



**CITTA' DI ANGERA**

PROVINCIA DI VARESE

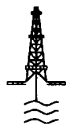
**STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO  
E SISMICO DI SUPPORTO  
AL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**

(ai sensi della L.R. 11 marzo 2005, n.12)

**RELAZIONE GENERALE**

**SETTEMBRE 2010**

***Dott.Geol. Mario Lolla***



***Dott.Geol. MARIO LOLLA – Sesto Calende (VA)  
Via Valdona 4 - Tel. 0331 / 921380***

## Sommario

1. PREMESSA.....	4
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	6
3. INQUADRAMENTO METEO-CLIMATICO.....	8
3.1 Regime termico.....	8
3.2 Precipitazioni.....	9
3.3 Evapotraspirazione .....	11
3.4 Definizione del clima.....	13
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE .....	14
4.1 Zone a substrato roccioso affiorante o subaffiorante che costituiscono le aree in rilievo .....	14
4.2. Zone collinari e terrazze con depositi di origine glaciale e fluvio-glaciale .....	16
4.3 Zone pianeggianti occupate da depositi di tipo fluvio-glaciale, fluvio-lacustre e palustre .....	17
4.4 Aree occupate da depositi di origine antropica.....	18
4.5 Dinamica geomorfologica .....	19
4.6 Considerazioni generali .....	21
5. IDROGRAFIA SUPERFICIALE .....	22
5.1 Reticolo Principale .....	23
5.2 Reticolo Idrico Minore .....	23
5.3 Lago Maggiore .....	27
6. IDROGEOLOGIA.....	28
6.1 Ambiti idrogeologici.....	28
6.2 Emungimento ed utilizzo delle acque sotterranee.....	30
6.3 Caratteristiche piezometriche .....	32
6.4 Vulnerabilità della falda.....	33
7. VERIFICA DELLA DISPONIBILITA' IDRICA.....	34

7.1	Situazione attuale della dotazione idrica comunale. Fabbisogno idrico comunale .....	34
7.2	Risorse idriche disponibili .....	40
7.3	Analisi idrogeologiche .....	42
7.4	Bilancio idrogeologico del bacino di alimentazione dei pozzi comunali .....	44
7.5	Considerazioni finali. Verifica della sostenibilità idrica del p.g.t. ....	51
8.	ELEMENTI DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	54
8.1	Modalità di classificazione dei terreni .....	54
8.2	Zonazione geologico tecnica preliminare .....	54
8.3	Considerazioni generali di carattere geotecnico.....	57
9.	VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' PER FRANA.....	58
10.	ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE.....	60
10.1	Carta della pericolosità sismica locale - primo livello.....	61
10.2	Scenari di pericolosità sismica locale .....	63
10.3	Cenni sulla modalità di approfondimento del 2° e 3° livello.....	66
11.	VINCOLI .....	72
11.1	Vincoli di polizia idraulica.....	72
11.2	Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile.....	72
12.	SINTESI.....	76
12.1	Ambiti di pericolosità e vulnerabilità.....	76
13.	FATTIBILITÀ GEOLOGICA.....	82
13.1	Suddivisione del territorio in classi di fattibilità geologica .....	83
13.2	CLASSE II (colore giallo) – Fattibilità con modeste limitazioni.....	83
13.3	CLASSE III (colore arancione) – Fattibilità con consistenti limitazioni .....	85
13.4	CLASSE IV (colore rosso) – Fattibilità con gravi limitazioni .....	90
	APPENDICE 1 : RISCHIO DI ESPOSIZIONE AL GAS RADON .....	94

## 1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta a supporto del Piano di Governo del Territorio del Comune di Angera, in ottemperanza alla direttiva "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio", attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12.

Essendo già stato realizzato uno studio geologico ai sensi della L.R. 41/1997, esteso all'intero territorio comunale, poi successivamente aggiornato, nel 2004, ai criteri della D.G.R. VII/6645/2001, la direttiva sopra citata fornisce indicazioni per l'aggiornamento dello studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica (Carta di Zonizzazione sismica), alla revisione della Carta di sintesi, della Carta della fattibilità geologica per le azioni di Piano e della Carta dei vincoli .

Le caratteristiche del territorio, secondo quanto emerso nei precedenti studi sono state comunque riprese e riaggornate in modo sintetico e schematico, e hanno costituito la base su cui si sono eseguite poi le nuove elaborazioni.

### **Approccio metodologico**

La metodologia di studio adottata si articola in tre differenti fasi di lavoro:

➤ **Fase di analisi**, che a sua volta comprende:

- *ricerca storica e bibliografica*: raccolta di tutta la documentazione esistente al fine di acquisire una conoscenza approfondita del territorio, utile alla predisposizione delle successive elaborazioni;

- *rilevamento in sito e aggiornamento del rilevamento del territorio comunale*, riguardante gli elementi litologici, geomorfologici e di dinamica geomorfologica, idrografici, idrogeologici e geotecnici, utilizzando la base cartografica comunale alla scala 1:2.000 e 1:5.000;

➤ **Fase di sintesi e valutazione**: attraverso una analisi incrociata di tutti gli elementi individuati nella precedente fase di analisi, viene definita una carta dei vincoli, in cui sono rappresentate le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di contenuto prettamente geologico, e una carta di sintesi in cui viene proposta una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica.

➤ **Fase di proposta**: è definita attraverso la redazione della carta di fattibilità geologica delle azioni di piano atta a fornire indirizzi circa le limitazioni e destinazioni d'uso del territorio. La proposta è completata dalla redazione di Norme Geologiche di Attuazione degli interventi sul territorio comunale.

**Raccolta ed analisi di dati esistenti**

Sono stati esaminati e utilizzati per la stesura dello studio, i seguenti documenti e cartografie di interesse riguardanti il territorio comunale:

Documenti cartografici:

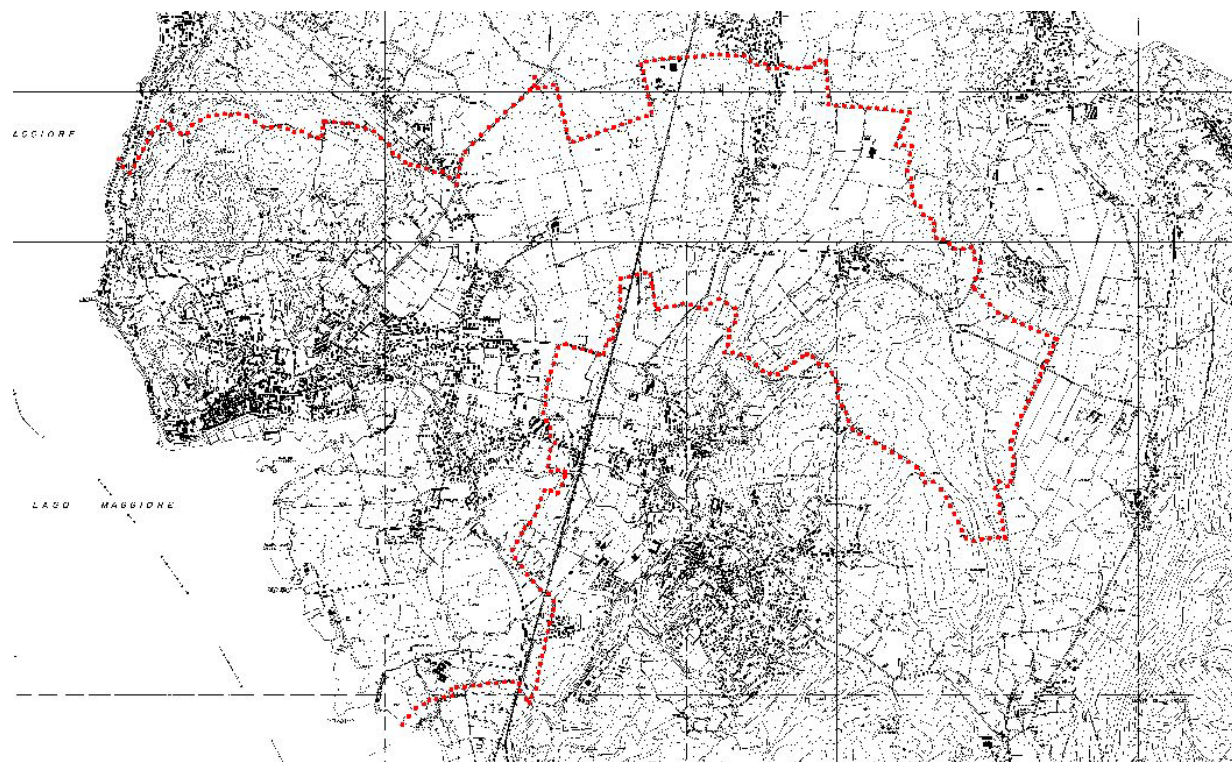
- Carta d'Italia I.G.M., scala 1:25.000, Foglio Angera,
- Banca Dati Geologica: carte tematiche scala 1:100.000 (Regione Lombardia).
- b) Documentazione messa a disposizione dall'Ufficio Tecnico del Comune di Angera:
  - CNR-IRPI Sezione Torino: individuazione delle aree storicamente colpite da inondazione lacustri lungo la sponda lombarda del Lago Maggiore
  - Piano di Emergenza Comunale

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il Comune di Angera ha una superficie di 17,6 Km<sup>2</sup>, e si trova nel settore centro-occidentale della Provincia di Varese, lungo le rive del Lago Maggiore.

Confina a Nord con il Comune di Ranco e Ispra, a Nord-Est con il Comune di Cadrezzate e Sesto Calende, a Est con il Comune di Taino, e a Sud con il Comune di Sesto Calende. Il confine occidentale è invece rappresentato dal Lago Maggiore.

Il territorio si presenta pianeggiante nella sua parte centrale, e collinare agli estremi occidentale e orientale, e risulta compreso tra i 193 m s.l.m. (Punta Motto della Forca) e i 409 m s.l.m. (San Quirico).



Comune di Angera (Carta Tecnica Regionale, sezioni A4a5-A4b5-A5a1-A5b1)

Il Comune è caratterizzato dalla presenza di un nucleo urbano discontinuo sul territorio, dato dall'abitato piuttosto irregolare del capoluogo di Angera (sede comunale), da due frazioni (Barzola e Capronno). Vi sono inoltre numerosi piccoli agglomerati isolati, tra i quali si distinguono le loc. Bruschera, Campaccino, C.na Padova, C.na Baranzini, Campaccio, Fornetto, C.na Vigane. Numerosi anche gli insediamenti rurali sui pendii collinari terrazzati e ricchi di vigneti. A confine con il Comune di Taino, si trova un'ampia area produttiva/industriale.

All'interno dei confini comunali, principalmente lungo le sponde del Lago Maggiore, a sud del capoluogo, si sviluppano aree naturalistiche di notevole valore vegetazionale e faunistico nonché paesaggistico, come i territori del SIC "Paludi della Bruschera" e la ZPS "Canneti del Lago Maggiore".

La zona umida del canneto, le foreste alluvionali e i boschi mesofili della Bruschera rappresentano una delle zone più interessanti dal punto di vista naturalistico della sponda lombarda del Lago Maggiore, poiché la fascia costiera prospiciente l'isolino Partegora, la Punta detta "Motto della Forca" e la "Punta della Conca", costituiscono la zona umida più ampia e significativa di tutto il Verbano.

Questa zona umida riveste un'importanza internazionale per la presenza di habitat e specie animali e vegetali di interesse comunitario, e in quanto collocata su un'importante rotta migratoria di numerose specie ornitiche, che qui sostano tra i fitti canneti del lago, come moriglioni, morette, strolaghe, folaghe o il tarabuso.

### 3. INQUADRAMENTO METEO-CLIMATICO

Il territorio comunale di Angera si inserisce nell'ambiente fisioclimatico della zona collinare morenica, subito a valle dei rilievi montuosi prealpini.

I dati meteorologici utilizzati per la determinazione dei tipi climatici si riferiscono alle stazioni di misura ovvero le più prossime all'area di studio (Ispra, Varano Borghi e Azzate) e, solo per i dati più recenti delle precipitazioni, alla stazione Arpa di Angera.

La stazione di Ispra copre il periodo 1921-1944 e 1959-1972; la stazione di Varano Borghi copre il periodo 1921-1950 e 1957-1964; la stazione di Azzate copre i periodi 1921-1950, 1957-1961, 1964 e 1967-1968

#### 3.1 Regime termico

La temperatura dell'aria presenta un valore medio annuo per le stazioni considerate di circa 12 °C con un'escursione media di circa 20.9 °C tipica di climi continentali. Le temperature raggiungono i valori massimi nei mesi di Luglio e Agosto. I minimi si registrano in Gennaio e Febbraio.

PERIODO DI OSSERVAZIONE	STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	TM ANNUA
1958-1964	Varano Borghi min	-2,7	-1,4	2,3	7,9	12	15,8	17,8	17,1	13,4	8,3	4,1	-1,2	
1958-1964	Varano Borghi med.	0,7	2,9	6,9	12,6	17,4	21,2	23,2	22,5	18,2	12,5	7,2	2,1	12,3
1958-1964	Varano Borghi max	4	7,1	11,4	17,6	22,8	26,7	28,6	27,8	22,9	16,6	10,3	5,3	
1958-1967	Azzate min	-1,1	0,2	3,5	8,1	11,5	15,7	17,1	16,4	13,4	9,4	4,3	0	
1958-1967	Azzate	1,9	4	7,7	12,7	16,7	20,5	22,3	21,4	17,9	13,1	7,1	2,9	12,4
1958-1967	Azzate max	4,9	7,9	12	17,4	21,9	25,4	27,6	27	22,4	16,9	9,9	5,8	
1959-1972	Ispra min	-2	-0,2	2,5	7	10,3	14	16	15,5	12,6	8,1	3,5	0,8	
1959-1972	Ispra	1,5	3,6	7,3	11,6	15,3	18,8	21,3	20,2	17	12	6,7	2,4	11,5
1959-1972	Ispra max	5,7	8,7	12,5	17	21,3	24,2	26,9	25,9	22,2	17	10,6	6,4	

Temperature medie mensili in °C

Fig. 1 – Regime termico (Varano Borghi, Azzate, Ispra)



### 3.2 Precipitazioni

Le precipitazioni sono abbondanti e mediamente sono comprese tra 1400 e 1600 mm annui nelle stazioni di Ispra, Varano Borghi e Azzate, riferite però a decenni passati. La distribuzione è abbastanza irregolare durante l'anno: presenta il massimo assoluto autunnale nei mesi di Ottobre a Ispra e a Novembre nelle altre località.

Altri due massimi si registrano in primavera nei mesi di Aprile e Giugno. Il minimo si registra nel mese di Gennaio.

PERIODO DI OSSERVAZIONE	STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	TOTALE
1959-1967	Ispra	44,5	63,5	104,7	167,5	124,4	143,1	109,1	114,6	165,0	251,6	221,9	78,0	1541,9
1955-1964	Varano Borghi	77,0	75,7	103,1	175,3	122,7	170,8	143,1	84,9	116,6	168,0	195,4	124,8	1557,3
1958-1967	Azzate	53,4	74,0	80,1	155,5	123,3	133,6	96,6	113,5	117,8	188,0	208,2	88,2	1432,1

Precipitazioni medie mensili in mm

I valori registrati ad Angera negli ultimi 5 anni sono abbastanza discordanti, anche in relazione all'anomalo cambiamento registrato negli ultimi anni riguardo ad entità e distribuzione stagionale.

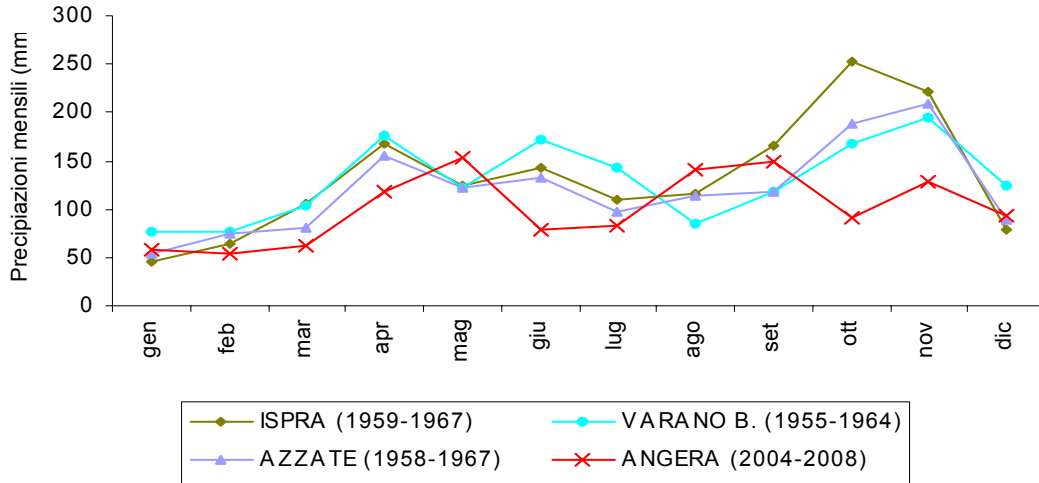
PERIODO DI OSSERVAZIONE	STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	TOTALE
2004-2008	Angera	57.2	53.9	62.3	117.2	153.9	77.6	83.4	141.6	149.6	91.3	127.8	93	1208.7

Precipitazioni medie mensili in mm

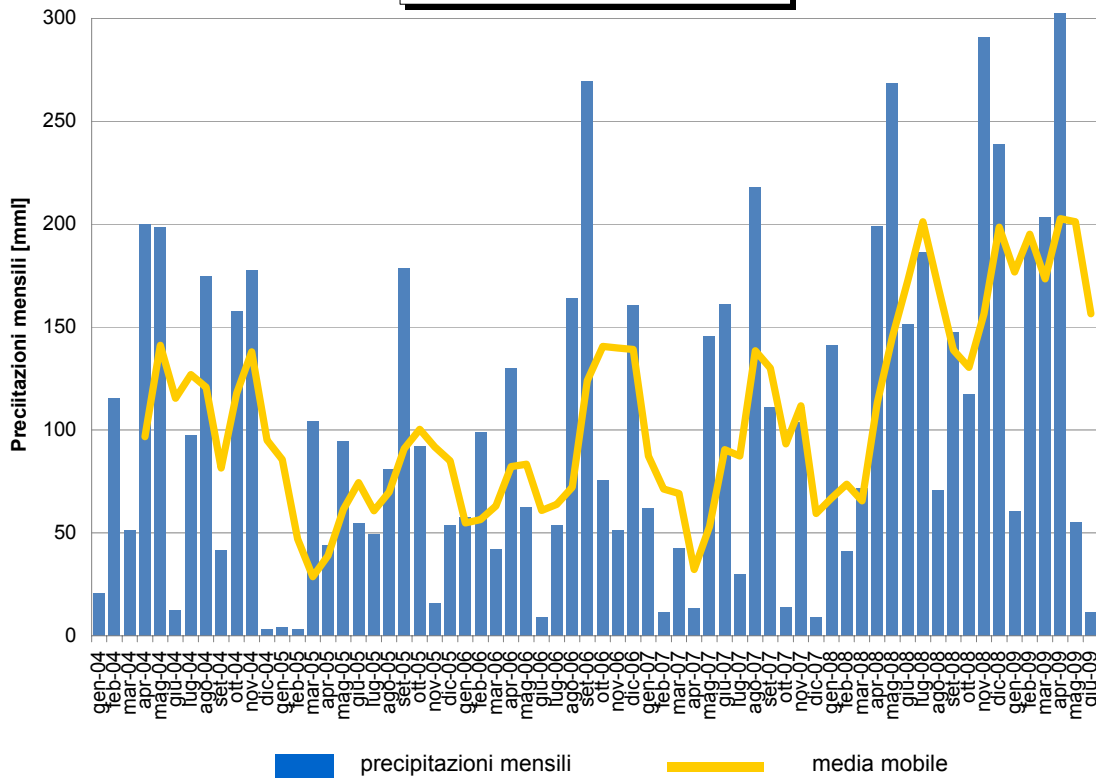
I valori (medi) massimi, nell'ultimo quinquennio, si sono registrati a maggio, agosto e settembre, i minimi a gennaio, febbraio e marzo. Notevole la diminuzione delle precipitazioni, mediamente inferiori del 15 %, valore, che comprende il notevole recupero degli ultimi due anni (2007-2008) rispetto a due annate siccitose come il 2005 e il 2006.

Il grafico seguente riporta i dati mensili delle precipitazioni dal 2004 al giugno 2009, con la curva di tendenza cumulata ed evidenzia la fine del periodo "siccitoso" degli anni 2004-2006, la notevole piovosità del 2008 e dei primi mesi del 2009 con valori del medi del 50 % superiori.

**PRECIPITAZIONI MEDIE MENSILI  
 DELLE STAZIONI METEOROLOGICHE DELLA ZONA**



**Precipitazioni Angera 2004-2009**



### 3.3 Evapotraspirazione

I dati utilizzati per la stima dell'evapotraspirazione sono quelli calcolati dalla stazione meteorologica di Varese Bobbiate (rete MNW – CEM) nel corso del 2008. La stazione meteorologica, una Davis Vantage Pro 2, calcola l'evapotraspirazione utilizzando il metodo CIMIS Penman implementato dal CIMIS (California Irrigation Management Information System). Il metodo CIMIS Penman è stato sviluppato utilizzando l'equazione di Penman modificata (*Pruitt and Doorenbos. 1977. Proceedings of the International Round Table Conference on Evapotranspiration, Budapest, Hungary*) con una funzione del vento che è stata sviluppata dall'università della California.

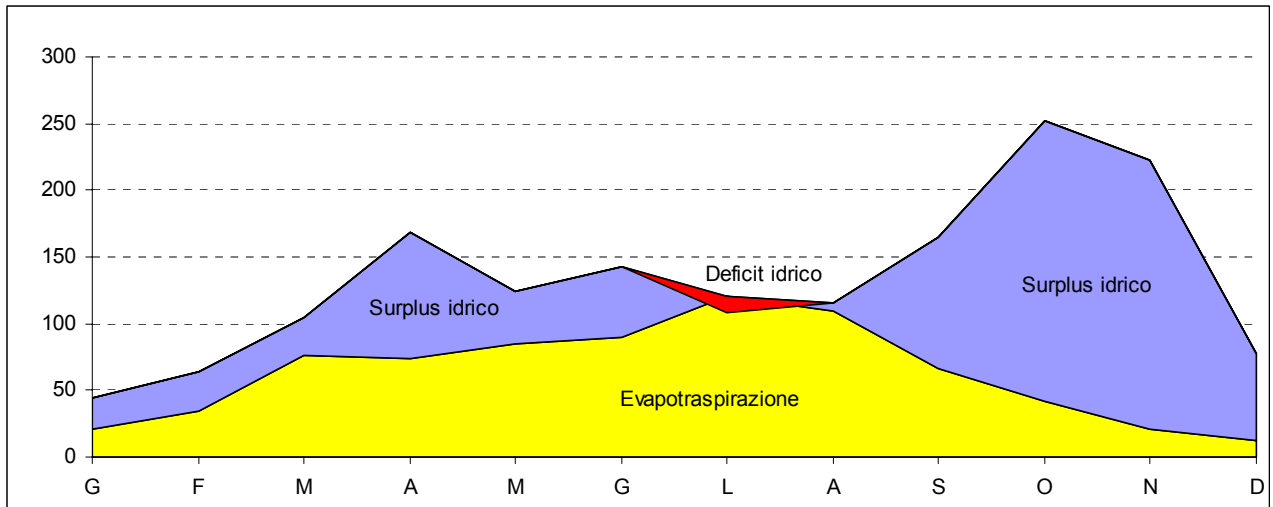
Il metodo utilizza i valori medi orari delle grandezze meteorologiche come valori di ingresso per calcolare l'evapotraspirazione oraria. Il valore giornaliero viene poi ottenuto sommando i valori orari calcolati in precedenza.

I valori calcolati dalla stazione meteorologica per il 2008 sono i seguenti:

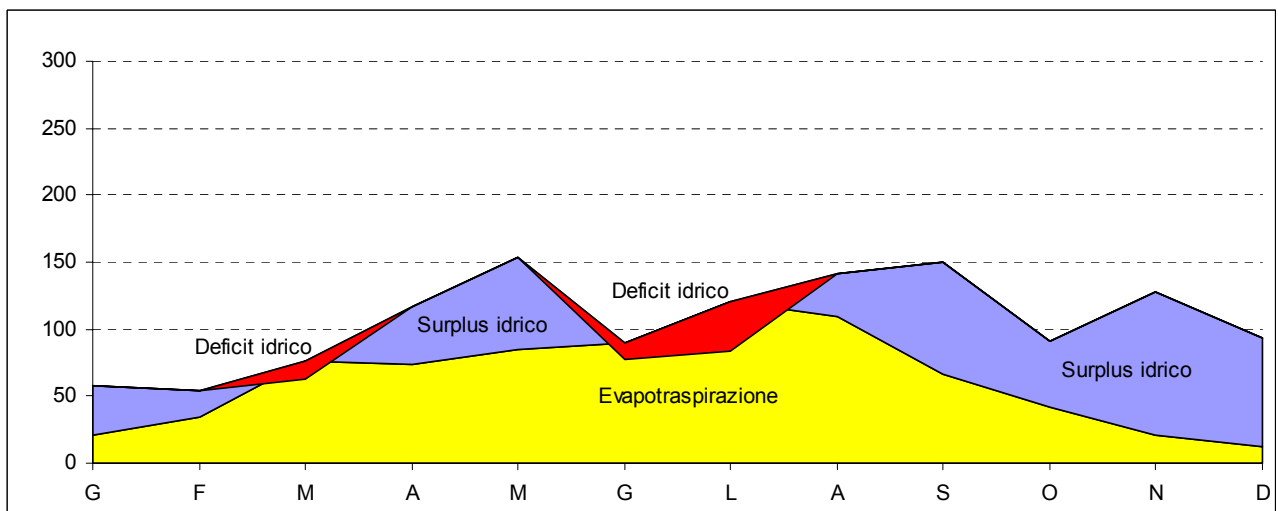
Anno 2008	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
EVAPOTRASPIRAZIONE (mm)	20.6	34.9	76.6	73.3	85.1	89.9	120.9	110	66	41.3	20.4	11.7

Per quanto riguarda i dati della stazione di Ispra per il periodo 1959-1967 si osserva un lieve deficit idrico nel mese di luglio, ed un considerevole surplus idrico dei mesi primaverili e autunnali-invernali.

Il grafico seguente invece riporta la situazione recente come rilevata alla stazione di Angera nel quinquennio 2004-2008. Si riscontra come il deficit idrico estivo comprenda anche giugno, ed inoltre marzo. I valori del surplus idrico autunnale e primaverile sono nettamente inferiori.



Stazione meteorologica di Ispra – Bilancio idrico periodo 1959-1967



Stazione meteorologica di Angera – Bilancio idrico periodo 2004-2008

### 3.4 Definizione del clima

La zona climatica secondo Pavari (1916) è di tipo “B Castanetum calda I° Tipo”. Il climogramma di Péguy è stato realizzato per la stazione di riferimento (Ispra).

Il climogramma definisce il seguente clima:

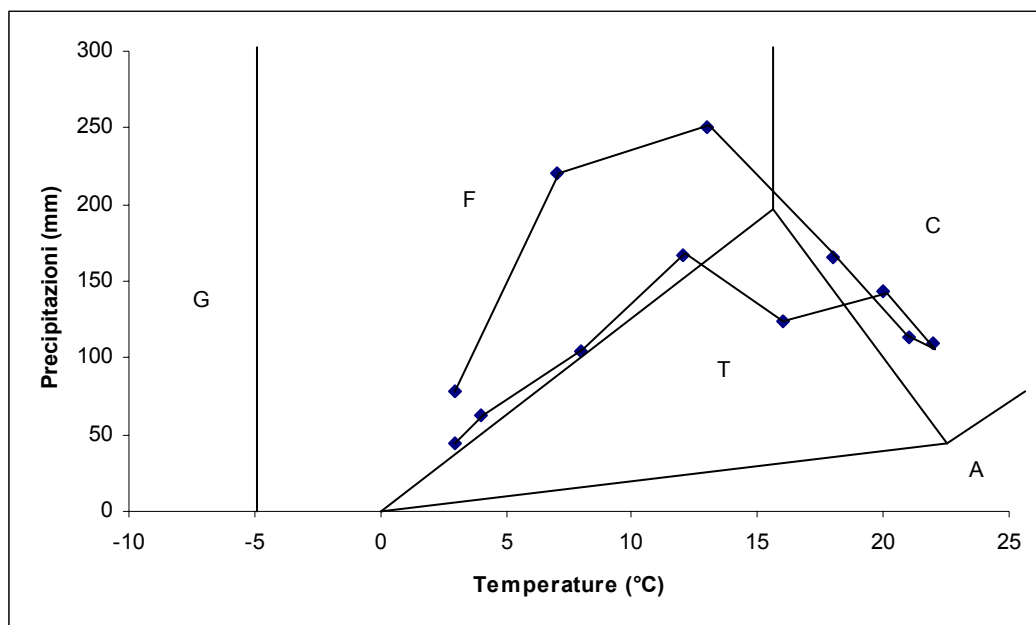
Mesi freddi : Gennaio, Febbraio, Marzo, Aprile, Ottobre, Novembre, Dicembre

Mesi temperati : Maggio

Mesi caldi : Giugno, Luglio, Agosto, Settembre

Il **pluviofattore di Lang** ( $pf=115.9\div 129.8$ ) indica clima umido e zone a “*Fagetum o Castanetum*”.

L'**angolo di continentalità idrica** ( $7.9^{\circ}\div 8.8^{\circ}$ ) indica la zona fitoclimatica relativa a “Zona I *Castanetum* (piano fitoclimatico basale) con vegetazione a latifoglie eliofile



Stazione meteorologica di Ispra –Climogramma di Péguy

## **4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE**

Il Comune di Angera ricade nella fascia nella fascia pedemontana, area di raccordo tra il livello base dell'alta pianura lombarda e l'area montuosa prealpina-alpina, all'interno della zona interessata dall'anfiteatro del Verbano.

Lo studio geologico- morfologico del territorio comunale è consistito in una fase preliminare relativa all'analisi delle foto aeree, e da rilevamenti diretti di campagna di verifica della situazione di fatto del territorio.

Lo studio delle caratteristiche geologiche si è basato sui criteri classici di distinzione litostratigrafica delle formazioni, effettuando misure degli assetti giacitureali e rilevando i limiti formazionali.

L'assetto morfologico è in diretta relazione con la storia geologica del territorio e con le caratteristiche geolitologiche dei depositi presenti, ed è caratterizzato dalla presenza di forme essenzialmente legate a processi di origine glaciale e fluvio-glaciale, a cui si sono sovrapposte le più recenti azioni di tipo fluvio-lacustre e palustre.

Il territorio comunale presenta formazioni geologiche cronologicamente molto distanti, relative a periodi compresi dal permiano e mesozoico, all'attuale.

Le formazioni presenti possono essere suddivise in tre grossi gruppi :

- zone a substrato roccioso affiorante o subaffiorante che costituiscono le aree in rilievo;
- zone terrazzate o blandamente ondulate con depositi di origine glaciale e fluvio-glaciale;
- zone pianeggianti occupate da depositi di tipo fluvio-glaciale, fluvio-lacustre e palustre.

### **4.1 Zone a substrato roccioso affiorante o subaffiorante che costituiscono le aree in rilievo**

Il territorio comunale è marcatamente segnato dalla presenza di due aree rilevate situate alle opposte estremità Est e Ovest, con altezza massima rispettivamente pari a 410 metri (Monte S. Quirico) e 318 metri (Collina di Capronno).

### Vulcaniti permiane

La zona in rilievo del Monte S. Quirico, con morfologia a versanti acclivi e pendenza localmente più accentuata, risulta costituita da rocce porfiroidi compatte di colore rosso, bruno e bianco. Sono presenti, in superficie, zone alterate e fratturate fino ad un massimo 1,5 metri di spessore. Il substrato roccioso è poi ricoperto da depositi di tipo eluvio-colluviale e morenico a granulometria variabile (massi e ciottoli in limi e sabbie) con spessore anche notevole. Sono presenti pareti subverticali di origine naturale e antropica (cave) e due faglie riconoscibili solo dall'esame delle foto aeree, in quanto oscurate dall'abbondante copertura detritica.

L'area presenta versanti acclivi con estese zone a pendenza localmente più accentuata, settori a pareti dirupate sub-verticali, di origine tettonica e antropica (ex-cave), e zone denudate in erosione in corrispondenza degli impluvi principali. La presenza di pareti verticali, dove essa non è di origine antropica, è la diretta conseguenza delle dislocazioni tettoniche che hanno interessato il complesso vulcanico e in cui si è impostato successivamente parte del reticolo idrografico.

Nella zona sono presenti alcune incisioni ad andamento rettilineo, che interessano maggiormente le aree in cui la copertura detritica morenica è maggiore. Si rilevano alcune zone ad erosione accelerata causate dal ruscellamento meteorico, che determina, localmente, un potenziale innesco di dissesto gravitativo dei versanti.

Si osserva generalmente un netto stacco morfologico (rottura di pendenza) al passaggio tra le pendici vulcanico-moreniche del S. Quirico, con la sottostante zona pianeggiante di origine fluvio-glaciale.

Le differenti caratteristiche geolitologiche determinano la scomparsa del reticolo idrografico, per l'infiltrazione dovuta alla alta permeabilità dei depositi che costituiscono la piana.

### Dolomie noriche

La zona in rilievo con morfologia a versanti acclivi e pendenza localmente più accentuata, ove è tra l'altro ubicata la Rocca Borromeo, è costituita da dolomie, dolomie calcaree e calcari dolomitici compatte di colore prevalentemente bianco-rosato e grigiastro, fino a giallastro, della Formazione della "Dolomia Principale".

Questa formazione, stratificata in banchi di spessore da qualche decimetro fino a 1-2 metri, presenta immersione verso Est-Sud Est e inclinazione media di 45° circa. In affioramento si rilevano pareti subverticali di origine antropica (cave dismesse).

Per la presenza di diaclasi diffuse il complesso roccioso è dotato di una buona permeabilità per fratturazione e fessurazione.

Il substrato roccioso sopra descritto, spesso non esposto, è coperto da spessori di depositi di età più recente (quaternaria), riconducibili sia alle glaciazioni, come i depositi glaciali e morenici del Wurm, costituiti da litologie estremamente eterogenee (dalle sabbie limose ai trovanti), sia da una coltre eluvio-colluviale di spessore molto variabile (limi ed argille sabbiose), derivati dal dilavamento dei depositi preesistenti, da processi di alterazione chimica e dall'azione biologica della vegetazione.

Anche al passaggio tra le pendici della zona della Rocca e la sottostante zona pianeggiante di origine fluvio-glaciale, si osserva un netto stacco morfologico.

Le differenti caratteristiche geolitologiche determinano la scomparsa del reticolo idrografico, per l'infiltrazione dovuta alla alta permeabilità dei depositi che costituiscono la piana.

### Conglomerati oligo-miocenici

Costituiscono la zona dei rilievi con versanti a media pendenza, localmente più acclivi, a tergo della Fraz. Capronno.

Il substrato roccioso, non affiorante ma presente a media profondità, è costituito da rocce conglomeratico-arenacee con copertura eluvio-colluviale e morenica a granulometria variabile (massi e ciottoli in limi e sabbie). La zona è priva di elementi strutturali caratteristici.

I versanti sono a media pendenza, sporadicamente si rilevano aree più acclivi. Si rilevano brevi incisioni dovuti a ruscellamenti a carattere permanente e temporaneo, sedi di deflusso solo in occasione di eventi piovosi di una certa entità, e che tendono a instabilizzare moderatamente gli impluvi.

## **4.2. Zone collinari e terrazze con depositi di origine glaciale e fluvio-glaciale**

Il territorio di Angera si inquadra, nella sua ultima importante fase evolutiva, nell'ambito della dinamica dei ghiacciai che per tutto il Quaternario hanno interessato le aree pedemontane poste allo sbocco delle principali valli alpine.

Le formazioni geolitologiche riconducibili alle glaciazioni quaternarie sono rappresentate, oltre che dai depositi morenico-glaciali che ricoprono il substrato roccioso, anche da due unità di genesi fluvio-glaciale.

### Depositi morenici del dosso di Barzola

La zona collinare di forma allungata ad acclività medio-bassa ove è localizzata la Fraz. Barzola, è costituita da depositi morenici a granulometria eterogenea (massi, ciottoli e ghiaie con limi e sabbie), riferibili all'Alloformazione di Cantù (Pleistocene superiore).

L'elemento morfologico caratteristico è la culminazione della morena che attraversa il paese di Barzola, e l'assenza del reticolo idrografico per l'alta permeabilità dei terreni. Un terrazzo abbastanza marcato costituisce il limite con la zona depressa sottostante, occupata da depositi fluvio-lacustri.

### Depositi fluvio-glaciali terrazzati

Al margine dei rilievi collinari a substrato roccioso del S. Quirico, della Rocca e della collina di Capronno, sono presenti depositi fluvio-glaciali terrazzati di età Pleistocene superiore (Alloformazione di Cantù) a debole pendenza, di raccordo tra le aree rilevate e le zone pianeggianti vallive.

Queste aree si caratterizzano come fasce allungate a morfologia subpianeggiante o debolmente inclinate, e delimitata verso l'unità fluvio-lacustri da un cambio di pendenza e da un terrazzo localmente marcato.

I depositi fluvio-glaciali sono rappresentati in zona da terreni mediamente grossolani, estremamente variabili nelle proporzioni e nella geometrie in relazione alle fasi deposizionali ed erosive succedutesi (ghiaie sabbiose, talora limose e ciottolose, ma anche sabbie limose con ghiaia e ciottoli), sempre con scarsa presenza di argilla e ridotto profilo di alterazione.



### **4.3 Zone pianeggianti occupate da depositi di tipo fluvio-glaciale, fluvio-lacustre e palustre**

Le formazioni geolitologiche che occupano aree subpianeggianti sono sostanzialmente riconducibili a sedimentazione di tipo fluvio-glaciale, fluvio-lacustre e palustre.

Tali depositi sedimentari si rinvengono in aree pianeggianti di discreta estensione, conche, all'interno delle quali si formarono specchi d'acqua, e nelle aree contermini al lago e in diretta influenza con lo stesso.

#### *Depositi fluvio-glaciali a granulometria fine*

Tali depositi caratterizzano la zona sub pianeggiante, morfologicamente definibile “sopralacuale“, di raccordo con le zone terrazzate o rilevate, e i depositi lacustri o fluvio lacustri più recenti.

Tale zona, arealmente molto estesa, comprende in parte il settore sopraelevato e limitrofo al lago antistante il centro storico di Angera, l'area a contorno dei rilievi collinari a componente dolomitico-calcarea e vulcanica, e la zona di transizione e di raccordo tra le aree terrazzate e le zone più depresse della piana tra Angera e Taino.

Questo ambito geomorfologico si configura come un'ampia zona pianeggiante leggermente degradante verso il lago e verso il centro della piana, separata da orli di terrazzo primari e secondari e debolmente incisa, nella zona Buschera, da alcuni corsi d'acqua con recapito verso il lago, che determinano localmente zone di ristagno occasionale.

Al piede del terrazzo si rilevano presenza di risorgive, che vengono raccolte da canali o si accumulano in ristagni e impaludamenti.

Litologicamente risulta costituita da depositi fluvio-lacustri antichi a granulometria media (sabbie in prevalenza ma localmente anche limi e ghiaie).

#### *Depositi fluvio-lacustri e palustri (unità post-glaciali)*

I depositi fluvio-lacustri e palustri recenti sono presenti nelle aree subpianeggianti “interne”, con tipica morfologia “a conca“, limitate talora da orli di terrazzi secondari, che per le loro caratteristiche fisiche e di genesi sono definite “intramoreniche”.

Esse risultano ubicate in tre differenti zone del territorio comunale: tra Angera e Barzola, tra Barzola e Capronno e tra Capronno e Lentate.

Sono costituite da depositi fluvio-lacustri e palustri più recenti a granulometria medio-fine (sabbie e limi), con intercalazioni di livelli di argille fino alle torbe Tali aree sono percorsa da diversi canali, rettificati e sub paralleli, e sono presenti numerosi ristagni d'acqua e zone umide

In alcune perforazioni profonde, sono stati rinvenuti fino a 80 metri di limi sabbiosi di origine fluvio-lacustre.

### Depositi lacustri recenti ed attuali

Tale zona si estende a Sud del centro abitato di Angera e comprende gran parte della fascia emersa situata a contorno del lago e poco sopraelevata rispetto ad esso e pertanto definibile, geomorfologicamente, come “circumlacuale”.

E' costituita da depositi lacustri recenti ed attuali a granulometria medio-fine (sabbie e limi).

La zona è caratterizzata da morfologia subpianeggiante ed è percorsa da diversi canali, spesso tra loro confluenti, che drenano le acque circostanti e le convogliano verso il lago. Sono presenti ampie zone depresse con caratteristiche litologiche e idrogeologiche tali da determinare ristagni permanenti e temporanei, e ampie zone umide permanenti a vegetazione palustre.

Al piede del terrazzo principale, si rilevano presenza di risorgive, che vengono raccolte da canali o si accumulano in ristagni e impaludamenti.

Per ragioni morfologiche e topografiche parte della zona risulta essere il naturale ambito di esondazione del lago.

Tale ambito comprende anche le zone umide limitrofe al lago e in condizione di permanente alluvionabilità, con presenza di terreni a granulometria fine, suoli e vegetazione palustre. Si tratta di aree torboso-paludose costituite da litologie fini, formatesi in corrispondenza di aree acquitrinose.

#### **4.4 Aree occupate da depositi di origine antropica**

Zone con riporti di terreno di origine antropica si rinvencono in due ben determinate aree del territorio comunale, il settore meridionale del lungolago e in località Arena.

Tali zone sono caratterizzate dalla presenza di terreni di riporto recenti ed attuali, di varia litologia e granulometria, in zone a morfologia pianeggiante (lungolago) o con argini (località Arena).

## 4.5 Dinamica geomorfologica

Dal punto di vista geomorfologico, sono stati evidenziate tutte le forme derivanti dai processi geomorfologici più significativi presenti sul territorio, che sono riconducibili alle seguenti categorie:

- Forme, processi e depositi legati alla gravità;
- Forme, processi e depositi legati alle acque superficiali;
- Forme, processi e depositi legati all'azione glaciale e fluvioglaciale;
- Forme, processi e depositi legati all'azione antropica.

### Forme, processi e depositi legati alla gravità

Quale elemento predisponente al dissesto, sono stati considerati, per i versanti:

- gli orli di scarpata principale;
- i settori con acclività compresa tra 20° e 30°;
- le aree con acclività superiore a 30°;
- le aree in erosione accelerata.

Le aree acclivi sono zone a particolare di rischio, soprattutto per la possibilità di potenziali e locali dissesti, in genere riconducibili alla regimazione delle acque superficiali. Attualmente non si segnalano fenomeni di particolare preoccupazione anche se sono state evidenziate alcune porzioni a maggior rischio di dissesto.

I fenomeni erosivi interessano le coperture colluviali di alterazione e in parte i depositi glaciali.

### Forme, processi e depositi legati alle acque superficiali

Sono elementi e forme ampiamente diffuse sul territorio. La circolazione superficiale delle acque incanalate è uno degli agenti naturali che principalmente contribuisce alle modificazioni dell'assetto geomorfologico.

I principali elementi individuati e riportati sono stati gli impluvi con ruscellamento meteorico, le aree di alluvionamento occasionale, gli impaludamenti e ristagni idrici permanenti ed occasionali, le zone umide e palustri limitrofe e in diretta comunicazione con il lago.

In carta sono stati poi riportati i settori del reticolo idrografico secondario, che interessano i rilievi del S. Quirico, Rocca e collina di Capronno, in cui il ruscellamento, prevalentemente meteorico, determina dissesti di tipo idraulico innescando fenomeni di erosione accelerata dei versanti. Le caratteristiche di acclività, unitamente alle caratteristiche geolitologiche e di erodibilità dei terreni superficiali di copertura dei depositi presenti, determina in tali aree del territorio, condizioni potenzialmente a rischio, innescate poi dalla situazione idrografica.

Per la diffusa presenza di litologie fini, generalmente limoso-argillose e torbose, si riscontrano zone di difficile drenaggio delle acque superficiali. Aree a evidente ristagno permanente, anche perchè alimentate

dal reticolo idrografico e da risorgive, sono situate in località bruschera, Paludi, e est e a ovest di Capronno.

I torrenti e le rogge principali che scorrono nelle zone pianeggianti presentano invece moderati elementi di dissesto. Non sono infatti presenti alvei scavati, o scarpate di una qualche rilevanza. In alcuni tratti del Torrente Vepra sono state approntate opere di difesa dell'argine per evitare un eventuale scalzamento. Sono stati per lo più rilevati i consueti fenomeni di esondazione (con lame d'acqua poco rilevanti), con allagamento in genere di aree boscate e agricole, accentuati dalla presenza di terreni poco permeabili e dalla ridotta soggiacenza della falda freatica.

Le peculiari caratteristiche idrografiche, litologiche e geomorfologiche delle zone pianeggianti circumlacuali e intramoreniche, determinano la presenza di più o meno estese zone di alluvionamento e ristagno, con impaludamenti di tipo occasionale e permanente. Per la loro estensione, alcune di queste sono da considerarsi aree umide a tutti gli effetti e quindi di particolare interesse naturalistico per la fauna e flora presenti. Tali zone sono da considerarsi interessate da dissesti idraulico, in quanto la scarsa possibilità di infiltrazione delle acque, la presenza della falda e le difficoltà di regimazione delle acque superficiali per le limitate pendenze del suolo, rappresentano condizioni sfavorevoli alla trasformazione urbanistica.

Per ragioni morfologiche e topografiche, la zona della Bruschere risulta essere il naturale ambito di esondazione del lago. Nella cartografia è stato riportato il limite massimo raggiunto durante la piena del lago dell'autunno 2000, che è risultata la massima del secolo. I tempi di ritorno calcolati sono dell'ordine dei 125 anni. Sebbene sia stata, l'alluvione del 2000, un evento di particolare eccezionalità, essa rappresenta, per gli scopi pratici dell'indagine geologica, il valore di riferimento per le previste ipotesi di piano.

#### Forme, processi e depositi legati all'azione glaciale e fluvioglaciale

Predominante nell'area di studio è la presenza di depositi superficiali riferibili a processi di tipo glaciale, agente morfologico che ha modellato profondamente il territorio fino a giungere all'attuale aspetto.

#### *Dossi e morene*

I cordoni morenici rappresentano stadi di avanzata glaciale e le loro dimensioni e distribuzione sul terreno è in stretta relazione con l'alimentazione del ghiacciaio stesso e dalla forma del substrato.

In particolare caratteristici i cordoni morenici relativi agli episodi glaciali sul Monte S. Quirico, con orientazione NW-SE e N-S, e del dosso i Barzola (N-S)

#### *Orli di terrazzo fluviali e/o fluvioglaciali e orli di scarpata*

Forme ampiamente diffuse sul territorio sono infine i terrazzi, che delineano variazioni di pendenza della topografia spesso identificando variazioni litologiche e di facies deposizionale.

Sono presenti in tutte le aree occupate da depositi fluvioglaciali, in particolare nella piana fluvioglaciale tra Angera e Taino. Non rappresentano particolari rischi essendo forme passive.

### Forme, processi e depositi legati all'azione antropica

Oltre ai processi naturali si è ritenuto opportuno cartografare anche le forme indotte dall'intervento antropico, che ha determinato localmente impatti sulla morfologia dei luoghi. L'elemento di maggiore rilevanza è costituita dalla zona Arena, ove sono presenti tre grosse vasche di scarico, con argini, dei fanghi megnesiaci di scarto delle lavorazioni della Soc. Magnesia

## **4.6 Considerazioni generali**

Nel territorio di Angera non sono emerse tematiche di dinamica morfologica di particolare gravità e con stadi evolutivi tali da costituire pericolo imminente; tuttavia il rilevamento dell'area ha posto in luce alcuni tematismi da non trascurare per una corretta gestione del territorio.

Particolare attenzione va posta alle acque superficiali, soprattutto in corrispondenza di quelle aree in cui la presenza di litologie fini ne rallenta il drenaggio portandole in condizioni di saturazione, unitamente alla scarsa soggiacenza della falda freatica. Il comune di Angera è interessato da parecchie aree intramoreniche paludose e a ristagno.

Per quanto invece riguarda la dinamica dei versanti, le condizioni generali sono più che discrete, ma si individuano un certo numero di impluvi soggetti ad erosione per il ruscellamento, e aree a potenziale rischio geomorfologico la cui evoluzione potrebbe creare problemi.

Non vi sono attualmente aree interessate da dissesti gravitativi, grazie alla funzione stabilizzatrice della vegetazione anche se bisogna comunque tenere presente, data l'acclività di certe aree, che esiste una possibile potenzialità di dissesto.

Le aree acclivi sono zone a particolare di rischio, soprattutto per l'oggettiva possibilità di smottamenti di materiale superficiale. Attualmente non si segnalano fenomeni di particolare preoccupazione anche se sono presenti settori a potenziale dissesto.

## 5. IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Il reticolo idrografico del comune di Angera si presenta discretamente sviluppato e uniformemente distribuito sull'intero territorio comunale. I corsi d'acqua sono generalmente del primo ordine e raramente del secondo ordine, con andamento principalmente rettilineo e debolmente meandreggiante per i corsi d'acqua nella parte meridionale.

L'attuale configurazione del reticolo idrografico costituisce il risultato non solo della naturale evoluzione del territorio, ma soprattutto degli interventi dell'uomo che in tempi successivi ha rettificato o comunque modificato l'assetto.

Tutte le acque superficiali gravitano direttamente o indirettamente sul bacino del Lago Maggiore. I corsi d'acqua principali (Vepra, Lenza, ecc.) sono iscritti nell'elenco delle acque di interesse pubblico.

Il sistema idrografico comunale è schematicamente inquadrabile in due distinti ambiti territoriali: il settore centrale e il settore delle colline.

Il settore centrale, morfologicamente pianeggiante e costituito da depositi lacustri wurmiani e postglaciali, si caratterizza per un reticolo idrografico ben sviluppato costituito (area circostante a C.na Paludi) da fossi e canali, presumibilmente ad utilizzo agricolo o realizzati per la bonifica delle aree acquitrinose.

La sviluppata idrografia che caratterizza questa porzione di territorio è da mettere in relazione alla natura morfologica e litologica dei terreni che, a generale bassa permeabilità, favoriscono lo scorrimento superficiale delle acque a discapito dell'infiltrazione verso gli strati più profondi. L'associazione morfologia-litologia fa sì che quest'area si presenta anche caratterizzata da frequenti ristagni e paludi.

Nella zona a sud del capoluogo (zona Bruschera) si riscontra un numero "relativamente" esiguo di rogge e canalizzazioni artificiali. I corsi d'acqua più significativi sono rappresentati dalla Roggia delle Bruschera, che segna il confine tra Angera e Lisanza, la Roggia dei Sacri Cuori e Case Nuove, e la Roggia della Vepra, che attraversa la zona umida della Bruschera e sfocia nel lago e nell'insenatura antistante l'isolino Partegora.

Per quanto riguarda invece il settore delle colline, ad est e a ovest del territorio comunale, si caratterizza per corsi d'acqua rettilinei che hanno spesso origine da sistemi sorgentizi (es. loc. Aicardi-Magatta) impostati al contatto tra i depositi glaciali superficiali e il sottostante substrato roccioso.

Nella zone periferiche del capoluogo scorrono la Roggia delle Vigane, del Fornetto, il Rio delle Vigne Secche ed il Torrente Roggione, mentre nella frazione di Capronno, i torrenti di maggiore interesse sono il S.Ambrogio e la Lenza.

## 5.1 Reticolo Principale

Il Reticolo Principale presente nel comune di Angera, secondo quanto riportato nello stralcio seguente nell'allegato A alla D.G.R. 01 Agosto 2003 n. 7/13950 di modifica alla D.G.R. 25 Gennaio 2002 n. 7/7868, è rappresentato dal Torrente Vepra e dal Torrente Lencia

Num. progr.	Denominazione	Comuni interessati	Foce o sbocco	Tratto classificato come principale	N. iscr. el. AAPP.
VA035	Torrente Vepra	Taino, <b>Angera</b>	Lago Maggiore	Dallo sbocco alla strada da Barzola a Capronno	219/C
VA055	Torrente Lencia o Lenza	<b>Angera</b> , Sesto Calende	Ticino	Dallo sbocco alla strada da Lentate a Capronno	224/C

## 5.2 Reticolo Idrico Minore

Viene di seguito fornita una descrizione di massima dello stato del Reticolo Idrografico minore riconosciuto in territorio comunale di Angera. I corsi d'acqua sono stati denominati secondo quanto indicato sulle mappe; a quei tratti di corso d'acqua privi di nomenclatura (identificati con il simbolo di \*) è stato assegnato un nome facendo riferimento ad un toponimo ubicato presso il tracciato dell'alveo.

### Roggia delle Bruschere

La Roggia delle Bruschere ha origine in comune di Taino, dal versante settentrionale della collina denominata "Le Motte" e sfocia a lago; scorre in territorio di Angera per un tratto di 469 metri segnandone il confine meridionale. Presenta andamento rettilineo e debolmente meandreggiante verso la foce; l'alveo risulta poco inciso. attraversa la linea ferroviaria Novara-Luino e la SS 629 con un ponte.

### Roggia delle Bruschere II(\*)

Si tratta di un piccolo corso d'acqua poco inciso, ubicato nella parte meridionale del territorio comunale; trae origine da un'area acquitrinosa e si sviluppa per 233 metri prima di sfociare a lago.

### Roggia Sacri Cuori

La Roggia Sacri Cuori ha origine poco al di fuori del territorio di Angera, in Comune di Taino; attraversa il Comune di Angera per un tratto di 1118 metri immettendosi nella Roggia Case Nuove. Presenta un alveo poco inciso e spesso occupato da vegetazione, alberi caduti, rami e fogliame, soprattutto nel suo tratto più prossimo alla foce. È attraversato dalla linea ferroviaria Novara-Luino e dalla SS 629.

### Roggia Case Nuove

Ha origine in Comune di Taino dove prende il nome di Roggia Zinesco e sfocia a lago. Presenta un andamento debolmente meandreggiante, con alveo discretamente inciso e ben delineato, con lunghezza complessiva in territorio di Angera di poco più di 2 Km. L'alveo si presenta spesso ostruito da alberi caduti, rami e foglie soprattutto nel suo tratto terminale, da C.na Paietta al lago. È inoltre attraversato dalla linea ferroviaria Novara-Luino e dalla SS 629 all'altezza di Cà Nova.

#### Roggia del Campeggio (\*)

Costituiva probabilmente una derivazione della Roggia Vevra, infatti il suo tratto di monte, tra l'altro riportato in cartografia ufficiale, ha origine da un'ansa della Roggia Vevra stessa. Attualmente questo tratto di monte si presenta come un leggero avvallamento privo di qualsiasi significato idrografico. Il vero corso d'acqua ha origine all'altezza dell'ultima curva prima del rettilineo che costeggia il campeggio di Angera; in questo punto vengono convogliate le acque provenienti da scoline, che drenano le acque da una zona acquitrinosa, e quelle provenienti dalla sede stradale.

Il corso d'acqua ha un andamento rettilineo, presenta un alveo poco inciso e con sezione ridotta, in pessimo stato di manutenzione con foglie ed erba che impediscono in più punti il naturale scorrimento idrico; inoltre in più punti riceve le acque da fossetti provenienti dall'interno dell'area campeggio. Presenta inoltre un tratto di 155 metri tombinato in corrispondenza dell'ingresso principale al campeggio.

#### Roggia Vevra

La Roggia Vevra ha origine nel territorio di Taino ed entra in territorio di Angera all'altezza del Cotonificio Bernocchi, sfociando poi a lago di fronte all'Isolino Partegora. Corre in territorio di Angera per poco più di 2500 metri, con andamento a tratti rettilineo e a tratti meandreggiante. L'alveo si presenta sempre ben inciso e con sezione di larghezza variabile da 1.5 metri a 2.5 metri; spesso la sezione del corso d'acqua è ridotta a causa della presenza di alberi e rami caduti con vegetazione infestante che occupa interamente le sponde.

Si hanno diversi attraversamenti a ponte i principali dei quali sono quelli con la SP 49 (via Verdi), con la SS 629, con la strada per il campeggio all'altezza di C.na Bruschera e con due strade sterrate che da C.na Padovino si dirigono, verso Ovest, al lago.

#### Roggia Campagnola

La Roggia Campagnola è un alveo immissario della Roggia Vevra, che ha origine in territorio di Taino presso la località "Ranzitt". Scorre in territorio di Angera per 330 metri con alveo ad andamento rettilineo o debolmente meandreggiante.

#### Roggia Molino

La Roggia Molino costituisce una derivazione della Roggia Vevra le cui acque venivano utilizzate per far funzionare il mulino di Cascina Bruschera. Attualmente si ha una blanda incisione a tratti inerbite e a tratti con fondo in cemento (nei pressi del mulino), priva di circolazione idrica. La Roggia Molino ha origine all'altezza della SS 629 e si immette a valle nuovamente nella Roggia Vevra dopo un percorso di circa 550 metri.

#### Roggia Campaccino (\*)

Questo corso d'acqua ha origine dall'area boscata posta poco a sud di via Caduti Angeresi, e scorre per un tratto di 540 metri prima di sfociare a lago di fronte all'Isolino Partegora. L'alveo, come tutti i corsi d'acqua della piana della Bruschera, precedentemente descritti, presenta una sezione spesso ristretta e ostruita da vegetazione infestante e rami e alberi caduti.

#### Roggia Fornetto

La Roggia Fornetto ha origine da un'area sorgentizia presso via Gerbio posta ad una quota di 246,70 m s.l.m., taglia le pendici della collina di San Quirico e scorre per un buon tratto nella piana antistante dove riceve, tra l'altro, le acque di una serie di piccole scoline; all'altezza della strada che collega via delle Carrozze e via per Ranco, l'alveo taglia il versante che si affaccia a lago formando una profonda forra con



altezza dal ciglio al greto di 4-6 metri. In quest'ultimo tratto l'alveo si presenta spesso occupato da rami e alberi caduti e da vegetazione infestante.

Il corso d'acqua scorre interamente in territorio di Angera per una lunghezza complessiva di circa 900 metri; attraversa la via per Ranco con una tombinatura e viale Libertà con un ponte.

#### Roggia Vigne Secche

Si tratta di un corso d'acqua che taglia il versante meridionale della collina di San Quirico; ha origine a quota di circa 390 m s.l.m. e termina bruscamente nella piana antistante all'altezza di via Vigne Secche. L'alveo si presenta rettilineo, privo attualmente di alcuna circolazione idrica; il suo tratto di monte si presenta ben inciso, mentre l'ultimo tratto, quando attraversa l'area pianeggiante, si presenta come un piccolo canale a sezione ridotta, circa 1,00 metri di profondità e 1,5 metri di larghezza. Scorre interamente in territorio di Angera per una lunghezza di circa 550 metri.

#### Torrente Roggione

Si tratta di una importante corso d'acqua che drena le acque del versante orientale della collina di San Quirico; ha origine poco a Nord della località Ronco Ferrazzi da due rami distinti che confluiscono all'altezza di Cascina Auriga. Il Torrente Roggione rimane a cielo aperto fino a via Cervino, dopo di che risulta intubato fino allo sbocco a lago che avviene tra Piazza Garibaldi e il campo sportivo.

Nel tratto di monte l'alveo si presenta ben inciso con sezione molto ampia; nel tratto di pianura l'alveo si presenta invece non molto inciso e con una sezione stimata di 2-4 metri di larghezza. In linea generale il corso d'acqua si presenta libero da ostruzioni significative, ad eccezione del tratto terminale prossimo al tombinamento, dove il greto di presenta occupato da vegetazione infestante.

L'intero percorso del Torrente Roggione scorre in territorio di Angera per una lunghezza complessiva di circa 2200 metri di cui stimati 678 intubati.

#### Roggia Aicardi (\*)

La Roggia Aicardi prende origine da un sistema sorgentizio e scorre nel suo tratto iniziale seguendo una strada sterrata; dopo di che scorre in una profonda valle fino alle pendici della collina all'altezza di via Ronchi. In questo primo tratto l'alveo di presenta in pessime condizioni, spesso ostruito da vegetazione e alberi caduti e da situazioni di instabilità morfologica lungo i fianchi della valle. Il corso d'acqua è poi intubato all'altezza di via Castabbio per immettersi poi nel corso d'acqua denominato Roggia Ronchi (\*) all'incrocio tra via Castabbio e via Varesina.

#### Roggia Ronchi (\*)

Si tratta di un corso d'acqua di modeste dimensioni con sezione in alcuni punti di larghezza non superiore ad un metro, attualmente privo di circolazione idrica ma che si attiva in concomitanza di intense precipitazioni. In cima a via Ronchi è poi intubato fino alla SS 629 per ritornare a cielo aperto in un breve tratto e tombinarsi nuovamente seguendo via Varesina.

#### Torrente Vallone delle Vigane

Corso d'acqua di modesto sviluppo (180 metri) ad andamento rettilineo, che drena parte delle acque del versante occidentale della collina di San Quirico prospiciente a lago, ove poi sfocia.

#### Roggia Monte Albano (\*)

Corso d'acqua ad andamento rettilineo che taglia il versante nord occidentale della collina di San Quirico; ha origine a quota di circa 360 m s.l.m. e si sviluppa per circa 430 metri fino a sfociare a lago in Comune di Ranco.

#### Roggia C.na Giulia (\*)

Corso d'acqua ad andamento rettilineo che segna parte del confine settentrionale con il Comune di Ranco. Presenta un alveo che scorre in una valle ben incisa, in stato di degrado con rami e alberi caduti e vegetazione sui fianchi e nel greto del corso d'acqua. Nel suo tratto terminale, prima di venire intubato, riceve le acque di un piccolo immissario. La Roggia C.na Giulia (\*) ha uno sviluppo complessivo di circa 290 metri.

#### Corsi d'acqua nell'area della palude (Fosso C.na Paludi(\*), Fosso della Palude, Fosso dell'Acqua Negra, Cavo Re, Solco delle Paludi, Roggia Casello(\*), Torrente Vepra)

L'idrografia dell'area della palude, ad Ovest della frazione di Barzola, è costituita da un sistema di corsi d'acqua, piccoli fossi e scoline ad andamento rettilineo che spesso si intersecano ad angolo retto. Questo sistema di corsi d'acqua è probabilmente in parte di origine antropica, usato come in passato come reticolo irriguo e/o realizzato come sistema di drenaggio e bonifica delle aree paludose e acquitrinose che caratterizzano questa porzione del territorio di Angera.

I corsi d'acqua a maggior valenza idrica ascritti al reticolo idrografico minore hanno sviluppo rettilineo e tagliano da Nord a Sud il territorio. Nelle porzioni di territorio a Nord, dove i corsi d'acqua scorrono attraverso aree boscate, questi si presentano in stato di abbandono, con vegetazione infestante che cresce sulle sponde e rami e foglie che ostruiscono e ostacolano la circolazione idrica. Il Fosso dell'Acqua Negra, dopo aver ricevuto anche le acque del Fosso della Palude e del Fosso di C.na Paludi(\*), spaglia formando un'area acquitrinosa prossima al Torrente Vepra.

Un tratto del Torrente Vepra, ascritto al Reticolo Idrografico Principale, scorre nell'area della Palude da Sud a Nord; si presenta con sezione ampia (2-4 metri) ma mai molto inciso con altezza dal ciglio al greto di 1-2 metri. Da notare che circa 200 metri prima di entrare in territorio di Ispra, in corrispondenza di una strada sterrata uso agricolo, in sponda idrografica sinistra si ha rottura dell'argine, con esondazione delle acque che vanno a loro volta ad alimentare l'area acquitrinosa detta in precedenza per il Fosso dell'Acqua Negra.

#### Torrente S. Ambrogio (\*)

Questo corso d'acqua taglia il versante Nord orientale della collina denominata "Monte della Croce"; scorre in territorio di Angera dal confine comunale con Taino fino ad immettersi nel Torrente Lenza, per una lunghezza di circa 1600 metri. Ha andamento rettilineo e nella sua parte terminale, dove scorre in un'area pianeggiante, vicino la foce, si presenta ad andamento squadrato quasi abbia subito una sorta di regimazione. In quest'area il Torrente S. Ambrogio (\*) riceve anche le acque di un sistema di scoline che drenano parte delle acque della piana paludosa. Il tratto che costeggia la via S. Ambrogio e la mulattiera che da essa si diparte presenta pessima manutenzione e pulizia, con vegetazione infestante e occlusioni di rami e foglie che spesso rallentano e rendono difficoltoso lo scorrimento idrico.

#### Roggia S. Ambrogio (\*)

Rappresenta il sistema di fossi a maggior significato idrico che drenano le acque dell'area pianeggiante posta a confine con il Comune di Cadrezzate. Si tratta di corsi d'acqua di modeste dimensioni, ad

andamento rettilineo che per un certo tratto seguono la via S. Ambrogio fino ad immettersi nel Torrente Lenza.

*Corsi d'acqua di Capronno (Torrente Villa(\*), Roggia Tripoli(\*), Torrente Alberino(\*), Torrente Vepra, Torrente Corte(\*)*

Si tratta di un sistema di corsi d'acqua che drenano le acque del versante settentrionale della collina retrostante la frazione di Capronno fino ad immettersi nel Torrente Vepra. Hanno andamento grossomodo rettilineo, con alveo ben inciso nel tratto di monte, mentre si presentano come piccole scoline poco incise (ad eccezione del Torrente Villa(\*) e della Roggia Tripoli(\*)) nel tratto pianeggiante, dove si presuppone che il loro corso sia stato nel tempo “indirizzato” a scopo agricolo. Quest'area pianeggiante è anche attraversata da un sistema di piccole scoline e fossetti di scarso significato idrico che avvalorano l'ipotesi di un controllo antropico sul drenaggio dell'area per scopi agricoli e/o di bonifica di un'area a difficile smaltimento idrico.

### **5.3 Lago Maggiore**

Il territorio comunale di Angera presenta una lunghezza complessiva della linea di costa di circa 6,50 km. Il lago presenta un'altitudine media di 193,88 m slm (valutazione dei livelli medi nel periodo compreso tra 1952 e 1978), definito “zero idrometrico”.

Il livello del lago risente non solo del regime delle precipitazioni che interessano l'ampio bacino imbrifero sotteso (che copre un'area di circa 6.600 km<sup>2</sup>, tra Italia e Svizzera), ma direttamente della regolazione artificiale operata attraverso la diga a paratie mobili posta sul Fiume Ticino (Diga della Miorina), a circa 3 km a valle di Sesto Calende, e in esercizio dal 1944. La diga può far variare il livello del lago da -0.5 a +1.0 m. rispetto allo zero idrometrico.

Dal punto di vista morfologiche e topografiche, l'area limitrofa al lago, naturale ambito di esondazione del lago, può essere suddivisa in tre distinti diversi settori:

- l'estremità nord-occidentale, lungo la strada costiera che conduce a Ranco, costituita da una stretta striscia, di larghezza inferiore ai 100 metri, per la vicinanza delle pendici occidentali acclivi del Monte San Quirico e del rilievo su cui sorge la Rocca di Angera, e avente direzione Nord-Sud;
- il settore immediatamente a sud del centro storico del capoluogo, che si sviluppa con direzione Est-Ovest, ed è caratterizzata da una fascia a morfologia sub-pianeggiante, di ampiezza pari a qualche centinaio di metri;
- l'ampia area (fino a 1 km) denominata delle “Bruschere”, nella zona a Sud-est del territorio comunale, che riprende la direzione Nord-Sud ed è caratterizzata da una morfologia pianeggiante e depressa, con aree boscate, prative e canneti, e in cui si registra la massima ingressione delle acque durante le esondazioni.

Tra i numerosi episodi di esondazione del Lago Maggiore, si ricordano in particolare il massimo evento “storico” del 1868 (quando ancora non c'era la diga), con le acque che raggiunsero l'attuale provinciale, e gli eventi più recenti del 1993-2000 e 2002, di particolare eccezionalità, su cui poi sono stati definite i valori di riferimento delle piene con Tr 30, 200 e 500, presi come riferimento per la stima della pericolosità idraulica, elemento vincolante nell'attribuzione delle classi di fattibilità.

## 6. IDROGEOLOGIA

La caratterizzazione idrogeologica del territorio di Angera è stata definita in primo luogo dai caratteri litologici e dai rapporti stratigrafici tra le diverse unità riconosciute e successivamente attraverso la raccolta della documentazione esistente riguardante la struttura idrogeologica della zona, i punti di captazione idrica presenti sul territorio. Le informazioni raccolte sono poi state integrate con sopralluoghi in sito volti alla misurazione, quando possibile, del livello statico della falda freatica di pozzi privati e pubblici.

La generale scarsa potenzialità delle falde presenti nel sottosuolo comunale, diretta conseguenza dell'assetto geolitologico, si riflette nello scarso numero di pozzi perforati. La ricerca bibliografica ha portato all'acquisizione di pochissime stratigrafie di pozzi e qualche sondaggio effettuato dall'Amministrazione Comunale per ricerca idrica.

Sono infatti presenti due estese aree collinari in cui è presente un substrato roccioso affiorante o a ridotta profondità, con presenza di irregolari falde sospese poco profonde a ridotta potenzialità idrica, e un'ampia area pianeggiante occupata da sedimenti fini di origine lacustre-palustre a forte percentuale limoargillosa, e con falda arealmente diffusa ma a bassa trasmissività, e quindi idrogeologicamente di scarso interesse.

Unica eccezione una limitata area a nord di Barzola, che risulta ubicata sul prolungamento di un acquifero molto produttivo, sfruttato dal campo l'area pozzi provinciale "Acquedotto di Barza", ove è presente un pozzo di proprietà comunale utilizzato sempre dall'acquedotto di Barza.

Dal punto di vista idrogeologico il territorio comunale è stato suddiviso in zone definite come "ambiti idrogeologici", aventi caratteristiche ed elementi litologici e idrogeologici omogenei, secondo la schematizzazione già riportata nell'inquadramento geologico-geomorfologico:

- zone a substrato roccioso affiorante o subaffiorante che costituiscono le aree in rilievo;
- zone terrazzate e ondulate con depositi di origine morenica e fluvio-glaciale;
- zone collinare blandamente ondulate con depositi di origine morenica;
- zone pianeggianti occupate da depositi di tipo fluvio-lacustre.

### 6.1 Ambiti idrogeologici

#### Zone a substrato roccioso affiorante o subaffiorante che costituiscono le aree in rilievo

La zona che si estende a monte del centro abitato di Angera e comprende le aree rilevate dalla Rocca al S. Quirico, presenta un substrato roccioso affiorante, o sub-affiorante, con copertura quaternaria, caratterizzato da due diverse condizioni idrogeologiche:

- una rete acquifera discontinua, da superficiale a profonda (livello statico compreso tra 5 e 30 metri dal piano campagna a seconda dei luoghi) in fessure e fratture del substrato roccioso;
- una falda freatica superficiale discontinua nei depositi eluvio-colluviali e morenici e concentrata nelle zone di impluvio, con piezometria a profondità comprese tra 1 e 5 metri dal p.c.

I pozzi superficiali e profondi hanno entrambi portate piuttosto basse (< 1 l/s). Sono presenti sorgenti a varie quote, di modesto interesse idrogeologico, alcune captate per usi civili e irrigui.

La zona è in buona parte soggetta al vincolo idrogeologico, e costituisce area di alimentazione e ricarica dell'acquifero principale grazie all'infiltrazione efficace delle precipitazioni meteoriche.

La zona collinare, presente a tergo della Frazione di Capronno, è invece formata e caratterizzata da un substrato roccioso non affiorante e copertura quaternaria (depositi eluvio-colluviali e morenici). Si rileva una falda freatica superficiale (1 - 5 metri di profondità) discontinua e concentrata nelle zone di impluvio, di mediocri potenzialità idriche (< 1 l/s), e risorgenze della falda alle basse quote.

Il vincolo idrogeologico si estende su tutta la zona, che costituisce bacino di ricarica dell'acquifero principale.

#### Zone collinari blandamente ondulate con depositi di origine morenica

Tale zona occupa la collina ove è situata l'abitato di Barzola e risulta costituita, litologicamente, da depositi morenici a granulometria variabile (massi e ciottoli, ghiaie, matrice limosa-sabbiosa), in cui scorre una falda freatica continua e localmente semiconfinata, da superficiale a poco profonda (5 - 15 metri).

Il sottosuolo contiene un acquifero di discreto spessore (40 m) e di ottima potenzialità idrica (>20 l/s), attualmente non sfruttato per uso idropotabile, in quanto non distante è situato il campo pozzi di Barza - acquedotto provinciale.

Indagini geofisiche recenti hanno verificato la prosecuzione, anche verso Sud, dell'acquifero più produttivo attualmente emunto dall'acquedotto provinciale, e che pertanto deve essere considerata di particolare interesse e salvaguardia idrogeologica.

#### Zone terrazzata di raccordo alle aree rilevate

Si rinviene nell'area alla base dei versanti collinari della rocca e S. Quirico e presso Capronno e risulta formata da depositi fluvioglaciali terrazzati, a ghiaie, sabbie e ciottoli,

Nella prima localizzazione, è presente una falda freatica e localmente semiartesiana, continua, a media profondità (10 - 20 metri). L'acquifero anche se di ridotto spessore (10-15 metri) possiede una modesta potenzialità idrica (< 3-5 l/s), ed è attualmente sfruttato a scopi industriali.

Rilievi geofisici eseguiti nella zona S. Michele hanno evidenziato aree di potenziale interesse idrogeologico a scopi idropotabili.

Per la zona al margine di Capronno, è presente una falda freatica continua piuttosto superficiale (1 - 5 metri). Sono stati rilevati solo due pozzi superficiali (con portate < 1 l/s) ad uso irriguo e civile.

#### Zone pianeggianti occupate da depositi di tipo fluvio-lacustre

Tale ambito idrogeologico comprende le zone sopralacuale e circumlacuale, le zone delle depressioni intracollinari e la zona circumlacuale.

Litologicamente è costituita da depositi fluvio-lacustri recenti e attuali, a granulometria fine, e sono presenti falde freatiche continue, da superficiale a poco profonde (3 - 10 metri) nella zona sopralacuale, e da superficiale a subaffiorante (0-3 metri) nelle depressioni intracollinari e nella zona circumlacuale.

Sono presenti pozzi poco profondi che attingono da acquiferi superficiali con scarse portate (< 1 l/s). Si rilevano alcune risorgive di valenza ecologica e idrogeologica. Alcune perforazioni esplorative più profonde hanno avuto esito negativo.

Area di possibile interesse idrogeologico, per la ipotizzata presenza di acquiferi più profondi, nelle zone limitrofe a Barzola e al confine settentrionale.

Tale zona si estende nelle aree limitrofe al lago, presenta una falda freatica continua da superficiale a subaffiorante (0 - 3 metri). Area di scarso interesse idrogeologico. Presenza di alcuni pozzi superficiali che attingono dall'acquifero superficiale con portate mediocri. Si rilevano risorgive di valenza ecologica e idrogeologica.

## 6.2 Emungimento ed utilizzo delle acque sotterranee

Nella tabella seguente sono riportati i punti di prelievo della falda individuati nel corso dei rilevamenti in sito, per i quali si è provveduto, quando è stato possibile, alla misurazione del livello statico.

I punti di prelievo idrico censiti sono in totale 32, di cui 1 solo ad uso idropotabile di proprietà dell'acquedotto provinciale. La maggior parte dei pozzi sono privati e principalmente ad uso domestico e irriguo (30); la distribuzione delle captazioni non è uniforme ma concentrata in corrispondenza dei centri abitati, lasciando buona parte del territorio priva di informazioni.

L'approvvigionamento idrico idropotabile è attualmente garantito dal prelievo di acque sotterranee in Comune di Taino (pozzi Zinesco).

### POZZI TRIVELLATI AD USO POTABILE, IRRIGUO E INDUSTRIALE

N.	PROPRIETARIO	UBICAZIONE	PROF. (mt.)	Quota (metri s.l.m.)	LIVELLO STATICO (metri dal p.c.)	PIEZOME- TRIA (metri s.l.m.)
AP1	ACQ.PROVINCIALE	BARZOLA	60	212		
T1	GALLIANO	S.QUIRICO-ANGERA	50	295	27	268
T2	MAGNESIA	S.MICHELE-ANGERA	21	217	13.5	203.5

### SORGENTI

N.	UBICAZIONE	Quota (metri s.l.m.)	N.	UBICAZIONE	Quota (metri s.l.m.)	N.	UBICAZIONE	Quota (metri s.l.m.)
S1	S.QUIRICO	215	S7	RONCO AICARDI	270	S13	UGELMO	209
S2	S.QUIRICO	234	S8	RONCO AICARDI	242	S14	S.QUIRICO-	205
S3	S.QUIRICO	229	S9	RONCO AICARDI	232	S15	S.QUIRICO	203
S4	VIGANE	298	S10		245	S16	S.QUIRICO	211
S5	S.QUIRICO	292	S11	S.QUIRICO	263	S17	CAPRONNO	211
S6	CIOSA	281	S12	S.QUIRICO	214			

**POZZI SCAVATI AD USO DOMESTICO / IRRIGUO**

N. d'ordine	PROPRIETARIO	UBICAZIONE	PROF. (m.)	QUOTA (metri s.l.m.)	LIVELLO STATICO (metri dal p.c.)	PIEZOMETRIA (metri s.l.m.)
P1	FALVO PIETRO	Angera	19	215	-18.5	196.5
P2	Calza marino	Angera		234	-4	230
P3		Angera	7.8	229	-1	228
P4	Monteggia	Angera		298	-3	295
P5		Angera		292	-2	290
P6	Eredi Baranzini	Angera		281	-2.5	278.5
P7	C.na Bagatta	Angera	6	270	-3.5	266.5
P8	C.na Motte	Angera		242	-2.5	239.5
P9	Berrini	Angera	12	232		<220
P10	C.na Monastero	Angera	17	245	-6	239
P11	Rocca	Angera	15	263	-14.5	248.5
P12	Via Crosa	Angera	12	214	-10	204
P13	Villa Paletta	Angera		209	-5.5	203.5
P14	Forni M.	Angera	5	205	-3	202
P15	Via Marconi	Angera		203	-3.5	199.5
P16	Via Solferino	Angera		211	-8.5	202.5
P17	Via Rodolfo	Angera	13	211	-8	203
P18	Ondoli	Angera	5	203	-3.5	200
P19	Parmisari	Angera	12	212	-3	209
P20	Mocciardini	Angera	6	211	-1.5	209.5
P21	Pedrini	Angera	10	202	-1	201
P22	Forni S.	Angera	4.5	209	-3.5	205.5
P23	C.na Padova	Angera	7	208	-4.5	203.5
P24	Cariplo	Buschere		202	-1	201
P25	C.na Tripoli	Capronno	4	225	-1.5	223.5
P26	Ponti	Capronno		249	-1.5	247.5
P27	Chiesa Capronno	Capronno	9	254	-4	250
P28	Ghiringhelli	Capronno	6	250	-3.5	246.5
P29	Milani	Barzola		210	-2	208

### 6.3 Caratteristiche piezometriche

Al fine di stabilire le direzioni preferenziali della falda idrica sotterranea, sono state eseguite le misure dei livelli statici della falda di circa trenta pozzi (superficiali e profondi) presenti sul territorio comunale.

Poiché i pozzi non sono distribuiti con regolarità sul territorio comunale, non è stato possibile effettuare una rilevazione omogenea delle misure freatiche e quindi nelle aree sprovviste di dati, si sono estrapolati le misure con riferimento alla situazione idrogeologica ipotizzata.

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

L'andamento generale del deflusso sotterraneo appare condizionato dall'assetto litostratigrafico e idrogeologico del sottosuolo. L'acquifero principale è presente solamente nelle zone pianeggianti e terrazzate, che sono interpretabili come un unico sistema acquifero, monostrato, intercomunicante, avente comunque differente spessore, geometrie a secondo delle zone.

Le zone collinari del S.Quirico e della Rocca, che per le loro caratteristiche idrogeologiche e geomorfologiche presentano acquiferi profondi e superficiali discontinui e irregolari nella loro diffusione reale, si devono considerare come zone non correlabili con l'acquifero principale sopracitato. Tali zone svolgono comunque un'importante funzione di alimentazione e ricarica dell'acquifero principale.

Una caratteristica idrogeologica molto importante, rilevata nella interpretazione delle misurazioni, è la presenza di spartiacque sotterranei, che determinano la direzione del deflusso generale della falda. Lo spartiacque localizzato tra Capronno e Lentate separa in modo abbastanza netto le acque di falda drenate dal T. Lenza da quelle che hanno come direzione di deflusso e recapito la zona "Paludi".

Nella zona C.na Baranzini, un altro importante spartiacque separa, nella parte centrale del territorio comunale, le acque di falda drenate entrambe dal Lago Maggiore, ma con direzione di scorrimento opposte.

Il deflusso idrico della falda negli ambiti idrogeologici circumlacuali e sopralacuali risulta inoltre condizionato dalla presenza di corsi d'acqua (torrenti e rogge) in equilibrio o drenanti la falda freatica della zona, che producono distorsioni nelle linee isopiezometriche.

La configurazione delle linee isopiezometriche e le direzioni di deflusso generale rileva abbastanza chiaramente, nella zona centrale e meridionale del territorio comunale, l'effetto drenante del lago nei confronti dell'acquifero, evidenziato dalle linee arcuate che si dispongono in direzione sub parallele al lago.

La zona Paludi costituisce un'area depressa di richiamo delle acque di falda, evidenziata dalle linee marcatamente convergenti verso la zona centrale della stessa. Infine nella zona Barzola e Capronno, le linee isopiezometriche presentano un andamento rettilineo con direzione di deflusso della falda da Est verso Ovest.



## 6.4 Vulnerabilità della falda

La valutazione della vulnerabilità idrogeologica “intrinseca” del primo acquifero per l'intero territorio comunale, fornisce una sintesi della suscettibilità del territorio all'inquinamento idrico e rappresenta quindi uno strumento indispensabile per gli indirizzi da perseguire in fase di una programmazione territoriale, con finalità di salvaguardia e protezione delle risorse idriche sotterranee.

Il metodo che valuta la vulnerabilità intrinseca considera i seguenti fattori principali :

- caratteristiche litostrukturali delle formazioni;
- la soggiacenza della superficie piezometrica media;
- la permeabilità del primo sottosuolo (insaturo) che determina la velocità di percolazione e l'azione di attenuazione di eventuali inquinamenti;
- tipo e spessore di una eventuale copertura a bassa permeabilità di protezione per l'acquifero;
- la presenza di eventuali corsi d'acqua viicoli d'inquinanti e il loro rapporto con la falda.

La definizione della vulnerabilità della falda definisce un quadro caratterizzato da strutture idrogeologiche molto sensibili.

Su gran parte del territorio comunale (zone circumlacuali e intramoreniche), la falda si rinviene in genere a profondità non superiori ai 2-3 metri, fino a sub-affiorante. La sua vulnerabilità all'inquinamento deve essere in questo caso considerata elevatissima, risultando troppo esiguo lo strato di terreno soprastante. Questa situazione non consente infatti una serie di processi chimici, fisici e biologici (quali diluizione, filtrazione, assorbimento, scambio ionico, soluzione, precipitazione, idrolisi, ossidazione, riduzione, ecc. ) noti come "capacità autodepurativa" del terreno, che determinano una depurazione naturale di eventuali versamenti veicolati dalle acque meteoriche.

Spostandoci verso le zone delle aree terrazzate, si rileva una modestissima diminuzione del grado di vulnerabilità, per l'approfondimento della falda fino a profondità di 5-10 metri.

Con l'approfondimento della falda delle zone collinari e alla base dei rilievi la vulnerabilità può essere considerata da alta a media (profondità > 20 mt.).

Infine nelle zone rilevate, in cui risulta presente una falda discontinua sia superficiale che profonda, il grado di vulnerabilità deve essere considerato molto variabile, da medio a elevato in relazione alla soggiacenza e alla possibile protezione svolta dai terreni superficiali.

Per quanto riguarda la sovrapposizione delle caratteristiche antropiche alla vulnerabilità naturale rilevata, si può osservare come attualmente le zone a maggior rischio di inquinamento sono attualmente ancora occupate da estese aree agricole, zone umide e aree boscate, con la presenza sporadica di alcuni insediamenti zootecnici. I centri abitati e le più importanti aree a destinazione industriale (zone Magnesia, nuova area di Via Puccini) risultano ubicate in aree a vulnerabilità da alta ad elevata.

## **7. VERIFICA DELLA DISPONIBILITA' IDRICA**

Con riferimento all'Art. 95 delle Norme Tecniche di Attuazione del P.T.C.P., e alla relative Linee Guida - Criteri per la documentazione minima dei PGT, è stata redatta la seguente relazione sulla situazione delle risorse idriche in rapporto alla espansione delle aree ad uso residenziale industriale e commerciale previste dal Piano di Governo del Territorio al 2015.

Lo scopo finale degli studi è stata la verifica della disponibilità attuale e futura e lo stato dello sfruttamento della risorsa idrica.

Gli aspetti tecnici e idrogeologici esaminati sono stati i seguenti:

- Fabbisogno idrico attuale e futuro sulla base della situazione demografica attuale e delle trasformazioni previste;
- Valutazione dell'efficienza, potenzialità delle fonti di approvvigionamento dell'acquedotto e attuale tasso di sfruttamento delle risorse captate;
- Analisi e bilancio idrogeologico, per stimare le risorse idriche disponibili, le situazioni di deficit e di surplus rispetto ai fabbisogni idrici.

I dati utilizzati nei calcoli dei paragrafi seguenti sono stati reperiti presso il Comune di Angera, la Prealpi Servizi che gestisce l'acquedotto provinciale, Arpa e Meteovarese (dati meteo-climatici), e le relazioni redatti dagli urbanisti progettisti incaricati per il P.G.T. (Studio Arch.Scilieri).

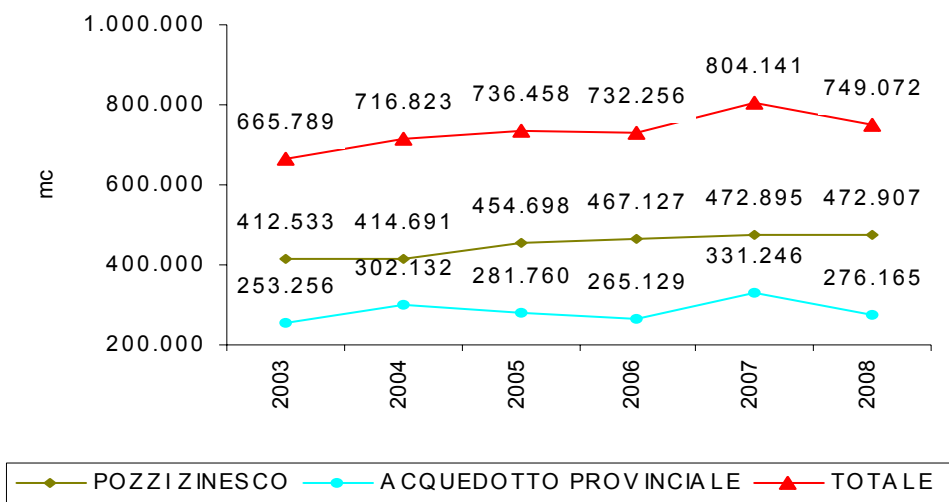
### **7.1 Situazione attuale della dotazione idrica comunale. Fabbisogno idrico comunale**

L'acquedotto comunale è attualmente alimentato da n.3 pozzi siti in comune di Taino, e dal contributo extracomunale, proveniente dal campo pozzi di Barza (Ispra), e fornito dall'acquedotto provinciale.

I dati del periodo 2003-2008 sono visibili nel seguente grafico che evidenzia un prelievo complessivo, in costante aumento, compreso tra 660.000 e 800.000 mc/anno circa.

Il prelievo dei pozzi di Taino è contingentato dalla portata autorizzata in concessione, pari a 473.040 mc (15 l/sec.).

**POZZI ZINESCO E ACQUEDOTTO PROVINCIALE  
 PRELIEVI ANNUALI 2003-2008**



Per lo studio dello stato delle risorse idriche del Comune di Angera, è stato preliminarmente effettuato un bilancio della situazione attuale dei volumi estratti dal sottosuolo, confrontando i dati di bollettazione con il totale prelevato (pozzi più fornitura dall'acquedotto provinciale).

Dai dati della bollettazione del 2007-2008 si ottengono i seguenti dati per tipologia di utilizzo finale (espressi in mc) ad uso potabile, industriale e agricolo.

**CONSUMI ANNO 2008 (tariffazione Comune)**

CONSUMI DOMESTICI E POTABILI	363.780 mc
CONSUMI INDUSTRIALI E COMMERCIALI	151.428 mc
CONSUMO AGRICOLO	24.639 mc
<b>CONSUMO TOTALE</b>	<b>539.847 mc</b>

Poiché i volumi prelevati dal sottosuolo (pozzi Zinesco), sommati a quelli forniti dall'acquedotto provinciale sono stati nel 2008 i seguenti:

**VOLUMI IDRICI IMMESSI IN RETE**

PRELIEVO DA POZZI COMUNALI	472.887 mc	pari a circa	15 l/s
FORNITURA DELL'ACQUEDOTTO PROVINCIALE	276.165 mc	pari a circa	9 l/s
<b>TOTALE</b>	<b>749.052 mc</b>	pari a circa	<b>24 l/s</b>

Dalla differenza si ricava il valore di perdita delle reti:

**STIMA DELLE PERDITE DELLA RETE**

209.205 mc pari a circa 27,9%

Fabbisogno idrico attuale

Per la stima dei fabbisogni idrici comunali attuali (2008), in litri abitante equivalente, il dato di partenza è la popolazione residente nel Comune di Angera, che al 31.12.2008 risultava pari a 5648 abitanti.

Ad esso, sono poi stati aggiunti i non residenti, mediante la seguente stima della popolazione fluttuante (campeggio + hotel) :

- Campeggio: 3000 x 15 giorni; 1500 per 3 mesi (dati stimati dall'ufficio tecnico comunale)
- Hotel: dati relazione PG.T. (relativo alla popolazione residente mensile dei quattro alberghi presenti)

Il dato della popolazione fluttuante (campeggio + hotel ) viene trasformato in abitanti/anno, calcolando un consumo di litri 200 rispetto ai 300 abitante medio, e quindi trasformato in abitanti equivalenti mediante un coefficiente di 0,66.

Per quanto concerne il consumo delle attività industriali, il dato preso in considerazione è quello relativo alla tariffazione del 2008 e alla superficie delle aree destinate a questo tipo di attività, pari a 224260 mq. Il dato relativo agli occupati di industrie e commercio (estratto dalla relazione del PGT) è di 524 addetti, per cui considerato un periodo di 225 giorni, risulta mediamente un valore di 80 litri/giorno, che trasformati in abitanti equivalenti, corrisponde a 86 abitanti equivalenti.

I dati sono così riassunti nella tabella seguente

**STIMA POPOLAZIONE EQUIVALENTE E RELATIVI CONSUMI**

Popolazione residente al 31.12.2008	5.648 ab
Stima popolazione equivalente fluttuante campeggio+hotel	350 ab
Stima popolazione equivalente addetti attività produttive	86 ab
<hr/>	
Popolazione totale equivalente	<b>6.084 ab</b>
Consumo totale medio annuo per abitante equivalente	<b>243 l/ab giorno</b>
Prelievo totale medio annuo per abitante equivalente	<b>337 l/ab giorno</b>
Consumo potabile medio annuo per abitante equivalente	<b>164 l/ab giorno</b>

Pertanto, poiché la popolazione attuale totale equivalente di riferimento risulta di 6084 abitanti, dal totale pagato in bolletta (pozzi+acquedotto provinciale), risulta un consumo medio annuo 243 litri abitante/giorno, di cui 161 litri abitante è il consumo potabile, contro un valore di 337 litri abitante/giorno se consideriamo le perdite di rete.

Sulla base dei volumi idrici immessi in rete, i fabbisogni potabili medi risultano pari a 16 l/s, mentre i fabbisogni produttivi medi sono pari a 7 l/s, e agricoli pari a 1 l/s. Gli stessi risultati, nel giorno di massimo consumo, diventano rispettivamente pari a 24 l/s, 10.5 l/s e 1.5 l/s, per un totale di 36 l/s.

### **CONSUMI ANNO 2008**

#### **(tariffazione comune)**

PRELIEVO PER USI DOMESTICI E POTABILI	504.754 mc	67% del totale	pari a circa	16 l/s
PRELIEVO PER USI PRODUTTIVI	210.110 mc	28% del totale	pari a circa	7 l/s
PRELIEVO PER USO AGRICOLO	34.187 mc	5% del totale	pari a circa	1 l/s
<hr/>				
PRELIEVO TOTALE	<b>749.052 mc</b>			

### **FABBISOGNO MASSIMO GIORNALIERO (dai dati 2008)**

PRELIEVO PER USI DOMESTICI E POTABILI	24 l/s
PRELIEVO PER USI PRODUTTIVI	10,5 l/s
PRELIEVO PER USO AGRICOLO	1,5 l/s
<hr/>	
PRELIEVO TOTALE	<b>36 l/s</b>

La disponibilità idrica comunale attuale corrisponde a una portata media complessiva di 24 l/s, ricavata considerando il totale del sollevato annuo dai pozzi siti in Comune di Taino (15 l/sec) e il contributo fornito dalla rete acquedottistica provinciale, mediamente pari a 9 l/sec.

Poiché il dato del prelievo massimo dai pozzi comunali è fisso e invariabile, in quanto determinato dalla portata autorizzata dalla concessione, si ricava che il deficit idrico è stato, fino ad ora, soddisfatto dalla fornitura da parte dell'acquedotto provinciale.

Le problematiche di carenza idrica del Comune di Angera sono pertanto riconducibili in prima istanza a tale situazione anomala di sfruttamento delle risorse idriche disponibili (vincolo della portata derivabile da concessione).

Le criticità acquedottistiche verificatesi negli ultimi anni sono più evidenti nella stima del bilancio idrogeologico del bacino di alimentazione dei suddetti pozzi e in aspetti gestionali, come si evince anche nell'analisi riportate nel paragrafo 6.

#### Previsioni e stima del fabbisogno idrico al compimento delle azioni di piano

Il seguente paragrafo riporta i calcoli effettuati per la stima del fabbisogno idrico comunale al compimento delle azioni di piano previste per il 2015.

Per tale anno, il P.G.T. prevede un aumento nella popolazione residente di 1015 unità, corrispondente ad un tasso di incremento demografico del 3.2 %, pari a quasi il triplo del tasso di incremento degli ultimi 17 anni (periodo compreso tra il 1991 e il 2007).

Per quanto riguarda gli usi produttivi, il dato preso in considerazione è quello relativo all'aumento della superficie totale delle aree destinate a questo tipo di attività previsto dal P.G.T., pari a circa 65.000 mq (rispetto ai circa 224.000 mq attuali), che determinerà un aumento percentuale dei consumi del 30 % rispetto al dato 2008, ed un aumento degli abitanti equivalenti a 112 unità.

Per la categoria di popolazione fluttuante non si prevedono aumenti, e pertanto si è mantenuto il valore del 2008.

#### **STIMA FABBISOGNI IDRICI**

Popolazione residente al 2015	6.948 ab
Stima popolazione equivalente fluttuante campeggio + alberghi	350 ab
Stima popolazione equivalente addetta attività lavorative	112 ab
<hr/>	
Popolazione totale equivalente	<b>7.410 ab</b>

#### **STIMA DEI CONSUMI**

CONSUMI DOMESTICI E POTABILI	443.930 mc
CONSUMI INDUSTRIALI E COMMERCIALI	196.856 mc
CONSUMO AGRICOLO	24.639 mc
<hr/>	
CONSUMO TOTALE	<b>654.559 mc</b>

Ipotizzando perdite della rete pari al valore attuale (28 %), si ottengono i seguenti volumi idrici immessi nella rete "necessari" a soddisfare i consumi della tabella precedente.

### **VOLUMI IDRICI DA IMMETTERE IN RETE**

PRELIEVO DA POZZI COMUNALI	473.040 Mc	pari a circa	15 l/s
FORNITURA DELL'ACQUEDOTTO PROVINCIALE	449.945 Mc	pari a circa	14 l/s
<b>TOTALE</b>	<b>922.985 Mc</b>	pari a circa	<b>29 l/s</b>

Considerando quindi i fabbisogni idrici “reali” che devono comprendere le perdite di rete, si ricavano i seguenti valori medi annuali e di picco giornaliero:

### **FABBISOGNO MEDIO GIORNALIERO (al 2015)**

PRELIEVO PER USI DOMESTICI E POTABILI	19 l/s
PRELIEVO PER USI PRODUTTIVI	9 l/s
PRELIEVO PER USO AGRICOLO	1 l/s
<b>PRELIEVO TOTALE</b>	<b>29 l/s</b>

### **FABBISOGNO MASSIMO GIORNALIERO (al 2015)**

PRELIEVO PER USI DOMESTICI E POTABILI	28,5 l/s
PRELIEVO PER USI PRODUTTIVI	13,5 l/s
PRELIEVO PER USO AGRICOLO	1,5 l/s
<b>PRELIEVO TOTALE</b>	<b>43,5 l/s</b>

Sempre considerando il solo dato del fabbisogno medio, la tabella seguente confronta il dato attuale e la situazione al compimento delle azioni previste dal Piano, evidenziando il relativo aumento percentuale.

<b>VOLUMI IDRICI DA IMMETTERE IN RETE</b>	2008	2015	differenza	aumento %
PRELIEVI PER USI DOMESTICI E POTABILI	504.754	616.553	111.799	22%
PRELIEVI PER CONSUMI PRODUTTIVI	210.110	272.245	62.135	30%
PRELIEVI PER CONSUMI AGRICOLI	34.187	34.187	-	0%
<b>PRELIEVO TOTALE</b>	<b>749.052</b>	<b>922.985</b>	<b>173.933</b>	<b>23%</b>

Il dato assunto come riferimento per la disponibilità idrica comunale è ancora quello dello stato attuale, stante le limitazioni già accennate.

Di conseguenza, il bilancio disponibilità/fabbisogni futuri non è soddisfatto, sia per quanto riguarda i consumi medi che per quelli nelle condizioni di picco, in considerazione del fatto che le portate derivabili dai pozzi sono limitate alla portata di concessione, e che l'acquedotto provinciale non è attualmente in grado di aumentare la fornitura.

## 7.2 Risorse idriche disponibili

### Schema generale della rete idrica comunale

Uno schema semplificato della rete acquedottistica del Comune di Angera è riportata nella tavola allegata alla fine del seguente paragrafo.

I pozzi che alimentano attualmente l'acquedotto sono tre, e sono situati in territorio comunale di Taino (località Zinesco).

Le caratteristiche tecniche delle opere di captazione sono riportate nella tabella seguente, unitamente agli impianti di sollevamento

### **CARATTERISTICHE TECNICHE DEI POZZI COMUNALI DI LOCALITA' ZINESCO**

Nome pozzo	Profondità metri	Quota minima e massima filtri	Portata massima falda (prove 1997)	Tipo pompa	Potenza (Hp)	Prevalenza (metri)	Portata pompa
POZZO 1	16.5	12-15	25	DAB S6L	10	32/23	10/15
POZZO 2	48	39-45	15	ATURIA	10	65/46	5.8/9.2
POZZO 3	29	22-26	3.8	DAB S4F	7.5	91/28	2.5/7.5

Per quanto riguarda le dotazioni della rete, sempre in comune di Taino, nelle vicinanze dei tre pozzi, è ubicato un primo grosso serbatoio di accumulo e rilancio delle acque, dotato di debatterizzatore, di capacità pari a 250 mc. Il serbatoio serve le utenze della località Paludi, andando poi ad alimentare i due bacini denominati "Rocca Bassa", di 250 mc ciascuno, a quota 233 s.l.m., che servono poi per caduta il capoluogo. Un gruppo di pompaggio rifornisce, da tale bacino, l'accumulo denominato "Rocca Alta", a 255 m. s.l.m., di 80 mc., che invece alimenta la rete della zone alle quote più alte del capoluogo.

L'acquedotto provinciale arriva con due distinte tubazioni. La prima, lungo la S.P. 629, alimenta il serbatoio "Soprasoara", di capacità 500 mc., a quota 275 s.l.m., La seconda condotta perviene al



serbatoio di Capronno, di capacità pari a 50 mc, ubicato a sud-est della frazione, a quota 260 metri s.l.m.. Prima di giungere al serbatoio di Capronno, la rete durante il tragitto serve l'intera frazione di Barzola.

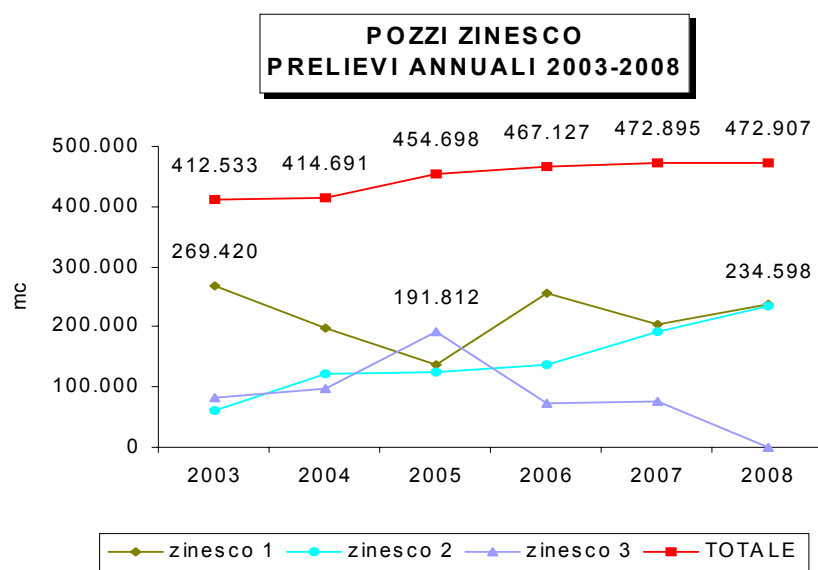
I serbatoi sono di fondamentale importanza per l'acquedotto in quanto garantiscono la riserva per soddisfare i picchi di consumo giornalieri.

#### Situazione dei prelievi dai pozzi comunali

Con i dati forniti dall'Ufficio Tecnico comunale sono state effettuate le valutazioni sul regime dei prelievi e una stima delle potenzialità reali delle falde captate.

Il seguente grafico evidenzia l'andamento dei prelievi annuali dei 3 pozzi di località Zinesco dal 2003 al 2008.

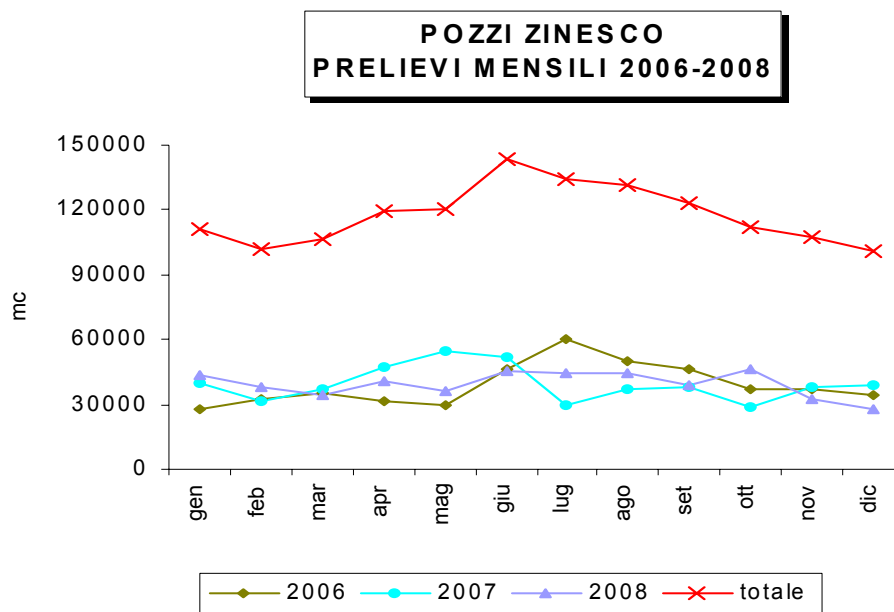
Per ragioni tecniche e gestionali, non si sono registrati prelievi costanti nel periodo in esame. I pozzi Zinesco 1 e 2 sono quelli più produttivi e quelli maggiormente sfruttati. Il volume annuo massimo emunto dal pozzo 1 è stato di 269.120 mc nel 2003, seguito dal pozzo 2 con 234.598 nel 2008, mentre dal pozzo 3 sono stati emunti un massimo di 191.812 mc. nel 2005.



Complessivamente, i tre pozzi hanno la potenzialità "teorica", con le pompe in dotazione, di fornire una portata complessiva di quasi 700.000 mc/anno, pari a 22 l/sec., contro una portata massima autorizzata da concessione, di 473.040 mc (15 l/sec).

I lavori di manutenzione eseguiti nell'estate del 1997 hanno consentito di stabilire le portate massime disponibili, che sono state riportate nella tabella della pagina precedente. Complessivamente sarebbe disponibili portate dell'ordine massimo dei 25 litri/secondo.

Per quanto riguarda la situazione dei prelievi mensili nel periodo 2006-2008, il seguente grafico evidenzia come i primi quattro mesi di massimo consumo sono quelli della stagione estiva (da giugno a settembre).



### 7.3 Analisi idrogeologiche

#### Regime delle precipitazioni e correlazione con il livello di falda

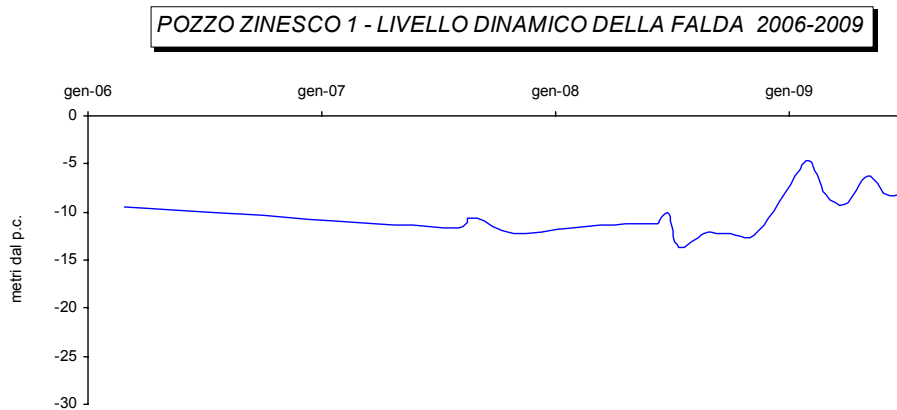
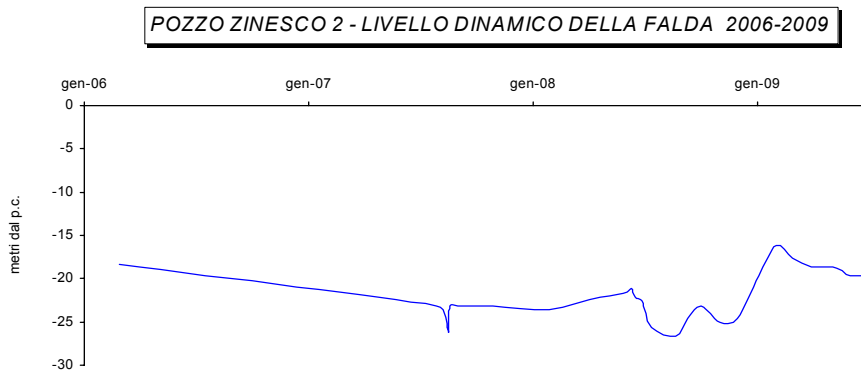
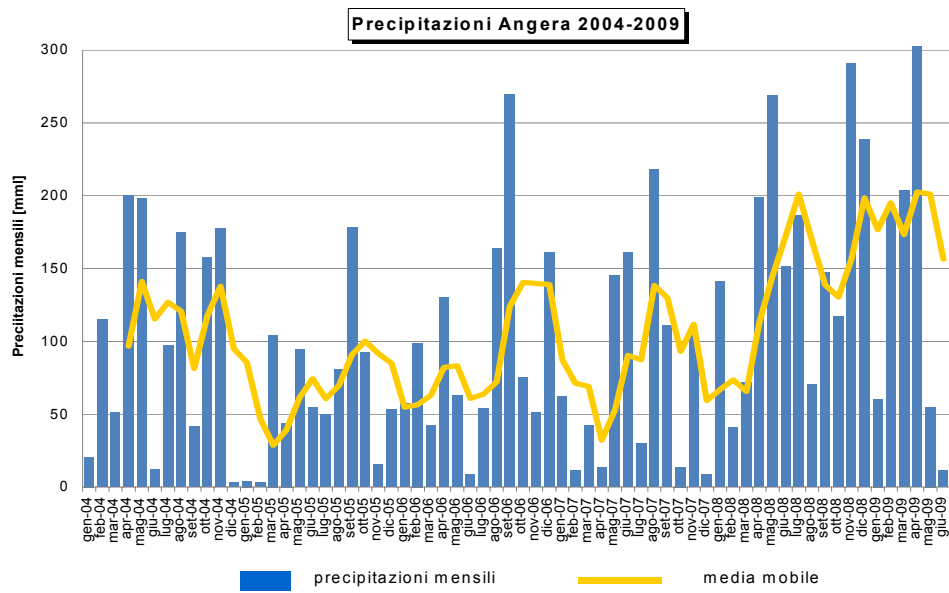
Dai dati dei prelievi mensili e annuali disponibili, non si osservano particolari diminuzioni dei volumi prelevati, nonostante le falde, e in particolare quelle superficiali come in questo caso, hanno notevolmente risentito del ridotto apporto meteorico del quadriennio 2003-2006.

Ciò perché le portate sono contingentate dalla concessione, e i pozzi sono quindi attrezzati con pompe che non sfruttano attualmente l'acquifero nella sua potenzialità massima, almeno per quanto riguarda i periodi in cui presumibilmente le falde sono caricate dalle precipitazioni, come si evince nel paragrafo relativo al bilancio idrogeologico della risorsa.

Non è possibile una analisi attendibile riguardo alla correlazione tra precipitazione e livelli di falda per il campo pozzi di Zinesco per l'assoluta mancanza di sufficienti dati del livello delle falda.

Il grafico a piè di pagina riporta i dati mensili delle precipitazioni dal 2006 al giugno 2009, con la curva di tendenza cumulata ed evidenzia la fine del periodo "siccitoso" degli anni 2003-2007, la notevole piovosità del 2008 e dei primi mesi del 2009 con valori del medi del 50 % superiori.

Il due grafici della pagina seguente elaborano le misure "saltuariamente" rilevate dagli addetti all'acquedotto, relativamente ai "metri d'acqua" esistenti al di sopra delle pompe, e quindi in sostanza il livello dinamico delle falde, una volta sottratta la profondità di posa delle pompe.



Le elaborazioni evidenziano il calo progressivo dei livelli della falda tra il 2006 e l'inizio del 2008, più accentuato al pozzo 2, fenomeno strettamente legato alla diminuite precipitazioni del periodo.

Si rileva un primo aumento nei mesi primaverili del 2008 e un andamento molto irregolare tra estate e autunno del 2008, in concomitanza con uno dei periodi più piovosi degli ultimi decenni, ed una finale ulteriore risalita nell'inverno 2008-2009 in cui la falda raggiunge i massimi del grafico elaborato. Le misure primaverili-estive del 2009 confermano la notevole ricarica della falda, che presenta una soggiacenza superiore a 5 metri rispetto all'estate 2008.

#### **7.4 Bilancio idrogeologico del bacino di alimentazione dei pozzi comunali**

Lo studio del bilancio idrogeologico della zona di alimentazione dei pozzo comunali di località Zinesco ha lo scopo di verificare l'esistenza di una condizione di equilibrio tra la ricarica della falda e l'emungimento effettuati dai pozzi stessi.

Il bilancio idrogeologico è stato calcolato, sulla base dei dati effettivamente disponibili, mediante la seguente formula semplificata :

$$I = P - D - ET$$

Dove i termini sono:

I = infiltrazione, P = precipitazioni , ET = evapotraspirazione, D = deflusso superficiale.

Per ricavare il valore dell'infiltrazione nel terreno, che è il dato di interesse per il calcolo delle riserve idriche, occorre primariamente definire il deflusso superficiale D che si origina quando la pioggia raggiunge il terreno, e stimare la parte assorbita dalla vegetazione e che evapora dal suolo (evapotraspirazione).

Il dato dell'infiltrazione permette solo una stima della quantità di ricarica della falda, in quanto molteplici sono i fattori che governano tale complesso fenomeno, quali ad esempio l'intensità e la durata delle piogge, la temperatura di aria e suolo, il tipo di suolo e sottosuolo, il periodo dell'anno, ecc.

##### Stima del deflusso superficiale

Per la stima del deflusso superficiale è stato utilizzato il metodo di Kennesey che determina il coefficiente di deflusso medio annuo (Cd), ovvero il rapporto fra il deflusso annuale e il volume delle precipitazioni cadute durante lo stesso periodo all'interno della zona di ricarica della falda.

Questo metodo passa attraverso la stima di tre indici parziali, legati rispettivamente all'acclività media del bacino (Ca), alla sua copertura vegetale (Cb) e alla permeabilità delle rocce affioranti (Cp), che sono, insieme a quelli climatici, i principali fattori influenzanti il volume del deflusso superficiale.

##### *Acclività media del bacino*

In generale una maggiore acclività media comporta un aumento del deflusso superficiale, sfavorendo il ristagno delle acque meteoriche e di conseguenza l'infiltrazione e l'evapotraspirazione.

#### *Copertura vegetale del bacino*

Una fitta copertura vegetale fa diminuire il valore del coefficiente di deflusso, sia perchè è maggiore in questi casi il volume d'acqua disperso per traspirazione dalle piante, sia perchè la vegetazione tende ad ostacolare il deflusso superficiale, rallentandolo e favorendo quindi l'infiltrazione.

#### *Permeabilità media del bacino*

Una elevata permeabilità media favorisce l'infiltrazione delle acque meteoriche, riducendo di conseguenza il deflusso superficiale.

#### *Fattori climatici (piovosità e temperatura)*

Il valore del coefficiente di deflusso è influenzato dalla delle precipitazioni e della temperatura e loro distribuzione nel corso dell'anno.

Si possono verificare due casi estremi.

1. Le massime precipitazioni coincidono con i massimi valori di temperatura: in questo caso è da attendersi un'intensa evapotraspirazione, con forte riduzione del deflusso superficiale e di conseguenza del coefficiente di deflusso.
2. Le massime precipitazioni coincidono con i minimi valori di temperatura: in questo caso è da attendersi una perdita per evapotraspirazione minima ed un elevato deflusso superficiale.

Tutte le altre possibili combinazioni fra valori di temperatura e piovosità si collocano fra questi due estremi.

L'influenza dei fattori climatici sul valore di Cd è calcolato attraverso l'Indice di aridità, definito come segue:

$$I_a = [ P / (T+10) + 12 \times p / t ] / 2$$

con :

P = afflusso medio mensile;

T = temp. media annua;

p e t = afflusso e temperatura del mese più arido.

Il valore di  $I_a$  cresce all'aumentare del rapporto fra precipitazioni totali annue e temperatura media annuale e del rapporto fra precipitazioni del mese meno piovoso e relativa temperatura mensile. In generale quindi ci si deve aspettare, a parità di temperature, un maggior deflusso superficiale al crescere dell'altezza delle precipitazioni e viceversa, e a parità di afflusso meteorico, un aumento di Cd al diminuire delle temperature.

Il metodo di Kennessey individua tre intervalli di valori di  $I_a$ , ad ognuno dei quali corrisponde una serie differente di coefficienti di deflusso parziali, che tengono conto di acclività, permeabilità e vegetazione.

Coefficiente	Valore	$I_a < 25$	$25 \leq I_a \leq 40$	$I_a > 40$
Ca-acclività	> 35%	0.22	0.26	0.30
	10 - 35	0.12	0.16	0.20
	3.5 - 10	0.01	0.03	0.05
	< 3.5	0.00	0.01	0.03

Cp-permeabilità	Molto bassa	0.21	0.26	0.30
	Bassa	0.17	0.21	0.25
	Mediocre	0.12	0.16	0.20
	Buona	0.06	0.08	0.10
	Elevata	0.03	0.04	0.05

Cv-vegetazione	Roccia	0.26	0.28	0.30
	Pascolo	0.17	0.21	0.25
	Coltivo	0.07	0.11	0.15
	Bosco	0.03	0.04	0.05

Per quanto riguarda la precisione di questo metodo, facendo un confronto con i valori di Cd ottenuti per uno stesso bacino, attraverso misure dirette del volume di deflusso, si è valutato che l'errore non superi generalmente il 10%. Va ricordato che il valore di Cd ottenuto rappresenta solo un dato medio, in quanto durante l'anno, al modificarsi dei fattori climatici, anche il coefficiente di deflusso subisce delle variazioni significative. Si è pertanto stimato il coefficiente di deflusso per ogni mese in relazione all'intensità delle precipitazioni, al tipo di precipitazioni e al grado di saturazione medio del terreno.

Nel calcolo del coefficiente sono stati utilizzati i dati medi di Malpensa. E' comunque da sottolineare che anche utilizzando i dati di Angera relativi sia al 2007 che al 2008, il valore del coefficiente non cambia in quanto l'indice di aridità risulta sempre superiore a 40.

Il coefficiente di deflusso relativo al caso in esame è risultato pari a 0,279

### Stima dell'evapotraspirazione

I dati utilizzati per la stima dell'evapotraspirazione sono quelli calcolati dalla stazione meteorologica di Varese Bobbiate (rete MNW – CEM) nel corso del 2008. La stazione meteorologica, una Davis Vantage Pro 2, calcola l'evapotraspirazione utilizzando il metodo CIMIS Penman implementato dal CIMIS (California Irrigation Management Information System). Il metodo CIMIS Penman è stato sviluppato utilizzando l'equazione di Penman modificata (*Pruitt and Doorenbos. 1977. Proceedings of the International Round Table Conference on Evapotranspiration, Budapest, Hungary*) con una funzione del vento che è stata sviluppata dall'università della California. Il metodo utilizza i valori medi orari delle grandezze meteorologiche come valori di ingresso per calcolare l'evapotraspirazione oraria. Il valore giornaliero viene poi ottenuto sommando i valori orari calcolati in precedenza.

I valori calcolati dalla stazione meteorologica per il 2008 sono i seguenti:

Anno 2008	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
EVAPOTRASPIRAZIONE (mm)	20.6	34.9	76.6	73.3	85.1	89.9	120.9	110	66	41.3	20.4	11.7

### Stima della infiltrazione

Di seguito si riportano tre diverse stime della infiltrazione. Le prime due possono essere assunti come estremi opposti. La prima è relativa all'anno 2007, che può essere considerato come anno rappresentativo di quelli siccitosi. La seconda è invece relativa al 2008 che può essere assunto come anno rappresentativo di quelli più piovosi. L'ultimo caso rappresenta una situazione media del periodo 2004-2008. La stima, in tutti i casi, è stata fatta utilizzando i dati di pioggia della stazione meteo di Angera della rete ARPA Lombardia. Per gli anni 2004 e 2005 è stato introdotto un fattore di correzione per tenere conto dei dati giornalieri mancanti. Il fattore è stato ottenuto calcolando l'accumulo medio giornaliero (nei soli giorni con dati a disposizione), spalmandolo successivamente sui giorni mancanti. Al dato del 2005, pari a 775,2 mm sono stati aggiunti 37,9 mm di pioggia. Alla piovosità del 2004, pari a 1249,8 mm, sono stati aggiunti 149,5 mm.

#### **Dati rete ARPA Lombardia – Stazione meteo di Angera**

Anno	Pioggia
2008	<b>1923,6</b>
2007	<b>920,8</b>
2006	1174,4
2005	813,1
2004	1399,3
media	<b>1246,24</b>

**Stima con pioggia anno 2007 (rappresentativo di anni siccitosi)**

mese	P	D	ET	Infiltrazione
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
gennaio	62	6,2	20,6	35,2
febbraio	11,2	2,24	34,9	-25,94
marzo	42,4	8,48	76,6	-42,68
aprile	13,2	3,96	73,3	-64,06
maggio	145,4	36,35	85,1	23,95
giugno	161	64,4	89,9	6,7
luglio	30	15	120,9	-105,9
agosto	218	109	110	-1
settembre	111,2	38,92	66	6,28
ottobre	13,8	3,45	41,3	-30,95
novembre	103,8	20,76	20,4	62,64
dicembre	8,8	0,88	11,7	-3,78
totale	920,8	309,64	750,7	-139,54

**Stima con pioggia anno 2008 (rappresentativo di anni piovosi)**

mese	P	D	ET	Infiltrazione
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
gennaio	141,2	14,12	20,6	106,48
febbraio	41	8,2	34,9	-2,1
marzo	71,6	14,32	76,6	-19,32
aprile	199	59,7	73,3	66
maggio	268,6	67,15	85,1	116,35
giugno	151,2	60,48	89,9	0,82
luglio	186,2	93,1	120,9	-27,8
agosto	70,4	35,2	110	-74,8
settembre	147,6	51,66	66	29,94
ottobre	117,4	29,35	41,3	46,75
novembre	290,6	58,12	20,4	212,08
dicembre	238,8	23,88	11,7	203,22
totale	1923,6	515,28	750,7	657,62

Per determinare l'incidenza mensile del valore medio annuo relativo al periodo 2004-2008 è stata utilizzata la media tra quelle del 2007 e del 2008.



### Stima dell'incidenza mensile delle piogge

Mese	2007	2008	media
gen	6,7%	7,3%	7,0%
feb	1,2%	2,1%	1,7%
mar	4,6%	3,7%	4,2%
apr	1,4%	10,3%	5,9%
mag	15,8%	14,0%	14,9%
giu	17,5%	7,9%	12,7%
lug	3,3%	9,7%	6,5%
ago	23,7%	3,7%	13,7%
set	12,1%	7,7%	9,9%
ott	1,5%	6,1%	3,8%
nov	11,3%	15,1%	13,2%
dic	1,0%	12,4%	6,7%
totale	100,0%	100,0%	100,0%

### Stima con pioggia media 2004-2008

Mese	P	D	ET	Infiltrazione
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
gennaio	87,7	8,8	20,6	58,3
febbraio	20,9	4,2	34,9	-18,2
marzo	51,9	10,4	76,6	-35,1
aprile	73,4	22,0	73,3	-21,9
maggio	185,4	46,4	85,1	54,0
giugno	157,9	63,2	89,9	4,9
luglio	80,6	40,3	120,9	-80,6
agosto	170,3	85,2	110,0	-24,8
settembre	123,1	43,1	66,0	14,0
ottobre	47,4	11,8	41,3	-5,8
novembre	164,4	32,9	20,4	111,1
dicembre	83,3	8,3	11,7	63,3
totale	1246,2	376,5	750,7	119,1

Bilancio idrico delle risorse comunali

Il bilancio viene realizzato semplicemente confrontando la portata d'acqua in ingresso per infiltrazione nel terreno della precipitazione meteorica (ipotizzando che tutta l'acqua che si infiltra nel bacino ricarica l'acquifero), con i volumi mensilmente sollevati dai pozzi, stima eseguita per gli anni 2007 e 2008, e per il periodo 2004-2008.

<i>Anno 2007</i>		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Tot.
PIOGGIA EFF. (l/mq)		35.2	-25.9	-42.6	-64	23.9	6.7	-105.9	-1	6.3	-31	62.6	-3.8	
INFILTRAZIONE (l/sec)		26.4	0	0	0	18	5	0	0	4.7	0	47	0	101
PRELIEVO (l/sec)		14.3	13	13.7	15.4	15.4	18.5	17.2	16.9	15.9	14.4	13.8	13	180
surplus	deficit													

<i>Anno 2008</i>		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Tot.
PIOGGIA EFF. (l/mq)		106.5	-2.1	-19.3	66	116.4	0.8	-27.8	-74.8	30	46.7	212	203	
INFILTRAZIONE (l/sec)		80	0	0	49.5	87.2	0.6	0	0	22.4	35	159	152	586
PRELIEVO (l/sec)		14.3	13	13.7	15.4	15.4	18.5	17.2	16.9	15.9	14.4	13.8	13	180
Surplus	deficit													

<i>Media 2004-2008</i>		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Tot.
PIOGGIA EFF. (l/mq)		58.3	-18.2	-35.1	-21.9	54	4.9	-80.6	-24.8	14	-5.8	111.1	63.3	
INFILTRAZIONE (l/sec)		43.7	0	0	0	40.5	3.6	0	0	10.5	0	83.3	47.5	229
PRELIEVO (l/sec)		14.3	13	13.7	15.4	15.4	18.5	17.2	16.9	15.9	14.4	13.8	13	180
surplus	deficit													

I dati relativi al prelievo mensile dai pozzi si riferiscono alla media del periodo 2006-2008.

I risultati mettono essenzialmente in evidenza una situazione problematica e una condizione di deficit idrico nei mesi estivi (da giugno a settembre), tardo invernali-primaverili (da febbraio ad aprile). Viceversa i mesi dove non si riscontrano mai carenze sono gennaio, maggio e novembre.

Le stime dimostrano che nei periodi caratterizzati da precipitazioni inferiori alla media (come il 2007) possono mettere in forte crisi le zone di ricarica della falda che alimenta i pozzi a servizio dell'acquedotto comunale.

Nell'elaborazione relativa ad un periodo di 5 anni (2004-2008), abbastanza rappresentativo della situazione media climatica, in quanto comprendente un triennio di precipitazioni inferiori alla media ed un anno eccezionalmente piovoso come il 2008, si stima, nel totale complessivo annuale, un surplus mensile di circa 4 l/s.

## 7.5 Considerazioni finali. Verifica della sostenibilità idrica del p.g.t.

Sulla base delle valutazioni effettuate e dei calcoli riportati nei precedenti paragrafi, è possibile trarre le seguenti considerazioni conclusive relative alla valutazione delle risorse idriche disponibili e alla sostenibilità idrica delle previsioni del P.G.T. al 2015

L'attuale dotazione acquedottistica del Comune di Angera è costituita da 3 pozzi siti in Comune di Taino e dalla fornitura dell'acquedotto provinciale. La disponibilità idrica comunale attuale corrisponde a una portata media complessiva di 24 l/s, ricavata considerando il totale del sollevato annuo dai pozzi siti in Comune di Taino (15 l/sec), valore "contingentato" dalla concessione di derivazione in essere, e il contributo fornito dalla rete acquedottistica provinciale, mediamente pari a 9 l/sec.

Complessivamente, i tre pozzi hanno però la potenzialità "teorica", con le pompe in dotazione, di fornire una portata complessiva di quasi 700.000 mc/anno, pari a 22 l/sec., contro una portata massima autorizzata da concessione, di 473.040 mc (15 l/sec).

I calcoli relativi al bilancio idrogeologico della zona di alimentazione dei pozzi, hanno evidenziato una condizione di deficit idrico nei mesi estivi (da giugno a settembre) e tardo invernali-primaverili (da febbraio ad aprile). Viceversa, i mesi dove non si riscontrano mai carenze nell'alimentazione della falda, sono gennaio, maggio e novembre.

I pozzi in oggetto emungono esclusivamente da un acquifero superficiale, caratterizzato da variazioni di livello e portate direttamente influenzate dal regime pluviometrico.

Le stime dimostrano che i periodi caratterizzati da precipitazioni inferiori alla media (come il 2007) possono mettere in forte crisi le zone di ricarica della falda. Soprattutto critica la situazione dei mesi estivi, in cui, dal bilancio idrogeologico del bacino di alimentazione, i suddetti pozzi risulterebbe in forte deficit. La stima relativa agli ultimi 5 anni (2004-2008), abbastanza rappresentativo della situazione media climatica, in quanto comprende un triennio di precipitazioni inferiori alla media ed un anno eccezionalmente piovoso come il 2008, evidenzerebbe comunque un surplus complessivo di circa 4 l/s mensili di media.

Per la verifica della sostenibilità del PGT, è stato preliminarmente effettuato un bilancio della situazione attuale dei volumi estratti dal sottosuolo, confrontando i dati di bollettazione con il totale prelevato (pozzi più fornitura dall'acquedotto provinciale).

Dal totale prelevato dal sottosuolo (pozzi Zinesco) e fornito dall'acquedotto provinciale, è stato sottratto il totale consumato per usi potabili, industriale ed agricolo, ricavando così un valore di perdita delle reti pari a circa il 28 %.

Le stime effettuate evidenziano che l'acquedotto attualmente soddisfa *i fabbisogni medi calcolati e parzialmente le condizioni di picco*, anche grazie alla presenza di numerosi serbatoi di accumulo. Poiché le previsioni di un incremento della popolazione per il 2015 di circa 815 unità, e delle aree destinate alle attività produttive del 30 %, determineranno un aumento del prelievo totale del 21 %, non esistono al momento, per la situazione Amministrativa e gestionale delle risorse disponibili, ulteriori margini di manovra.

La società che gestisce il campo pozzi di Barza per conto dell'acquedotto provinciale, ha comunicato che non è in grado di aumentare la sua fornitura, in particolare nei momenti di carenza idrica generale. Le

portate emungibili dal sottosuolo in Comune di Taino sono stabilite dalla concessione e non possono essere incrementate

#### Proposte di intervento di carattere generale

Sulla base degli elementi emersi durante lo studio, si deduce che, per supportare lo sviluppo urbanistico comunale previsto dal P.G.T., andrebbero approntate una serie di misure e di interventi nel breve e medio periodo, riconducibili alle seguenti tipologie:

- a) riduzione delle perdite
- b) iniziative di risparmio idrico
- c) ricerche di nuove fonti idriche

Relativamente al punto a), sono da prevedersi interventi strutturali per la riduzione delle perdite della rete mediante manutenzione straordinaria e sistemazione di tratti di condotte con elevata percentuale di perdite, opere che consentirebbero di aumentare la disponibilità idrica.

Per quanto riguarda il punto b), il PGT deve imporre misure di risparmio idrico e un corretto utilizzo della risorsa idrica mediante iniziative di risparmio, come ad esempio impianti idrico-sanitari con dispositivi di riduzione del consumo d'acqua, vasche di invaso per l'accumulo delle acque meteoriche provenienti dalle coperture degli edifici, realizzazione di pozzi superficiali per usi diversi dal idropotabile (industriale, irriguo).

Infine per il punto c), all'interno del territorio comunale non esistono molte aree favorevoli alla ricerca di nuovi fonti di approvvigionamento.

Sono infatti presenti due estese aree collinari in cui è presente un substrato roccioso affiorante o a ridotta profondità, con presenza di irregolari falde sospese poco profonde a ridotta potenzialità idrica, e un'ampia area pianeggiante occupata da sedimenti fini di origine lacustre-palustre a forte percentuale limoargillosa, e con falda arealmente diffusa ma a bassa trasmissività, e quindi idrogeologicamente di scarso interesse. La generale scarsa potenzialità delle falde presenti nel sottosuolo comunale, diretta conseguenza dell'assetto geolitologico, si riflette nello scarso numero di pozzi perforati (un solo pozzo ad uso idropotabile, di proprietà dell'acquedotto provinciale), e pochissimi altri pozzi per gli altri usi diverso dal potabile.

Negli ultimi anni sono state effettuate indagini idrogeologiche mediante prospezione geofisiche e geognostiche alla ricerca di zone idrogeologicamente favorevoli. E' stata evidenziata in zona S. Michele e Via Varesina, due aree di possibile interesse idrogeologico ma di probabile modesta potenzialità idrica (< 3-5 l/s), soprattutto se paragonate al campo pozzi di Taino (oltre 20 l/sec).

Unica eccezione realmente accertata può essere rappresentata dalla zona di Barzola, sul prolungamento del campo pozzi di Barza, ove gli studi condotti rilevano potenzialità residue sfruttabili con la realizzazione di nuovi pozzi.

Per sopperire quindi alle necessità idriche previste dall'incremento della popolazione residente, (peraltro quantificata, nell'aggiornamento del Documento di Piano del 8/9/2010 (c.f.r.tabella di pag.242), in 760 unità rispetto alle 1015 iniziali e base dei calcoli del bilancio idrico di questo paragrafo), l'Amministrazione Comunale provvederà alla perforazione di nuovi pozzi nelle aree comprese all'interno dei confini comunali, già individuate come le più favorevoli dal punto di vista idrogeologico.

L'attingimento di acque direttamente dal Lago Maggiore, come già effettuato da utilizzatori privati ad uso industriale e domestico, e come attualmente operato a scopo idropotabile dal Comune di Leggiuno, potrà poi rappresentare un' ulteriore possibile alternativa.

## 8. ELEMENTI DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

A seguito della caratterizzazione litostratigrafica, geomorfologica e idrogeologica del territorio di Angera, con il supporto di dati geotecnici specifici esistenti, è stato possibile suddividere, in via preliminare, i terreni in base a unità con comportamento geologico-tecnico omogeneo.

Per caratterizzazione geologico-tecnica si intende, in questa fase di studio, una prima definizione delle proprietà geotecniche dei terreni in relazione ad interventi di modificazione dell'area ai fini costruttivi.

Pertanto le indicazioni riportate in questo capitolo sono da intendersi puramente indicative e a carattere preliminare, e non andranno assolutamente considerate come esaustive e sufficienti per il dimensionamento di opere puntuali. In fase progettuale, come da normativa (D.M. 14 gennaio 2008 *Norme tecniche per le costruzioni*), sarà necessaria una campagna geognostica di dettaglio per la parametrizzazione geotecnica dei terreni interessati dalle opere in progetto.

### 8.1 Modalità di classificazione dei terreni

Alla classificazione delle diverse unità geotecniche si è arrivati confrontando quanto presente in letteratura con le osservazioni dirette di carattere litologico effettuate sul terreno e utilizzando i dati disponibili relativi ad indagini geognostiche resi disponibili da soggetti diversi o dai proprietari dei dati stessi.

La descrizione delle singole unità è stata preparata secondo i seguenti criteri:

- descrizione litologico-tecnica secondo le norme di classificazione dell'Associazione Geotecnica Italiana (A.G.I., 1977);
- classificazione granulometrica secondo le norme tecniche del Sistema Unificato USCS (Unified Soil Classification System) basate sostanzialmente sulle norme ASTM, che permettono di dare una precisa definizione tecnica dei terreni;
- indicazioni generali sullo stato di consistenza (per i terreni fini, argilloso limosi a comportamento coesivo) o di addensamento (per i terreni grossolani a comportamento incoerente), basandosi sulle raccomandazioni A.G.I.;

### 8.2 Zonazione geologico tecnica preliminare

Il territorio di Angera presenta caratteristiche geotecniche abbastanza eterogenee, alla scala più generale dell'intero territorio comunale, che rispecchiano la notevole variabilità delle condizioni litologiche, idrogeologiche e geomorfologiche.

Per descrivere le caratteristiche salienti riguardo al comportamento e alle problematiche di tipo geotecnico, è stata ripreso lo schema di suddivisione, in tre grossi gruppi, riportato nei precedenti paragrafi:

- zone a substrato roccioso affiorante o subaffiorante che costituiscono le aree in rilievo;

- zone terrazzate o blandamente ondulate con depositi di origine morenica e fluvio-glaciale;
- zone pianeggianti occupate da depositi di tipo fluvio-lacustre.

Per tutti i gruppi sono state considerati gli aspetti idrogeologici, idraulici e geomorfologici di maggior rilevanza sul comportamento geotecnico dei terreni.

#### *Zone a substrato roccioso affiorante o subaffiorante che costituiscono le aree in rilievo*

Le proprietà geomeccaniche del substrato roccioso sono strettamente dipendenti dalla composizione mineralogica, dagli elementi strutturali e microstrutturali, dallo stato di alterazione, ma soprattutto dalla presenza e dalle caratteristiche delle superfici di discontinuità (stratificazioni, fratture, ecc.).

Per quanto riguarda il materiale roccia, le caratteristiche geomeccaniche sono in generale discrete, con peggioramenti solo in corrispondenza dei settori interessati da elevato grado di fratturazione e di alterazione.

La coltre superficiale è costituita generalmente da terreni grossolani a granulometria eterogenea (massi e ciottoli, sabbie e limi), da sciolti ad addensati, di buone caratteristiche di portanza (Classificazione USCS: GM-GP-SM). I suoli sono sottili o poco profondi (0,2-0,5 m). La falda freatica è superficialmente discontinua, concentrata negli impluvi con drenaggio superficiale da discreto a buono.

Per quanto concerne la coltre eluvio-colluviale, essa rappresenta la parte più superficiale dei versanti, in cui l'azione della vegetazione e degli agenti atmosferici ha prodotto fenomeni di trasformazione tali da renderli non idonei alla posa di fondazione.

#### *Zona dei rilievi a substrato roccioso non affiorante, zone collinari con depositi di origine morenica, zone terrazzate con depositi fluvio-glaciali*

Dal punto di vista geotecnico sono prevalenti terreni ghiaiosi con percentuale variabile di sabbia e ciottoli; la frazione limosa è generalmente scarsa.

1) Nella zona collinare a tergo di Capronno, i versanti sono moderatamente acclivi con substrato roccioso non affiorante e copertura quaternaria di elevato spessore. I terreni superficiali sono granulari grossolani da sciolti ad addensati, di buone caratteristiche di portanza (Classificazione USCS: GM-GP-SM). I suoli sono sottili o poco profondi (0,2-0,5 m). La falda freatica superficialmente discontinua, è concentrata negli impluvi. Drenaggio da discreto a buono.

2) La zona collinare di origine morenica ove è situato l'abitato di Barzola, presenta una acclività medio-bassa ed è costituita da ghiaie, ciottoli e massi in matrice sabbioso-limosa, di buona portanza (Classificazione USCS: GM-GP-SM), con suoli di medio spessore (0,5-1,0 m). La falda freatica è assente tranne che ai piedi del versante, al passaggio con le aree intramoreniche depresse. Il drenaggio è da discreto a buono.

3) La zona sub pianeggiante terrazzata a contorno dei rilievi del S. Quirico e Rocca, è costituita da terreni granulari grossolani da sciolti a compatti (ghiaie grossolane e ciottolose a matrice sabbiosa), di buone caratteristiche di portanza (Classificazione USCS: GW-GP), e suoli da sottili a medi (0,2-1,0 m). La falda freatica è assente nel primo sottosuolo. Il drenaggio è generalmente buono.

4) Nella zona di Capronno, lo stesso ambito geotecnico si presenta come un pianoro sub pianeggiante terrazzato costituito da terreni granulari grossolani (ghiaie grossolane e ciottolose a matrice sabbiosa da sciolti a compatti - Classificazione USCS: GW-GP), di buone caratteristiche di portanza e con suoli da sottili a medi (0,2-1,0 m), ma con una falda freatica piuttosto superficiale e drenaggio buono.

#### Zone pianeggianti occupate da depositi di tipo fluvio-lacustre e lacustre

1) La zona circumlacuale e sopralacuale, di raccordo con le zone terrazzate o rilevate e a morfologia sub pianeggiante, risulta caratterizzata da terreni granulari medi da poco a mediamente addensati (sabbie medie e fini, localmente ghiaiose (Classificazione USCS: GM-SM-SC).), di medie caratteristiche di portanza e con suoli da sottili a poco profondi (0,2-0,5 m). La falda freatica è poco profonda e arealmente continua. Il drenaggio da buono a mediocre.

2) La zona interna intramorenica di località Paludi, occupa una depressione a morfologia pianeggiante ed è costituita terreni granulari medio-fini (sabbie fini, talora limi e torbe (Classificazione USCS: SM-SC-ML), da poco a mediamente addensati, saturi, con mediocri o scarse caratteristiche di portanza. Il suolo, da poco profondo a profondo (0,5-1,5 m) è sovente argilloso e torboso. La falda freatica è subaffiorante. Il drenaggio da mediocre a scarso, la saturazione dei terreni superficiali e la bassa pendenza determina ristagni e impaludamenti.

3) Le zone interne intramoreniche di località Capronno, presentano terreni granulari medio-fini (sabbie fini, talora limi e torbe - Classificazione USCS: SM-SC-ML), da poco a mediamente addensati, saturi, con caratteristiche di portanza da medie a mediocri. I suoli sono argillosi e torbosi da poco profondi a profondi (0,5-1,5 m). La falda freatica è subaffiorante. Il drenaggio da buono a mediocre, con ristagni per la bassa pendenza e la saturazione dei terreni superficiali.

4) Nella zona pianeggiante e sub pianeggiante poco sopraelevata a contorno del lago, si rinvengono terreni granulari medio-fini (sabbie medie e fini, talora limi - Classificazione USCS: SM-SC-ML), da poco a mediamente addensati, saturi, di mediocri caratteristiche di portanza, con suoli da poco profondi a profondi (0,5-1,5 m). La falda freatica è subaffiorante. Il drenaggio da mediocre a scarso per la bassa pendenza e la saturazione dei terreni superficiali, determina la presenza di aree di ristagno e impaludamento.

5) Nel settore più limitrofo al lago e formato da aree umide, sono presenti terreni granulari medio-fini (sabbie medie e fini, limi - Classificazione USCS: SM-SC-ML) poco addensati, permanentemente saturi perché in diretta alimentazione con il lago, con scarse caratteristiche di portanza.

6) La zona interessata da riporti antropici di loc. Arena, a morfologia pianeggiante, è caratterizzata da fanghi calcareo-dolomiti, reflui delle lavorazioni della Soc. Magnesia, inconsistenti con caratteristiche di portanza quasi nulla. La falda freatica è molto superficiale e il drenaggio generalmente molto scarso.



### 8.3 Considerazioni generali di carattere geotecnico

1) Dal punto di vista geotecnico, la caratterizzazione preliminare effettuata ha evidenziato la molteplicità di aspetti presenti sul territorio comunale. Ha permesso di verificare come i terreni di una estesa parte, ove si concentra l'urbanizzazione del territorio comunale, non presentino particolari problematiche connesse con l'utilizzo degli stessi ai fini edificatori o per la realizzazione di opere di interesse pubblico. Solo in limitati settori la falda, ove è presente a poca profondità, può influenzare negativamente sulle caratteristiche geomeccaniche.

2) Le aree in rilievo a substrato roccioso affiorante o a debole profondità (S. Quirico, Rocca) presentano un substrato lapideo ad elevata portanza, se compatto, ma localmente di caratteristiche geotecniche inferiori, per la presenza in superficie di zone alterate e fratturate. La coltre superficiale, ove presente, è invece costituita da terreni grossolani da sciolti ad addensati di caratteristiche di portanza medie. La fattibilità geotecnica, per quanto riguarda le zone più rilevate, è condizionata dalla situazione dei versanti. L'acclività alta e elevata rappresenta un fattore sfavorevole e pertanto sono da considerarsi ad rischio, le aree a forte pendenza, a meno di onerosi interventi di protezione, bonifica e consolidamento.

3) Condizioni mediamente sfavorevoli si riscontrano nelle zone pianeggianti circumlacuali e intramoreniche, che presentano terreni granulari medio-fini, da poco a mediamente addensati, saturi con caratteristiche di portanza da mediocri a scarse. La presenza della falda freatica subaffiorante determina ristagni e le condizioni morfologiche sfavorevoli (aree depresse a bassa pendenza) comportano generalmente un drenaggio piuttosto difficoltoso.

4) La valutazione del livello della falda freatica è infine parametro di fondamentale importanza per la parametrizzazione geotecnica dei terreni di fondazione. Su buona parte del territorio la falda è piuttosto superficiale e soggetta ad oscillazioni legate alla piovosità. Sono inoltre presenti vaste aree con problemi di regimazione e drenaggio per la scarsa permeabilità del sottosuolo e le sfavorevoli condizioni morfologiche.

## 9. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' PER FRANA

Il territorio della Provincia di Varese, nell'ambito del PTCP, è stato suddiviso in aree contraddistinte da differente grado di pericolosità per frana. Sulla base di metodologie di analisi statistiche e deterministiche, partendo dall'analisi di tutta la documentazione esistente, è giunto all'identificazione di quattro classi di pericolosità:

- aree a pericolosità alta;
- aree a pericolosità media;
- aree a pericolosità bassa;
- aree a pericolosità molto bassa o nulla.

Il Comune di Angera, secondo la cartografia che identifica le aree a diversa pericolosità per frane (RIS 3), si presenta quasi tutto a pericolosità molto bassa o nulla, e solo per il settore collinare degradante verso il Lago Maggiore, a Ovest e Nord-Ovest del capoluogo, in classe a “pericolosità bassa”.

Per quanto riguarda lo specifico elaborato (RIS 4) che individua le principali tipologie di dissesto tra cui: 1) crolli in roccia; 2) frane di scivolamento; 3) frane superficiali, colate di detrito e fango su versanti; 4) colate di detrito e fango su conoidi, non risulta segnalata, nel territorio di Angera, alcuna area.

Alla luce di questo non si è ritenuto necessario affrontare uno studio di dettaglio sulla pericolosità per frana a livello comunale, in quanto anche dai rilevamenti in sito non sono emersi particolari ambiti di pericolosità se non locali fenomeni di erosione superficiale ubicati all'interno di vallecole o sparsi sui versanti delle principali dorsali collinari.

I fattori che innescano questa tipologia di dissesto sono principalmente legati ad eventi meteorici intensi e all'attività erosiva delle acque non incanalate, in relazione all'acclività dei versanti e alla tipologia di suolo principalmente sciolto e mediamente alterato, a granulometria non molto grossolana.

Nello studio geomorfologico, propedeutico alla individuazione della pericolosità idrogeologica e di vulnerabilità del territorio, è stata eseguita una prima individuazione delle aree ad acclività media e alta, considerando una pendenza di 30°, “critica” per il possibile innesco di dissesti gravitativi. Sono così state individuate le zone poi inserite nell' “ambito di pericolosità A11 - *Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di fenomeni di versante valutati in base alla pendenza, a evidenze morfologiche e alle caratteristiche geotecniche dei terreni*”.



## 10. ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", sono state individuate le zone sismiche sul territorio nazionale, e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni.

La Regione Lombardia ha preso atto, con D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003, della classificazione fornita in prima applicazione dalla citata Ordinanza 3274/03. L'intero territorio comunale di Angera ricade in zona sismica 4 (quella a minor grado di sismicità).

La metodologia di analisi prevede i seguenti tre livelli di approfondimento, con grado di dettaglio in ordine crescente, in funzione della zona sismica di appartenenza.

**1^ LIVELLO:** sulla base di osservazioni geologiche, della cartografia di inquadramento e dei dati esistenti, prevede nella fase pianificatoria, e per tutti i comuni e di tutte le zone sismiche, la perimetrazione areale delle diverse situazioni passibili di amplificazione sismica (aree a pericolosità sismica locale - PSL) con la redazione della "Carta della pericolosità sismica locale", secondo le indicazioni riportate in normativa, in grado di determinare gli effetti sismici locali.

**2^ LIVELLO:** caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa). Gli studi di 2° livello consentono l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (per la Lombardia, Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano). Per queste aree si dovrà procedere alle ulteriori indagini ed approfondimenti. Per i Comuni ricadenti in zona sismica 4, come nel caso del Comune di Vergiate, tale livello deve essere applicato nelle aree PSL Z3 e Z4, per le sole costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali; ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

• **3° LIVELLO:** definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite. Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:

- quando, a seguito dell'applicazione del 2° livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5);

- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2 e Z5).

Il 3° livello è obbligatorio anche nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui

interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

### 10.1 Carta della pericolosità sismica locale - primo livello

Il primo livello, come precedentemente riportato, è obbligatorio per tutti i comuni. L'analisi della sismicità locale è stata condotta secondo la metodologia presentata nell'Allegato 5 della D.G.R. n. 8/1566 del 22-12-05, e si basa sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia dal Politecnico di Milano – Dip. di Ingegneria Strutturale.

Esso consiste in uno studio di carattere qualitativo, finalizzato alla perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo (geologiche e geomorfologiche) in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale PSL). Le situazioni tipo sono riportate nella tabella 1 dell'allegato 5 della D.g.r. 8/1566 che si riporta per miglior lettura

Le zone vengono individuate sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti (dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento).

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>CASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	H2 – livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	H2 – livello di approfondimento 3°
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	H2 – livello di approfondimento 2°
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	H2 – livello di approfondimento 2°
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	H2– livello di approfondimento 3°

Si riporta di seguito un ampio stralcio della D.G.R. 8/7374 relativamente alle caratteristiche generali della risposta sismica locale.

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

Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area.

In funzione, quindi, delle caratteristiche del terreno presente, si distinguono due grandi gruppi di effetti locali: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità.

Effetti di sito o di amplificazione sismica locale: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali. Tali effetti si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- effetti di amplificazione topografica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;

- effetti di amplificazione litologica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

Effetti di instabilità: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talora movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito.

Nel caso di versanti in equilibrio precario (in materiale sciolto o in roccia) si possono avere fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali e colamenti), per cui il sisma rappresenta un fattore d'innescio del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.

Nel caso di aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici quali faglie sismogenetiche si possono verificare movimenti relativi verticali ed orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture.

Nel caso di terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisicomeccaniche si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili fluiscenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei fenomeni di liquefazione.

Nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.”

## **10.2 Scenari di pericolosità sismica locale**

L'analisi del rischio sismico locale è stata condotta adottando la procedura di I livello che, a partire dalle informazioni già acquisite nella fase di analisi territoriale di base, consente l'individuazione di ambiti areali caratterizzati da specifici scenari di pericolosità sismica locale in cui gli effetti della sollecitazione sismica sono prevedibili con sufficiente approssimazione, ma la cui quantificazione dovrà essere oggetto di specifici studi di approfondimento.

Con riferimento alla tabella 2 dell'allegato 5 dei “Criteri attuativi della L.R. 12/05”, nel territorio in esame sono stati riconosciuti i seguenti scenari di pericolosità sismica locale (PSL).

### *Scenario Z1c: zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana*

Comprende le aree nelle quali, in base a considerazioni sulla litologia dei terreni affioranti e sulla pendenza, oltre che dalle evidenze in sito, si ritengono possibili fenomeni di dissesto.

Sono vallecole con incisioni torrentizie ed soggette ad erosione, ove si riscontrano versanti a pendenza medio-elevata e che possono essere interessate da fenomeni di dissesto generati da processi dinamici di tipo geomorfologico e idraulico.

Tale scenario interessa alcune vallecole solcate da corsi d'acqua censiti come reticolo minore, che intagliano i versanti del S.Quirico e della collina di Capronno, e piccole aree di minore importanza ed estensione in loc. Fornetto, e al confine con Cadrezzate.

In caso di evento sismico l'effetto prevedibile è quello di instabilità dei versanti e delle sponde mentre la classe di pericolosità sismica corrispondente è H2. Il livello di approfondimento richiesto in fase progettuale per tali aree è il 3° solo per edifici strategici e rilevanti di nuova realizzazione (o anche in caso di ampliamento di tali strutture se già esistenti) di cui all'elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03, qualora non sussistano già prescrizioni di inedificabilità relativi alla Classe IV di fattibilità geologica.

### *Scenario Z2: zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti. Zone con depositi granulari fini saturi*

In questa categoria sono state comprese le aree con scarsa capacità portante e basso grado di addensamento dei terreni, corrispondenti alle zone di più recente sedimentazione, di tipo fluvio-lacustre e palustre .

Tali aree, che si rinvergono nella zona più prossima al lago (zona bruschera) e tra Angera e Barzola (loc. Paludi) e tra Barzola e Capronno, sono contraddistinte da tipiche litologie a granulometria fine (limi, limi sabbiosi, argille e talora torbe), a comportamento variabile da incoerente a coesivo, con caratteristiche geologico tecniche scadenti, anche in relazione al basso grado di addensamento, con presenza di aree paludose, ristagni permanenti e occasionali.

La concomitante presenza di limi e sabbie fini sciolte, e l'esistenza di una falda idrica avente livello piezometrico prossimo al piano campagna, pongono le condizioni per il possibile innesco di fenomeni di liquefazione in condizioni di eccitazione sismica, mentre in corrispondenza di livelli sabbioso-ghiaiosi sciolti si possono verificare fenomeni di addensamento.

In caso di evento sismico l'effetto di amplificazione prevedibile è quello di insorgenza di cedimenti (per densificazione e addensamento del materiale) e/o liquefazioni (sotto forma di fluiscenti parziali o generalizzati), e la classe di pericolosità sismica corrispondente è H2 con il 3° livello di approfondimento. In questa categoria sono state comprese anche le aree della ex discarica e del riempimento di loc. Arena, aree contraddistinte da caratteristiche geologico tecniche scadenti, legate alla presenza di riporti eterogenei e scarsamente addensati.

In caso di evento sismico l'effetto di amplificazione prevedibile è quello di insorgenza di cedimenti e/o liquefazioni e la classe di pericolosità sismica corrispondente è H2.

Sarà obbligatorio in fase progettuale l'approfondimento di 3° livello per edifici strategici e rilevanti di nuova realizzazione (o anche in caso di ampliamento di tali strutture se già esistenti) di cui all'elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03.

#### Scenario Z3a: Orli di scarpata con $H > 10$ m ed inclinazione media $> 10^\circ$

Tale scenario comprende le aree di scarpata e di versante acclive del rilievo collinare del Monte S. Quirico, della Rocca, aventi una altezza superiore a 10 m e inclinazione superiore a  $10^\circ$ . Tale classe si estende dalla base del pendio al ciglio di scarpata, e comprende le relative aree di possibile influenza alla sommità, oltre alla linea del ciglio della scarpata.

Dal punto di vista litologico, in profondità e localmente affiorante, è presente la F.ne della Dolomia Principale e le Vulcaniti del Permiano. Superficialmente, ma irregolarmente, si rilevano depositi eluvio-colluviali (sabbie e limi, sabbie limoso-argillose), e porzioni occupate dai depositi morenici-glaciali di età wurmiana. Il grado di addensamento dei terreni può essere considerato scarso per le coltri eluvio-colluviali, medio o variabile per i depositi morenici.

In base alla litologia e alla acclività, sono prevedibili effetti di amplificazione, di tipo litologico e di tipo topografico, della sollecitazione sismica al suolo, con conseguenti possibili fenomeni di dissesto (come crolli, scivolamenti o colamenti) della coltre eluviale. In caso di evento sismico la classe di pericolosità sismica corrispondente è H2 e livello di approfondimento 2°.

Dovranno inoltre essere eseguite, analisi di stabilità del complesso opere-versante con le azioni sismiche di progetto.

#### Scenario Z3b: zone di cresta

A questa categoria si è inteso attribuire gli elementi lineari caratteristici dei rilievi collinari, identificando le morene morfologicamente più significative e le creste delle dorsali di origine morenica. In tali zone, estese per un ragionevole intorno, sono prevedibili effetti di amplificazione della sollecitazione sismica al suolo di tipo litologico e topografico, analogamente allo scenario Z3a. Dovranno inoltre essere eseguite, analisi di stabilità del complesso opere-versante con le azioni sismiche di progetto.



Scenario Z4a: Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi

In questo scenario sismico è compresa tutta l'area pianeggiante e localmente terrazzata, al margine del rilievo collinare della Rocca e del S. Quirico, e della collina di Capronno, in quanto costituita da materiali prevalentemente di origine alluvionale e fluvio-glaciale granulare (ghiaiosi e sabbiosi), talora a scarso grado di addensamento, ma anche da depositi fini come limi e argille.

La presenza di una falda idrica poco profonda, può determinare, per terreni granulari fini sabbiosi saturi di acqua, il possibile innesco di fenomeni di liquefazione in condizioni di eccitazione sismica, mentre in corrispondenza di livelli sabbioso-ghiaiosi sciolti sopra falda, sono possibili cedimenti differenziali a causa di fenomeni di addensamento del materiale. Cedimenti possono verificarsi anche ove sono presenti locali intercalazioni di limi ed argille, connesse a progressi fenomeni di esondazione del lago.

In caso di evento sismico l'effetto di amplificazione prevedibile è quello di amplificazioni prevalentemente litologiche, con insorgenza di cedimenti e/o liquefazioni, e la classe di pericolosità sismica corrispondente è H2 .

Nelle zone Z4a è richiesto l'approfondimento di II livello solo per edifici strategici e rilevanti di nuova costruzione (o anche in caso di ampliamento degli stessi se già esistenti) di cui all'elenco tipologico secondo la d.d.u.o. n. 19904/03 e l'approfondimento di III livello nelle aree indagate con il II livello qualora il fattore di amplificazione (Fa) calcolato risultasse superiore al valore soglia comunale.

Scenario Z4c: Zone morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)

Lo scenario corrisponde alle aree per cui è stata rilevata la presenza di morfologie moreniche costituite da litologie mediamente grossolane a comportamento granulare, con discontinue coperture loessiche limoso-sabbiose.

In caso di evento sismico è prevedibile l'instaurarsi di amplificazioni legate essenzialmente alla litologia.

Nelle zone Z4c è richiesto l'approfondimento di II livello solo per edifici strategici e rilevanti di nuova costruzione (o anche in caso di ampliamento degli stessi se già esistenti) di cui all'elenco tipologico secondo la d.d.u.o. n. 19904/03 e l'approfondimento di III livello nelle aree indagate con il II livello qualora il fattore di amplificazione (Fa) calcolato risultasse superiore al valore soglia comunale.

Scenario Z5: Zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse

Tale scenario individua le area di contatto tra il substrato roccioso (dolomie e vulcaniti) affiorante o sub affiorante e la copertura morenico-glaciale ed eluviocolluviale soprastante, caratterizzate da comportamenti fisico-meccanici molto differenti e per cui potrebbero verificarsi cedimenti differenziali. In carta è individuata con un tratto continuo ma si deve ipotizzare un'ampiezza di circa 10-20 metri.

La classe di pericolosità sismica corrispondente è H2 ed in fase progettuale è obbligatorio l'approfondimento di 3° livello per edifici strategici e rilevanti di nuova realizzazione (o anche in caso di ampliamento di tali strutture se già esistenti) di cui all'elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03.

### 10.3 Cenni sulla modalità di approfondimento del 2° e 3° livello

Si riporta di seguito un ampio stralcio della D.G.R. 8/7374 relativamente alle modalità di approfondimento relative al 2° e 3° livello.

#### 2° LIVELLO

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4). La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa).

Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di Fa sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di Fa per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfologici solo per l'intervallo 0.1-0.5 s: questa limitazione è causata dall'impiego, per la messa a punto della scheda di valutazione, di codici di calcolo di tipo bidimensionale ad elementi di contorno, che sono risultati più sensibili all'influenza del moto di input nell'intervallo di periodo 0.5-1.5 s.

#### Effetti morfologici

##### Zona di scarpata (Scenario Z3a)

Lo scenario di zona di scarpata rocciosa (Z3a) è caratterizzato da irregolarità con fronti di altezza (H) uguale o superiore a 10 m ed inclinazione (a) del fronte principale uguale o superiore ai 10°.

Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una Vs maggiore o uguale ad 800 m/s.

In funzione della tipologia del fronte superiore si distinguono:

- scarpate ideali con fronte superiore orizzontale;
- scarpate in pendenza con fronte superiore inclinato nello stesso senso del fronte principale;
- scarpate in contropendenza con fronte superiore inclinato nel senso opposto a quello del fronte principale.

Sono da considerare scarpate solo quelle situazioni che presentano:

- un fronte superiore di estensione paragonabile al dislivello altimetrico massimo (H) o comunque non inferiore ai 15-20 m;
- inclinazione del fronte superiore inferiore o uguale ad un quinto dell'inclinazione del fronte principale, nel caso delle scarpate in pendenza
- il dislivello altimetrico minimo minore ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (//), nel caso di scarpate in contropendenza.

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione dell'inclinazione a il valore di Fa nell'intervallo 0.1-0.5 s. Il valore di Fa determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato al ciglio del fronte principale, mentre all'interno della relativa area di influenza (fronte superiore) il valore è scalato in modo lineare fino al raggiungimento del valore unitario. Lungo il fronte principale tale valore è

scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base del fronte stesso. I valori di  $F_a$  così ottenuti dovranno essere utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione dell'normativa sismica vigente.

#### Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (Scenario Z3b)

La procedura semplificata è valida per lo scenario di zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (Z3b), caratterizzata da pendii con inclinazione maggiore o uguale ai  $10^\circ$ .

Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una  $V_s$  maggiore o uguale ad 800 m/s.

Nell'ambito delle creste si distinguono due situazioni:

- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta ( $l$ ) molto inferiore alla larghezza alla base ( $L$ ) (cresta appuntita);
- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta paragonabile alla larghezza alla base, ovvero pari ad almeno  $1/3$  della larghezza alla base; la zona di cresta è pianeggiante o subpianeggiante con inclinazioni inferiori a  $10^\circ$  (cresta arrotondata).

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della tipologia di cresta (appuntita o arrotondata) e della larghezza alla base del rilievo, solo per le creste appuntite, la curva più appropriata per la valutazione del valore di  $F_a$  nell'intervallo 0.1-0.5 s, in base al valore del coefficiente di forma  $H/L$ .

La valutazione del grado di protezione, per ambedue gli scenari (zona di scarpata e zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo), viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di  $F_a$  ottenuti dalle Schede di valutazione con il valore di  $St$  delle Norme Tecniche per le Costruzioni. Tale valore  $St$  rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede, pertanto, di valutare il valore di  $F_a$  con la scheda di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di  $F_a$  ottenuto dalla procedura semplificata.

Si possono presentare, quindi, due situazioni:

- il valore di  $F_a$  è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di  $F_a$  è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

#### Effetti litologici

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle  $V_s$  con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico - geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

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

Attualmente sono disponibili:

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

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

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocità  $V_s$  dello strato superficiale, utilizzando la matrice della scheda di valutazione, la curva più appropriata (indicata con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di  $F_a$  nell'intervallo 0.1-0.5 s e nell'intervallo 0.5-1.5 s, in base al valore del periodo proprio del sito  $T$ .

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

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

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di  $F_a$  ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

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

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

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di  $F_a$  è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di  $F_a$  è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello)

### 3° LIVELLO

Il 3° livello si applica in fase progettuale agli scenari qualitativi suscettibili di instabilità (Zib e Zie), cedimenti e/o liquefazioni (Z2), per le aree suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) che sono caratterizzate da un valore di  $F_a$  superiore al valore di soglia corrispondente così come ricavato dall'applicazione del 2° livello.

I risultati delle analisi di 3° livello saranno utilizzati in fase di progettazione al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.

#### Effetti di instabilità

L'analisi prevede, a seguito della caratterizzazione ed identificazione dei movimenti franosi, la quantificazione della loro instabilità intesa come la valutazione degli indici di stabilità in condizioni statiche, pseudostatiche e dinamiche e prevede un approccio di tipo puntuale, finalizzato cioè alla quantificazione della instabilità di singoli movimenti franosi.

Le fasi, i dati e le metodologie necessario per l'effettuazione di queste analisi e valutazioni sono distinte per tipologia di movimenti franosi, in particolare per i movimenti franosi tipo scivolamenti (rotazionali e traslazionali) possono essere così schematizzate:

- individuazione delle sezioni geologiche e geomorfologiche che caratterizzano il corpo franoso, le sue geometrie, gli andamenti delle superfici di scivolamento, dei livelli di falda, finalizzati alla ricostruzione di un modello geologico interpretativo del movimento franoso;
- individuazione dei parametri geotecnici necessari all'analisi: il peso di volume, l'angolo di attrito nei suoi valori di picco e residuo, la coesione ( $e$ ) nei suoi valori di picco e residuo (nel caso si adotti il criterio di rottura di Mohr-Coulomb);
- individuazione degli accelerogrammi di input nel caso di analisi dinamiche;
- analisi numeriche che forniscono la risposta in termini di valori del fattore di sicurezza ( $F_s$ ) in condizioni statiche, in termini di valori del coefficiente di accelerazione orizzontale critica ( $K_c$ ) in condizioni pseudostatiche ed in termini di spostamento atteso in condizioni dinamiche. L'applicazione dei diversi modelli dipenderà chiaramente dalle condizioni geologiche del sito in analisi e dal tipo di analisi che si intende effettuare.

I risultati forniranno i livelli di pericolosità a cui è sottoposta l'area in esame: in particolare i valori del fattore di sicurezza forniscono indicazioni sulla stabilità dell'area considerando un ben preciso stato del sito di analisi non tenendo in conto la contemporanea variazione di alcuni parametri quali contenuto d'acqua e carichi agenti (pioggia, terremoto, azioni antropiche, ecc); il coefficiente di accelerazione orizzontale critica fornisce invece la soglia di accelerazione al suolo superata la quale l'area stabile diviene instabile in occasione di un terremoto; infine lo spostamento atteso fornisce indicazioni e sull'area di influenza del movimento franoso e una misura di quanto l'accadimento di un evento sismico può modificare la situazione esistente.

Per quanto riguarda i movimenti tipo crolli e ribaltamenti le analisi che possono essere effettuate sono di tipo statico e pseudostatico. Le fasi, i dati e le metodologie necessario per l'effettuazione di queste analisi e valutazioni possono essere così schematizzate:

- inquadramento geologico e esecuzione di sezioni geologiche e topografiche;
- individuazione dei parametri dell'input sismico (quali valore del picco di accelerazione, valore del picco di velocità);
- rilievi geomeccanici per la classificazione degli ammassi rocciosi sorgenti dei distacchi
- prelievo di campioni per esecuzione di Point Load Test e di prove di scivolamento Tilt Test);
- identificazione dei principali cinematismi di rottura degli ammassi rocciosi su sezioni tipo e, per situazioni particolarmente significative, analisi di stabilità in condizioni statiche e pseudostatiche di singoli blocchi;
- descrizione e rilievo della pista di discesa e della zona di arrivo, rilievo geologico e, ove possibile, statistica dei massi al piede (dimensioni e distribuzione);
- costruzione del modello numerico della/e pista/e di discesa e verifiche di caduta massi con vari metodi e statistiche arrivi.

I risultati, ottenuti per ogni movimento franoso o per ogni area potenzialmente franosa, forniscono livelli di pericolosità a cui è sottoposta l'area in esame, in particolare, vengono individuate le possibili piste di discesa, le relative aree di influenza e la statistica degli arrivi.

#### Effetti di cedimenti e/o liquefazioni

L'analisi prevede la valutazione quantitativa delle aree soggette a fenomeni di cedimenti e liquefazioni. Per il calcolo del potenziale di liquefazione si fa riferimento ai risultati di prove in situ, utilizzando procedure note in letteratura. Anche per il calcolo di possibili cedimenti che possono verificarsi sia in presenza di sabbie sature sia in presenza di sabbie asciutte, si fa riferimento ai risultati di prove in situ, utilizzando procedure note in letteratura.

#### Effetti di amplificazione morfologica e litologica

L'analisi prevede un approccio di tipo quantitativo e costituisce lo studio di maggior dettaglio, in cui la valutazione della pericolosità sismica locale è effettuata ricorrendo a metodologie che possono essere classificate come strumentali o numeriche.

La metodologia strumentale richiede l'acquisizione di dati strumentali attraverso campagne di registrazione eseguite in sito con l'utilizzo di strumentazioni specifiche, variabili a seconda del parametro di acquisizione scelto (velocimetri ed accelerometri).

L'analisi sperimentale può presentare diversi gradi di approfondimento ed affidabilità, in funzione del tipo di strumentazione impiegata, del tipo di elaborazione del dato di registrazione e, soprattutto, in funzione dell'intervallo di tempo dedicato alle misurazioni in sito. I metodi di analisi strumentale più diffusi ed utilizzati sono il metodo di Nakamura (1989)<sup>3</sup> e il metodo dei rapporti spettrali (Kanai e Tanaka, 1981).

La metodologia numerica consiste nella modellazione di situazioni reali mediante un'appropriata e dettagliata caratterizzazione geometrica e meccanica del sito e nella valutazione della risposta sismica locale tramite codici di calcolo matematico più o meno sofisticati (modelli monodimensionali 1D, bidimensionali 2D e tridimensionali 3D), basati su opportune semplificazioni e riduzioni del problema, necessarie ma comunque di influenza abbastanza trascurabile sul risultato finale.

I concetti fondamentali su cui si basano i codici di calcolo numerico riguardano la teoria della propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo e la teoria del comportamento non lineare e dissipativo dei terreni in condizioni dinamiche. La valutazione della risposta sismica deve tener conto non solo delle

variazioni di ampiezza massima del moto sismico di riferimento, ma anche dell'effetto di filtraggio esercitato su di esso dal terreno, cioè delle modifiche nel contenuto in frequenza.

L'applicazione della metodologia numerica richiede una caratterizzazione geometrica di dettaglio del sottosuolo, tramite rilievi specifici, una caratterizzazione geofisica e una caratterizzazione meccanica, tramite accurate indagini geologiche e geotecniche, in grado di determinare i parametri geotecnici statici e dinamici specifici su campioni indisturbati o comunque di alta qualità e in condizioni tali per cui vengano simulate il meglio possibile le condizioni di sito del terreno durante i terremoti attesi. Perciò viene richiesto un programma di indagini geotecniche specifico, i cui risultati saranno da aggiungere a quelli esistenti (1° e 2° livello). E' inoltre necessaria l'individuazione di più input sismici sotto forma di spettri di risposta e/o di accelerogrammi.

## 11. VINCOLI

Nella cartografia dei vincoli si individuano, per tutto il territorio comunale, quelle aree soggette a limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di carattere prettamente geologico.

Sulla base dei criteri attuativi e successive modifiche alla L.R. 12/05 i principali elementi di vincolo alla pianificazione urbanistica locale sono:

- *vincoli derivati dalla pianificazione di bacino ai sensi della Legge 183/89;*
- *vincoli di polizia idraulica ai sensi della d.g.r. 25 gennaio 2002 n. 7/7868 e successive modificazioni;*
- *aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile;*
- *geositi.*

Il territorio di Angera è soggetto ai soli vincoli di polizia idraulica e ad aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile.

### 11.1 Vincoli di polizia idraulica

Con la D.G.R. 01 Agosto 2003 n. 7/13950 di modifica alla D.G.R. 25 Gennaio 2002 n. 7/7868 sono state trasferite ai comuni le funzioni di definire il reticolo idrico superficiale appartenente al Reticolo Idrico Minore di propria competenza. Il comune dovrà provvedere alla sua manutenzione, adottandosi di provvedimenti di polizia idraulica.

In questo senso valgono pertanto i termini definiti nello studio redatto per l'individuazione del Reticolo Idrografico Minore ai sensi della D.G.R. VII/7868 del 25/01/2002 e modificata dalla D.G.R. VII/13959 del 01/08/2003, e vengono riportate le relative fasce di rispetto ai fini della tutela ambientale e della pubblica sicurezza.

### 11.2 Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

I pozzi utilizzati attualmente dal Comune di Angera per il prelievo di acque sotterranee da destinarsi al consumo idropotabile sono ubicati in Comune di Taino (pozzi di località Zinesco). Per quanto riguarda il territorio comunale, nei pressi della frazione Barzola è localizzato un pozzo ad uso idropotabile, gestito dall'Acquedotto Provinciale, per il quale sono state perimetrate:

#### Zona di tutela assoluta

Deve circondare il pozzo con un'estensione di raggio non inferiore a 10 metri. Tale area deve essere adibita esclusivamente alle opere di captazione o presa e alle infrastrutture di servizio. Per il sopraccitato pozzo di loc. Barzola, la zona di tutela assoluta è adeguatamente protetta, delimitata da recinzione metallica con accesso lucchettato.



### Zona di rispetto

Si assume quale zona di rispetto una superficie di raggio non inferiore a 200 metri intorno alla captazione (metodo geometrico); tale area è sottoposta a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare la risorsa idrica captata.

Le norme che regola le attività all'interno delle fasce di rispetto devono essere adeguate alle disposizioni previste dalla D.G.R. 10 aprile 2003 n. 7/12693 “*Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle zone di rispetto*” e dal D. Lgs. 3 aprile 2006 n. 152 “*Norme in materia ambientale*” art. 94 “*Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano*”.

In particolare, nella zona di rispetto sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività (comma 4):

- dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;
- accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;
- aree cimiteriali;
- apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
- apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;
- gestione di rifiuti;
- stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- pozzi perdenti;
- pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. È comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

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

Nella direttiva D.G.R. 10/04/2003 n. 7/12693 sono descritti i criteri e gli indirizzi in merito alla realizzazione di strutture e all'esecuzione di attività ex novo nelle zone di rispetto delle opere di captazione esistenti; in particolare, all'interno dell'All. 1 – punto 3 della detta delibera, sono elencate le direttive per la disciplina delle seguenti attività all'interno delle zone di rispetto:

- realizzazione di fognature;
- realizzazione di opere e infrastrutture di edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
- realizzazione di infrastrutture viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio;
- pratiche agronomiche e contenuti dei piani di utilizzazione.

Per quanto riguarda la realizzazione di fognature (punto 3.1) la delibera cita le seguenti disposizioni:

i nuovi tratti di fognatura da situare nelle zone di rispetto devono:

costituire un sistema a tenuta bidirezionale, cioè dall'interno verso l'esterno e viceversa, e recapitare esternamente all'area medesima;  
essere realizzati evitando, ove possibile, la presenza di manufatti che possano costituire elemento di discontinuità, quali i sifoni e opere di sollevamento.

nella Zona di Rispetto di una captazione da acquifero non protetto:

non è consentita la realizzazione di fosse settiche, pozzi perdenti, bacini di accumulo di liquami e impianti di depurazione;  
è in generale opportuno evitare la dispersione di acque meteoriche, anche provenienti da tetti, nel sottosuolo e la realizzazione di vasche di laminazione e di prima pioggia.

per tutte le fognature nuove (principali, secondarie, allacciamenti) insediate nella Zona di Rispetto sono richieste le verifiche di collaudo.

Per quanto riguarda la realizzazione di opere e infrastrutture di edilizia residenziale e relativa urbanizzazione (punto 3.2), nelle zone di rispetto la delibera dispone:

- per la progettazione e la costruzione degli edifici e delle infrastrutture di pertinenza non possono essere eseguiti sondaggi e indagini di sottosuolo che comportino la creazione di vie preferenziali di possibile inquinamento della falda;
- le nuove edificazioni possono prevedere volumi interrati che non dovranno interferire con la falda captata [...].

In tali zone, inoltre, non è consentito:

- la realizzazione, a servizio delle nuove abitazioni, di depositi di materiali pericolosi non gassosi, anche in serbatoi di piccolo volume a tenuta, sia sul suolo sia nel sottosuolo;
- l'insediamento di condotte per il trasporto di sostanze pericolose non gassose;
- l'utilizzo di diserbanti e fertilizzanti all'interno di parchi e giardini [...].

Nelle zone di rispetto è consentito l'insediamento di nuove infrastrutture viarie e ferroviarie, fermo restando che:

- le infrastrutture viarie a elevata densità di traffico (autostrade, strade statali, provinciali, urbane a forte transito) devono essere progettate e realizzate in modo da garantire condizioni di sicurezza dallo sversamento ed infiltrazione di sostanze pericolose in falda [...];
- lungo tali infrastrutture non possono essere previsti piazzali per la sosta, per il lavaggio di mezzi di trasporto o per il deposito, sia sul suolo sia nel sottosuolo, di sostanze pericolose non gassose;
- lungo gli assi ferroviari non possono essere realizzati binari morti adibiti alla sosta di convogli che trasportano sostanze pericolose.

Nei tratti viari o ferroviari che attraversano la Zona di Rispetto è vietato il deposito e lo spandimento di sostanze pericolose, quali fondenti stradali, prodotti antiparassitari ed erbicidi, a meno di non utilizzare sostanze che presentino una ridotta mobilità nei suoli.

Per le opere viarie o ferroviarie da realizzare in sottosuolo deve essere garantita la perfetta impermeabilizzazione delle strutture di rivestimento e le stesse non dovranno interferire con l'acquifero captato. Nelle zone di rispetto è inoltre vietato lo spandimento di liquami e la stabulazione, l'utilizzo di fertilizzanti di sintesi e di fanghi di origine urbana o industriale (punto 3.4).

## 12. SINTESI

Al fine di raccogliere, in un unico elaborato, le informazioni più significative per la pianificazione territoriale è stata aggiornata la Carta di Sintesi, alla scala 1:5.000, in conformità alle specifiche tecniche di cui alla D.G.R. n. 8/7374 del 28 maggio 2008 aggiornamento dei “*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art.57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12*”, evidenziando i differenti aspetti del territorio oggetto di studio.

L’elaborato risulta essere il documento finalizzato al gruppo interdisciplinare di progettazione del piano ed ha lo scopo di fornire un quadro sintetico dello stato del territorio al fine di procedere a valutazioni diagnostiche.

Ricavata dalla sovrapposizione dei singoli tematismi individuati nelle fasi precedenti (analisi geologica, geomorfologica, idrogeologica e geologico-tecnica), la carta di sintesi riporta una zonizzazione del territorio comunale, che consente di visualizzare la pericolosità geologica intrinseca dei vari settori e di tradurla in termini d’idoneità all’utilizzazione urbanistica.

### 12.1 Ambiti di pericolosità e vulnerabilità

A)	AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL’INSTABILITÀ DEI VERSANTI	Classe di fattibilità
A.1	Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo)	4
A.2	Aree interessate da distacco e rotolamento di blocchi provenienti da depositi superficiali	4
A.3	Aree di frana attiva (scivolamenti, colate ed espansioni laterali)	4
A.4	Aree in frana quiescente (scivolamenti, colate ed espansioni laterali)	4
A.5	Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soliflusso)	4
A.6	Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse (comprehensive di aree di distacco e di accumulo)	4
A.7	Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)	4
A.8	Aree interessate da trasporto in massa e flussi di detrito su conoide	4*
A.9	Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata o calcolata area di influenza	4
A.10	Aree a pericolosità potenziale legata a orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole e stimata o calcolata area di influenza	3
A.11	Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate in detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni	3
A.12	Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno	4*
A.13	Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprehensive delle aree di possibile accumulo	3
A.14	Aree interessate da valanghe già avvenute	4
A.15	Aree a probabile localizzazione di valanghe potenziali	4
A.16	Aree protette da interventi di difesa efficaci ed efficienti	3
A.17	Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate, comprendendo una fascia di rispetto da valutare in base alle condizioni di stabilità dell’area	3

B)	AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO	Classe di fattibilità
B.1	Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e/o del primo acquifero	3
B.2	Aree con emergenze idriche diffuse (fontanili, sorgenti, aree precedentemente escavate)	4
B.3	Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese	3
B.4	Aree interessate da carsismo profondo con presenza di inghiottitoi e doline	4

C)	AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO	Classe di fattibilità
C.1	Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20-50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido	4
C.2	Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente con tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche	3
C.3	Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici tenendo conto delle criticità derivanti da punti di debolezza delle strutture di contenimento quali tratti di sponde in erosione, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti, sezioni di deflusso insufficienti anche a causa della presenza di depositi di materiale vario in alveo o in sua prossimità ecc.	4
C.4	Aree già allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali nelle quali non siano state realizzate opere di difesa e quando non è stato possibile definire un tempo di ritorno	4
C.5	Aree soggette ad esondazioni lacuali	3
C.6	Aree protette da interventi di difesa dalle esondazioni efficaci ed efficienti, dei quali sia stato verificato il corretto dimensionamento secondo l'allegato 3 (con portate solido-liquide aventi tempo di ritorno almeno centennale)	3
C.7	Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa	4
C.8	Aree adiacenti ai corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa	4
C.9	Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura	3

D)	AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	Classe di fattibilità
D.1	Aree di possibile ristagno, torbose e paludose	3
D.2	Aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante (riportare gli spessori)	3
D.3	Aree con consistenti disomogeneità tessiture verticali e laterali (indicare le ampiezze)	3
D.4	Aree con riporti di materiale, aree colmate	3

Le aree che non rientrano in nessuna delle classi di sintesi in tabella, sono state inserite in una "classe E" (aree a debole vulnerabilità geologica), caratterizzata da una non rilevante presenza di fenomeni geologici e geomorfologici, ulteriormente suddivisa in sottoclassi basandosi su diversi gradi di acclività del territorio e sulla base dei caratteri litologici e morfologici. Gli ambiti di pericolosità e vulnerabilità rinvenuti sul territorio sono i seguenti:

### A - Pericolosità dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

#### *A1 - Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo)*

In corrispondenza del rilievo ove è ubicata la Rocca Borromeo è presente una estesa area con pareti subverticali, con inclinazione favorevole degli strati a reggipoggio, ma deve essere comunque considerata un'area di potenziale rischio di distacco di massi e blocchi

#### *A7 - Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali e rocce deboli)*

Processi geomorfologici di erosione accelerata interessano alcune vallecole del versante del Monte San Quirico, e sponde delle valli in cui scorrono alcuni rii inseriti nel reticolo idrico minore. Il fenomeno erosivo interessa le coperture colluviali di alterazione e in parte i depositi glaciali. Locali aree in erosione si rinvergono sui versanti anche della collina di Capronno.

Tale ambito di sintesi è presente generalmente in corrispondenza dei rilievi collinari, ed è caratterizzata da fenomeni idraulici di erosione da parte del reticolo idrico.

Si rilevano problemi localizzati gravitativi e idrogeologici potenzialmente soggetti a dinamica attiva, ed aree di impluvio ad erosione accelerata per le variazioni di portata dei torrenti durante intense precipitazioni.

#### *A11 - Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di fenomeni di versante valutati in base alla pendenza, a evidenze morfologiche e alle caratteristiche geotecniche dei terreni*

Si tratta di quelle aree in cui non sono state riscontrate chiare evidenze di dinamica geomorfologica, ma che in base all'acclività e alla presenza di coperture superficiali eluvio-colluviali, si possono innescare processi erosivi soprattutto in relazione ad intensi fenomeni meteorologici.

### B - Vulnerabilità da punto di vista idrogeologico

#### *B2 - Aree con emergenze idriche diffuse (fontanili, sorgenti, aree precedentemente scavate)*

In tre circoscritte aree (zone Bruschera, Paludi, e Est di Capronno), ai piedi dei terrazzi morfologici si rinvergono affioramenti superficiali della falda (risorgive) a carattere da saltuario a costante, e portate direttamente riconducibili agli eventi meteorici. Le stesse poi determinano piccoli rii e numerose piccole rogge di drenaggio e scolo dei terreni agricoli, che tendono a formare impaludamenti e ristagni idrici permanenti e stagionali, e laghetti (di origine antropica).

La vulnerabilità idrogeologica delle risorgive è intrinseca ed è data proprio dall'essere un punto di emergenza idrica.

#### *B3 - Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese*

Su di una estesa porzione del territorio comunale (zone circumlacuali e intramoreniche) la falda si rinviene in genere a profondità non superiori ai 2-3 metri fino a sub affiorante.

Falde molto superficiali sono presenti inoltre nelle valli esistenti tra Barzola e Capronno, e ad est di Capronno verso Lentate di Sesto Calende (zona del Torrente Lenza).

La sua vulnerabilità all'inquinamento deve essere in questo caso considerata molto elevata, risultando troppo esiguo lo strato di terreno soprastante. Questa situazione non consente infatti una serie di processi chimici, fisici e biologici (quali diluizione, filtrazione, assorbimento, scambio ionico, soluzione, precipitazione, idrolisi, ossidazione, riduzione, ecc.) noti come "capacità autodepurativa" del terreno, che determinano una depurazione naturale di eventuali versamenti veicolati dalle acque meteoriche.

Deve però essere rimarcato che come l'elevata vulnerabilità dell'acquifero non comporta rischi per captazioni pubbliche ad uso idropotabile, assenti nelle zone in esame.

### C - Vulnerabilità dal punto di vista idraulico

#### *C5 - Aree soggette ad esondazioni lacuali*

Per ragioni morfologiche e topografiche, tutte le aree pianeggianti al margine del Lago Maggiore, risultano essere il naturale ambito di esondazione dello stesso. Periodicamente sono avvenute esondazioni in concomitanza di prolungati periodi di intense precipitazioni, con alluvionamenti di buona parte della zona limitrofa al lago.

Nella carta di sintesi sono state riportate i limiti e l'estensione delle aree inondabili secondo quanto riportato nello studio CNR-IRPI Sezione Torino "Individuazione delle aree storicamente colpite da inondazione lacustri lungo la sponda lombarda del Lago Maggiore".

Lo studio ha definito le fasce di esondazione in funzione dei livelli storici, calcolati con una procedura di tipo statistico, e caratterizzati da tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni e in particolare :

Limite massimo piena di riferimento ( $Tr = 500$  anni) quota 197,70, altezza dell'acqua  $h < 0.5$  metri.

Limite altezza dell'acqua compresa tra 0,5 e 2,0 mt. (piena di riferimento  $Tr = 500$  anni) quota 197,20.

Limite altezza dell'acqua  $h > 2,0$  (piena di riferimento  $Tr = 500$  anni) quota 195,70

#### *C8 - Aree adiacenti ai corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa*

Corrisponde alla fascia di rispetto individuata con criterio geometrico, pari a 10 metri da ogni sponda, in cui sono vietate in modo assoluto una serie di attività e opere, e che deve essere mantenuta libera per garantire la conservazione delle funzioni biologiche caratteristiche dell'ambito ripariale, la piena efficienza delle sponde e la funzionalità delle opere idrauliche presenti, e facilitare le operazioni di manutenzione.

### D - Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

Rientrano in questa categoria di sintesi quelle porzioni di territorio che, per le evidenze geolitologiche e idrogeologiche, presentano scarsi valori di capacità portante con la possibilità di discreti cedimenti nel caso di strutture poggianti direttamente nei primi strati di terreno. In particolare si riconoscono:

#### *D1 - Aree di possibile ristagno, torbose e paludose*

Le zone umide in diretta comunicazione con il lago, in condizione di permanente alluvionabilità e con presenza di vegetazione palustre (canneto) e che costituiscono aree di transizione terraferma-lago, sono caratterizzate litologicamente da terreni a granulometria fine di caratteristiche geotecniche molto scadenti.

Le peculiari caratteristiche idrografiche, litologiche e geomorfologiche delle zone pianeggianti circumlacuali e intramoreniche (Bruschera, Paludi e T.Lenza), determinano la presenza di più o meno estese zone di alluvionamento e ristagno, con impaludamenti di tipo occasionale e permanente.

Unitamente alla bassa soggiacenza della falda fratica e di risorgive, e posseggono una consistente presenza di acque raccolte da rii, fossetti, canali di bonifica che tendono ad formare ristagni d'acqua e impaludamenti per la scarsa infiltrazione e drenaggio.

Per la loro estensione, alcune di queste sono da considerarsi aree umide a tutti gli effetti e quindi di particolare interesse naturalistico per la fauna e flora presenti. Tali zone sono da considerarsi interessate da dissesti di tipo idraulico, in quanto la scarsa possibilità di infiltrazione delle acque, la presenza della falda e le difficoltà di regimazione delle acque superficiali per le limitate pendenze del suolo, rappresentano condizioni sfavorevoli alla trasformazione urbanistica.

#### *D2 - Aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante*

Spesso in diretta correlazione con la geomorfologia dei luoghi, si rinvencono, nelle zone altimetricamente depresse e dalla tipica morfologia "a conca" e quindi ricapito di acque superficiali provenienti dalle zone limitrofe più rilevate, sedimenti di età recente limoso-torbooso, di scarsa coesione e addensamento e di scadenti proprietà geotecniche.

Tali zone sono inoltre interessate da falda freatiche poco profonde o da risorgive, che determinano rii, fossetti, canali di bonifica e talora ristagni d'acqua e impaludamenti per la scarsa infiltrazione e drenaggio.

Queste categorie di sintesi, spesso sovrapposte, si caratterizzano per la presenza di litologie limoso argillose a cui si aggiungono nelle parti superficiali orizzonti torbosi. Pertanto queste aree si contraddistinguono per la diffusa presenza di acqua di imbibizione nel terreno a cui si accompagnano spesso locali e temporanei ristagni.

Aree a ristagno, arealmente meno estese, sono presenti in tutto il territorio comunale, in genere coincidenti con zone depresse riconducibili a piccoli bacini lacustri intramorenici.

Infine, si rinviene su vasti settori del territorio, in corrispondenza delle zone pianeggianti e depresse circumlacuali e intramoreniche, la presenza di terreni granulari medio-fini, da poco a mediamente addensati, saturi con caratteristiche di portanza da mediocri a scarse.

La presenza della falda freatica subaffiorante determina ristagni, e le condizioni morfologiche sfavorevoli (aree depresse a bassa pendenza) comportano generalmente un drenaggio piuttosto difficoltoso.

#### *D4 - Aree con riporti di materiale, aree colmate*

Un limitato settore di forma poligonale e di ampiezza limitata, localizzata in località Arena, è costituita da riporti di terreno di origine antropica (terre e scarti delle lavorazioni effettuate dalla Soc. Magnesia). Si segnala inoltre un'area, peraltro poco estesa, di un vecchio accumulo di rifiuti (ex discarica comunale).



*E - Aree senza particolari fenomeni geologici, geomorfologici e idrogeologici*

*E1 - Aree delle piane fluvioglaciali senza particolari fenomeni geologici, geomorfologici e idrogeologici*

*E2 - Aree collinari a media acclività senza particolari fenomeni geologici e geomorfologici e idrogeologici*

*E3 - Aree delle piane fluvioglaciali a media soggiacenza della falda (-4/-10 mt)*

Appartengono a queste categorie di sintesi tutte le aree dove non si è riscontrata la presenza di particolari fenomeni geologici, idrogeologici e di dinamica geomorfologica tali da definire ambiti di particolare pericolosità e/o vulnerabilità.

### 13. FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Gli studi e le indagini eseguite nell'ambito della fase di analisi (geologica, geomorfologica, idrologica, idrogeologica, geotecnica e sismica) conducono alla elaborazione, dopo la Carta di Sintesi, di una "Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano", elaborato che rappresenta la valutazione della pericolosità del territorio esaminato e che fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio.

La carta di fattibilità è, oltre che una carta di pericolosità, uno strumento di supporto alla pianificazione del territorio con finalità di salvaguardia, tutela e valorizzazione delle risorse ambientali.

Essa deve essere utilizzata congiuntamente alle "norme geologiche di attuazione" (di cui al Piano delle Regole), che riporta la relativa normativa d'uso riguardo a prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, opere di mitigazione del rischio, necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali, necessità di predisposizione di sistemi di monitoraggio e piani di protezione civile.

Le Classi di Fattibilità, riguardanti gli ambiti omogenei, definiti sulla base della pericolosità geologica e geotecnica, e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica, e individuati nella cartografia di sintesi, sono state attribuite secondo modalità standardizzate di assegnazione indicate dalla normativa di riferimento, al fine di garantire omogeneità e obiettività nelle valutazioni di merito tecnico.

L'attribuzione della classe di fattibilità avviene con un automatismo specificato nella Tabella 1, di cui ai criteri attuativi della L.R. 12/05. Tale valore potrà poi essere modificato riclassificando l'area in base a valutazione tecniche specifiche.

Alle classi di fattibilità individuate devono essere sovrapposti gli ambiti soggetti ad amplificazione sismica locale (*cap. 10.0 – Analisi della pericolosità sismica locale*) che non concorrono a definire la classe di fattibilità, ma ai quali è associata una specifica normativa che si concretizza nelle fasi attuative delle previsioni del P.G.T.

La carta della fattibilità geologica delle azioni di piano viene desunta dalla carta di sintesi. Ad ogni poligono così individuato viene attribuita una classe di fattibilità geologica che risulterà

Le quattro attuali classi di fattibilità, univocamente definita attraverso un colore di riferimento, possono essere sinteticamente così definite:

- Classe I (bianca) : "Fattibilità senza particolari limitazioni", che comprende aree in cui non sono stati rilevati particolare elementi di limitazione alle opere di piano previste;
- Classe II (gialla) : "Fattibilità con modeste limitazioni", in cui sono state riscontrate modeste limitazioni alla modifica della destinazione d'uso per cui dovranno essere realizzate indagini geologico-tecniche e idrogeologiche finalizzate alla mitigazione dei rischi;
- Classe III (arancione): "Fattibilità con consistenti limitazioni" comprende aree in cui sono state evidenziate problematiche geologico-tecniche e idrogeologiche tali da limitare gli interventi sul territorio. L'utilizzo di tali zone sarà subordinata alla realizzazione di indagini e monitoraggi approfonditi su

tematiche specifiche di varia natura (idrogeologiche, ambientali, pedologiche, ecc). di supporto alla predisposizione di eventuali opere di sistemazione, bonifica;

- Classe IV (rossa): “Fattibilità con gravi limitazioni“, ove la natura e l’entità dei rischi individuati esclude interventi urbanistici di qualsiasi tipologia, se non opere ed interventi per il controllo e la mitigazione dei problemi riscontrati.

Nel caso in cui vi sia la presenza contemporanea di più fenomeni, e nello specifico, per la pericolosità idraulica da esondazione, è stato attribuito il valore più alto di classe di fattibilità e sono riportate entrambe le sigle di identificazione. La relativa normativa associata conterrà poi le prescrizioni che considerano la concomitanza dei fenomeni evidenziati.

### **13.1 Suddivisione del territorio in classi di fattibilità geologica**

Il territorio comunale è stato suddiviso in tre classi di fattibilità geologica e in specifiche sottoclassi in base a valutazioni incrociate dei fattori di maggior incidenza sulle modificazioni del territorio e dell’ambiente e rappresenta la diretta conseguenza della carta di sintesi, dalla quale sono state ricavate le tematiche e le proposte di perimetrazione.

Nell’elaborato grafico, la sigla di identificazione delle varie aree, si compone di un numero che definisce la classe di fattibilità geologica, mentre le lettere specificano il tipo di problematica esistente.

Durante l’analisi tecnica del territorio comunale non sono state rinvenute aree che presentassero assenza di pericolosità tali da poter essere inserite nella Classe di Fattibilità 1.

Le zone limite tra le differenti classi di fattibilità geologica vanno necessariamente intese come «fasce di transizione», sia per i limiti grafici delle basi topografiche utilizzate che per i possibili mutamenti naturali del territorio; in queste zone dovrà essere prestata particolare attenzione all’intorno dei limiti, considerando l’eventualità che essi possano subire rettifiche in base ad indagini geologiche specifiche di approfondimento.

### **13.2 CLASSE II (colore giallo) – Fattibilità con modeste limitazioni**

Ricadono in questa classe di fattibilità geologica quelle aree in cui sono emerse modeste limitazioni all’utilizzo a scopi edificatori e alla modifica della destinazione d’uso.

In queste aree dovranno essere applicate le indicazioni riportate nel D.M. 14 gennaio 2008 “*Norme tecniche per le costruzioni*”.

In considerazione di specifici ambiti geologici sono state incluse le seguenti tre classi:

#### *Classe 2/E1 - Aree delle piane fluvioglaciali senza particolari fenomeni geologici, geomorfologici e idrogeologici*

La classe comprende aree pianeggianti e subpianeggianti, ubicate in una fascia alla base delle zone collinari della Rocca e S. Quirico, aree riconducibili a depositi fluvioglaciali terrazzati e depositi glaciali. Sono state rilevate buone condizioni di stabilità generale e nessuna tipologia di dissesto.

Queste aree sono caratterizzate da problematiche idrauliche e gravitative pressochè nulle (idrografia assente, falda mediamente profonda che non interferisce con il primo sottosuolo), e da terreni di buona qualità geotecnica, con possibilità molto limitata di incontrare lenti e/o livelli di materiale con caratteristiche mediocri.

L'edificazione è in genere attuabile senza l'adozione di particolari accorgimenti costruttivi. In queste aree non si applicano norme particolari, oltre a quelle previste dalla legislazione specifica sulle indagini geotecniche. D.M. 14 gennaio 2008 "*Norme tecniche per le costruzioni*".

L'eventuale edificazione o modifica d'uso del suolo dovrà comunque prevedere accorgimenti e soluzioni tecniche progettuali che consentano di ridurre ai minimi termini l'impatto sulle risorse idriche sotterranee.

Per tali zone si devono prevedere indagini conoscitive della situazione idrogeologica e geotecnica, che illustrino le modalità della circolazione idrica superficiale e sotterranea, e gli eventuali interventi di salvaguardia e regimazione (sistemi di raccolta e smaltimento) in rapporto all'assetto dei deflussi superficiali e/o sotterranei e i recapiti finali.

Sarà quindi necessario produrre un'apposita relazione geologica-idrogeologica che accerti la compatibilità dell'intervento con lo stato di locale potenziale vulnerabilità del territorio e fornisca apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi e la eventuale predisposizione di sistemi di controllo ambientale in caso di insediamenti produttivi.

#### Classe 2/E2 - Aree collinari a media acclività senza particolari fenomeni geologici e geomorfologici e idrogeologici

Tale classe comprende la maggior parte dei rilievi della zona della Rocca e S. Quirico, e della collina a tergo di Capronno, aree attualmente quasi totalmente inedificate o caratterizzate da una rada edificazione (case isolate), e il dosso morenico di Barzola, aree riconducibili a depositi fluvioglaciali terrazzati e depositi glaciali.

Vi rientrano settori di versante complessivamente stabili, con acclività media e morfologia articolata, e con bassa propensione al dissesto, che pertanto necessitano modesti accorgimenti tecnici per renderli idonei alla localizzazioni di insediamenti. Si rilevano brevi incisioni dovuti a ruscellamenti a carattere temporaneo, sedi di deflusso solo in occasione di eventi piovosi di una certa entità, ma che non determinano particolari problemi.

Poiché l'attuale condizione di equilibrio gravitativo, idraulico e idrogeologico potrebbe essere modificata dagli interventi antropici previsti o dalla semplice denudazione, è comunque necessaria un'analisi di dettaglio sull'area di intervento (studio geotecnico e idrogeologico), in grado di valutare l'impatto sui luoghi e gli accorgimenti che dovranno essere adottati in particolare per la regimazione e drenaggio di acque superficiali e sotterranee.

In ragione anche del valore naturalistico, ecologico e paesaggistico dei versanti in oggetto, si ritiene quindi che all'interno di questa classe, gli interventi devono essere subordinati all'esecuzione di indagini geotecniche e idrogeologiche che valutino la compatibilità dell'intervento previsto con le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche del sito, per la verifica preventiva della compatibilità degli interventi e dei rischi indotti con riferimento all'assetto geomorfologico e idrogeologico (influenze sul deflusso superficiale e sotterraneo delle acque e verifiche di stabilità del versante).

Si dovranno prevedere, ai fini del mantenimento della stabilità generale delle zone, le opere di consolidamento e di contenimento dei terreni in pendio e delle scarpate, e gli interventi necessari alla stabilità dei versanti e della copertura pedologica superficiale, evitando l'insacco e/o l'aggravio di fenomeni erosivi. Possono essere ammesse lievi modifiche delle pendenze del suolo ma dovranno

essere ridotti al minimo sbancamenti e riporti di materiale, mantenuta ed assicurata la copertura vegetale, al fine di non alterare l'equilibrio naturale del pendio e lo scorrimento superficiale delle acque.

Si dovrà fare attenzione a non favorire lo scorrimento incontrollato delle acque con susseguente erosione lungo il versante e a non realizzare opere che impediscano l'assorbimento naturale nel suolo.

Per le eventuali modifiche nella regimazione delle acque superficiali e sotterranee, dovrà essere presentata relazione geologico-tecnica, che attesti che le nuove sistemazioni previste, compresi i sistemi di collettamento e smaltimento

#### Classe 2/E3 - Aree delle piane fluvioglaciali a media soggiacenza della falda (-4/-10 mt)

La classe include una ridotta area limitrofa alla strada costiera che conduce a Ranco, ed una fascia intermedia geomorfologicamente interpretabile come sopralacuale.

Si tratta di aree a ridotta acclività o subpianeggianti, costituite da depositi fluvioglaciali e fluvio-lacustri a granulometria media (sabbie, limi e ghiaie, mediamente addensati e con medie caratteristiche di portanza), e caratterizzata da falda freatica a bassa soggiacenza, indicativamente compresa tra 4 e 10 m, a vulnerabilità elevata, ma che non influisce sulle caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione.

Lo scarso interesse idrogeologico a scopi idropotabili di tali falde superficiali, caratterizzate da una mediocre potenzialità idrica, permette una riduzione di classe dell'area, fatto salvo il principio di conservazione e salvaguardia delle funzioni sopra riportate.

L'eventuale edificazione o modifica d'uso del suolo dovrà comunque prevedere accorgimenti e soluzioni tecniche progettuali che consentano comunque di ridurre ai minimi termini l'impatto sulle risorse idriche sotterranee.

Per tali zone si devono prevedere indagini conoscitive della situazione idrogeologica e geotecnica, che illustrino le modalità della circolazione idrica superficiale e sotterranea, e gli eventuali interventi di salvaguardia e regimazione (sistemi di raccolta e smaltimento) in rapporto all'assetto dei deflussi superficiali e/o sotterranei e i recapiti finali.

La relazione geologica allegata ad ogni intervento in progetto deve indicare il grado di interferenza dell'intervento stesso con le acque sotterranee; In queste aree ogni intervento sull'esistente e ogni nuova opera devono assicurare e garantire il mantenimento e/o il miglioramento delle caratteristiche chimico fisiche delle acque della falda superficiale e profonda.

Sarà quindi necessario produrre un'apposita relazione geologica-idrogeologica che accerti la compatibilità dell'intervento con lo stato di locale potenziale vulnerabilità del territorio e fornisca apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi e la eventuale predisposizione di sistemi di controllo ambientale in caso di insediamenti produttivi.

### **13.3 CLASSE III (colore arancione) – Fattibilità con consistenti limitazioni**

Sono qui comprese le aree che presentano consistenti limitazioni alla variazione di destinazione d'uso, per peculiari condizioni di pericolosità e vulnerabilità del territorio, in ordine a problematiche di tipo geomorfologico, geotecnico, idraulico e idrogeologico, presenti singolarmente o concomitanti.

Per le zone di classe III occorrerà pertanto definire e realizzare dei supplementi di indagine per acquisire le idonee conoscenze dell'area di intervento e del suo intorno, mediante studi tematici specifici di varia natura (geotecnici, idrogeologici, idraulici, ambientali, ecc.), che dovranno precisare le opere di sistemazione e bonifica.

In queste aree dovranno essere applicate le indicazioni riportate nel D.M. 14 gennaio 2008 “*Norme tecniche per le costruzioni*”.

*Classe 3/A11 - Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di fenomeni di versante valutati in base alla pendenza, a evidenze morfologiche e alle caratteristiche geotecniche*

Queste aree sono principalmente localizzate nell'area del S.Quirico, della Rocca e della collina a tergo dello stabilimento della Magnesia.

L'acclività alta rappresenta generalmente un fattore sfavorevole agli interventi edificatori. Le caratteristiche di tale classe sono la presenza di versanti di discreta pendenza (anche superiore a 30°), con settori sporadicamente più acclivi, che unitamente alla erodibilità dei terreni di copertura, potrebbe determinare erosioni accelerate con possibilità di dissesti.

Si rilevano in particolare brevi incisioni dovuti a ruscellamenti a carattere temporaneo, sedi di deflusso solo in occasione di eventi piovosi di una certa entità e che tendono a instabilizzare moderatamente gli impluvi.

La zona presenta comunque attualmente pendii stabili e in condizioni idrogeologiche discrete, anche per la presenza stabilizzatrice svolta dalla vegetazione, ma l'attuale condizione di equilibrio potrebbe essere modificata dagli interventi .

Questi dovranno quindi essere subordinati all'esecuzione di uno studio geologico-geomorfologico di dettaglio, al fine di valutare il grado di pericolosità e conseguente rischio per le nuove edificazioni, e di relazioni geologico-tecniche supportate da indagini e prove geognostiche specifiche e puntuali atte ad accertare, nel dettaglio del singolo lotto edificatorio, le caratteristiche geotecniche dei terreni di imposta delle fondazioni. In particolare nelle aree di pendio le verifiche geologiche e geotecniche dovranno definire:

- la stratigrafia del sito e l'assetto idrogeologico con particolare riferimento all'individuazione dei processi morfodinamici potenzialmente attivi;
- la caratterizzazione geotecnica delle terre e/o ammassi rocciosi mediante indagini in sito e/o laboratorio;
- l'analisi di stabilità globale opera-versante con verifica di un settore areale di pendio, soprastante l'intervento, ritenuto adeguato;
- la verifica dell'assetto di evoluzione morfologica delle aree;
- interazione con la dinamica territoriale relativa allo stato di degrado dei versanti;
- definizione dei presidi temporanei e/o definitivi attinenti sia alla fase di cantiere sia all'opera finita;

Si dovranno prevedere, ai fini del mantenimento della stabilità generale delle zone, opere di consolidamento e di contenimento dei terreni in pendio e delle scarpate, e gli interventi necessari alla stabilità dei versante e della copertura pedologica superficiale, evitando l'innesco e/o l'aggravio di fenomeni erosivi.

Per le eventuali modifiche nella regimazione delle acque superficiali e sotterranee, dovrà essere presentata relazione geologico-tecnica, che attesti che le nuove sistemazioni previste, compresi i sistemi di collettamento e smaltimento, non alterino l'equilibrio naturale dei pendii.

Classe 3/B3 - Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese

La classe include una estesa porzione dell'area comunale, che comprende parte del centro storico e della periferia di Angera, al contorno della zona Paludi e presso la frazione di Capronno.

Si tratta di aree subpianeggianti a volte debolmente depresse o blandamente ondulate, costituite da depositi fluvioglaciali e fluvio-lacustri a granulometria media (sabbie, limi e ghiaie, mediamente addensati e con medie caratteristiche di portanza), in cui si rinviene una falda freatica discontinua e superficiale, a vulnerabilità elevata, che può influire negativamente sulle caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione.

In tale classe, le relazioni geologiche e geotecniche dovranno esaminare prioritariamente le condizioni di stabilità con particolare riferimento alle opere di scavo e di fondazione, soprattutto in relazione alla possibile presenza di terreni a mediocri caratteristiche geotecniche e di acque sotterranee.

Sebbene tali falde superficiali non vengano captate a scopo potabile, svolgono comunque un'importante funzione di ricarica dell'acquifero principale profondo, e di alimentazione di alcune risorgive di interesse ambientale ed ecologico.

Per tali zone si devono prevedere indagini conoscitive della situazione idrogeologica e geotecnica, che illustrino le modalità della circolazione idrica superficiale e sotterranea, e gli eventuali interventi di salvaguardia e regimazione (sistemi di raccolta e smaltimento) in rapporto al nuovo assetto dei deflussi superficiali e/o sotterranei e i recapiti finali.

L'eventuale edificazione o modifica d'uso del suolo dovrà comunque prevedere accorgimenti e soluzioni tecniche progettuali che consentano di ridurre ai minimi termini l'impatto sulle risorse idriche sotterranee.

Ogni intervento sull'esistente e ogni nuova opera devono assicurare e garantire il mantenimento e/o il miglioramento delle caratteristiche chimico fisiche delle acque della falda superficiale. La tutela della falda da ogni rischio di contaminazione sia durante la fase costruttiva dell'opera, sia successivamente.

La relazione geologica allegata ad ogni intervento in progetto deve indicare il grado di interferenza dell'intervento stesso con le acque sotterranee; inoltre deve essere confrontata la profondità massima raggiunta da scavi e opere, con la soggiacenza minima della falda e con il trend di evoluzione della stessa in un arco di tempo sufficientemente lungo.

La relazione geologica-idrogeologica deve accertare la compatibilità dell'intervento con lo stato di locale potenziale vulnerabilità del territorio e fornisca apposite prescrizioni

Classe 3/C5 – Area soggetta ad esondazione lacuale, con tempi di ritorno di 500 anni e con altezze d'acqua comprese tra 0 e 0.5 mt per la piena  $T_r = 500$  anni) – Pericolosità moderata

Tale classe è situata nella porzione di territorio esterna alla classe 3C/5\*, e comprende le aree situate altimetricamente comprese tra la linea di piena intermedia e quella più lontana dal lago. Esse interessano una stretta striscia, che possono essere interessate da allagamenti dovute ad inondazioni più gravose di quella di riferimento, definita come "piena catastrofica", con tempo di ritorno cinquecentennale.

Si ritengono comunque fenomeni di bassa o nulla energia, e battenti estremamente modesti, tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone e la funzionalità di edifici e infrastrutture.

Sono state pertanto inserite in classe 3 perché superabili con possibili accorgimenti ed attenzioni.

Oltre al contenimento delle superfici impermeabilizzate, non dovranno essere realizzati, a seconda delle condizioni di rischio rilevate, locali interrati, e il piano di calpestio del piano terreno degli edifici e delle superfici abitabili dovrà essere sopraelevato a quote compatibili con la piena di riferimento (di almeno 50 cm.).

Potrà essere concesso un modesto innalzamento del piano campagna, affinché le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento e non costituiscano un aumento del rischio per gli edifici esistenti. In ogni caso ogni nuova opera o parte di opera eseguita dovrà essere progettata e costruita con criteri che consentano la potenziale sommersione senza particolari danni.

Classe 3/C5\* – Area soggetta ad esondazione lacuale, con tempi di ritorno di 200 anni e con altezze d'acqua comprese tra 2 e 0.5 mt per la piena  $Tr = 500$  anni – Pericolosità elevata

La fascia di esondazione intermedia si riferisce, sempre in coerenza con le altezze di piena calcolate, ad un tempo di ritorno duecentennale. L'alta pericolosità idraulica impone anche in questo caso forti limitazioni all'uso del territorio, anche se la piena dei 500 anni potrebbe determinare, al suo punto limite, un'altezza di 0,5 mt. L'alta pericolosità idraulica, poiché relativa ad una dinamica idraulica molto modesta, impone le limitazioni all'uso del territorio garantita dalla classe 3.

Sono possibili deroghe solo per particolari motivazioni documentate, in relazione a problematiche storico - architettoniche o funzionali, e con l'obbligo della presa d'atto da parte dei titolari della Concessione Edilizia dell'entità del rischio connesso con l'inondabilità periodica avente tempi di ritorno comprese tra 30 e 200 anni.

In ogni caso ogni nuova opera o parte di opera dovrà essere progettata e costruita con criteri che consentano la sommersione periodica senza particolari danni, e tenendo conto della presenza di una zona perennemente satura, delle oscillazioni del livello lacustre e dei relativi effetti sui terreni e sulla circolazione idrica, sia in occasione di fenomeni di piena che in corrispondenza ad eventi di magra.

La progettazione e l'esecuzione delle opere, le relazioni geologiche e geotecniche dovranno verificare le condizioni di stabilità delle fondazioni in relazione alla possibilità di sommersione. Sono da eseguire studi e verifiche locali preventive per minimizzare l'esposizione al rischio ed una valutazione di compatibilità idraulica degli interventi.

Sono ammesse in ogni caso le strutture legate all'utilizzo del litorale alla navigazione e alla attività sportiva e ricreativa.

Classe 3/D1 - Aree di possibile ristagno, torbose e paludose

Le peculiari caratteristiche idrografiche, litologiche e geomorfologiche delle zone pianeggianti circumlacuali e intramoreniche, determinano la presenza di più o meno estese zone di alluvionamento e ristagno, con impaludamenti di tipo occasionale e semipermanente. Per la loro estensione, alcune di queste sono da considerarsi aree umide a tutti gli effetti e quindi di particolare interesse naturalistico per la fauna e flora presenti. Tali zone sono da considerarsi interessate da dissesti di tipo idraulico, in quanto la scarsa possibilità di infiltrazione delle acque, la presenza della falda e le difficoltà di regimazione delle acque superficiali per le limitate pendenze del suolo, rappresentano condizioni sfavorevoli alla trasformazione urbanistica.

Tali ambiti presentano oggettive problematiche geotecniche e idrogeologiche (sedimenti di granulometria fine con infiltrazione e drenaggio difficoltosi dovuti alla bassa permeabilità, falda freatica molto superficiale e subaffiorante, terreni di scadenti caratteristiche geotecniche, ecc.). In tali aree in generale non sono possibili interventi di riassetto idrogeologico.

Il cambio di destinazione su tutte queste zone dovrà essere supportato da indagini geotecniche e idrogeologica per una approfondita valutazione delle mutazioni ambientali che l'operazione potrebbe



innescare e conseguentemente delle contromisure tecniche che dovranno essere adottate per garantire la conservazione dell'attuale assetto geomorfologico, idrogeologico ed ecologico.

Gli interventi in queste aree devono essere preceduti da relazione geologica - geotecnica ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 "*Norme tecniche per le costruzioni*", dove in dettaglio si dovrà:

- ricostruire la stratigrafia del sottosuolo a mezzo di indagini spinte fino alla profondità massima raggiungibile dai carichi previsti e per un intorno significativo;
- caratterizzare il sottosuolo mediante indagini e prove geognostiche puntuali (spinte al di sotto del piano di posa delle fondazioni e interessanti lo spessore di terreno sul quale andrà ad agire il carico) definire l'interazione strutture-terreno;
- analizzare eventuali fronti di scavo relativamente alla stabilità a breve e lungo termine, con verifica delle possibili interazioni areali;
- eseguire specifiche indagini volte alla definizione delle condizioni idrogeologiche (influenze sul deflusso superficiale e sotterraneo delle acque), gli eventuali interventi di salvaguardia e regimazione (sistemi di raccolta e smaltimento) e i recapiti finali, e con particolare attenzione alla modalità di smaltimento delle acque nel sottosuolo.

#### Classe 3/D2 - Aree prevalentemente limo argillose con limitata capacità portante.

Sono così classificate tutte quelle aree in cui è emersa la presenza, per spessori anche delle decine di metri, di litologie prevalentemente fini con caratteristiche di portanza da mediocri a scarse, in cui la bassa permeabilità superficiale favorisce spesso anche il formarsi di ristagni d'acqua. Le condizioni di saturazione comportano inoltre un drenaggio piuttosto difficoltoso.

Tale sottoclasse comprende tutta la zona che si estende a Sud del centro abitato di Angera e nella zona Buschera, e comprende gran parte della fascia situata a contorno del lago e poco sopraelevata rispetto ad esso e pertanto definibile, geomorfologicamente, come "circumlacuale".

Tale ambito si rinviene inoltre in altre tre aree subpianeggianti con morfologia "a conca", ubicate tra Angera e Barzola, tra Barzola e Capronno e tra Capronno e Lentate, che per le loro caratteristiche fisiche e di genesi, sono definite "intramoreniche".

Anche in relazione alle caratteristiche ambientali e paesaggistiche delle zone, l'attuale utilizzazione agricolo-forestale dei luoghi rappresenta, in relazione alle problematiche geotecniche e idrogeologiche emerse, la migliore destinazione dei luoghi.

Al fine di non interferire negativamente sulle condizioni preesistenti, le indagini precedenti gli interventi dovranno essere rivolte allo studio della situazione idrogeologica, alla salvaguardia della falda ad alta-elevata vulnerabilità, alla regimazione e drenaggio delle acque superficiali allo scopo di garantire il rispetto delle condizioni idrogeologiche.

Sebbene tali falde superficiali non vengano localmente captate a scopo potabile, svolgono comunque un'importante funzione di ricarica dell'acquifero superficiale e profondo, e di alimentazione di alcune risorgive di interesse ambientale ed ecologico.

Per quanto riguarda gli aspetti geotecnici, sono necessari approfondimenti per la valutazione della portanza e dei cedimenti dei terreni, che dovranno consistere in prove geognostiche puntuali, nell'analisi di eventuali fronti di scavo relativamente alla stabilità a breve e lungo termine, nella verifica delle possibili interazioni areali, in specifiche indagini volte alla definizione della regimazione dei deflussi idrici superficiali, e delle opere di raccolta e smaltimento e recapito delle acque meteoriche.

#### Classe 3/D4 - Aree con riporti di materiale, aree colmate

Comprende le aree “colmate” di loc. Arena, ovvero le vecchie vasche di sedimentazione degli scarti di lavorazione costituite da fanghi calcareo-dolomiti, inconsistenti, in condizioni di saturazione e con caratteristiche di portanza quasi nulla.

Un'altra aree di ampiezza limitata e di forma poligonale, è localizzata nella zona bruschera, di fronte all'isolino partegora, ed è il vecchio cavo ex discarica comunale

Tale sottoclasse comprende una limitata zona non edificata e potenzialmente con caratteristiche ambientali non idonee all'edificazione (ex-discarica comunale). Per quest'area si dovrà predisporre un adeguato progetto di risistemazione ambientale e naturalistica, anche in relazione al particolare pregio ambientale della zona circostante (oasi naturalistica della Bruschera). Dovranno inoltre essere effettuate anche indagini per la valutazione dell'eventuale contaminazione dei suoli e delle acque sotterranee da parte di sostanze inquinanti.

Entrambe sono zone a rischio geotecnico e anche in relazione alla vulnerabilità della falda, dovranno essere esaminati condizioni di stabilità con particolare riferimento alle opere di scavo e di fondazione

### **13.4 CLASSE IV (colore rosso) – Fattibilità con gravi limitazioni**

In questa classe sono individuate le aree ove l'alto rischio geologico comporta gravi limitazioni per la modifica alla destinazione d'uso del territorio. Rientrano in questa classificazione principalmente aree legate alle dinamiche di versante, le aree di risorgive e sorgenti, e a pericolosità idraulica di potenziale esondazione, aree ad elevato impatto antropico.

In tali ambiti è **esclusa qualsiasi** nuova edificazione, se non interventi volti al consolidamento e/o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

Per gli edifici esistenti saranno consentiti esclusivamente:

- gli interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria, restauro e risanamento conservativo così come previsti dall'art. 31, lettere a) b) e c) della L. 457/1978;
- modesti interventi relativi alla sistemazione delle superfici scoperte di pertinenza di edifici preesistenti (quali rampe, recinzioni, muretti, opere a verde, ecc.), purché non comportino modifiche all'assetto idrogeologico del territorio e purché si configurino come interventi edificatori di cui alle lettere a) b) e c) dell'art. 31 della L. 457/1978;

Inoltre, eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e dovranno comunque essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. 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.

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.

Di seguito vengono descritte le zone ricadenti in classe 4, con l'indicazione dei fattori che generano la pericolosità.

*Classe 4/A1 - Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo)*

L'area sottostante alla Rocca Borromeo (lato Ovest) presenta versanti acclivi e pareti subverticali, di origine antropica (ex-cava), con inclinazione favorevole degli strati a reggipoggio, ma deve essere comunque considerata un'area di potenziale rischio di distacco di massi e blocchi  
Aree con pareti sub-verticali in roccia a pericolosità medio-bassa per orientazione favorevole degli strati. Sebbene favorevole alla stabilità per l'orientazione e l'immersione dei banchi rocciosi, la zona il versante rappresenta ugualmente una zona di rischio geologico potenziale e pertanto dovranno essere adottati ed eseguiti tutti gli studi di dettaglio sufficienti a caratterizzare la roccia, in particolare dal punto di vista geomeccanico.

*Classe 4/A7 - Aree molto acclivi soggette ad erosione accelerata da parte di scorrimenti idrici superficiali di tipo torrentizio*

Tale sottoclasse include zone boscate di versante dei rilievi del S.Quirico, della Rocca e della collina di Capronno.

Le caratteristiche di acclività, unitamente alle caratteristiche geolitologiche e di erodibilità dei terreni superficiali di copertura dei depositi presenti, determina in tali aree del territorio, condizioni potenzialmente a rischio, innescate poi dalla situazione idrografica.

Si rilevano problemi localizzati gravitativi e idrogeologici potenzialmente soggetti a dinamica attiva, ed aree di impluvio ad erosione accelerata per le variazioni di portata dei torrenti durante intense precipitazioni.

In tali zone di dissesto e nelle zone circostanti sono possibili solo interventi di pubblica e provata utilità, ovvero opere attinenti alle sistemazioni idrogeologiche con finalità di difesa e protezione del suolo, e la stabilizzazione dei versanti mediante bonifica e consolidamento.

*Classe 4/B2 - Aree con emergenze idriche diffuse (fontanili, sorgenti)*

In quattro circoscritte aree (zone S.Quirico, Bruschera, Paludi, e a Est di Capronno), alla base dei versanti e dei terrazzi morfologici o a mezza costa, in relazione a particolari condizioni litostratigrafiche e idrogeologiche, si rinvengono affioramenti superficiali della falda (sorgenti e risorgive) a carattere da saltuario a costante, e portate direttamente riconducibili agli eventi meteorici.

Esse poi determinano piccoli rii e numerose piccole rogge di drenaggio e scolo dei terreni agricoli, che tendono a formare impaludamenti e ristagni idrici permanenti e stagionali e laghetti di origine antropica.

Per tutte le sorgenti non captate o utilizzate a fini idropotabili presenti sul territorio comunale, si deve prevedere un'area di salvaguardia minima di raggio pari a 100 mt in cui non devono essere assolutamente eseguiti interventi sul suolo e sul sottosuolo di alcun tipo.

In particolare qualsiasi intervento previsto in zona, deve essere subordinato all'esecuzione di indagini geotecniche e idrogeologiche che valutino la compatibilità con le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche del sito, per la verifica di impatti, influenze ed effetti sul deflusso superficiale e sotterraneo delle acque. Non saranno ammesse modifiche delle pendenze del suolo, sbancamenti e riporti di materiale, al fine di non alterare lo scorrimento superficiale e sotterraneo delle acque.

*Classe 4/C5\*\* – Area soggetta ad esondazione lacuale, con tempi di ritorno di 30 anni e con altezze d'acqua oltre a 2 mt per la piena  $T_r = 500$  anni – Pericolosità molto elevata*

Per ragioni morfologiche e topografiche, tutte le aree pianeggianti al margine del Lago Maggiore risultano essere il naturale ambito di esondazione dello stesso. Periodicamente sono avvenute esondazioni in concomitanza di prolungati periodi di intense precipitazioni, con alluvionamenti di buona parte della zona limitrofa al lago.

Tale classe comprende le aree situate lungo la fascia litorale del Lago Maggiore, interessate sia dalla falda freatica sub-affiorante, che da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche, zone situate a inferiore a 196.84 m s.l.m. (livello del lago assunto per un tempo di ritorno di 30 anni).

Ricade in questa zona una discreta porzione di territorio, in particolare nella zona Bruschere, ed interessa comunque aree già inedificate (ad eccezione del campeggio e dei cantieri nautici), ed attualmente a canneto.

Le aree potenzialmente allagabili per eventi a tempo di ritorno inferiore a 30 anni sono inidonee alla edificazione. In tali aree in generale non sono possibili interventi di riassetto idrogeologico strutturali atti a diminuire significativamente la pericolosità dovuta alle sommersioni lacustri. Si ha inoltre la necessità di salvaguardare attraverso l'inedificabilità, anche le aree di laminazione fondamentali per il parziale abbattimento dei colmi di piena.

Pertanto non sono ammesse nuove costruzioni, costruzioni accessorie e strutture tecniche. Non è ammessa la riquotatura per il raggiungimento delle quote di sicurezza. Sono ammesse in ogni caso le strutture legate all'utilizzo del litorale alla navigazione e alla attività sportiva e ricreativa.

*Classe 4/C8 – 4/C8\* - Aree adiacenti ai corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa*

Sono state inserite, in tale sottoclasse, le fasce di rispetto del reticolo idrografico minore e principale, individuate con criterio geometrico, e pari a 10 metri da ogni sponda, in cui sono vietate in modo assoluto una serie di attività e opere, e che deve essere mantenuta libera per garantire la conservazione delle funzioni biologiche caratteristiche dell'ambito ripariale, la piena efficienza delle sponde e la funzionalità delle opere idrauliche presenti, e facilitare le operazioni di manutenzione.

*Classe 4/D1 - Aree paludose direttamente collegate al lago*

Tali zone, limitrofe al lago, sono costituite da aree umide in diretta alimentazione con lo stesso, che sono, per le peculiari caratteristiche geotecniche, idrogeologiche ed idrauliche, assolutamente incompatibili con l'edificazione. In tali aree non sono possibili oggettivamente interventi di riassetto idrogeologico.



## **APPENDICE 1 : RISCHIO DI ESPOSIZIONE AL GAS RADON**

Il radon è un gas naturale radioattivo, incolore e inodore e proviene dal decadimento di uranio e radio, sostanze radioattive naturalmente presenti sulla Terra.

Il radon viene generato continuamente da alcune rocce della crosta terrestre ed in modo particolare da lave, tufi, pozzolane, alcuni graniti ecc. Oltre che nei materiali di origine vulcanica spesso si riscontrano elevati tenori di radionuclidi anche nelle rocce sedimentarie come calcari, marne, flysh, ecc.

Il radon si diffonde nell'aria dal suolo e come gas disciolto, è veicolato anche a grandi distanze dal luogo di formazione e può essere presente nelle falde acquifere, ove ha una discreta solubilità.

In spazi aperti, è diluito dalle correnti d'aria e raggiunge solo basse concentrazioni. Al contrario, in un ambiente chiuso, come può essere quello di un'abitazione, il radon può accumularsi e raggiungere alte concentrazioni.

In genere si hanno concentrazioni di radon più elevate nelle cantine, nei seminterrati e ai piani bassi, soprattutto se i locali sono mal ventilati o mal isolati dal terreno, poiché la sorgente principale di tale gas - quantomeno in Lombardia - è proprio il suolo; concentrazioni apprezzabili possono essere misurate anche ai piani medio-alti nel caso vi sia la presenza di alcuni materiali da costruzione, come granito, pietra pomice o tufo vulcanico.

La via che generalmente percorre per giungere all'interno delle abitazioni è rappresentata da fessure e piccoli fori presenti nelle cantine e nei piani seminterrati.

La geologia locale, l'interazione tra edificio e sito, l'uso di particolari materiali da costruzione, le tipologie edilizie sono, pertanto, gli elementi più rilevanti ai fini della valutazione dell'influenza del Radon sulla qualità dell'aria interna alle abitazioni ed agli edifici in genere.

Il radon si fissa alla polvere presente nell'aria e può facilmente essere inalate, depositarsi nei bronchi e nei polmoni, fungendo da sorgente emissiva interna.

### Quadro normativo

Alcuni studi nell'ultimo decennio hanno dimostrato che l'inalazione di radon ad alte concentrazioni aumenta di molto il rischio di tumore polmonare. I risultati di tali studi mostrano che il Radon è la seconda causa di cancro ai polmoni dopo il fumo.

L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) e l'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO-OHS) OMS) classificano il radon come cancerogeno di gruppo 1, tra le poche sostanze che sono considerate cancerogene per l'uomo sulla base di osservazioni dirette.

In particolare, l'esposizione al radon presente nell'aria delle abitazioni aumenta il rischio di contrarre un tumore polmonare, ed è responsabile del 9% circa dei tumori polmonari in Europa (20.000 casi l'anno).

La Raccomandazione dell'Unione Europea (1990/143/Euratom), non ancora recepita a livello nazionale, fissa i valori di concentrazione al di sopra dei quali si raccomandano di effettuare azioni per ridurre la concentrazione di radon in locali destinati ad abitazione. Tali livelli sono:

- 400 Bq/mc per le abitazioni già esistenti;
- 200 Bq/mc per le abitazioni di futura edificazione, da garantire utilizzando opportune tecniche preventive.

Nel caso invece di locali destinati a luogo di lavoro, il livello di azione fissato dalla normativa nazionale (D.Lgs. 230/1995 e s.m.i.) è di 500 Bq/mc. La differenza tra i due livelli di riferimento applicabili nelle abitazioni e nei luoghi di lavoro è giustificata da vari motivi, il principale dei quali è la diversità del tipo di permanenza delle persone nei due tipi di ambienti, fino a 24 ore al giorno nel primo e limitata al massimo a 36-40 ore settimanali nel secondo.

Nell'ultima pubblicazione dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (2009), propone di adottare come livello di riferimento 100 Bq/m<sup>3</sup> per minimizzare i rischi per la salute legati all'esposizione di radon all'interno delle abitazioni. Il livello di riferimento non dovrebbe essere comunque superiore a 300 Bq/m<sup>3</sup> che corrispondono ad una dose annua di radiazioni ionizzanti assorbite di 10 mSv.

### Campagne di misurazioni nazionali e regionali

Negli ultimi 15 anni sono state effettuate numerosissime misure di concentrazione di radon nelle abitazioni per indagare la rilevanza del problema.

In particolare - fra il 1989 e il 1991 - è stata condotta un'indagine nazionale sulla esposizione alla radioattività naturale: sono state indagate 5.000 abitazioni, di cui 818 collocate in Lombardia, distribuite in modo casuale sul territorio.

Da tale indagine è risultato che le abitazioni con concentrazione di radon superiore a 400 Bq/mc in Lombardia erano pari al 2,5% di quelle indagate, con concentrazioni più elevate in provincia di Milano (area Nord-Est), di Bergamo e di Sondrio.

La Regione Lombardia ha svolto fra il 2003 e il 2005 una campagna di misura del gas radon indoor in tutto il suo territorio, al fine di porre le premesse per l'individuazione delle Radon Prone Areas (aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni di radon), come previsto dal D.Lgs. 241/00

Il Piano ha visto il territorio regionale suddiviso secondo una griglia a maglie di dimensioni variabili in funzione delle caratteristiche geologiche e morfologiche del suolo, ovvero maglie più fitte nelle zone alpina e prealpina nelle quali si presume di rilevare concentrazioni di radon più elevate.

I risultati delle misure annuali di concentrazione di radon indoor effettuate nell'ambito della campagna per la determinazione delle Radon Prone Areas della Lombardia, forniscono un quadro d'insieme circa l'entità della problematica del radon sul territorio della Lombardia.

Per il 4,3 % di tutti i punti di misura, situati in locali posti al piano terreno, i valori di concentrazione media annuale di radon misurati sono risultati superiori a 400 Bq/m<sup>3</sup>.

### Indagini svolte sul territorio comunale

Una menzione a parte riguarda l'accertata presenza di radon nel territorio comunale di Angera.

Nel periodo 1982-1984 sono stati misurati i valori di radon in acque superficiali, di pozzo e sorgenti di una zona compresa tra Leggiuno e Sesto Calende, individuando per Angera, concentrazioni elevate alle piccole sorgenti che sgorgano dai porfidi permiani alla base del S. Quirico (loc. Vigne sechhe e Ugelmo) e al pozzo della C.na Magatta.

Considerata la circolazione locale molto limitata delle acque sotterranee, i valori derivano da una anomala concentrazione di materiale radioattivo nella roccia e dalla forte capacità di scambio roccia-acqua.

Nel 1986, in una estesa campagna di misurazione, sono stati collocati dei dosimetri in oltre un centinaio di abitazioni, investigando sia i locali di abitazione al piano terreno e ai piani superiori, sia gli scantinati, di tre zone del territorio comunale:

- la zona centrale della città che comprende anche le colline immediatamente a ridosso dell'abitato;
- la costa orientale verso il lago, l'area dove sono presenti le sorgenti con livelli radon elevati;
- la zona pianeggiante a est della città;

rilevando in particolare che:

- i livelli più elevati si sono osservati nelle cantine e in particolare degli edifici posti sulle colline sia a nord che a est della città;
- le aree in oggetto appaiono più o meno connesse con la presenza di strutture geologiche del S.Quirico, che rappresentano vie di uscite preferenziale del radon;
- i livelli più bassi si osservano nella zona a ovest della città, la zona pianeggiante dove la copertura alluvionale è di maggior consistenza.



## Conclusioni e proposte

La presenza di radon nell'edificio dipende principalmente dalla geologia e dalla costruzione. In edifici nel cui sottosuolo c'è presenza di radon, presto o tardi il gas riuscirà a penetrare (bastano delle crepe di assestamento invisibili ad occhio nudo). Gli interventi per evitare livelli di radon eccessivi nelle abitazioni hanno dei costi pienamente sostenibili, soprattutto se eseguiti in fase di costruzione dell'immobile.

La Pianificazione Territoriale, attraverso la conoscenza degli elementi di rischio di un territorio, consente la predisposizione di strumenti urbanistici adeguati mediante regolamenti edilizi che prevedano l'adozione di strumenti idonei alla mitigazione degli effetti sulla popolazione derivanti dall'inalazione del Radon.

Per contrastare il rischio Radon possiamo indicare almeno tre approcci fondamentali:

- Approfondire la comprensione della situazione locale riguardo i rischi legati alla presenza di radon attraverso la redazione di mappe di rischio;
- Informare la popolazione sui rischi per la salute posti dal Radon e sulle tecniche per diminuire l'incidenza del rischio stesso;
- Sostenere economicamente le soluzioni al problema del radon non appena esso sia stato identificato attraverso contributi per la realizzazione delle opere di mitigazione.

Tra le misure preventive, sarebbe quindi consigliabile costruire, al limite, solo seminterrati e non interrati, data la maggiore possibilità di richiamo e concentrazione del gas.

Poiché il radon si concentra nella cosiddetta zona disturbata, ovvero nella zona compresa tra le pareti del basamento di un'abitazione e il livello del terreno, che viene riempita di materiale più permeabile del terreno originale (sottofondo o vespaio), dovranno pertanto essere adottati tutti i possibili accorgimenti tecnici per mitigare e, se possibile, eliminare l'emissione del radon all'interno delle abitazioni riconducibili ai seguenti interventi:

- ventilazione naturale e forzata;
- drenaggio delle fondazioni;
- suzione dal sottosuolo;
- utilizzo di materiali di isolamento specifici;
- sigillature.

## **ALLEGATI:**

SCHEMA ACQUEDOTTO COMUNALE

ALLEGATO 9 : A.P. VARESE-ACQ BARZA

STRATIGRAFIA SONDAGGI ESPLORATIVI PER RICERCA IDRICA IN LOC. CAMPACCIO E BARZOLA