

Comune di Arogno

Zone di protezione delle sorgenti Ca del Feree e Pugerna



Sommario

Introduzione	1
Basi legali	2
Captazioni in esame	3
Inquadramento geologico	4
Situazione geologica locale	5
Inquadramento idrogeologico	6
Situazione idrogeologica locale	7
Metodo EPIK	8
Delimitazione delle zone di protezione	10
Qualità delle acque	13
Pericoli di inquinamento	13
Conclusioni e raccomandazioni	15
Bibliografia	16
Allegati	17

Introduzione

L'approccio utilizzato per proteggere le acque sotterranee in ambiente carsico nel Canton Ticino, è stato di tipo generico istituendo un livello di protezione esteso a tutti gli affioramenti suscettibili di subire fenomeni carsici. In concreto tutte le rocce carbonatiche nelle aree del Monte Generoso, Monte San Giorgio e Monte Bré, sono state protette da una zona denominata "S2 speciale" divisa in zona di protezione ravvicinata, per proteggere le captazioni, ed una zona di protezione lontana per evitare l'inquinamento nei bacini di alimentazione. A queste zone vi è associato un regolamento di applicazione contenente minori restrizioni all'uso dei fondi rispetto ai normali regolamenti.

Con l'entrata in vigore dell'Ordinanza federale per la protezione delle acque (OPAc), lo sviluppo del metodo EPIK (BUWAL, 1998) specifico per ambienti carsici e l'uscita della nuova guida pratica per la protezione delle acque sotterranee (BUWAL, 2004) quest'approccio non è più applicabile. Per questo motivo, la Sezione per la protezione dell'aria dell'acqua e del suolo (SPAAS) ha affidato all'Istituto Scienze della Terra (IST) l'incarico di rivedere le attuali zone S2 speciale, delimitando le nuove zone di protezione secondo quanto stabilito nelle nuove disposizioni.

Basi legali

Le zone di protezione vengono delimitate attorno alle captazioni d'acqua sotterranea di interesse pubblico, allo scopo di evitare che le acque captate vengano inquinate¹. Le zone di protezione sono suddivise in zona di captazione (S1), zona di protezione adiacente (S2) e zona di protezione distante (S3). La zona S1 deve far sì che non vengano arrecati danni all'impianto di captazione e che non vi siano inquinamenti nelle immediate vicinanze di quest'ultimo. La zona S2 deve scongiurare gli inquinamenti microbiologici. Allo stesso tempo, permette di evitare che l'acqua captata sia inquinata da scavi e lavori sotterranei o che lo scorrimento delle acque sotterranee venga perturbato da costruzioni sotto il livello del terreno. La zona S3, da parte sua, deve garantire di poter mettere in atto in tempi utili delle misure di risanamento in caso vi sia una minaccia di inquinamento delle acque sotterranee (ad esempio in caso di incidente con perdite di sostanze nocive)².

Nel caso specifico delle captazioni in terreni carsici, ovvero alimentate da acquiferi costituiti da rocce calcaree e dolomitiche carsificate, per la determinazione delle zone di protezione è determinante la vulnerabilità del bacino imbrifero della captazione³. Ciò equivale a valutare la facilità con la quale un inquinante infiltrato in un determinato punto del bacino d'alimentazione di una o più sorgenti raggiunge la captazione.

¹ LPAc, 1991, art. 20

² OPAc, 1998, allegato 4

³ OPAc, 1998, allegato 4

Captazioni in esame

Il Comune di Arogno per il suo approvvigionamento idrico fa capo a due sorgenti carsiche, la sorgente Pugerna localizzata sopra Campione d'Italia, e la sorgente Ca' del Feree, che si trova sul paese di Arogno, sopra la strada che va verso la dogana della Valmara. Le captazioni per le quali saranno determinate le zone di protezione sono elencate nella tabella 1 e la loro localizzazione geografica indicata nella figura 1.

Catasto	Tipo di captazione	Nome locale	Nord	Est	concessione
504.8	Sorgente	Pugerna	93176	719485	Non si applica
504.10	Sorgente	Ca del Feree	91074	720403	Non si applica

tabella 1

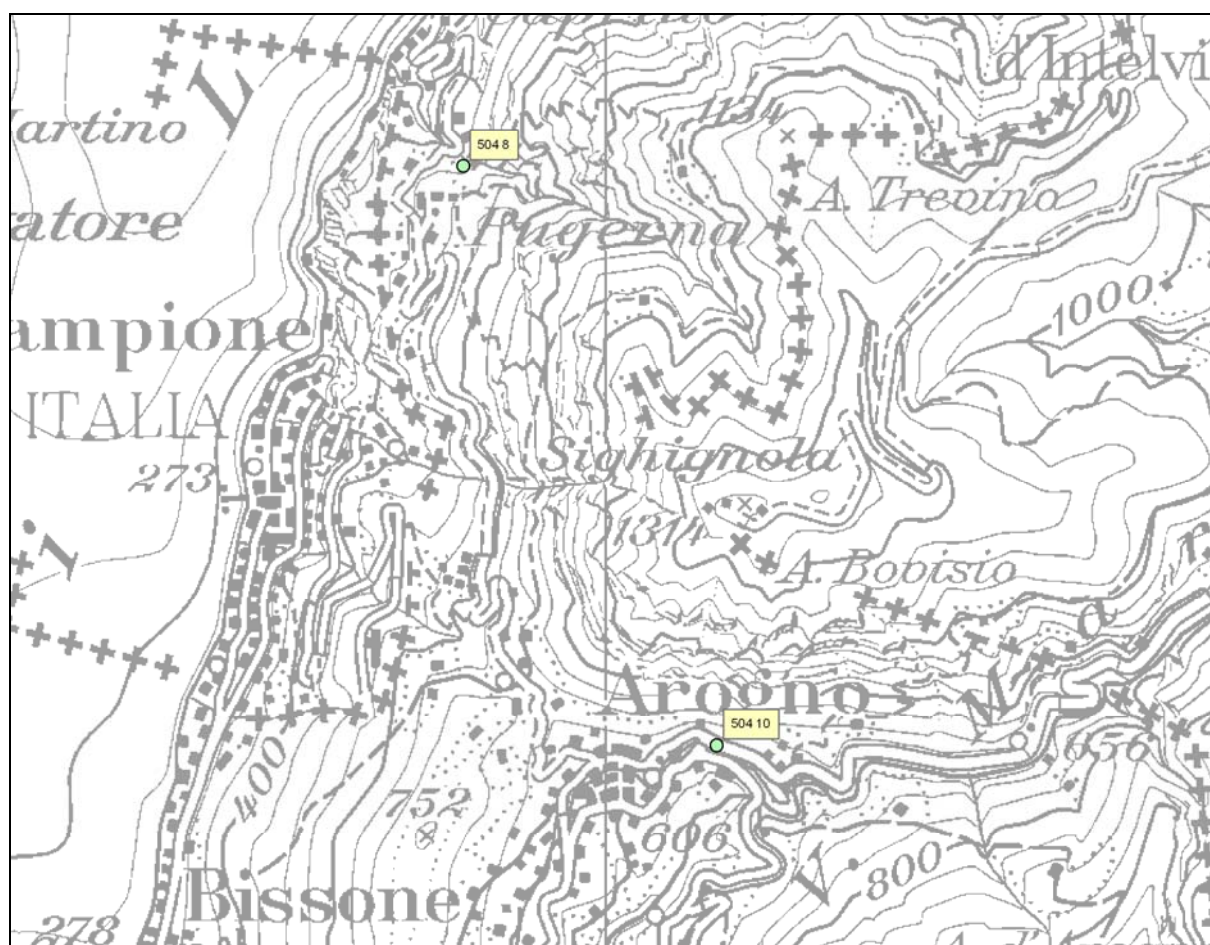


figura 1

Inquadramento geologico

Il massiccio del Monte Generoso, è delimitato a Nord e ad Ovest dal Lago di Lugano, ad Est dal Lago di Como, a Nord-Est dalla zona Porlezza Menaggio e Sud / Sud-Ovest dalla zona Capolago – Chiasso.

Dal punto di vista geologico, le Alpi meridionali poggiano sullo zoccolo cristallino insubrico, sopra il quale seguono in discordanza depositi clastici e vulcanici permiani, coperti a loro volta da sedimenti composti di un'alternanza di brecce e conglomerati, di sabbie e di argilliti e di marne siltose della serie Servino - Verrucano. Nel Trias inferiore, iniziò la sedimentazione marina, con la trasgressione di un mare basso procedendo da Est verso Ovest. Il Trias medio è caratterizzato da una subsidenza marcata che portò alla deposizione di una pila potente di rocce carbonatiche. Nel Norico cominciava la formazione delle due soglie (soglia di Lugano e soglia di Arolo - Gozzano), e dei due bacini (Bacino del Monte Generoso e Bacino del Monte Nudo), durante il Lias inferiore, l'evoluzione strutturale portò a spiccate eterotrofie (Bernoulli, 1965).

Nel bacino del Monte Generoso, sulla Dolomia principale lasciata dal mare poco profondo si depositano circa 1000 metri di Retico a cui segue una serie di calcilutite silicee potente da 3 a 4000 metri del Lias inferiore che costituiscono l'attuale complesso carsico.

L'evoluzione strutturale dell'area durante l'orogenesi alpina, fu influenzata dalla situazione tettonica precedente, che ha riattivato le fratture preesistenti. La Linea di Lugano, una frattura direzione N-S con forte inclinazione ad E corrisponde chiaramente al sistema di faglie mesozoiche, tra il bacino del Monte Generoso e la soglia di Lugano. I due lati della soglia presentano stili di deformazione diversi, l'area orientale che corrisponde al Monte Generoso fu interessata da diverse fasi d'intensa deformazione di tipo plastico. Il Generoso si presenta come un anticlinorio con l'asse orientato approssimativamente E-O, nella porzione meridionale del gruppo si trovano delle pieghe con assi orientate SSO-NNE deformate da un sovrascorrimento a Nord, e da una fessura a Sud, mentre nella parte settentrionale vi è un sistema di pieghe asimmetriche ad andamento E-O sovrascorso verso Sud (figura 2).

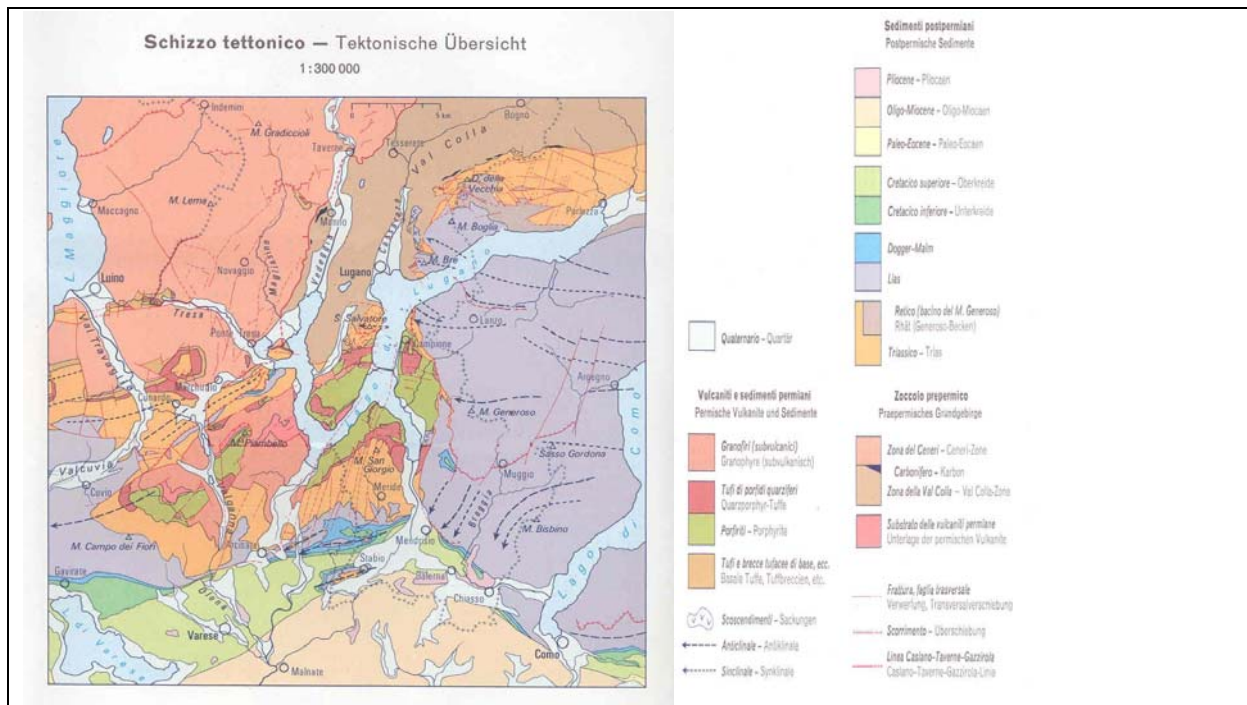


figura 2

Situazione geologica locale

La situazione geologica nei pressi della sorgente Pugerna è stata descritta da Pedrozzi (1980). Nella zona affiorano rocce sedimentarie triassiche e giurassiche della serie alpina e quelle vulcaniche del Permiano. Le rocce sedimentarie sono costituite da calcari da compatti a fittamente stratificati; da dolomie da massicce a stratificate con locali intercalazioni bituminose; da arenarie e marne varicolori; da gessi e localmente da conglomerati. Le rocce vulcaniche sono dal canto loro costituite in genere da porfiriti ed ignimbriti con locali filoni acidi. Il quaternario è rappresentato da morene più o meno dilavate da detrito e da materiale di frana. Dal punto di vista tettonico l'area è interessata da una serie di importanti faglie subparallele note con il nome di Linea di Lugano che elidono le rocce triassiche riducendone lo spessore e mettendo in contatto i calcari liassici con le vulcanite permiane. Altre faglie e fratture di minore importanza intersecano le masse sedimentarie e vulcaniche. Le rocce sedimentarie sono interessate anche da pieghe anticlinali e sinclinali di dimensioni molto variabili.

La situazione geologica nelle vicinanze della sorgente Ca del Feree si è più semplice dal punto di vista strutturale da quella descritta in precedenza. Questa sorgente si trova nei pressi del contatto tettonico fra i calcari del liass e le rocce vulcaniche del permiano. Il calcare si presenta ben stratificato e disposto a franapoggio rispetto alla pendenza del terreno. I sedimenti del quaternario sono piuttosto scarsi nell'area della sorgente e costituito a detrito originato dai calcari stessi, ma esistono all'interno del bacino d'alimentazione depositi morenici che in alcune zone si presentano con molti massi erratici.

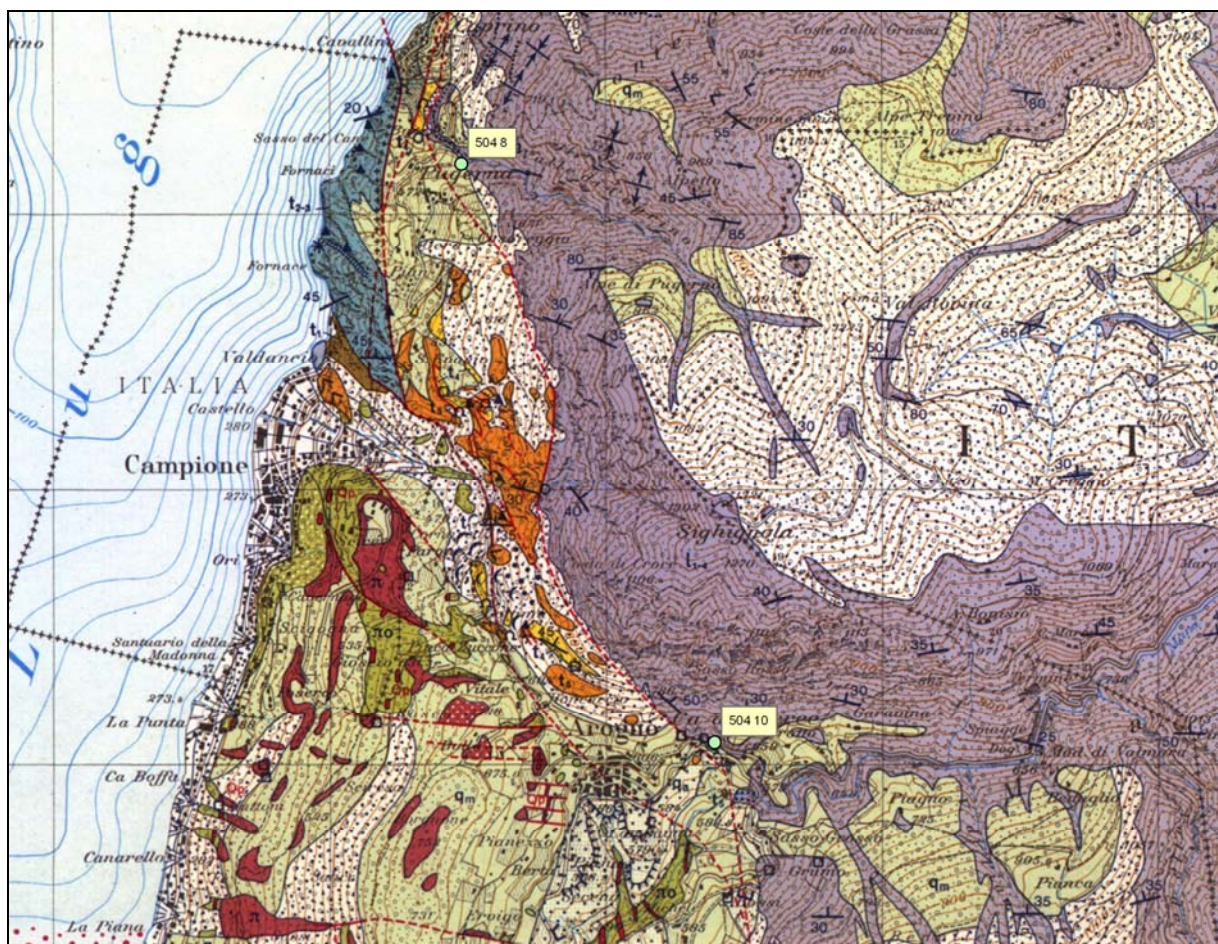


figura 3

Inquadramento idrogeologico

Gli acquiferi carsici sono caratterizzati da un'importante eterogeneità spaziale che influenza il loro comportamento idraulico, e da particolarità geomorfologiche come l'esistenza di sorgenti, inghiottitoi. L'assenza di una rete di drenaggio in superficie può caratterizzare gli ambienti carsici mentre in profondità la dissoluzione delle rocce calcaree può dare origine allo sviluppo di una rete di condotti che convogliano il flusso sotterraneo.

Negli acquiferi carsici il flusso può variare da molto veloce a regime turbolento all'interno dei condotti e grotte, a laminare all'interno delle fessure ed i blocchi poco permeabili. Le sorgenti alimentate da acquiferi carsici, spesso presentano risposte rapide alle precipitazioni con piene violente, variazioni veloci della portata, ed esaurimento lento.

Questa dualità degli acquiferi carsici li rende particolarmente vulnerabili agli inquinamenti. Infatti, l'elevata velocità e la minore superficie di contatto acqua - roccia costituisce un limite all'avviamento dei processi di autodepurazione in caso di inquinamento.

Le formazioni calcaree del Monte generoso alloggiano un acquifero che alimenta varie sorgenti che vengono captate a scopo idropotabile. La permeabilità dell'acquifero è stata valutata in 10^{-5} m s^{-1} da una prova di pompaggio a Castel San Pietro. Tuttavia questo valore è solo indicativo, vista l'eterogeneità che caratterizza questi ambienti.

Sulle curve di recessione delle sorgenti si possono identificare tre tratti con pendenza decrescente alternati da tratti orizzontali evidenziando una natura complessa dell'acquifero alloggiato nel massiccio carsico, che potrebbe essere composto da:

- Blocchi poco permeabili.
- Blocchi intensamente fratturati di conducibilità idraulica simile ad una ghiaia mediamente permeabile.
- Una rete di fratture.
- Successione di condotti.

Un'ipotesi che potrebbe spiegare l'andamento della curva di recessione attribuisce il primo tratto allo svuotamento della rete di fratture, il secondo (orizzontale) al drenaggio dei blocchi intensamente fratturati, il terzo allo svuotamento dei condotti, ed il quarto allo scarico lento dei blocchi poco permeabili (Ufficio Geologico Cantonale, 1989).

Le sorgenti dell'area del Monte Generoso, presentano in generale una rapida risposta alle precipitazioni, con qualche eccezione che presenta valori costanti. E' stato accertato anche un aumento della torbidità dell'acqua in seguito ad intense precipitazioni.

L'idrodinamica dell'acquifero carsico è stata anche investigata mediante l'uso di traccianti, analisi chimiche ed isotopiche. Le prove di tracciamento realizzate hanno evidenziato l'influenza delle strutture geologiche sulla circolazione delle acque sotterranee. Le fratture e la rete carsica costituiscono vie attraverso le quali viene convogliato una parte importante del deflusso delle acque sotterranee con il risultato che non esiste una corrispondenza fra bacini superficiali e sotterranei. Le velocità di flusso calcolate dalle curve di restituzione dei traccianti, oscillano fra 3 e 117 metri l'ora. Va segnalato però che le prove di tracciamento tendono a valutare la velocità dell'acqua che scorre attraverso i condotti e le fessure dove è più elevata. Negli acquiferi carsici il contributo della rete carsica al deflusso, anche se importante, può essere molto minore del contributo dato dalle fessure e dai blocchi poco permeabili, che però rappresentano un volume più esteso.

Dal punto di vista chimico, le acque che circolano attraverso il massiccio carbonatico, presentano in genere una debole mineralizzazione, dovuta alla minore superficie di contatto acqua roccia da una parte e al breve tempo di transito (elevata velocità) dall'altra; quindi valori bassi di conducibilità. La composizione chimica è determinata principalmente dalla reazione di dissoluzione della calcite.



Tale reazione produce acque di tipo CO_3H^- - Ca, l'equilibrio di dissoluzione dalla calcite conferisce un elevato potere tampone, in modo tale che un apporto acido viene immediatamente neutralizzato dalla dissoluzione della calcite. Tuttavia il chimismo delle acque sotterranee in ambiente carsico può variare con la portata.

Le analisi statistiche dei parametri chimici (SiO_2 , $SO_4^{=}$, NO_3^- , Cl^- , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+) hanno consentito, per quello che riguarda le sorgenti, di identificare 3 gruppi che drenano altrettanti serbatoi. Determinanti nell'identificazione di questi serbatoi sono state le sostanze che arrivano dall'esterno del massiccio (Cl^- e NO_3^-), che evidenziano una maggiore variabilità spaziale.

Le analisi isotopiche hanno permesso di stabilire in modo approssimativo il tasso di rinnovamento delle acque nel massiccio del Generoso, l'interpretazione del contenuto in Trizio utilizzando un modello esponenziale (integrazione lungo la direzione di flusso di acque con differente tempo di transito) $\delta^{18}O$ consente di stimare il tempo medio di residenza delle acque attorno ai 3 anni, con un contributo d'acqua piovana (infiltrazione subsuperficiale) alle sorgenti che oscilla fra 5 e 15%.

Situazione idrogeologica locale

La sorgente Ca del Feree, fa parte assieme alle sorgenti Bossi ed Acque Freddi del gruppo di importanti scaturigini che si allineano lungo il contatto tettonico fra le vulcanite permiane ed il calcari del Lias ovvero dalla Linea di Lugano. Questo gruppo di sorgenti si rappresentano la parte terminale del deflusso sotterraneo dell'acquifero carsico contenuto all'interno del massiccio del Monte Generoso che esce in superficie quando trova le rocce vulcaniche precedentemente citate che sbarrano il suo percorso.

Queste sorgenti sono caratterizzate da portate importanti, massimi di circa 28 m³ litri al minuto per la sorgente Bossi, e di 38 m³ al minuto per la sorgente Ca del Feree e reazione veloce alle precipitazioni fatto che testimonia l'importanza dello sviluppo della rete carsica. Infatti in tutte e due le sorgenti l'acqua fuoriesce da notevoli condotte sviluppatasi nelle rocce calcaree. Per la sorgente Ca del Feree si può anche menzionare che la torbidità aumenta in occasione di forti portate.

La sorgente Pugerna sgorga dal calcare del Lias che nella zona si presenta ben stratificato, con direzione Est Ovest, ed immersione di circa 70 verso Sud. Questa sorgente fa parte di un gruppo di sorgenti originate dalla complessa struttura geologica dell'area che mette a contatto diversi tipi di rocce.

La sorgente Pugerna presenta una rete carsica ben sviluppata, anche se presenta portate più contenute rispetto alla sorgente Ca del Feree, infatti, i massimi di portata sono attorno a 0.24 m³ al minuto. Il suo bacino di alimentazione è costituito dai calcari intensamente fratturati e piegati che si trovano a monte della sorgente, e secondo Pedrozzi (1980) l'infiltrazione avviene in modo diffuso ma anche concentrato in perdite ed inghiottitoi.

Metodo EPIK

Le caratteristiche idrauliche degli acquiferi carsici, precludono l'utilizzo dei normali criteri utilizzati per la determinazione di zone di protezione che si basano sul tempo di transito dell'acqua sotterranea. Infatti, questi ambienti, sono molto eterogenei con zone ad elevata permeabilità e blocchi praticamente impermeabili; quindi l'acqua che arriva alle captazioni può avere, in funzione dalla situazione idrologica, tempi di transito molto diversi all'interno del sistema. Per questo motivo è stato sviluppato un metodo apposito basato sulla determinazione della vulnerabilità del bacino imbrifero della captazione. Il metodo EPIK (BUWAL, 1998) è stato concepito a questo scopo e la carta di vulnerabilità che risulta della sua applicazione costituisce la base per la delimitazione delle zone di protezione.

Il metodo si basa sulla valutazione semiquantitativa all'interno del bacino di alimentazione della captazione, di quattro criteri, che corrispondono ad altre quattro caratteristiche del flusso in mezzi carsici. Il criterio E corrisponde all'epicarso, definito come la zona di assorbimento molto fessurata che corrisponde alla decompressione e l'alterazione dei terreni in vicinanza alla superficie (Dodge, 1982). Il criterio P si riferisce alla copertura protettiva, (suolo e sedimenti), che possono ricoprire l'acquifero ed esercitare un'azione di protezione ed attenuazione. L'efficacia dipende dalle caratteristiche di questa copertura come spessore, tessitura e struttura. Il criterio I valuta a sua volta l'esistenza di punti d'infiltrazione concentrata e superfici di infiltrazione diffusa all'interno del bacino di alimentazione, considerando la pendenza del terreno e la occupazione del suolo. Lo sviluppo della rete carsica viene quantificato con il criterio K, la valutazione di questo criterio è basata sulla identificazione diretta di elementi morfologici quali l'esistenza di grotte, pozzi verticali ecc, o mediante l'analisi degli idrogrammi di piena.

La tabella 2, mostra la relazione fra i criteri, i valori da assegnare e gli elementi della morfologia carsica.

Morfologia carsica osservata	E _{1,1}	Pozzi inghiottitoi, doline campi solcati, cuesta aven, embout e relief ruiniforme	
Assenza di morfologia carsica	E _{2,2}	Zone intermedie situate lungo gli allineamenti di doline, le uvala, le valli secche, i canyons i polje	
	E _{3,4}	Il rimanente bacino di alimentazione	
		A) suolo direttamente sulle formazioni calcaree o su detrito con permeabilità elevata	B) suolo su una formazione geologica (> 20 cm) con una bassa conduttività idraulica
Assenza della copertura di protezione	P _{1,1}	0 – 20 cm di suolo	
	P _{2,2}	20 – 100 cm di suolo	20 – 100 cm di suolo e di formazioni aventi una bassa conduttività elettrica.
	P _{3,3}	> di 1m di suolo	> 1 m di suolo e di formazioni aventi una bassa conduttività elettrica.
Copertura di protezione importante	P _{4,4}		Formazione a bassa conduttività elettrica e spessore 8 m o spessore di >6 con suolo >1 m (verifica puntuale necessaria)
Infiltrazione concentrata	I _{1,1}	Perdita perenne o temporanea – letto ed argini dei corsi d'acqua perenni o temporanei che alimentano una perdita – deflusso superficiale che s'infiltra – settore del bacino di versante di un corso d'acqua comprendente i sistemi di drenaggio artificiale.	
	I _{2,2}	Settore del bacino di versante di un corso d'acqua non drenato artificialmente, e la cui pendenza è superiore al 10% per le superfici coltivate e superiore al 25% per i prati ed i pascoli.	
	I _{3,3}	Settore del bacino di versante di un corso d'acqua la cui pendenza è inferiore al 10% per le superfici coltivate e inferiore al 25% per i prati ed i pascoli. Al di fuori del bacino versante di un corso d'acqua le zone situate al piede del pendio che raccolgono le acque di ruscellamento e le pendici pronunciate (>10% per le superfici coltivate e > 25% per i prati e pascoli) le cui acque di ruscellamento alimentano queste zone	
Infiltrazione diffusa	I _{4,4}	Rimanente bacino di alimentazione.	
Rete carsica ben sviluppata	K _{1,1}	Rete carsica ben sviluppata avente condotti di dimensione da decimetrica a metrica, poco colmatati e ben connessi fra di loro	
Rete carsica mal sviluppata	K _{2,2}	Rete carsica mal sviluppata, in cui i condotti sono mal connessi tra di loro o sono colmatati, o la loro dimensione è decimetrica o addirittura inferiore	
Acquifero misto o di fratturazione	K _{3,3}	Scaturigine d'acqua in un ambiente poroso avente un possibile effetto di protezione – acquifero da fratturazione non carsico	

tabella 2

La valutazione di questi quattro criteri, assegnando i valori, permette di calcolare il fattore di protezione, mediante la formula:

$$F = \alpha E_i + \beta P_j + \gamma I_k + \delta K_l \quad (1)$$

dove:

F è il fattore di protezione

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ sono i coefficienti di ponderazione per i 4 criteri

E_i , P_j , I_k e K_l sono i valori assegnati ai 4 criteri

I criteri che condizionano di più la vulnerabilità dei sistemi carsici sono l'epicarso (E) e le condizioni di infiltrazione (I). Infatti i coefficienti α e γ hanno un valore di 3, mentre l'influenza della copertura protettrice (P) è minore ed ha un coefficiente di ponderazione più basso $\beta=1$, lo sviluppo della rete carsica ha invece un peso intermedio, $\delta = 2$.

Il fattore di protezione viene interpretato in termini di vulnerabilità e in funzione di questa sono determinate le zone di protezione come indicato nella tabella 3.

Fattore di protezione F	Vulnerabilità	Zone di protezione
9 – 19	Molto elevata	S1
20 – 25	Elevata	S2
Superiore a 25	Media	S3
Superiore a 25 con P_4 e $I_{3,4}$	Debole	Resto del bacino d'alimentazione

tabella 3

Delimitazione delle zone di protezione

Il metodo EPIK in questo lavoro è stato applicato con l'aiuto di sistemi di informazione geografica (GIS), valutando i parametri richiesti globalmente per tutti gli affioramenti carsici nei casi dei criteri E, P, ed I. Il criterio K invece è stato valutato localmente per il singolo bacino d'alimentazione.

Epicarso (E): è stata fatta l'analisi geomorfologica del terreno con l'aiuto del DEM e delle carte topografiche a scala 1:25000 e 1:5000 per tutta l'area degli affioramenti, integrata con il catasto di tutte le grotte pubblicate.

Copertura protettrice (P) questo parametro è stato valutato globalmente, utilizzando la cartografia a scala 1:5000 nel modo seguente, prima sono stati identificati tutti gli elementi del reticolo idrico, con un GIS è stato calcolato un buffer di 20 metri attorno a questi, per definire le zone di sprovviste di copertura, per tutto il resto delle aree è stato assunto un valore della copertura compreso fra 20 – 100 cm.

Condizioni di infiltrazione (I) le condizioni di infiltrazione sono state valutate globalmente, ed anche in questo caso sulla base del catasto delle grotte e il modello digitale del terreno (DEM), con l'aiuto di un GIS sono stati calcolati i bacini d'alimentazione d'ogni singola cavità presente nel catasto, per quello che riguarda la rete idrografica, presenza di piani di stratificazioni ci ha indotto a ritenergli potenzialmente infiltranti. Valutando l'uso del suolo nelle aree analizzate comparabile a prati e pascoli, quindi utilizzando una pendenza del 25% come discriminante per le aree I_2 ed I_3 .

Sviluppo della rete carsica (K): questo parametro è stato valutato localmente per ogni singola sorgente, mediante l'analisi degli idrogrammi di piena ed i sopralluoghi alle sorgenti assegnando un unico valore al bacino di alimentazione.

Il risultato della valutazione di ogni singolo criterio è stato poi trasformato in formato raster con una cella di misura 20 x 20 metri dove il valore assegnato ad ogni singola cella corrisponde al valore che assume il parametro EPIK in quell'area. Applicando l'equazione (1) si è ottenuto il fattore di protezione e quindi le zone S.

Una volta ottenuti i risultati utilizzando l'informazione bibliografica si è proceduto alla verifica del risultato mediante sopraluoghi mirati. In modo di confermare la correttezza delle assunzioni provvedendo a modificare i valori nei casi necessari.

I limiti idrogeologici sono stati adattati, in seguito, ai limiti dei mappali interessati dalle zone S che sono dunque i seguenti (vedi allegati):

Sorgente Pugerna: le zone di protezione interessano i Comuni di Lugano e Arogno.

Mappali in zona S1	Mappali in zona S2		Mappali in zona S3	
1049 *	955 *	1165	962 *	1170
	960 *	1166	963 *	1177
	961 *	1167	1001	1178
	1036 *	1168	1024	1179
	1037 *	1169	1032 *	1180
	1039 *	1170	1036 *	1181
	1040 *	1171	1037 *	1182
	1041 *	1172	1039 *	1183
	1047 *	1173	1040 *	1184
	1049	1174	1067 *	1188
	1067 *	1175	1153	1189
	1153	1176	1154	1190
	1154	1177	1155	1191
	1155	1178	1156	1289
	1156	1179	1157	1595
	1157	1180	1162	1605
	1158	1183	1163	
	1159	1184	1164	
	1160	1185	1165	
	1161	1186	1167	
	1162	1187	1168	
	1164	1188	1169	

* Mappali appartenenti al Comune di Arogno.

Sorgente Ca del Feree: le zone di protezione interessano il Comune di Arogno.

Mappali in zona S1	Mappali in zona S2		Mappali in zona S3		
13	75	487	13	407	491
104	104	488	16	409	492
105	145	489	18	413	493
107	396	490	75	414	501
108	397	491	95	415	502
109	398	502	97	416	505
110	399	503	98	417	506
378	400	504	99	451	507
408	401	505	100	454	510
452	402	510	102	455	516
453	403	512	139	456	517
525	404	513	140	457	518
	405	514	141	458	519
	407	515	143	459	520
	409	516	145	460	521
	417	517	149	461	523
	452	518	150	462	524
	453	519	151	463	525
	454	520	371	464	526
	458	521	372	465	530
	460	522	373	466	531
	463	524	374	467	1063
	466	525	375	470	1067
	467	526	376	471	1068
	468	527	377	472	1085
	469	528	378	473	1251
	470	529	379	474	1265
	478	532	380	475	1275
	479	563	381	476	1295
	480	1067	382	477	1306
	481	1068	383	478	1393
	483	1155	396	479	1410
	485	1463	401	482	1411
	486		403	483	1430
			404	485	
			405	486	
			406	490	

Qualità delle acque

Le analisi chimiche mostrano che la composizione delle acque è caratteristica da acque che circolano all'interno di massicci calcarei, bassi contenuti di fluoruri meno di 2 mg L^{-1} , e valori alti di calcio attorno a 40 mg L^{-1} . Si noti che la sorgente sia per la sorgente Ca del Feree che per la sorgente Pugerna (questa ultima in maggior misura) la presenta dei solfati probabilmente derivati dalla dissoluzione di gessi.

Le caratteristiche chimiche e batteriologiche delle sorgenti carsiche possono variare con la portata anche in misura notevole, risulta pertanto fondamentale per una caratterizzazione chimica ed adeguato controllo della qualità dell'acqua tenerne conto di questo comportamento nei piani di campionamento.

Pericoli di inquinamento

Per quello che riguarda la sorgente Pugerna non vi sono evidenti conflitti all'interno del bacino di alimentazione se non i tipici rustici, alpeggi e sentieri escursionistici che potrebbero creare qualche problema. Per la sorgente Ca del Feree vale quanto detto sopra ma si aggiunge il problema della strada che va verso la dogana della Valmara. Questa strada è piuttosto frequentata da frontalieri e potrebbero esserci dei problemi in caso di incidente.

Con le zone di protezione delimitate in questo rapporto (vedi fig. 4), il proprietario della captazione dovrà realizzare un elenco delle situazioni non conformi in ogni mappale interessato provvedendo a stabilire le misure necessarie nel caso di situazioni non conformi con quanto indicato nel regolamento di applicazione.

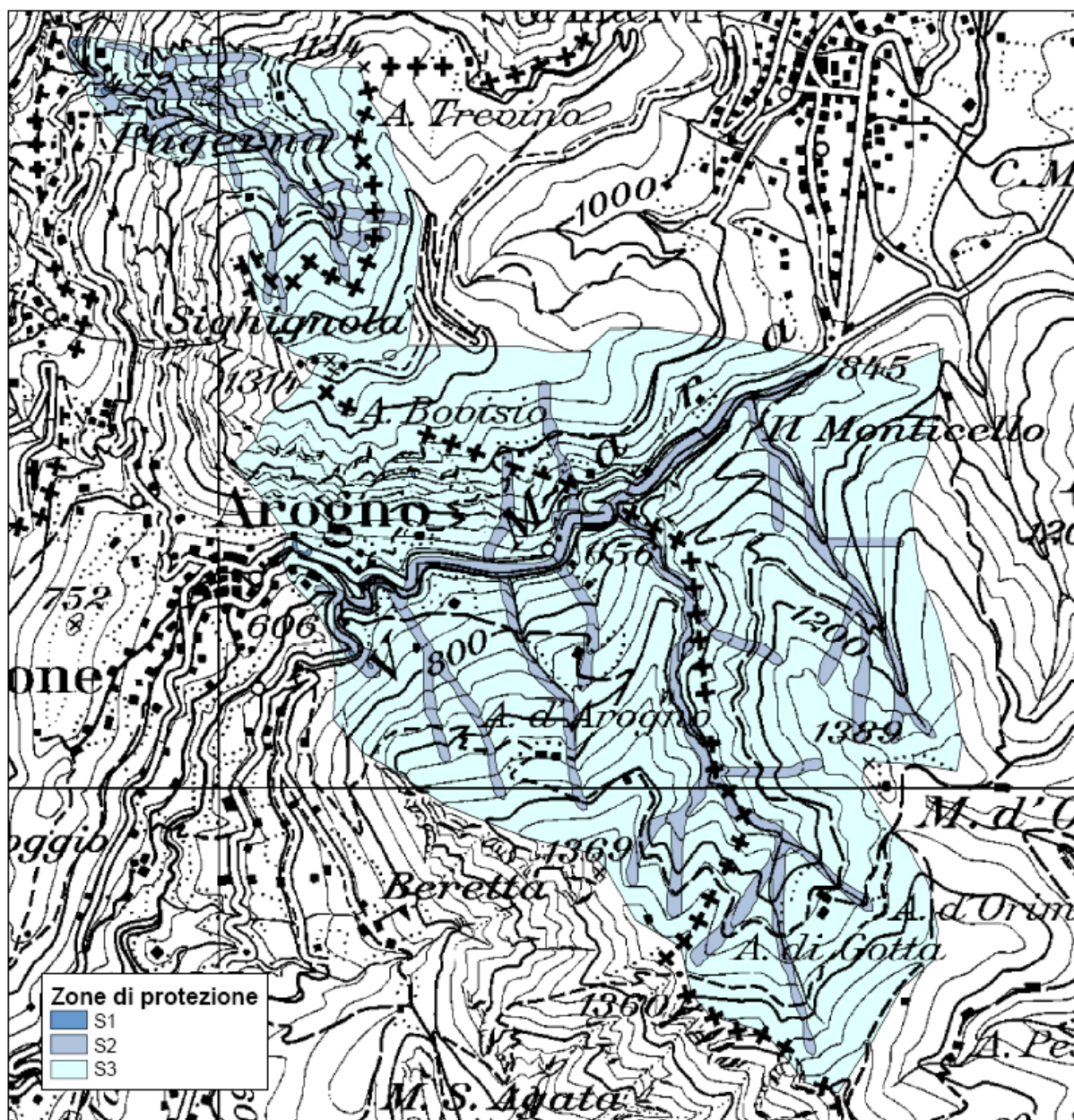


Figura 4 : zone di protezione S (scala 1:25'000)

I limiti idrogeologici sono stati adattati ai limiti dei mappali interessati dalle zone S che sono dunque i seguenti (vedi allegati):

Conclusioni e raccomandazioni

Le sorgenti del Comune di Arogno hanno portate notevoli che garantiscono regolarità nell'approvvigionamento idrico. Queste portate così importanti, sono indicative di bacini d'alimentazione estesi e nel caso specifico parzialmente localizzati in territorio italiano, questa situazione rende difficili da proteggere le captazioni. Inoltre il rapporto fra portate e precipitazioni indica che la rete carsica all'interno di questi bacini è molto ben sviluppata, il che aumenta la vulnerabilità in caso di inquinamento.

Le zone di protezione in questo rapporto sono state delimitate utilizzando informazione bibliografica, rapporti precedenti, carte e rilevamenti geologici, e rilievi sul terreno. Per motivi non dipendenti dall'IST le prove di tracciamento previste non sono state realizzate. Segnaliamo che il percorso dell'acqua in ambienti carsici può seguire vie che risultano imprevedibili e difficilmente accertabili se non con prove specifiche che consentano di collegare mediante traccianti due punti diversi. Considerando le condizioni di circolazione delle acque sotterranee all'interno del Massiccio del Generoso, evidenziate dalle conclusioni dello studio realizzato dall'IGC nel 1989, non è possibile escludere in questo caso altri collegamenti sotterranei al di fuori del bacino delimitato. Raccomandiamo di conseguenza che la zona S2 speciale non vincolata dalla delimitazione delle zone di protezione sia trasformata in un settore Au .

Istituto Scienze della terra

Dr Sebastian Pera Ibarguren
Idrogeologo

Bibliografia

Bernoulli, D. 1964. Zur Geologie des Monte Generoso (Lombardische Alpen). Kommission bei Kümmerly & Frey AG, Geographischer Verlag, Bern 134 pp.

Bianchi Demicheli, F., 1984. Le grotte del Ticino IX, Note Abiologiche V, estratto dal Bollettino Società Ticinese Scienze Naturali.

Bianchi Demicheli, F., 1993 I fenomeni carsici del Monte Generoso

Bianchi Demicheli, F., 1993 le grotte del Monte Generoso

Bianchi Demicheli, F, Oppizzi, N., 1995. Le grotte del Ticino XI, Note Abiologiche VII, estratto dal Bollettino Società Ticinese Scienze Naturali.

BUWAL, 1998. Guide pratiche Cartographie de la vulnérabilité en régions karsiques (EPIK) 20 pp.

BUWAL, 2004. Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines. Berne 2004 133 pp.

Cotti, G. Ferrini, D., 1961. Le grotte del Ticino IV, Note Abiologiche I, estratto dal Bollettino Società Ticinese Scienze Naturali.

Dodge, M. 1982. Structure, fonctionnement hydrodynamique et vulnérabilité des aquifères karstiques. Journée d'étude sur la protection des eaux karstiques, Bruxelles, 29 nov. 1982. Soc. Nationales des distributions d'eau et comm. de protection des sites spéléologiques, pp. 42 – 26.

Legge federale sulla protezione delle acque (LPAC) del 24 gennaio 1991.

Ordinanza sulla protezione delle acque (OPAC) del 28 ottobre 1998.

Pedrozzi, P., 1980. Relazione geologica protezione sorgente Pugerna.

Ufficio geologico cantonale, 1989. Monte Generoso, studio multidisciplinare: geologia tettonica e geofisica, carsismo, idrologia, idrogeologia, chimismo isotopi e multitracciamento. 67 pp.

Allegati

Allegato I

Allegato II