ</b>	<b>30</b>
7.1	<i>Premessa</i>	30

---

7.2	<i>Definizione delle classi di fattibilità</i>	30
7.2.1	Classe 1: Fattibilità senza particolari limitazioni	30
7.2.2	Classe 2: Fattibilità con modeste limitazioni	30
7.2.3	Classe 3: Fattibilità con consistenti limitazioni	31
7.2.4	Classe 4: Fattibilità con gravi limitazioni	31
7.3	<i>Classi di fattibilità e studi preventivi nel territorio di Terno d'Isola</i>	31
7.3.1	Aree ricadenti in classe 1	33
7.3.2	Aree ricadenti in classe 2	33
7.3.3	Aree ricadenti in classe 3	34
7.3.4	Aree ricadenti in classe 4	35

<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>36</b>
---------------------	-----------

## **ALLEGATI**

1. Corografia dell'area (Scala 1:25.000)
2. Stratigrafie dei pozzi idrici censiti
3. Dati geognostici utilizzati per la prima caratterizzazione geologico-tecnica
4. Documentazione fotografica

## **TAVOLE**

1. Carta geomorfologica con elementi geologici e pedologici (Scala 1:5.000)
2. Carta idrogeologica (Scala 1:5.000)
3. Sezioni idrogeologiche (Scala 1:10.000)
4. Carta geologico-applicativa (Scala 1:5.000)
5. Carta di sintesi (Scala 1:5.000)
6. Carta di fattibilità delle azioni di piano (Scala 1:2.000)

## 1 INTRODUZIONE

Per determinare la vocazione d'uso delle diverse aree del territorio comunale, il Comune di Terno d'Isola ha incaricato lo scrivente di redigere il presente studio geologico di supporto alla pianificazione urbanistica e la relativa cartografia con delibera G.C n. 266 del 6 novembre 2000.

Il lavoro è stato realizzato in ottemperanza a quanto definito nella D.G.R. del 6 agosto 1998 - n. 6/37918) "*Criteria ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale secondo quanto disposto dall'art.3 della legge regionale 24 novembre 1997, n.41*", tenendo conto dei contenuti della stessa L.R. n.41/1997: "*Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti*".

Gli elementi territoriali di base (rilevati direttamente in campo e/o dedotti da un'analisi fotointerpretativa) sono riportati nelle tavole allegate in scala 1:5.000:

### Cartografia d'inquadramento

- Carta geomorfologica con elementi geologici e pedologici;
- Carta idrogeologica;
- Carta geologico-applicativa;

### Cartografia di sintesi

- Carta di sintesi;

L'analisi incrociata degli elementi geologici, pedologici, geomorfologici, idrologici ed idrogeologici ha consentito di determinare i fattori di rischio naturale intrinseco in ogni settore del territorio comunale.

Il grado di rischio naturale delle diverse aree ha consentito di suddividere il territorio comunale in settori aventi classe di fattibilità geologica delle azioni di piano differente. Per ciascuna classe di fattibilità è stato poi definito il grado di approfondimento di indagine necessario alla progettazione esecutiva delle opere sulla base della normativa vigente (D.M. 11.03.1988).

Il risultato finale di tale processo cognitivo è stata la redazione della carta di fattibilità geologica delle azioni di piano in scala 1:2.000.

Sia la cartografia d'inquadramento che quella di dettaglio derivano da rilievi in sito originali, anche se si è ovviamente tenuto conto di tutta la documentazione bibliografica e della cartografia tematica disponibile.

Le basi topografiche utilizzate per la predisposizione della cartografia tematica sono costituite da un recente rilievo aerofotogrammetrico realizzato dal consorzio dei comuni dell'Isola Bergamasca.

## 2 CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE DEL TERRITORIO

### 2.1 Delimitazione amministrativa e caratteristiche fisiche principali

Il territorio del comune di Terno d'Isola, ubicato nel settore occidentale della provincia di Bergamo, si estende per 3,99 Km<sup>2</sup> e confina con i territori dei comuni di Medolago e Chignolo d'Isola a sud, Calusco d'Adda e Carvico a ovest, Sotto il Monte e Mapello a nord e Bonate ad est (vedi allegato 1).

L'area in esame è situata al centro della cosiddetta "Isola Bergamasca" ed è suddivisibile in due settori:

- la porzione occidentale, ubicata sul cosiddetto "pianalto" o terrazzo fluvioglaciale antico, delimitata da ripide scarpate e solcata da numerose vallecole con andamento NW-SE;
- la porzione orientale, ubicata sul cosiddetto "livello fondamentale della pianura" o terrazzo fluvioglaciale recente, nella quale non si riconosce alcun reticolo idrografico naturale.

I due settori sono separati dal torrente Buliga: principale corso d'acqua che attraversa il territorio comunale con andamento N-S e che s'immette nel torrente Dordo nel territorio comunale di Madone. Il torrente Dordo confluisce, a sua volta, nel fiume Brembo nel territorio comunale di Filago.

Le quote variano tra i 259 m s.l.m. del limite nordoccidentale ed i 222 m s.l.m. del limite meridionale del territorio comunale.

L'area risulta fortemente antropizzata ed attraversata da importanti arterie di collegamento viario quali le strade provinciali N° 165 e N° 182 (con andamento est-ovest) ed il tracciato ferroviario Bergamo - Carnate - Milano, anch'esso con andamento est-ovest (vedi foto in copertina).

### 2.2 Meteorologia

L'area studiata presenta caratteristiche fisioclimatiche di transizione tra il tipo temperato continentale della pianura Padana ed il clima alpino, dove le influenze di tipo alpino sono date dalle precipitazioni elevate e dall'umidità atmosferica in estate.

Per la caratterizzazione meteo-climatica del territorio comunale di Terno d'Isola sono stati utilizzati i dati di temperatura rilevati dal 1958 al 1995 presso la stazione meteorologica della ex-Stazione Sperimentale di Maiscoltura di Bergamo (ora Sezione dell'Istituto Sperimentale per la Cerealcoltura) situata a Stezzano (BG) la cui stazione di rilevamento è localizzata nella seguente posizione:

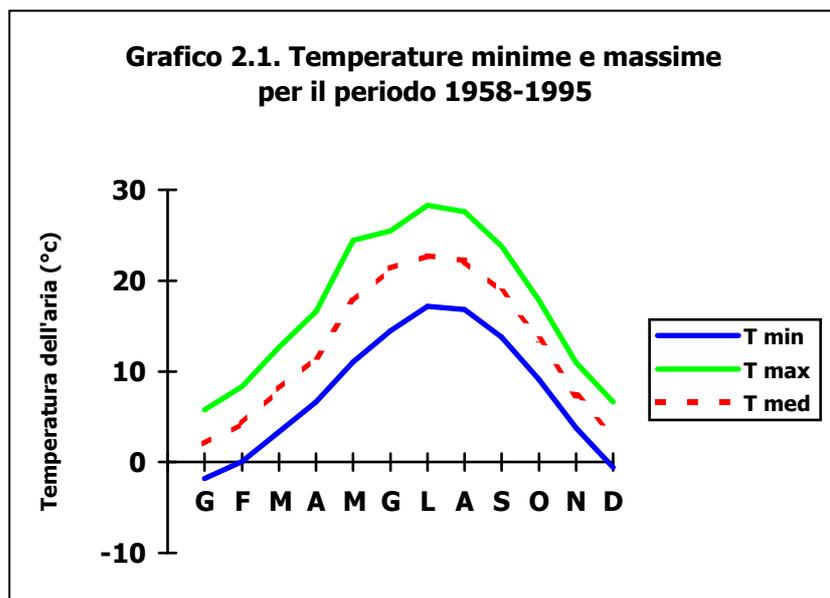
latitudine Nord: 45° 30' 38"  
longitudine Ovest: 2° 47' 40"  
quota: 218 m s.l.m.

Per quel che riguarda, invece, i dati pluviometrici sono stati utilizzati i dati relativi alla stazione meteorologica di Brembate (che si trova a 173 m s.l.m. ed a 45° di latitudine) riferiti al trentennio 1956-1985, in quanto tale stazione è più adatta alla definizione delle caratteristiche pluviometriche dell'area perché più vicina all'area di studio.

### 2.2.1. La temperatura dell'aria e del suolo

La temperatura dell'aria dipende principalmente dalla radiazione solare, dai movimenti terrestri ed atmosferici. Nelle nostre aree è da ritenersi prevalente, oltre all'effetto stagionale, quello della radiazione solare.

Le medie mensili delle temperature massime e minime relative al periodo 1958-1995 sono rappresentate graficamente nel diagramma seguente (grafico 2.1.).



**Tab. 2.1.:** Medie mensili della temperatura massima

mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
°C	5,7	8,4	12,6	16,6	24,4	25,5	28,3	27,6	23,8	17,8	10,9	6,6

**Tab. 2.2.:** Medie mensili della temperatura minima

mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
°C	-1,8	0,1	3,4	6,6	11	14,5	17,2	16,8	13,8	9,1	3,7	-0,6

Le temperature medie mensili indicano un valore massimo nel mese di luglio (a 22,75 °C) e minimo nel mese di gennaio (1,98 °C). L'escursione termica media tra il valore minimo e massimo è massima nel mese di luglio con 11,1 °C e minima nel mese di novembre con un valore medio di 7,2 °C.

Per quanto riguarda il regime termico dei suoli, importante per la classificazione dei suoli a livello di famiglie nella Soil Taxonomy Classification, i dati rilevati presso l'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura di Stezzano relativi al periodo 1951-1961 e al periodo 1958-1987, riguardanti diverse profondità di suolo indicano un regime di tipo "mesico".

Tale tipo di regime termico, definito dalla Soil Taxonomy Classification, è caratterizzato da una temperatura media annua del suolo, a 50 cm di profondità uguale o superiore a 8°C ed inferiore a 15 °C, con differenza superiore a 5°C tra le temperature medie estive ed invernali.

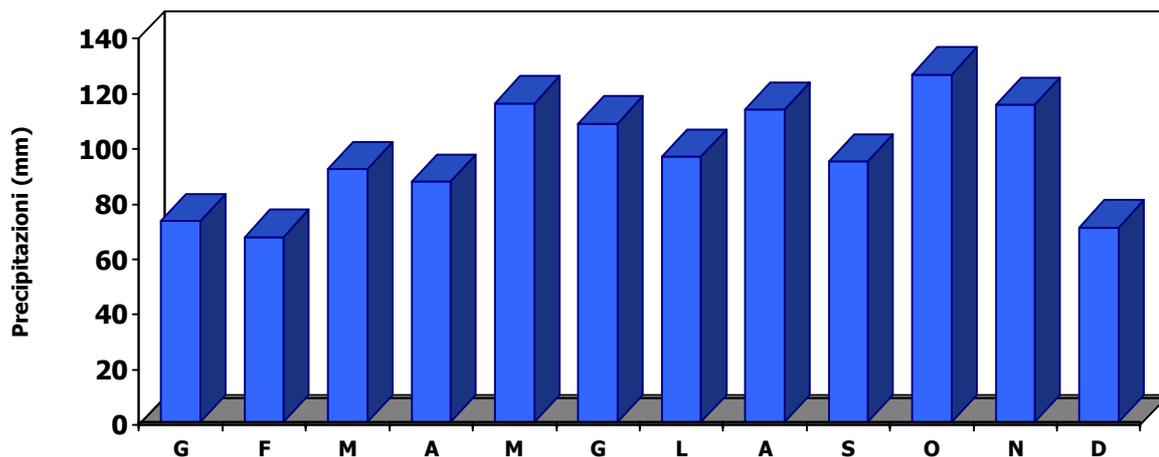
### 2.2.2. Precipitazioni

Le precipitazioni possono essere liquide o solide; nelle prime rientrano la pioggia e la rugiada, nelle seconde la neve, la grandine e la brina.

La quantità delle precipitazioni, caduta durante l'evento, si esprime in millimetri. I valori totali delle precipitazioni mensili sono dati dalla sommatoria delle singole quantità su base mensile, un millimetro di pioggia equivale ad un litro d'acqua per metro quadrato di superficie e agli effetti della pioggia caduta, 1 cm di neve fresca equivale ad 1 mm d'acqua.

L'andamento delle precipitazioni medie, su base mensile, è esposto nel grafico 2.2.:

**Grafico 2.2.: Regime pluviometrico annuo per il periodo 1956-1985**



**Tab. 2.3.:** Precipitazioni medie mensili

mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
mm	73,8	68,1	92,7	88,1	116,5	109,3	97,2	114,3	95,5	127	116	71,5

Dal diagramma emerge una sostanziale omogeneità nella distribuzione della pioggia durante l'anno con la comparsa di due massimi pluviometrici: il primo a maggio (media dei trenta anni di osservazioni 116,5 mm) ed il secondo ad ottobre (127 mm). Mentre il minimo si registra in corrispondenza del mese di febbraio (media dei trent'anni di osservazioni 68,1 mm).

Il valore totale medio delle precipitazioni nell'arco dei trentotto anni di osservazioni ammonta a 1170 mm. Il valore minimo annuale registrato è 820 mm nel 1983 ed il massimo 1642 del 1977.

### 2.2.3. Evapotraspirazione e regime idrico dei suoli

Sulla base dei dati esposti è stata calcolata l'evapotraspirazione potenziale (ovvero la quantità di acqua che evaporerebbe e traspirerebbe se il terreno rimanesse in condizione di mettere sempre a disposizione umidità alla vegetazione) secondo le formule proposte da Thornthwaite:

$$E_{pi} = K[1.6(10T_i/I)^a]$$

con  $E_{pi}$  = evapotraspirazione potenziale media mensile (in cm)

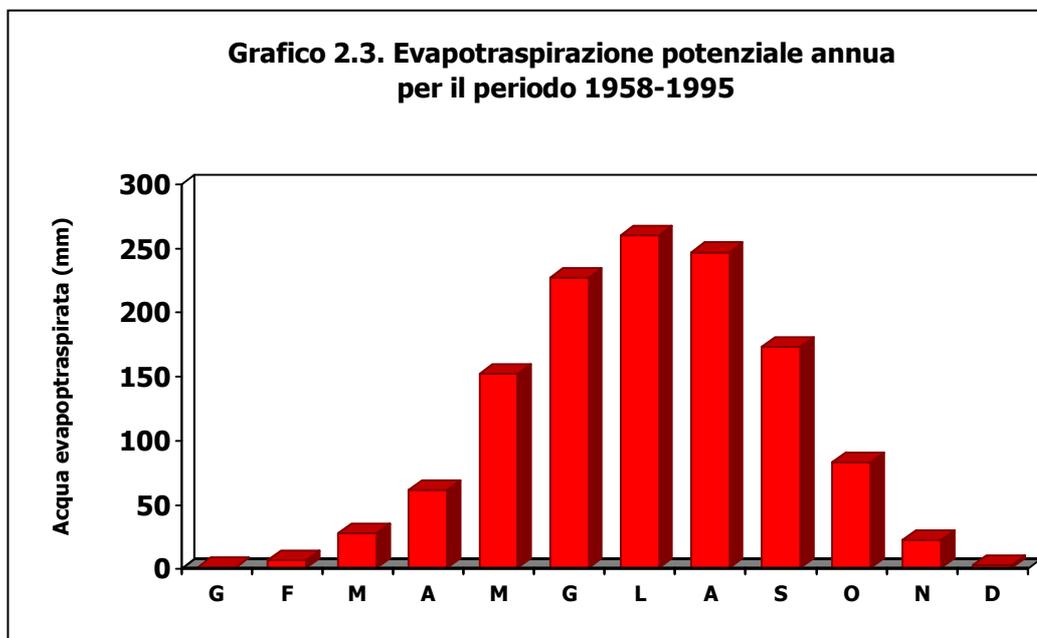
K = coefficiente di correzione di latitudine riferito al mese i-esimo

$T_i$  = temperatura media dell'aria riferita al mese i-esimo

$$a = 049239 + 1.792 * 10^{-5} I - 771 * 10^{-7} * I^2 + 675 * 10^{-9} * I^3$$

I = indice annuo di calore pari alla sommatoria degli indici termici mensili

L'andamento dell'evapotraspirazione potenziale, su base mensile, è esposto nel grafico 2.3.:



**Tab. 2.4.:** Evapotraspirazione media mensile

mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
mm	1,4	6,9	27,7	61,4	152	227,2	260,2	246,9	173,1	83,6	22,7	3,3

---

E' interessante notare l'estrema variabilità stagionale dei valori di evapotraspirazione che sono molto elevati (ben superiori ai valori delle precipitazioni) nei mesi estivi e molto ridotti (molto al disotto dei valori delle precipitazioni) nei mesi invernali.

Per quanto riguarda il regime idrico dei suoli la conoscenza del quale è importante ai fini della classificazione dei suoli secondo il sistema della Soil Taxonomy Classification, non esistono nella zona dati rilevati in modo diretto.

Tuttavia avendo come riferimento il bilancio idrico e le elaborazioni effettuate dall'ERSAL, sulla base dei dati termo-pluviometrici medi mensili rilevati presso l'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura di Stezzano, è possibile ipotizzare per l'alta pianura bergamasca e, quindi, per l'area in esame un regime idrico dei suoli di tipo "udico".

Tale regime è caratterizzato dall'assenza di un periodo continuo di completa siccità della "sezione di controllo dell'umidità" della durata di 45 gg a partire dalla data del solstizio estivo, per la maggiorparte degli'anni.

### 3 GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E PEDOLOGIA DEL TERRITORIO COMUNALE

#### 3.1 Geologia

##### 3.1.1 Premessa

La storia geologica della pianura padana è correlabile allo sviluppo delle catene montuose alpina e appenninica di cui costituisce l'avanfossa.

Il substrato di questa vasta depressione presenta un profilo asimmetrico con pendenza minore sul lato settentrionale (monoclinale pedealpina) e più accentuato al margine appenninico.

Dal Pliocene ad oggi questa depressione è stata interessata da una progressiva deposizione di sedimenti dapprima marini ed in seguito continentali.

L'evoluzione plio-quadernaria della pianura padana si può riassumere nelle seguenti fasi:

- Fase del ritiro del mare e della sedimentazione di depositi continentali fluvio-lacustri, deltizi e di piana costiera. Tale fase si è verificata tra il Pliocene superiore ed il Pleistocene inferiore;
- Fase glaciale e di deposizione dei sedimenti di origine glaciale (tilliti, diamictiti o mixtiti: depositi di origine glaciale non rielaborati dall'azione delle acque di fusione del ghiacciaio), fluvio-glaciale, proglaciale (depositi di delta) e periglaciale (loess). Tale fase si è verificata nel Pleistocene all'epoca delle cosiddette grandi glaciazioni quadernarie;
- Fase post-glaciale di sedimentazione alluvionale e di erosione, tuttora in atto.

##### 3.1.2 Le unità litologiche

In tutto il territorio comunale di Terno d'Isola affiorano unità litologiche di origine glaciale, appartenenti al bacino dell'Adda (eccetto i depositi alluvionali del T. Buliga), distinguibili in due tipologie:

- a. depositi di origine fluvio-glaciale (generalmente costituiti da ghiaie e sabbie immerse in matrice argillosa), affioranti prevalentemente nel settore orientale del territorio comunale;
- b. depositi di area periglaciale (limi argillosi con livelli clastici residuali), affioranti nel settore occidentale del territorio comunale.

Tali depositi precedentemente noti in letteratura con i termini di *Diluvium recente* (o Livello Fondamentale della Pianura) e *Ferretto* sono stati riclassificati e reinterpretati dagli autori della Carta Geologica della Provincia di Bergamo (a cura del Servizio Territorio della Provincia di Bergamo, del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di

Milano e del Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e quaternaria del CNR), pubblicata nel 2000.

Sulla base di questo nuovo strumento cartografico è stato possibile verificare in sito, tramite controlli puntuali i limiti formazionali rappresentati.

Sono pertanto distinguibili all'interno del territorio comunale di Terno d'Isola, le seguenti unità (vedi Tavola 1: carta geomorfologica con elementi geologici e pedologici):

Unità Postglaciale (Olocene): nell'area in esame è rappresentata da depositi alluvionali costituiti da ghiaie a supporto clastico, in prevalenti strati planari, sabbie, limi e argille (vedi foto 1). Tali depositi sono presenti in fasce più o meno estese lungo l'asse del torrente Buliga. Il passaggio ai depositi di origine glaciale circostanti è marcato, verso ovest, da un netto terrazzo morfologico, mentre verso est è più sfumato.

Unità di Cantù, Lobo di Carvico (Pleistocene superiore): ghiaie con ciottoli arrotondati a supporto di clasti o di matrice, con matrice sabbiosa. In termini petrografici la composizione mostra una prevalenza dei termini cristallini.

Tali depositi affiorano in prossimità del limite meridionale del territorio comunale in corrispondenza dell'incisione di un affluente destro del T. Buliga.

Unità di Carvico (Pleistocene medio - superiore): ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa; ciottoli da arrotondati a subspigolosi con diametri medi tra 4 e 15 cm (vedi foto 2 e 3, allegato 4). In termini petrografici la composizione è indifferenziata con prevalenza di rocce endogeno-metamorfiche e carbonatiche.

Tali depositi affiorano estesamente nel settore orientale del territorio comunale ad est dei depositi alluvionali del torrente Buliga e rappresentano depositi di origine fluvioglaciale, di pertinenza dell'apparato glaciale di Villa d'Adda.

Unità di Medolago (Pleistocene medio): ghiaie a supporto di matrice limoso-argillosa, pedogenizzate per tutto lo spessore dell'unità (vedi foto 4, allegato 4). La composizione petrografica dei depositi indica un'area di alimentazione estesa all'attuale bacino dell'Adda (elevata percentuale di rocce endogene e metamorfiche).

L'area di affioramento è il settore occidentale del territorio comunale ad Ovest del torrente Buliga.

Si tratta di depositi fluvioglaciali associati a fronti moreniche e ricoperti da depositi loessici.

Unità di Sotto il Monte (Pleistocene inferiore): limi argillosi con livelli a clasti residuali fortemente pedogenizzati (si tratta dei depositi noti in letteratura con il termine di "Ferretto").

L'area di affioramento è il settore nord-occidentale del territorio comunale, ad Ovest del torrente Buliga.

Si tratta di depositi loessici e colluviali.

## 3.2 Geomorfologia

### 3.2.1 Premessa

Dal punto di vista metodologico, per l'analisi geomorfologica del territorio comunale di Terno d'Isola, si è fatto riferimento alla legenda geomorfologica ad indirizzo applicativo proposta dall'Ordine dei Geologi della Lombardia sul n° 7 del Notiziario dell'Ordine dei Geologi della Lombardia "Professione Geologo" del novembre 1998, che classifica le forme ed i processi geomorfici in funzione di:

1. **agente morfodinamico:** ad esempio acque correnti superficiali, gravità, attività antropiche, ecc...
2. **tipo di fenomeno:** ad esempio orlo di scarpata di frana, detrito di versante, corpo di frana ecc...
3. **stato di attività:** attivo, quiescente o inattivo.

In particolare lo studio geomorfologico del territorio (vedi tav. 1: carta geomorfologica con elementi geologici e pedologici) si è articolato in due distinte fasi.

In primo luogo è stata effettuata un'osservazione del territorio mediante l'analisi delle fotografie aeree a scala 1:6.700 e 1:4.600, messe a disposizione dal Comune di Terno d'Isola e realizzate il 16 luglio 1997 dalla ditta *Serma s.r.l. Misure Ambientali*.

In secondo luogo si è proceduto ad un rilievo di campagna allo scopo di verificare quanto determinato dalla fotointerpretazione e per identificare altri fenomeni non visibili alla scala delle fotografie aeree.

Dal punto di vista morfologico nel territorio comunale di Terno d'Isola si distinguono nettamente due settori:

1. l'area caratterizzata da profonde incisioni vallive all'interno dei depositi loessici presenti ad Ovest del torrente Buliga;
2. l'area caratterizzata dall'assenza di reticolo idrografico naturale, ubicata sui depositi ghiaiosi fluvio-glaciali presenti ad Est del t. Buliga;

In entrambe le aree gli aspetti geomorfologici sono connessi all'azione dei ghiacciai quaternari, che hanno trasportato i sedimenti presenti nell'area. La deglaciazione ha, poi, provocato il trasporto e la parziale erosione di tali sedimenti, generando una morfologia fluviale che si è sovrapposta su quella glaciale.

In tutto il territorio esaminato i principali agenti morfogenetici sono risultati il ghiaccio, l'acqua e l'uomo; quest'ultimo ha influito (fino dall'antichità) sul paesaggio accelerando o ritardando alcuni processi naturali e, spesso, cancellando le forme naturali per adeguare il territorio alle proprie esigenze.

### 3.2.2 *Forme e processi legati all'azione dei ghiacciai quaternari*

L'azione delle grandi glaciazioni quaternarie ha svolto il fondamentale ruolo di trasporto dei sedimenti, che attualmente costituiscono il substrato del territorio comunale di Terno d'Isola.

I depositi legati alle glaciazioni più antiche affiorano nel settore occidentale del territorio comunale e sono generalmente delimitati ad est da una netta scarpata morfologica con dislivelli compresi tra 10 e 25 m (vedi foto 5, allegato 4).

Tale "pianalto" o "terrazzo a ferretto" trae origine dalla deposizione colluviale e loessica (depositi fini di origine eolica e di fase interglaciale) che, per motivi di carattere topografico, non ha subito troncatura o cancellazione da parte degli eventi fluviali o fluvioglaciali successivi.

Nel settore orientale del territorio comunale si è invece, sentita l'azione di eventi glaciali successivi, che hanno asportato ed in parte ricoperto con i propri sedimenti i depositi glaciali correlabili con gli eventi precedenti.

Qui la dinamica fluvioglaciale dei torrenti generati dallo scioglimento dei ghiacciai dell'ultima grande glaciazione quaternaria ha portato alla sedimentazione dei depositi più grossolani presenti noti in letteratura con il termine di Diluvium recente o Livello Fondamentale della Pianura.

### 3.2.3 *Forme e processi legati alla circolazione delle acque superficiali*

Anche per quanto riguarda questo fondamentale agente morfogenetico, le caratteristiche granulometriche dei depositi presenti nei due settori del territorio comunale di Terno d'Isola e la diversa quota altimetrica cui si sono trovati i depositi fini presenti nel settore occidentale, hanno prodotto risultati completamente differenti.

Nel settore occidentale l'acqua ha agito scavando profonde incisioni: in quest'area sono infatti riconoscibili numerosi solchi di ruscellamento concentrato (con direzione WNW-ESE prevalente) delimitati lateralmente da alte scarpate di erosione (vedi foto 6, allegato 4).

Il drenaggio, di tipo subangolare; presenta ancora un elevato grado di naturalità.

L'erosione operata dalle acque superficiali ha prodotto numerose scarpate d'erosione, che localmente possono essere soggette a fenomeni di instabilità per scalzamento al piede (vedi foto 7, allegato 4).

Nel settore orientale l'intensa opera di regimazione delle acque superficiali ha ridotto il ruolo di agente morfodinamico svolto dall'acqua stessa.

La piana alluvionale del torrente Buliga separa i due settori.

In quest'area l'azione svolta dalle acque superficiali ha prodotto numerose forme ben riconoscibili: gli orli di scarpata di erosione lungo l'asta torrentizia, l'area depressa ai lati

dell'attuale tracciato fluviale e i paleomeandri (che rappresentano le divagazioni del percorso del torrente ormai abbandonate dal corso d'acqua).

L'analisi della circolazione idrica superficiale consente, inoltre, di mettere in evidenza le zone caratterizzate da ristagno d'acqua (vedi foto 8, allegato 4): probabilmente legato alla presenza di unità litologiche più fini, e quindi meno permeabili, o a fenomeni di locale impermeabilizzazione degli orizzonti superficiali, in seguito alle pratiche agricole di spargimento dei reflui zootecnici.

### 3.2.4 *Forme e processi legati all'intervento antropico*

Le forme attribuibili all'intervento antropico sul territorio sono dovute alla necessità dell'uomo sia di creare manufatti (urbanizzazione, infrastrutture di trasporto, aree estrattive in cui reperire il materiale di costruzione, ecc...), sia di rendere i manufatti sicuri (argini per proteggere i manufatti dai rischi di esondazione dei corsi d'acqua, muri di sostegno, ecc...), sia di modellare il territorio per renderlo più adatto alle esigenze produttive.

In queste grandi categorie sono inseribili tutte le forme di intervento antropico riconosciute nel territorio di Terno d'Isola.

Il primo intervento di pianificazione territoriale di cui nella zona restano tracce è il piano di suddivisione agraria (o centuriazione) attuato dai romani all'*ager publicus*, terra dello stato.

La dimensione normale di una centuria era un quadrato di 710 m (o 200 *iugera*: lo *iugerum* era l'appezzamento di terreno che poteva essere arato in una giornata da una coppia di buoi: deriva da *iugum* che significa giogo) di lato.

L'intensa parcellizzazione del territorio nelle aree centuriate permane anche nell'attuale paesaggio, con tracce dirette ed indirette. L'indagine aerofotografica contribuisce in modo sensibile al riconoscimento delle tracce della primitiva suddivisione in centurie del territorio. Gli indizi, normalmente utilizzati per evidenziare le tracce della centuriazione romana, sono costituiti da allineamenti di strade e di canali con evidente disposizione in maglie regolari con lato di 710 m o multipli di questa misura. In particolare attraverso la fotointerpretazione è possibile riconoscere le antiche vie di drenaggio, anche se si trovano attualmente interrato, grazie alla loro maggiore umidità ed al loro maggior carico umico, che ne rende più rigogliosa la vegetazione soprastante.

Per quel che concerne il territorio comunale di Terno d'Isola è possibile riconoscere un duplice intervento di centuriazione:

1. un primo intervento di centuriazione realizzato a partire dall'89 a.c. che presenta un'orientazione est - ovest;

- 
2. il secondo intervento di centuriazione di età augustea (posteriore e quindi più evidente) presenta invece un'orientazione ENE - WSW.

Altri interventi antropici sul territorio sono rappresentati dalle diverse opere di rettifica e di canalizzazione dei corsi d'acqua (resisi necessarie per meglio regolare il deflusso delle acque, sia per ridurre i rischi di alluvionamento, sia per meglio utilizzare a scopi agricoli le acque), dagli interventi di asportazione del suolo e di scarico sul suolo di materiali di diversa origine.

Infine l'intervento antropico più significativo che si può riconoscere nell'area studiata è l'intensa urbanizzazione del territorio ad uso residenziale ed industriale, oltre all'intrecciato reticolo di infrastrutture viarie: su circa 4 kmq di superficie comunale ben 1,5 kmq (pari al 37,5% del totale!) sono talmente urbanizzati da aver cancellato qualsiasi forma naturale preesistente.

## 4 IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

### 4.1 Premessa

La conoscenza delle modalità di circolazione idrica superficiale e sotterranea è fondamentale per qualsiasi intervento di pianificazione territoriale.

Se da una parte la risorsa idrica sotterranea inalterata è sempre più rara e quindi da proteggere e salvaguardare, dall'altra la mancata manutenzione di fossi e canali ed il non rispetto di semplici regole di salvaguardia degli alvei naturali possono essere causa di fenomeni di alluvionamento.

### 4.2 Idrologia

La rete idrografica che attraversa il territorio comunale di Terno d'Isola, può essere suddivisa e descritta in due settori nettamente distinti e separati tra loro dal torrente Buliga:

- a) l'area ad ovest del torrente Buliga: caratterizzata da un discreto grado di "naturalità", con un andamento subangolare del reticolo idrografico;
- b) l'area ad est del torrente Buliga, nella quale l'intensa opera di rettifica effettuata nel corso degli anni, per rendere più facilmente fruibile l'acqua a scopo irriguo e per consentire l'espansione edilizia e residenziale, ha modificato il flusso naturale dell'acqua incanalandolo in assi rettilinei (rogge).

La qualità delle acque superficiali nel territorio comunale di Terno d'Isola non è nota direttamente, dal momento che non esistono analisi specifiche sulle acque del T. Buliga.

Tuttavia, essendo il torrente Buliga un affluente sinistro del T. Dordo ed essendo la qualità delle acque di quest'ultimo regolarmente controllata dal servizio Territorio e Ambiente della Provincia di Bergamo, si possono estrapolare, in termini puramente indicativi, i dati alle acque del T. Buliga.

In particolare sono stati pubblicati in rete (nel sito web della Provincia di Bergamo) i dati relativi al T. Dordo per il biennio 1998/1999 che sono riassunti nella seguente tabella:

Ossigeno disciolto di sat. (%)	40
BOD5 (mg/l)	5
COD (mg/l)	5
Azoto ammoniacale (mg/l)	5
Nitrati (mg/l)	10
Fosforo totale (mg/l)	10
Coliformi fecali	5
<b>Totale punteggio macrodescrittori</b>	<b>80</b>
<b>I.B.E.</b>	<b>3,37</b>
<b>STATO ECOLOGICO</b>	<b>CLASSE 5</b>
<b>STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE</b>	<b>PESSIMO</b>

Tabella 4.1.: qualità delle acque superficiali del T. Dordo in comune di Filago

L'I.B.E. (indicatore biologico esteso) indica la ricchezza biologica del corso d'acqua (valori alti sono tipici di acque non inquinate e viceversa).

Da tale indice discende la descrizione dello stato ecologico.

Lo stato generale della qualità ambientale dipende, invece, dall'interpolazione dei dati chimici e chimico-fisici con lo stato ecologico.

Tali dati, pur indicativi ed estrapolati da dati di carattere più generale, mostrano un quadro certamente preoccupante. Per tale motivo si consiglia di effettuare un approfondimento sul tema effettuando prelievi ed analisi in corrispondenza del limite nord e del limite sud del territorio comunale, anche per evidenziare l'eventuale carico inquinante immesso da eventuali scarichi civili e/o industriali presenti nel territorio comunale.

#### 4.3 Rischio idraulico

La definizione delle aree a rischio di esondabilità costituisce sicuramente un aspetto delicato in quanto soggetto ad incertezze notevoli e di varia natura.

Le osservazioni in merito alle caratteristiche di esondabilità del T. Buliga sono basate su osservazioni geomorfologiche e su quanto riportato nella relazione idraulica di supporto al "Progetto di rifacimento del ponte sul torrente Buliga in corrispondenza della S.P. 163", redatta dall'Ing. Algeri nel 1994.

Data la limitata importanza di questi corsi d'acqua, non esistono stazioni di misura delle altezze idrometriche e delle portate e non sono quindi disponibili dati sui deflussi ordinari o su quelli di piena.

La determinazione delle portate di massima piena in corrispondenza del nuovo ponte sulla S.P. 163 (in prossimità del limite meridionale del territorio comunale) è stata effettuata ricorrendo a metodi empirici, in particolare sono stati utilizzati i metodi di **Forti** e di **Giandotti**.

**Forti** propone:

$$Q_m = \frac{a * 500}{S_b + 125} + b \quad (4.1.)$$

$Q_m$  è la portata massima a carattere catastrofico

$a$  e  $b$  sono coefficienti che dipendono dall'altezza massima delle precipitazioni cadute sul bacino in 24 ore (e nel caso specifico valgono rispettivamente 3,25 e 1)

$S_b$  è la superficie del bacino in Km<sup>2</sup> (pari a 12,93 Km<sup>2</sup>).

Nel caso del bacino del T. Buliga, ipotizzando precipitazioni superiori a 400 mm in 24 ore (evento eccezionale) risulterà:

$$Q_m = \frac{a * 500}{S_b + 125} + b = 27,15 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Giandotti** propone :

$$Q_m = 333 * \phi * \frac{h * S}{t_c} \quad (4.2.)$$

dove:

$\phi$  è coefficiente di deflusso

$Q_m$  è la portata massima a carattere catastrofico

$t_c$  è il tempo di corrivazione ed è dato dalla formula (4.3)

$S$  è la superficie del bacino in Km<sup>2</sup>

$h$  è l'altezza di precipitazione pioggia critica

$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5 * L}{0,8 * \sqrt{H_m}} \quad (4.3.)$$

con:

$L$  = lunghezza dell'asta principale del torrente (espressa in Km)

$H_m$  = altezza media del bacino (espressa in m)

Nel caso del bacino in esame risulterà pertanto:

$$\phi = 0,125$$

$$S = 12,93 \text{ km}^2$$

$$h = 71,31 \text{ mm}$$

$$t_c = 1,72 \text{ h}$$

$$L = 5,45 \text{ km}$$

$$H_m = 270 \text{ m}$$

da cui

$$Q_m = 27,95 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

Il valore di portata di massima piena calcolato secondo i due metodi sopradescritti varia tra 27,15 m<sup>3</sup>/s e 27,95 m<sup>3</sup>/s.

Tali valori sono in buon accordo tra loro.

Viste le caratteristiche geometriche dell'alveo del torrente alla portata massima (27,95 m<sup>3</sup>/s) corrisponde una velocità della corrente di 2,36 m/s ed un'altezza massima di 1,2 m.

Tali valori confermano la scarsa probabilità, dal punto di vista strettamente idraulico, di eventuali rischi di esondazione in prossimità del T. Buliga.

L'analisi geomorfologica dell'area ha tuttavia messo in evidenza la presenza di una piana di esondazione (costituita da depositi alluvionali) delimitata ad ovest dalle pendici del cosiddetto "pianalto" e ad est da un blando dislivello rispetto ai depositi del livello fondamentale della pianura. Tale piana è caratterizzata dalla presenza di paleoalvei (che indicano antiche direzioni di flusso del torrente).

Questa zona presenta pertanto un moderato rischio di alluvione, per tale ragione pur non indicandolo sulla carta idrogeologica, se ne terrà conto in fase di definizione della zonazione di fattibilità del territorio comunale.

## 4.4 Idrogeologia

### 4.4.1 Premessa

Conoscere i meccanismi di circolazione idrica sotterranea consente di programmare adeguatamente gli interventi di pianificazione territoriale ai fini della salvaguardia della risorsa ed a scala più locale di quantificare i rischi connessi alla presenza di acqua nella costruzione di opere in sotterraneo.

A tale scopo si è proceduto ad un'indagine idrogeologica, così articolata:

- valutazione della permeabilità superficiale dei terreni affioranti nel territorio comunale di Terno d'Isola, sulla base di considerazioni granulometriche desunte dalle stratigrafie di pozzo, dalla bibliografia disponibile e dalla documentazione messi a disposizione dall'ufficio tecnico comunale (vedi Tabella 4.2.);
- censimento dei pozzi esistenti sul territorio comunale (vedi tabella 4.3.);
- creazione di un archivio informatizzato di tutti i dati stratigrafici rinvenuti, relativi ai pozzi presenti sul territorio comunale e loro georeferenziazione con coordinate chilometriche (vedi allegato 2);
- ricostruzione della struttura idrogeologica del territorio comunale e di un significativo intorno (che comprende il territorio dei comuni confinanti), tramite l'elaborazione di due sezioni idrogeologiche (vedi Tavola 3);
- ricostruzione dell'andamento delle linee isopiezometriche e della soggiacenza della falda freatica (utilizzando dati bibliografici ad integrazione dei dati forniti dal Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca);
- definizione delle fasce di rispetto dei pozzi idrici ad uso idropotabile a norma del D.P.R. 24 maggio 1988, n° 236 e della D.G.R. n. VI/15137 del 27 giugno 1996;
- redazione della carta idrogeologica, nella quale sono riportati tutti gli elementi sopracitati, oltre alle reti acquedottistica e fognaria (vedi Tavola 2).

#### 4.4.2 Classi di permeabilità delle unità cartografate

Le unità litologiche costituenti il substrato dell'area studiata sono state suddivise nelle seguenti classi di permeabilità:

Classe di permeabilità	Valori di permeabilità	Unità litologiche
Scarsa	$K < 10^{-3}$ cm/s	Unità di Sotto il Monte, unità di Medolago, unità di Cantù
Media	$10^{-2} < K < 10^{-3}$ cm/s	Unità di Carvico
Elevata	$K > 10^{-2}$ cm/s	Unità post-glaciale

Tabella 4.2.: classi di permeabilità.

#### 4.4.3 Approvvigionamento idrico e censimento dei pozzi idrici

Per la raccolta dei dati relativi alla situazione dell'approvvigionamento idrico del comune è stata consultata la documentazione disponibile presso l'ufficio tecnico del comune di Terno d'Isola, il dipartimento di prevenzione dell'U.O. Igiene, Sicurezza e Medicina Preventiva Ambito n. 2 della ASL della Provincia di Bergamo, il Servizio Tecnico Amministrativo Provinciale, ufficio del Genio Civile di Bergamo, il Consorzio di Bonifica della Provincia di Bergamo, l'ufficio acque della Provincia di Bergamo.

N.	Proprietario	Stato	Profondità	Stratigrafia	Coordinate	
					X	Y
1	Acq. Com. di Terno	Attivo	175	Si	1540830	5059215
2	Acq. Com. di Terno	Attivo	190	Si	1540760	5059115
3	Acq. Com. di Terno	DisMESSO	102	Si	1540775	5059165
4	Privato (Metallurgica Berera)	Attivo	155	Si	1542290	5059665
5	Privato (Allev. Cavalli Valsassina)	Attivo	80	No	1540020	5058790
6	Privato (F.M.B. S.p.A.)	Attivo	178	Si	1541220	5059580

Tabella 4.3: pozzi censiti

#### 4.4.4 Geometria degli acquiferi

Le stratigrafie dei pozzi inventariati nel corso di questo studio e di altri presenti nei comuni limitrofi, hanno permesso di tracciare due sezioni idrogeologiche (vedi Tavola 3): una con orientazione Ovest - Est (Sezione I-I') ed una con orientazione Nord - Sud (Sezione II- II').

Tali sezioni si incrociano in corrispondenza del centro urbano di Terno d'Isola e forniscono un'adeguata rappresentazione delle caratteristiche idrogeologiche dell'area in esame (per l'esatta ubicazione si veda la Tavola 2).

La stesura delle sezioni idrogeologiche è di fondamentale importanza per la comprensione dell'assetto idrogeologico di qualsiasi area oggetto di uno studio di questo tipo. Esse hanno il compito di rappresentare le geometrie dei corpi del sottosuolo, fino alle profondità consentite dai pozzi che vengono presi come punti di riferimento per la correlazione di livelli che appartengono alle medesime litozone.

Lo scopo principale è quindi quello di mettere in evidenza le diversità non solo litologiche, ma soprattutto di comportamento idrogeologico delle differenti unità.

Secondo la geometria evidenziata dalle sezioni sono riconoscibili a partire dal basso le seguenti unità idrogeologiche:

- **Unità villafranchiana:** è costituita da sedimenti argilloso-limosi depositatisi in ambiente continentale in facies fluviale, palustre e costiera, nella fase di regressione marina dovuta ai movimenti orogenetici recenti che, a partire dal Miocene, hanno interessato la catena Sudalpina.  
Dal punto di vista idrogeologico questa unità è sede di alcuni acquiferi profondi ed è caratterizzata da valori di permeabilità intorno a  $10^{-3}$  cm/s.
- **Unità del "Ceppo dell'Adda":** è costituita in prevalenza da conglomerati anche se verso letto tendono a diventare importanti le intercalazioni argillose. E' sede dell'acquifero confinato dal quale attingono buona parte dei pozzi pubblici della zona ed ha una potenza complessiva variabile tra i 70 e i 90 m.  
Dal punto di vista idrogeologico è sede dei più importanti acquiferi captati nella zona in esame proprio in virtù dell'elevata permeabilità che la caratterizza ( $10^{-1}$  cm/s) e delle conseguenti rese dei pozzi che la intercettano.
- **Unità' fluvioglaciale antica:** laddove affiora è nota in letteratura come "ferretto" a causa della profonda alterazione superficiale delle ghiaie e delle sabbie in limi ed argille di colore rossastro. E' direttamente a contatto con il sottostante "ceppo" e nella zona affiora nel settore occidentale del territorio comunale ed è costituita da ghiaie, sabbie e limi profondamente alterati. Ha spessore variabile fra 40 e 20 m.

Dal punto di vista idrogeologico è di scarsa importanza: i valori di permeabilità ( $10^{-3}$  cm/s) che la caratterizzano, fanno sì che la sua presenza rappresenti una discreta protezione per gli acquiferi sottostanti, diminuendone la vulnerabilità.

- **Unità fluvioglaciale recente:** nota in letteratura come "Livello Fondamentale della Pianura", è costituita da depositi ghiaiosi e sabbiosi. In genere di spessore modesto, può raggiungere spessori ragguardevoli solo in prossimità delle incisioni dei fiumi Adda e Brembo. È direttamente a contatto con il sottostante "ceppo" e nella zona affiora nel settore occidentale del territorio comunale ed è costituita da ghiaie, sabbie e limi profondamente alterati. Ha spessore variabile fra 40 e 20 m.

Dal punto di vista idrogeologico è di scarsa importanza, dal momento che costituisce i sedimenti non saturi al di sopra del livello piezometrico, fatta eccezione per le zone adiacenti i fiumi Adda e Brembo. L'assenza di orizzonti litologici fini che garantiscano una certa protezione dalla percolazione di inquinanti e l'elevata permeabilità dei depositi ( $10^{-2}$  cm/s) rende le eventuali falde presenti non sfruttabili a fini domestici, ma solo per usi agricoli ed industriali.

#### 4.4.5 Piezometria

La carta idrogeologica (Tavola 2) riporta l'andamento della superficie piezometrica della prima falda in corrispondenza del territorio esaminato.

Le isopiezometriche presentano un andamento non uniforme della superficie della falda freatica. Si può tuttavia mettere in evidenza:

- che la direzione generale di flusso delle acque segue va da N a S;
- la presenza di un asse di drenaggio sotterraneo con orientazione NE-SW, che altera localmente il flusso sotterraneo;
- la superficie della prima falda si colloca a una profondità media di circa 50 m dal piano campagna;
- la presenza di orizzonti litologici fini nel settore occidentale del territorio comunale non influenza l'andamento delle linee isopiezometriche;
- il gradiente idraulico della falda ha valori medi per il territorio comunale di Terno d'Isola di circa il 2%, anche se varia considerevolmente da punto a punto;

#### 4.4.6 Vulnerabilità degli acquiferi

I sistemi acquiferi individuati sono indipendenti in quanto separati tra loro da intercalazioni argillose arealmente continue.

L'acquifero libero del primo sistema è caratterizzato da un'elevata vulnerabilità agli inquinanti veicolati dalle acque di infiltrazione meteorica e dalle acque disperse dai torrenti e dai canali di irrigazione, dal momento che pur essendo presente un'elevata frazione fine nei depositi superficiali, questi ultimi non rappresentano un valido ostacolo alla percolazione di inquinanti.

Gli acquiferi più profondi captati per usi potabili, situati nei depositi dell'unità del Ceppo dell'Adda", presentano una discreta protezione fornita dai depositi argillosi appartenenti alla sovrastante unità fluvioglaciale antica.

Come previsto dal D.P.R. 236 del 24 maggio 1988 relativo alla "Attuazione della direttiva CEE n. 80/778 riguardante la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'Art. 15 della legge 16 aprile 1987, n.183", confermato dal comma 7 art. 21 del D.L. 152/1999, e delle indicazioni contenute nella Circolare della Regione Lombardia 38/SAN/83 e della D.G.R. n. VI/15137 del 27 giugno 1996 riguardante le "Direttive per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee (pozzi e sorgenti) destinate al consumo umano", si sono individuate le zone di salvaguardia per i pozzi destinati al consumo umano presenti sul territorio comunale.

Di seguito si riporta quanto previsto dalla legge per le aree di salvaguardia dei pozzi le cui acque siano destinate al consumo umano.

##### Zona di tutela assoluta

La zona di tutela assoluta circonda la captazione con un'estensione di raggio non inferiore a 10 metri. Tale zona deve essere recintata, devono essere raccolte ed allontanate le acque superficiali e devono essere previsti interventi di difesa da eventuali fenomeni di esondazione dei corpi idrici superficiali.

La zona di tutela assoluta è adibita esclusivamente alle opere di presa ed a costruzioni di servizio (eventuale impianto di trattamento delle acque).

##### Zona di rispetto

La legge stabilisce due diverse modalità per la definizione della zona di rispetto: il criterio idrogeologico e quello geometrico.

Nel caso in esame, in assenza di uno studio geologico di dettaglio relativo alle zone di captazione, si è proceduto alla delimitazione della zona di rispetto secondo il criterio geometrico, individuando un cerchio di raggio non inferiore ai 200 metri, con centro nel punto di captazione.

Nella zona di rispetto sono vietate le seguenti attività o destinazioni (Art. 6 D.P.R. 236/88):

- 
- a. dispersione, ovvero immissione in fossi non impermeabilizzati, di reflui e liquami anche se depurati;
  - b. accumulo di concimi organici;
  - c. dispersione nel sottosuolo di acque bianche provenienti da piazzali e strade;
  - d. aree cimiteriali;
  - e. spargimento di pesticidi e fertilizzanti;
  - f. apertura di cave e pozzi;
  - g. discariche di qualsiasi tipo, anche se controllate;
  - h. stoccaggio di rifiuti, reflui, prodotti, sostanze chimiche pericolose, sostanze radioattive;
  - i. centri di raccolta, demolizione e rottamazione autoveicoli;
  - j. impianti di trattamento rifiuti;
  - k. pascolo e stazzo di bestiame.

Nelle zone di rispetto è vietato l'insediamento di fognature e pozzi perdenti; per quelli esistenti si adottano, ove possibile, le misure necessarie per il loro allontanamento.

## 5 PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

### 5.1 Premessa

La caratterizzazione geologico-tecnica di dettaglio delle unità litologiche individuate, richiederebbe la conoscenza di parametri geotecnici dei terreni determinabili soltanto mediante l'esecuzione di prove in situ e di laboratorio specifiche, che in questa fase di approfondimento non si giustificano.

Si è pertanto proceduto alla caratterizzazione geologico-tecnica del territorio comunale sulla base di quanto desunto dai rilievi di campagna (descritti nelle tavole 1 e 2) ed in funzione dei dati di prove in situ forniti dall'amministrazione comunale.

I dati riportati nell'allegato 3: "*Dati geognostici e geotecnici utilizzati per la prima caratterizzazione geologico-tecnica*" sono ubicati in corrispondenza di diverse aree del territorio comunale che appartengono ad unità geologiche nettamente distinte (vedi Tavola 4: "*Carta di prima caratterizzazione geologico-tecnica*" per l'ubicazione).

Una serie di dati stratigrafici (da pozzi e sondaggi), penetrometrici e granulometrici si riferiscono a perforazioni ed analisi effettuate in diverse zone del settore orientale del territorio comunale, dove sono presenti le unità litologiche dell'Unità di Carvico appartenenti al "Livello Fondamentale della Pianura" (o "Diluvium recente").

Dati ricavabili dalla descrizione stratigrafica di un pozzo idrico hanno permesso di caratterizzare i terreni appartenenti all'unità post-glaciale, qui rappresentata dai depositi alluvionali del T. Buliga.

Infine dati stratigrafici di pozzo (per quanto riguarda i terreni dell'Unità di Medolago) e dati penetrometrici e prove di carico su piastra (per quel che riguarda i terreni dell'unità di Sotto il Monte) hanno permesso di caratterizzare in termini geologico-applicativi i depositi delle formazioni geologiche di origine fluvioglaciale più antiche, appartenenti al cosiddetto "Pianalto" (o "Diluvium antico") presenti nel settore occidentale del territorio comunale.

## 5.2 Le classi di prima caratterizzazione geologico-tecnica

Sulla base delle considerazioni esposte in precedenza è stata effettuata una classificazione geologico-tecnica di massima di tutto il territorio comunale.

Tale classificazione, integrata con altri elementi territoriali, ha poi consentito di definire la classe di fattibilità dei diversi settori del territorio comunale di Terno d'Isola.

Le classi di prima caratterizzazione geologico tecnica sono così risultate essere:

**Classe 1:** terreni granulari più o meno addensati dei depositi alluvionali recenti appartenenti all'unità post-glaciale, con buone caratteristiche geotecniche e classificabili secondo le norme CNR-UNI 10006 nelle classi A1-A3, così definite:

- qualità portanti: da eccellenti a buone;
- azione del gelo: nessuna o lieve;
- ritiro o rigonfiamento: nullo;
- permeabilità: elevata

Nella sottostante Tabella 5.1. si riportano le caratteristiche geotecniche di massima riferibili all'unità in oggetto nei primi metri di profondità dal p.c.

<b>Angolo di attrito (<math>\phi</math>)</b> (°)	<b>Coesione (C')</b> g/cm <sup>2</sup>	<b>Peso di volume(<math>\gamma</math>)</b> g/cm <sup>3</sup>
35 - 40	0	1,9-2,0

Tabella 5.1.:caratteristiche geotecniche dell'unità post-glaciale

**Classe 2:** terreni granulari più o meno addensati dei depositi appartenenti all'Unità di Carvico del cosiddetto "Livello Fondamentale della Pianura". Si tratta di depositi a tessitura prevalentemente ghiaioso-sabbiosa con frazioni più o meno importanti di componenti fini (argille e limi), con discrete caratteristiche geotecniche e classificabili secondo le norme CNR-UNI 10006 nella classe A2, così definita:

- qualità portanti: buone;
- azione del gelo: media;
- ritiro o rigonfiamento: nullo o lieve;
- permeabilità: media

Nella sottostante Tabella 5.2. si riportano la caratteristiche geotecniche di massima riferibili all'unità in oggetto nei primi metri di profondità dal p.c.

<b>Angolo di attrito (<math>\phi</math>)</b> ( $^{\circ}$ )	<b>Coesione (C')</b> g/cm <sup>2</sup>	<b>Peso di volume(<math>\gamma</math>)</b> g/cm <sup>3</sup>
30 - 35	0	1,8-1,9

Tabella 5.2.:caratteristiche geotecniche dell'unità di Carvico

**Classe 3:** terreni granulari scarsamente addensati dei depositi appartenenti alle Unità di Sotto il Monte, Medolago e Cantù del cosiddetto "Pianalto". Si tratta di depositi a tessitura ghiaioso-sabbiosa immersi in abbondante matrice limoso-argillosa.

Tali depositi presentano caratteristiche geotecniche medio-scarse e sono classificabili secondo le norme CNR-UNI 10006 nelle classi A4-A6, così definite:

- qualità portanti: da mediocri a scadenti;
- azione del gelo: elevata;
- ritiro o rigonfiamento: lieve o medio;
- permeabilità: scarsa

Nella sottostante Tabella 5.3. si riportano la caratteristiche geotecniche di massima riferibili all'unità in oggetto nei primi metri di profondità dal p.c.

<b>Angolo di attrito (<math>\phi</math>)</b> ( $^{\circ}$ )	<b>Coesione (C')</b> g/cm <sup>2</sup>	<b>Peso di volume(<math>\gamma</math>)</b> g/cm <sup>3</sup>
25 - 30	0,1	1,7-1,8

Tabella 5.3.:caratteristiche geotecniche delle unità di Sotto il Monte, Medolago e Cantù del cosiddetto "Pianalto".

## 6 SINTESI DEI PRINCIPALI ASPETTI TERRITORIALI

Nella carta di sintesi in scala 1:5.000 (vedi Tav. 5: Carta di Sintesi) sono stati riportati, limitatamente al territorio comunale, tutti gli elementi emersi durante le varie fasi di sviluppo del lavoro e giudicati significativi rispetto alle scelte di pianificazione territoriale, obiettivo del presente lavoro.

In particolare, su tale elaborato cartografico, sono stati rappresentati gli elementi di seguito brevemente descritti, per il cui significato si rimanda agli specifici capitoli della relazione.

Elementi geomorfologici: si tratta di elementi di valenza e potenzialità del territorio, della cui presenza in fase di pianificazione è bene tenere conto. In particolare si riportano sulla Carta di sintesi le forme e processi legati alla circolazione delle acque superficiali significativi ai fini pianificatori: orli di erosione fluviale, solchi di ruscellamento concentrato, aree caratterizzate da ruscellamento difficoltoso e tracce di corso d'acqua.

Elementi idrogeologici: sono i principali elementi caratterizzanti la circolazione idrica superficiale e sotterranea, la cui conoscenza è utile dal punto di vista pianificatorio sia per prevenire eventuali rischi di alluvionamento di aree edificabili, che per predisporre eventuali vincoli di salvaguardia delle acque sotterranee. In particolare si riportano sulla Carta di sintesi le linee isopiezometriche e la relativa quota s.l.m. e le linee di flusso

Elementi geotecnici: sono gli elementi naturali (insieme a quelli idrogeologici) di cui tenere principalmente conto durante il processo di redazione del Piano Regolatore ed in particolare per quanto riguarda lo sviluppo edificatorio, soprattutto in un territorio di pianura come quello di Terno d'Isola. In particolare si riporta sulla Carta di sintesi la zonizzazione di prima caratterizzazione geotecnica.

Elementi di valenza e di degrado ambientale: sono rappresentati in questa categoria quegli elementi non di carattere puramente geologico, ma che si è ritenuto utile segnalare affinché la redazione del piano regolatore possa servire da un lato per proteggere e valorizzare aree ad alto significato paesaggistico-ambientale e, dall'altro, a recuperare e riqualificare aree degradate. In particolare si riportano sulla Carta di sintesi: la delimitazione delle aree identificate dai redattori del Piano Paesistico della Provincia di Bergamo come elementi di rilevanza geomorfologica e che possono essere considerate dei beni geologici, le discariche di dimensioni non cartografabili e le aree ricoperte da materiale di riporto.

Elementi tecnologici: sono riportati i percorsi di massima delle principali reti tecnologiche a forte impatto ambientale (rete fognaria e rete acquedottistica), in modo che il progettista del P.R.G. possa avere uno sguardo d'insieme di tali elementi in relazione alle principali problematiche del territorio.

Elementi normativi: sono gli elementi legislativi che vincolano il territorio e da rispettare durante il processo di redazione del Piano Regolatore. In particolare si riportano sulla Carta di sintesi: la delimitazione della zona di rispetto dei pozzi per acqua destinata al consumo umano delimitata con criterio geometrico così come definito dal comma 7 art. 21 D.L. 152 del 1999 e la fascia di rispetto cimiteriale come definita dall'Art. 57 del D.P.R. 285 del 10 settembre 1990.

Tale elaborato cartografico fornisce una visione d'insieme delle problematiche presenti nel territorio in oggetto, consentendo di evidenziare in un unico colpo d'occhio le potenzialità le valenze, i rischi ed i vincoli territoriali presenti.

## 7 DEFINIZIONE DELLE CLASSI DI FATTIBILITÀ

### 7.1 Premessa

I dati raccolti ed elaborati, come discusso nei capitoli precedenti consentono, mediante l'analisi incrociata dei vari elementi che caratterizzano l'area in esame, di suddividere il territorio in settori a maggiore o minore vocazione urbanistica (vedi Tavv. 6a e 6b: Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano).

Questa classificazione fornisce indicazioni generali sulle destinazioni d'uso, sulle cautele generali da adottare per gli interventi, sugli studi e le indagini necessarie in caso di intervento e sulle opere di riduzione degli eventuali rischi territoriali, ciò al di là di ogni considerazione di carattere economico e/o amministrativo, ma esclusivamente in funzione dei diversi parametri "naturali" che caratterizzano il territorio.

### 7.2 Definizione delle classi di fattibilità

Il territorio è stato suddiviso in quattro classi di fattibilità, secondo quanto previsto dalla Delibera della Giunta Regionale n.6/37918 del 06.08.1998 "Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale, secondo quanto disposto dall'Art. 3 della Legge Regionale 24 novembre 1997, n. 41 "Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti".

Tale D.G.R. stabilisce che il "*processo diagnostico che consentirà di formulare proposte per suddividere il territorio in classi di fattibilità...*" si svilupperà "*...dalla valutazione incrociata degli elementi contenuti nella cartografia analitica con i fattori ambientali, territoriali ed antropici propri del territorio in esame*".

Le classi di fattibilità proposte "*... devono tenere conto delle valutazioni della pericolosità dei singoli fenomeni, degli scenari di rischio conseguenti e della componente geologico-ambientale, tutte tematiche che il professionista dovrà considerare criticamente nel processo di valutazione*".

Dal momento che il territorio in esame non presenta situazioni di rischio particolari si è deciso di inserire in classe 2 tutte le aree in cui è stato identificato qualche rischio territoriale, quale ad esempio: caratteristiche geotecniche scadenti, presenza di scarpate ripide a monte o a valle, evidenze di drenaggio difficoltoso. Laddove è stata riscontrata la compresenza di due o più fattori di rischio l'area è stata inserita in classe 3.

Le zone di rispetto dei pozzi comunali ad uso idropotabile e le fasce di rispetto fluviale sono state inserite in classe di fattibilità 3.

#### 7.2.1 Classe 1: Fattibilità senza particolari limitazioni

In questa classe ricadono le aree per le quali gli studi non hanno individuato specifiche controindicazioni di carattere geologico all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso delle particelle.

#### 7.2.2 Classe 2: Fattibilità con modeste limitazioni

In questa classe ricadono le aree in cui sono state rilevate puntuali o ridotte condizioni limitative alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per superare le quali si rende

necessario realizzare approfondimenti di carattere geologico-tecnico o idrogeologico finalizzati alla realizzazione di eventuali opere di sistemazione e bonifica le quali non dovranno incidere negativamente sulle aree limitrofe.

#### *7.2.3 Classe 3: Fattibilità con consistenti limitazioni*

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni per l'entità e la natura dei rischi individuati nell'area di studio o nell'immediato intorno.

L'utilizzo di queste zone sarà pertanto subordinato alla realizzazione di supplementi di indagine per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno, mediante campagne geognostiche, prove in situ e di laboratorio, nonché mediante studi tematici specifici di varia natura (idrogeologici, idraulici, ambientali, pedologici, ecc.). Ciò dovrà consentire di precisare idonee destinazioni d'uso, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune, nonché le opere di sistemazione e bonifica. Per l'edificato esistente dovranno essere fornite indicazioni in merito alle indagini da eseguire per la progettazione e realizzazione delle opere di difesa, sistemazione idrogeologica e degli eventuali interventi di mitigazione degli effetti negativi indotti dall'edificato. Potranno essere predisposti idonei sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto o indotti dall'intervento.

In carta potranno essere evidenziate le tipologie dei fenomeni che concorrono all'inserimento delle aree nella specifica classe individuando eventualmente delle sottoclassi.

#### *7.2.4 Classe 4: Fattibilità con gravi limitazioni*

L'alto rischio comporta gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso delle particelle. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentiti esclusivamente interventi così definiti dall'Art. 31, lettere a), b), c) della legge 457/1978. Si dovranno inoltre fornire indicazioni in merito alla sistemazione idrogeologica e per i nuclei abitati esistenti, quando non sarà strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile ed inoltre dovrà essere valutata la necessità di predisporre sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto. Eventuali opere pubbliche e di interesse pubblico che non prevedano la presenza continuativa di persone, dovranno essere valutate puntualmente. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

### **7.3 Classi di fattibilità e studi preventivi nel territorio di Terno d'Isola**

Il territorio comunale di Terno d'Isola è stato suddiviso in tre classi di fattibilità: la quarta classe non è rappresentata (eccezion fatta per le zone di tutela assoluta dei pozzi comunali ad uso idropotabile, come previsto dalla normativa vigente in materia) dal momento che non

sono state individuate situazioni di rischio tali da sconsigliare qualsiasi tipo di intervento edificatorio.

In virtù delle peculiarità litologiche delle unità presenti nel territorio comunale di Terno d'Isola, caratterizzate da un'estrema variabilità locale sia in senso orizzontale che verticale, per ciascuna area di nuova edificazione si raccomanda l'esecuzione di indagini geognostiche specifiche, al fine di chiarire la situazione locale.

Data l'articolazione e la variabilità del territorio in esame, nell'ambito del presente lavoro per le classi 2 e 3 si sono utilizzate delle sottoclassi (siglate con lettere maiuscole), per evidenziare e specificare le problematiche che hanno condotto all'inserimento di ogni area nell'ambito della specifica classe di fattibilità (vedi tabella 7.1).

Sulla base di tale criterio, un'area può essere caratterizzata da una o più problematiche di cui tenere conto in fase di pianificazione.

<b>Classe di fattibilità</b>	<b>Sottoclasse</b>	<b>Problematica</b>
1: senza particolari limitazioni		
2: con modeste limitazioni	A	Caratteristiche geotecniche scadenti.
	B	Presenza di scarpate ripide a monte.
	C	Presenza di scarpate ripide a valle.
	D	Drenaggio difficoltoso.
3: con consistenti limitazioni	AB	Caratteristiche geotecniche scadenti e presenza di scarpate ripide a monte.
	AC	Caratteristiche geotecniche scadenti e presenza di scarpate ripide a valle.
	AD	Caratteristiche geotecniche scadenti e drenaggio difficoltoso.
	ABF	Caratteristiche geotecniche scadenti, presenza di scarpate ripide a monte e zona di rispetto dei pozzi.
	ACF	Caratteristiche geotecniche scadenti, presenza di scarpate ripide a valle e zona di rispetto dei pozzi.
	BE	Presenza di scarpate ripide a monte e zona di rispetto fluviale.
	E	Zona di rispetto fluviale.
4: con gravi limitazioni		

Tabella 7.1.: Sottoclassi di fattibilità.

L'efficacia delle scelte operate in fase di stesura della carta di fattibilità geologica è legata anche alla possibilità di fornire al richiedente il singolo intervento indicazioni chiare sulle problematiche presenti, sugli aspetti di carattere geologico da valutare, sui relativi contenuti della relazione geologica da predisporre e conseguentemente su eventuali limitazioni d'uso da considerare per l'area di intervento.

Un'impostazione di questo tipo consente ai servizi tecnici comunali una più agevole valutazione dell'intervento proposto in relazione alle problematiche geologiche che caratterizzano le varie porzioni di territorio.

A tale scopo la relazione tecnica illustrativa del Piano dovrà indicare che lo studio geologico nel suo complesso è da considerare parte integrante del PRG.

Le norme tecniche di attuazione dovranno rispettare le prescrizioni riportate nei successivi paragrafi, ferma restando la necessità di ottemperare per tutti gli interventi sul territorio, in fase di progettazione esecutiva a quanto previsto dal D.M. 11 marzo 1988 (*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*) ed ulteriormente specificato nella Circolare dei LL.PP. n. 30483 del 24/09/1988 (*Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*).

### 7.3.1 Aree ricadenti in classe 1

Per le aree ricadenti in questa classe di fattibilità è possibile qualsiasi tipo di intervento nel rispetto delle normative vigenti.

Per l'utilizzo di queste aree si consiglia comunque l'inquadramento geologico e geotecnico del sito sulla base di dati bibliografici e rilievi speditivi in sito (rilievo superficiale e da trincea e/o pozzetto esplorativo) in conformità a quanto previsto dal già citato D.M. 11/03/1988.

La verifica delle caratteristiche geotecniche dei terreni in oggetto si raccomanda per tutti quegli interventi che possono produrre aumenti significativi e localizzati dei carichi applicati, al fine di dimensionare adeguatamente le opere di fondazione.

### 7.3.2 Aree ricadenti in classe 2

Per le aree ricadenti in questa classe di fattibilità la progettazione relativa a:

- nuove infrastrutture;
- nuove edificazioni, compresi gli accessori occupanti una superficie superiore a 15 m<sup>2</sup> e/o che comportino scavi di profondità superiore ad 1 metro;
- ristrutturazioni comportanti ampliamenti e/o sopraelevazioni dell'esistente, qualora determinino un significativo aumento dei carichi sul terreno, o scavi di profondità superiore ad 1 metro;

dovrà essere supportata da una relazione geologico-tecnica, con indagini in sito e verifiche esaustive rispetto alle specifiche problematiche presenti nell'area.

Sono esclusi da tale obbligo:

- derivazioni locali di linee elettriche, linee di telecomunicazione e di distribuzione gas, condotte idriche e condotte fognarie;
- posa in opera di cartelli stradali e recinzioni;
- interventi di sistemazione della viabilità agro-silvo-pastorale, comportanti scavi e movimenti terra non superiori ai 50 m<sup>3</sup>.

La relazione geologico-tecnica redatta per la progettazione in aree ricadenti in questa classe di fattibilità dovrà valutare i seguenti aspetti:

- caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche (supportate da indagini dirette in sito, definite dal professionista incaricato in funzione dell'opera) per le sottoclassi A, B, C previste nella carta di fattibilità;
- caratteristiche geologiche e geotecniche (eventualmente supportate, a discrezione e sotto la responsabilità del professionista incaricato, da indagini dirette in sito) e verifiche sulla permeabilità dei terreni per la sottoclasse D prevista nella carta di fattibilità;
- caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrologiche e verifiche anche qualitative su precipitazioni e portate in relazione all'opera per la sottoclasse E prevista nella carta di fattibilità.

Nell'ambito degli interventi previsti su aree ricadenti in classe 2, la relazione tecnica dovrà esprimere un parere sulla compatibilità dell'opera in progetto, segnalando eventuali necessità di riduzione e/o limitazione dei parametri massimi dettati dalle N.T.A.

### 7.3.3 Aree ricadenti in classe 3

Per le aree ricadenti in questa classe di fattibilità la progettazione relativa a:

- nuove infrastrutture;
- nuove edificazioni, compresi gli accessori occupanti una superficie superiore a 15 m<sup>2</sup> e/o che comportino scavi di profondità superiore ad 1 metro;
- ristrutturazioni comportanti ampliamenti e/o sopraelevazioni dell'esistente, qualora determinino un significativo aumento dei carichi sul terreno, o scavi di profondità superiore ad 1 metro;

dovrà essere supportata da una relazione geologico-tecnica, con indagini in sito e verifiche esaustive rispetto alle specifiche problematiche presenti nell'area.

Sono esclusi da tale obbligo:

- derivazioni locali di linee elettriche, linee di telecomunicazione e di distribuzione gas, condotte idriche e condotte fognarie;
- posa in opera di cartelli stradali e recinzioni;
- interventi di sistemazione della viabilità agro-silvo-pastorale, comportanti scavi e movimenti terra non superiori ai 50 m<sup>3</sup>.

Nell'ambito degli interventi previsti su aree ricadenti in classe 3, la relazione tecnica dovrà esprimere un parere sulla compatibilità dell'opera in progetto, segnalando eventuali necessità di riduzione e/o limitazione dei parametri massimi dettati dalle N.T.A. Il redattore della relazione tecnica dovrà garantire che gli eventuali interventi migliorativi proposti non comportino incrementi di rischio per le aree adiacenti.

La relazione geologico-tecnica redatta preliminarmente alla progettazione esecutiva in aree ricadenti in questa classe di fattibilità dovrà valutare dettagliatamente i seguenti aspetti:

- tipologia degli interventi rispetto alla specifica classe di fattibilità, interazioni tra l'area di intervento e le aree ad essa confinanti con diversa classe di fattibilità;
- caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area e di un suo significativo intorno;

- caratteristiche geotecniche (supportate da esaustive e specifiche indagini dirette in sito) e verifiche di stabilità per le sottoclassi AB e AC previste nella carta di fattibilità;
- caratteristiche geotecniche (supportate da esaustive e specifiche indagini dirette in sito) e verifiche sulla permeabilità dei terreni per la sottoclasse AD prevista nella carta di fattibilità;
- per le classi ABF e ACF, previste nella carta di fattibilità, si dovranno valutare le caratteristiche geotecniche (supportate da esaustive e specifiche indagini dirette in sito) ed effettuare le verifiche di stabilità. In tali aree valgono inoltre le prescrizioni contenute al comma 5 art. 5 del D.LGS. 258/2000.

L'attuazione degli interventi o delle attività elencate all'art. 5 comma 6 del citato Decreto Legislativo (tra le quali edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione, fognature, opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio) entro le zone di rispetto, in assenza di diverse indicazioni formulate dalla regione ai sensi dell'art. 5 comma 6 del D.L. 258/00, è subordinata all'effettuazione di un'indagine idrogeologica di dettaglio che porti ad una ripermutazione di tali zone secondo i criteri temporale e idrogeologico (come da D.G.R. n. 6/15137 del 27 giugno 1996) o che comunque accerti la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e dia apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi”;

- caratteristiche idrologiche e verifiche anche quantitative su precipitazioni e portate in relazione all'opera e verifiche di stabilità per la sottoclasse BE prevista nella carta di fattibilità;
- caratteristiche idrologiche e verifiche anche qualitative su precipitazioni e portate in relazione all'opera per la sottoclasse E prevista nella carta di fattibilità;

Nell'ambito degli interventi previsti su aree ricadenti in classe 3, la relazione tecnica dovrà esprimere un parere sulla compatibilità dell'opera in progetto, segnalando eventuali necessità di riduzione e/o limitazione dei parametri massimi dettati dalle N.T.A. Il redattore della relazione tecnica dovrà garantire che gli eventuali interventi migliorativi proposti non comportino incrementi di rischio per le aree adiacenti.

#### *7.3.4 Aree ricadenti in classe 4*

In tale classe ricadono esclusivamente le zone di tutela assoluta dei pozzi comunali ad uso idropotabile previste dal D.LGS. 258/2000 art. 5 comma 4, aventi l'estensione di almeno 10 metri di raggio. Esse devono essere adeguatamente protette ed adibite esclusivamente alle opere di captazione e ad infrastrutture di servizio. Il progettista deve pertanto attenersi a quanto stabilito al citato comma 4 art. 5 del D.LGS 256/2000.

Bergamo, 29 ottobre 2002

Dott. Geol. Ettore Romagnoli

## BIBLIOGRAFIA

- AA.VV.** - Guide Geologiche Regionali. Alpi e Prealpi lombarde. Società Geologica Italiana, Roma 1990
- AA.VV.** - Note illustrative della Carta Geologica della Provincia di Bergamo alla scala 1:50.000. Ditta Grafica Monti snc, Bergamo 2000
- Amantia A., Ferrara V.** - Considerazioni sull'assenza di fasce di rispetto di fonti di approvvigionamento idropotabile sul fondo valle della Fiumara d'Angrò (versante ionico dei Monti Peloritani). *Atti del 2° Convegno Internazionale di Geoidrologia: La cooperazione nella ricerca con i paesi in via di sviluppo e quelli dell'est Europa*, Firenze 1993
- Bersezio R., Jadoul F. & Chinaglia N.** - Geological map of the Norian-Jurassic succession of Southern Alps north of Bergamo. An explanatory note. Bollettino della Società Geologica Italiana, Roma 1997
- Bianchi A., Pezzera G.** - IL monitoraggio dell'arsenico nelle acque sotterranee della pianura mantovana e bergamasca: aspetti idrogeologici e idrochimici. *Atti del 3° convegno nazionale sulla protezione e gestione delle acque sotterranee per il III millennio*, Parma 13,14,15 ottobre 1999, Quaderni di Geologia Applicata , 1999, Pitagora Editrice Bologna
- Castiglioni G.B.** - Geomorfologia. UTET, Torino 1982.
- Chiesa C., Pezzera G., Rota M.** - Lineamenti geomorfologici sepolti in prossimità del bordo settentrionale della pianura bergamasca, le evidenze di un paleoalveo del fiume Brembo. *Atti del convegno: "Le Pianure"*. Ferrara 9 e 10 novembre 1999 patrocinato dalla Regione Emilia Romagna
- Civita M., Giuliano G. & Zavatti A.** - Protezione degli acquiferi ed azioni di risanamento. Alcune esperienze italiane. Memorie della Società Geologica Italiana, n° 37 Roma 1987
- Colombo G.** - Manuale dell'Ingegnere. HOEPLI, Milano 1970.
- Consiglio Nazionale delle Ricerche, Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche** - Catalogo delle informazioni sulle località italiane colpite da frane e da inondazioni. Pubblicazione CNR - GNDI n° 1799, Roma 1998
- ERSAL** - I suoli dell'Isola Bergamasca. Milano, settembre 1990
- Facchino F., Giuliano G. e Riparbelli C.** - Vulnerabilità delle acque sotterranee alla contaminazione da fitofarmaci: valutazione con tecniche GIS. IRSA (2000) *Atti della Giornata di Studio: Rischio di contaminazione delle acque sotterranee da fitofarmaci e loro prodotti di degradazione*, Milano 27 ottobre 1998, Quad. Ist. Ric. Acque , 112, Roma
- Govi M., Turitto O.** - Problemi di riconoscimento delle fasce di pertinenza fluviale. *Atti del IV convegno di Geoingegneria: "Difesa e valorizzazione del suolo e degli acquiferi "*. Torino 10 e 11 marzo 1994
- Marchetti R.** - Ecologia applicata. CittàStudi S.r.l., Milano 1994.
- Oggionni G. e B.** - Le mura di Treviglio, Cassa Rurale ed Artigiana, Treviglio 1991.
- Ordine Nazionale dei Geologi** - La zonazione geologica per la pianificazione territoriale. Arti Grafiche Jasillo, Roma 1989
- Oscar P. e Belotti O.** - Atlante storico del territorio bergamasco. Ferrari Grafiche S.p.A., Clusone 2000

---

**Pagani L.** (a cura di) – Acqua e territorio. Atti del Seminario Università di Bergamo Aprile 1995, Bergamo 1997

**Panizza M.** - Geomorfologia applicata. Nuova Italiana Scientifica, Roma 1988

**Patelli G. e Marcaccio M.** - Relazione geologico - tecnica relativa all'istanza autorizzativa per n°9 pozzi e n°4 sorgenti per uso idropotabile. Consorzio acquedotto dell'Isola 1994

**Picotti V., Bertotti G., Capozzi R., Fesce A.M.** - Evoluzione tettonica quaternaria della pianura padana centro-orientale e dei suoi margini. Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences, 1997.

**Pozzi R.** - Manuale di geologia applicata. Valdina libreria universitaria, Milano 1989

**Provincia di Bergamo** – La qualità di corsi d'acqua della provincia di Bergamo. Litografia Maggioni Lino s.r.l., Ranica (BG) 1999

**Ricci Lucchi F.** - Sedimentologia: ambienti sedimentari e facies, CLUEB Bologna 1980

**Soprintendenza Archeologica della Lombardia** - Carta archeologica della Lombardia, Milano 1987