

SORGENTI MONTE BIANCO TERME DI COURMAYEUR S.P.A.

REGIONE AUTONOMA VALLE D' AOSTA

Istanza di rilascio di subconcessione mineraria denominata “Val Veny” in località Peuterey  
nel comune di Courmayeur

### Relazione geomineraria



*Redatto* Dott. Geol. Antonio Dematteis

*Data* Agosto 2019



## **Indice**

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1    | INTRODUZIONE .....   | 4  |
| 2    | UBICAZIONE DESCRIZIONE DELLE OPERE DI CAPTAZIONE .....                       | 6  |
| 3    | PERTINENZE MINERARIE.....  | 8  |
| 3.1  | Pozzo di captazione P1 .....   | 8  |
| 3.2  | Pozzo di captazione P2 .....   | 9  |
| 3.3  | Pozzo di captazione P3 .....   | 10 |
| 3.4  | Impianto di sollevamento.....  | 11 |
| 3.5  | Impianto di adduzione .....  | 11 |
| 3.6  | Concessioni limitrofe.....   | 12 |
| 4    | INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....   | 13 |
| 5    | INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....   | 14 |
| 5.1  | Depositi Superficiali (quaternari) .....                                     | 14 |
| 5.2  | Substrato pre-quaternario.....   | 16 |
| 5.3  | Cenni di geologia strutturale.....   | 16 |
| 6    | CLIMATOLOGIA E IDROLOGIA.....  | 17 |
| 6.1  | Limiti del bacino idrografico .....  | 17 |
| 6.2  | Afflussi .....   | 18 |
| 6.3  | Perdite.....   | 19 |
| 6.4  | Deflussi.....  | 23 |
| 6.5  | Bilancio idrologico .....  | 24 |
| 7    | IDROGEOLOGIA.....  | 26 |
| 7.1  | Complessi Idrogeologici.....   | 26 |
| 7.2  | Diretrici del deflusso superficiale e sotterraneo.....                       | 28 |
| 8    | GEOCHIMICA DELLE ACQUE .....   | 29 |
| 8.1  | Caratteristiche chimiche delle acque del bacino .....                        | 29 |
| 8.2  | Carta della conducibilità elettrica .....                                    | 30 |
| 9    | CARATTERIZZAZIONE DELL'ACQUIFERO.....  | 32 |
| 9.1  | Sondaggi geognostici e pozzi esplorativi.....                                | 32 |
| 9.2  | Indagine geoelettrica (SEV).....   | 33 |
| 9.3  | Rilievo piezometrico.....  | 34 |
| 9.4  | Prove di pompaggio di lunga durata con portata costante.....                 | 35 |
| 9.5  | Parametri idrodinamici medi dell'acquifero .....                             | 39 |
| 9.6  | Considerazioni riassuntive sulle caratteristiche dell'acquifero captato..... | 40 |
| 10   | AREE DI PROTEZIONE IGIENICO-SANITARIA .....                                  | 41 |
| 10.1 | Censimento dei centri di pericolo .....                                      | 41 |
| 10.2 | Valutazione della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero.....               | 45 |
| 10.3 | Aree di Salvaguardia.....  | 46 |
| 11   | VERIFICA DI COMPATIBILITÀ CON I RISCHI DI VALANGA, FRANA ED ESONDAZIONE      |    |
|      | 51   |    |
| 11.1 | Rischi naturali individuati.....   | 51 |

|      |  |    |
|------|--|----|
| 11.2 | Compatibilità delle opere con i rischi naturali..... | 56 |
| 12   | CONCLUSIONI.....                                     | 58 |

## 1 Introduzione

La Società Sorgenti Monte Bianco Terme di Courmayeur S.p.A. ha incaricato il dott. geol. Antonio Dematteis di redigere la documentazione tecnica necessaria per la domanda di concessione mineraria per lo sfruttamento dell’acqua minerale naturale denominata “Val Veny” situata in località Peuterey (Courmayeur, AO). Tale concessione è finalizzata all’imbottigliamento di acqua minerale presso lo stabilimento di Morgex (AO).

La presente relazione illustra la caratterizzazione idrogeologica del campo pozzi sito in Peuterey e le caratteristiche fisico-chimiche della falda idrica che viene sfruttata per l’imbottigliamento di acqua minerale.

Questo campo pozzi è attivo da 20 anni, essendo stata rilasciata nel 2000 la concessione mineraria per il suo sfruttamento.

Questa relazione integra i precedenti studi, fornendo ulteriori approfondimenti idrogeologici e sulle caratteristiche chimico-fisiche delle acque sotterranee captate.

Il documento è redatto secondo le indicazioni delle “*Linee Guida sulla documentazione da presentare per il rilascio del permesso di ricerca mineraria di acque minerali naturali, di sorgente e termali*” della Regione Autonoma Valle d’Aosta ed ai sensi della Legge n° 105 del 25/01/92 e del D.L. n° 542 del 12/11/92. Esso si compone della presente relazione geomineraria (che corrisponde all’Allegato Tecnico B1 secondo le Linee Guida citate), sei allegati alla relazione e sei tavole allegate fuori testo, come riassunto nella tabella seguente.

| <i>Relazioni</i>                 | <i>Elaborati grafici</i>   |
|----------------------------------|--|
| <b>Relazione Geomineraria</b>    | <b>Tavola 1</b> – Carta geologica della testata della Val Veny alla scala 1:25.000   |
| <b>(comprendente 6 Allegati)</b> | <b>Tavola 2</b> – Carta geologica e profili geologici del fondovalle della Val Veny nel settore compreso tra le località Perthud e Freney alla scala 1:5.000 |
|                                  | <b>Tavola 3</b> – Carta idrogeologica della testata della Val Veny alla scala 1:25.000   |
|                                  | <b>Tavola 4</b> – Carta della conducibilità elettrica alla scala 1:7.500   |
|                                  | <b>Tavola 5</b> – Carta e profili geologico-idrogeologici alla scala 1:1.000/1:500   |
|                                  | <b>Tavola 6</b> – Carta dei Centri di Pericolo e della Aree di Salvaguardia alla scala 1:5.000/1: 2.000  |

*Tabella 1 Elenco degli elaborati di cui si compone il presente studio idrogeologico*

Lo studio ha beneficiato delle conoscenze geologiche ed idrogeologiche già acquisite per il rilascio della concessione, incluse quelle derivanti dalle indagini geologiche ed idrogeologiche sul terreno, dalle prove di emungimento di lunga durata su pozzi multipli oltre che dei numerosi documenti di carattere geologico ed idrogeologico riguardanti la zona in oggetto o di carattere generale, tra i quali:

- Elter (1990) – Carte Geologique de la Vallée d’Aoste – scala 1: 100.000 - CNR
- BRGM (1969) – Carte Gèologique de la France – Mont Blanc – scala 1: 50.000
- Ravello (1996) – Note al rilevamento geologico della Val Veny

- Venturini (1995) – Note al rilevamento geologico della Valle di La Thuile
- Castany (1982) – Idrogeologia: principi e metodi
- Hamill, Bell (1986) – Acque sotterranee: ricerca e sfruttamento
- Genetier (1984) – la pratica delle prove di pompaggio in idrogeologia

In questa relazione idrogeologica sono inoltre illustrati i criteri di definizione delle aree di protezione igienico-sanitaria dei pozzi di captazione ai sensi della Legge Regionale n. 11 del 06/04/1998, del DCR 792/XI del 28/07/1999, dell'art. 94 del D.Lgs. 152/2006 e dell'art. 53 della L.R. 5/2008.

Allo scopo è stata presa ad esempio la metodica proposta dal regolamento 15/R del 11/12/2006 della Regione Piemonte; tali valutazioni sono in accordo con il D.Lgs. 152/2006.

Sono evidenziati i centri di pericolo nell'area circostante i pozzi in oggetto, con particolare riferimento all'individuazione di eventuali interferenze tra la fonte e l'abitato, le opere pubbliche nonché le coltivazioni agricole in atto programmate e la vulnerabilità intrinseca della captazione.

## 2 Ubicazione descrizione delle opere di captazione

L'acqua minerale Val Veny è ubicata nel bacino idrografico della Dora di Veny a monte di Peuterey in comune di Courmayeur (AO). Più in generale l'area investigata ricade nella Val Veny, la quale, insieme alla Val Ferret, contorna il lato sudorientale del Massiccio del Monte Bianco.

Le opere di captazione della *Fonte Val Veny* si trovano sulla piana alluvionale della Val Veny, in sinistra idrografica della Dora di Veny, a quota 1513 m s.l.m. Esse sono costituite da tre pozzi, denominati P1, P2 e P3, la cui ubicazione è riportata schematicamente nella figura seguente. Nella stessa figura sono anche indicate l'area di concessione mineraria e le aree di protezione igienico-sanitaria delle captazioni. Tali aree, inclusa la Zona di Protezione estesa, sono commentate nel capitolo 10.

|    | Coordinata X | Coordinata Y |
|----|--------------|--------------|
| P1 | 338426       | 5074473      |
| P2 | 338490       | 5074509      |
| P3 | 338480       | 5074514      |

Tabella 2 Coordinate geografiche UTM ED50 dei pozzi di captazione

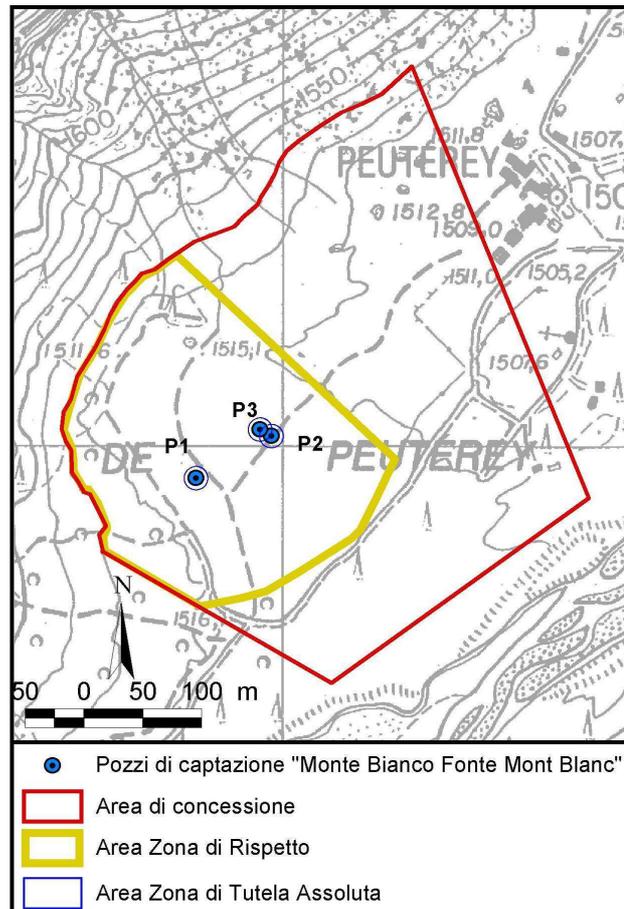


Figura 1 Ubicazione dei pozzi P1, P2 e P3 di captazione della Fonte Mont Blanc

L'area studiata ai fini della realizzazione delle carte geologiche ed idrogeologiche alla scala 1:25.000 (Tav. 1 e 2), comprende entrambi i versanti ed il fondovalle dell'alta Val Veny. Essa coincide verso sud-est con lo spartiacque fra la Val Veny ed i valloni di Chavannes, Charmonts e Youla e prosegue attraverso il Col Chécrouit fino a raggiungere il Mont Chétif. Gli altri limiti coincidono con il confine di stato, comprendente anche la sommità del Monte Bianco, tranne il lato nord-orientale che ha andamento est-ovest e congiunge il ghiacciaio della Brenva con il Mont Chétif, attraversando diagonalmente il fondovalle poco ad est della località Peuterey.

L'area ricade nei fogli topografici della carta tecnica regionale in scala 1:10.000 Aiguille Noire de Peuterey-3070 e Mont Nix-3066 nonché nel foglio topografico della carta tecnica regionale in scala 1: 50.000 – Courmayeur.

Nessuna modifica delle opere di captazione è stata apportata dal momento della concessione rilasciata venti anni fa. Si segnala solo che il pozzo P3 non è attualmente in esercizio.

### 3 Pertinenze minerarie

Le pertinenze minerarie constano di 3 pozzi di captazione, un impianto di sollevamento ed una tubazione di adduzione dell'acqua allo stabilimento di imbottigliamento.

#### 3.1 Pozzo di captazione P1

Profondo 28 m, realizzato in luglio 1999 mediante perforazione a rotazione. La colonna del pozzo è costituita da un avampozzo realizzato con una colonna in acciaio da 0 a 14 m, del diametro 355 mm e spessore 5 mm, entro la quale è posizionata una seconda colonna in acciaio del diametro di 250 mm e spessore 4 mm.

L'intercapedine tra le due colonne dell'avampozzo è sigillata con sabbia bentonite e cemento. Successivamente, il pozzo prosegue con unica colonna in acciaio avente di diametro di 170 mm e spessore 4 mm da 14 m a 28 m. Da 14 a 26 m la colonna è filtrante con filtro a ponte avente luce 1 mm, e da 26 a 28 m la colonna è cieca a formare un tappo di fondo.

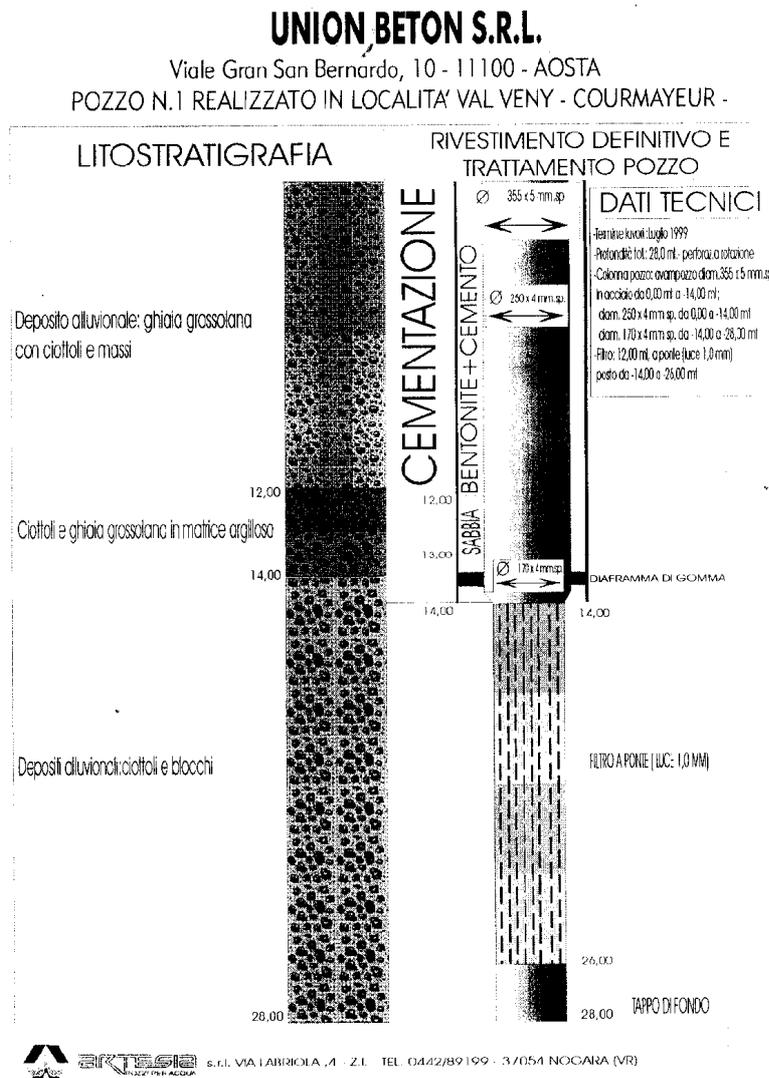


Figura 2 Sezione del pozzo P1

### 3.2 Pozzo di captazione P2

Profondo 35 m, realizzato in luglio 1999 mediante perforazione a rotazione. La colonna del pozzo è costituita da un avampozzo realizzato con una colonna in acciaio da 0 a 15 m, del diametro 355 mm e spessore 5 mm, entro la quale è posizionata una seconda colonna in acciaio del diametro di 250 mm e spessore 4 mm.

L'intercapedine tra le due colonne dell'avampozzo è sigillata con sabbia bentonite e cemento. Successivamente, il pozzo prosegue con unica colonna in acciaio avente di diametro di 170 mm e spessore 4 mm da 15 m a 35 m. Da 14 a 33 m la colonna è filtrante con filtro a ponte avente luce 1 mm, e successivamente la colonna è cieca a formare un tappo di fondo.

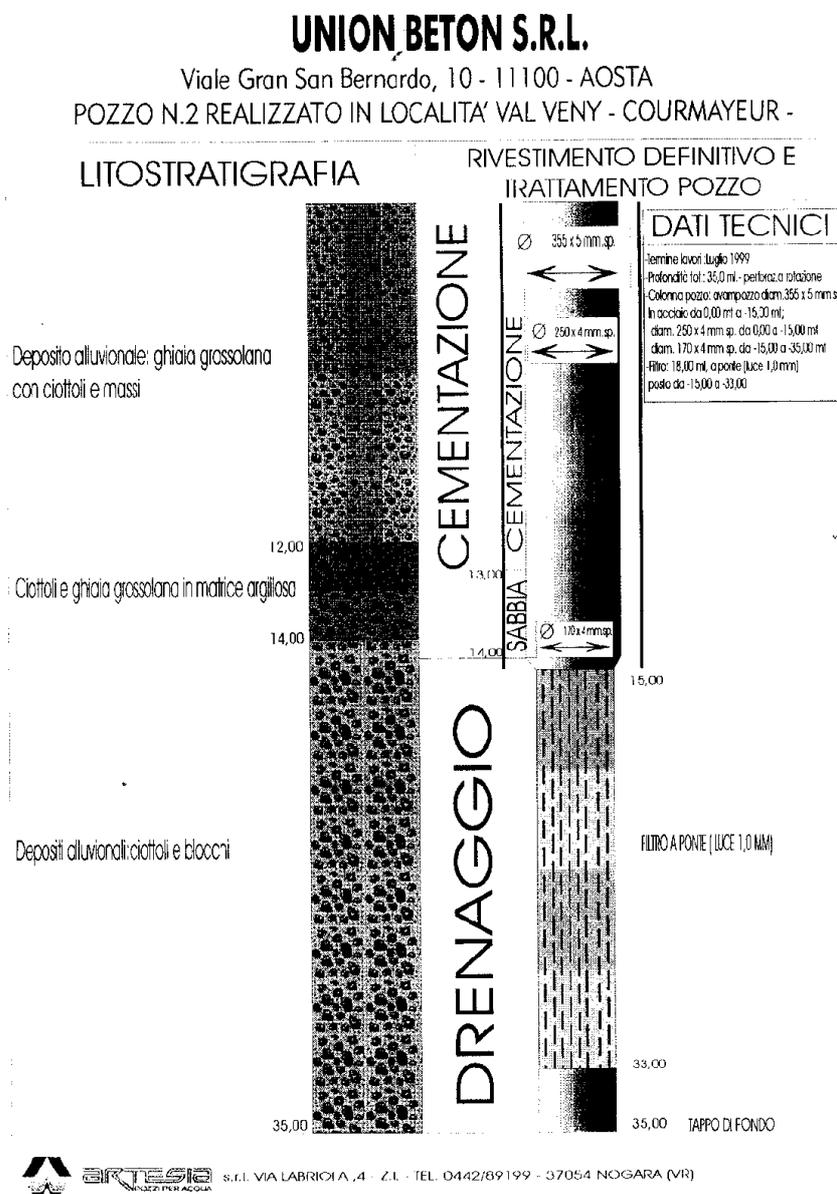


Figura 3 Sezione del pozzo P2

### 3.3 Pozzo di captazione P3

Profondo 13 m, realizzato in luglio 1999 mediante perforazione a rotazione. Il pozzo P3 non è mai stato utilizzato in quanto durante i lavori di perforazione nel 1999 un crollo di materiale di risulta ne ha compromesso l'efficienza.

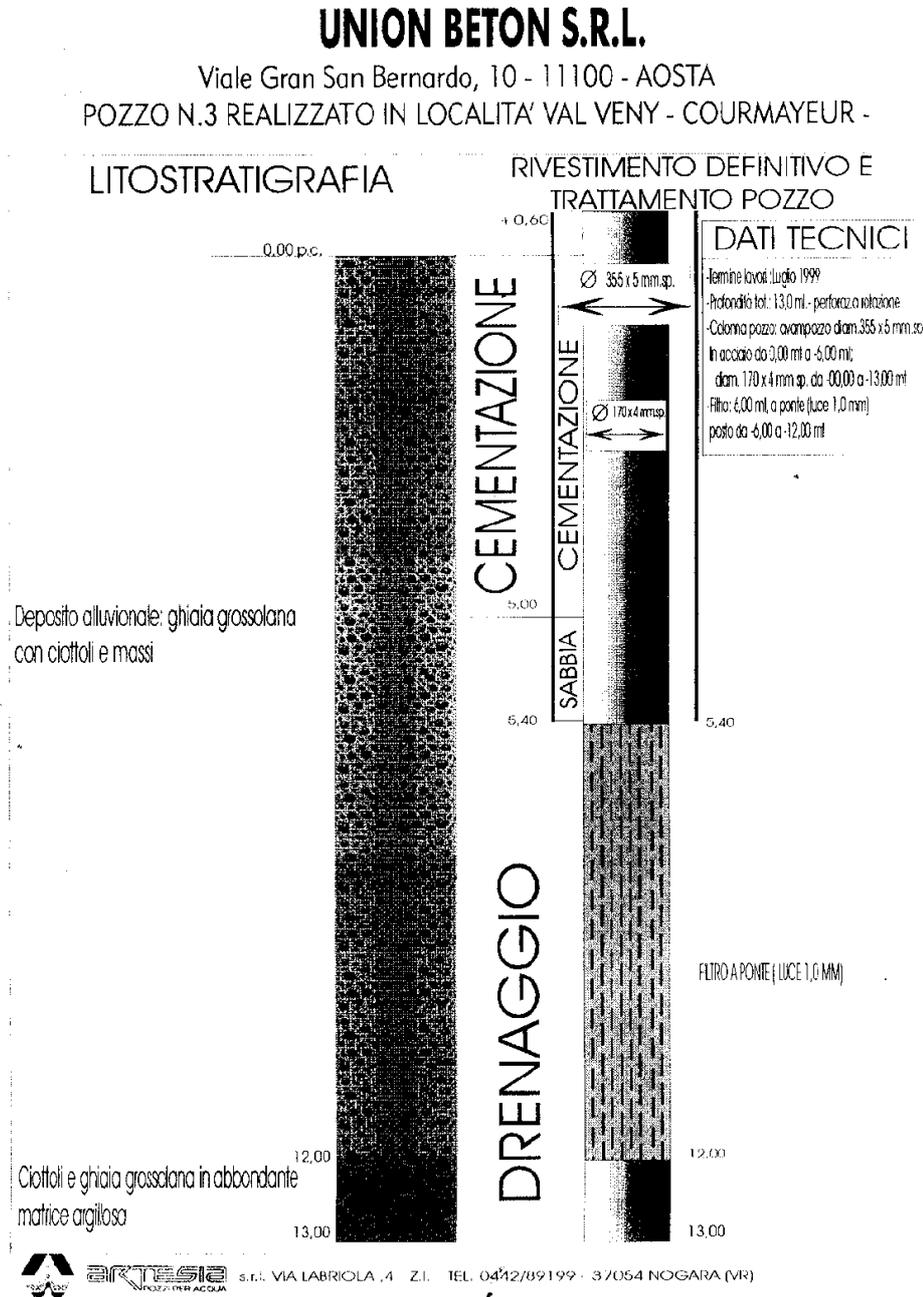


Figura 4 Sezione del pozzo P2

### 3.4 Impianto di sollevamento

L'impianto di sollevamento del pozzo P1 e P2 è dotato di tubazione in acciaio inox diametro 170 mm e pompa sommersa della marca Sumoto del tipo AD15010004, con motore elettrico da 7,5 kW di potenza.

### 3.5 Impianto di adduzione

L'impianto di adduzione dell'acqua mediante tubazione di mandata fino ai serbatoi di contenimento ubicati presso lo stabilimento di Morgex, di lunghezza totale pari a circa 14730 m. Per alcuni tratti le tubazioni attraversano fondi agricoli, in altri seguono il tracciato di strade pubbliche ed in altri ancora sono ancorate a ponti preesistenti.

| Punto    | Lunghezza (m) | Quota (m s.l.m.) | Dislivello parziale (m) | Dislivello totale (m) |
|----------|---------------|------------------|-------------------------|-----------------------|
| Peuterey | 0.00          | 1511.64          | 0.00                    | 0.00                  |
| Dolonne  | 6974.45       | 1223.00          | 288.64                  | 288.64                |
| Morgex   | 14731.71      | 922.40           | 300.60                  | 589.24                |

Tabella 3 Lunghezza e quote dell'impianto di adduzione dell'acqua.

La condotta di adduzione è completamente interrata, posta alla profondità di oltre un metro dal piano campagna su letto di sabbia fine, esclusione fatta dei tratti ove la tubazione, idoneamente protetta da tubi camicia e cassonetti in acciaio, è ancorata a ponti preesistenti.

Nel tratto iniziale dai prati del Peuterey sino a Dolonne partono due tubazioni affiancate, una sola utilizzata per il convogliamento dell'acqua emunta dai pozzi Monte Bianco.

A Dolonne, in corrispondenza di un pozzetto, le due tubazioni si affiancano ad una terza, posata in precedenza. Anche in questo tratto, da Dolonne a Morgex, solo una tubazione è dedicata all'adduzione dell'acqua Monte Bianco.

Le tubazioni sono realizzate con tubi di Polietilene Alta Densità, PE 100 MRS PN16 diametro esterno 110 mm, conformi al progetto di norma europea PR EN 12201-2 e PR EN 155, prodotti con materia prima omologata dall'I.I.P. e contrassegnata con il marchio "P" dell'I.I.P., atossici ed in accordo con la circolare del Ministero della Sanità n.102 del 02.12.1978, forniti in barre da 12 m.

I tubi sono saldati in testa mediante polifusione realizzata con manicotti elettrici autosaldanti a zona centrale fredda, senza tassello di battuta, prodotti con materiali analoghi a quelli delle tubazioni.

Lungo il tracciato sono presenti 5 pozzetti rompi tratta, interrati, realizzati in calcestruzzo armato, aventi dimensioni 4 m x 4 m in pianta, profondi 3 m dal piano di campagna. All'interno di tali pozzetti sono ubicati i rompi-tratta, il cui scopo è quello di abbattere la pressione della tubazione a quella atmosferica, tenuto conto che il dislivello totale è pari a quasi 600 m.

Lungo tutto il tracciato delle condotte la società detiene diritti di passaggio, convenzioni o contratti di fitto.

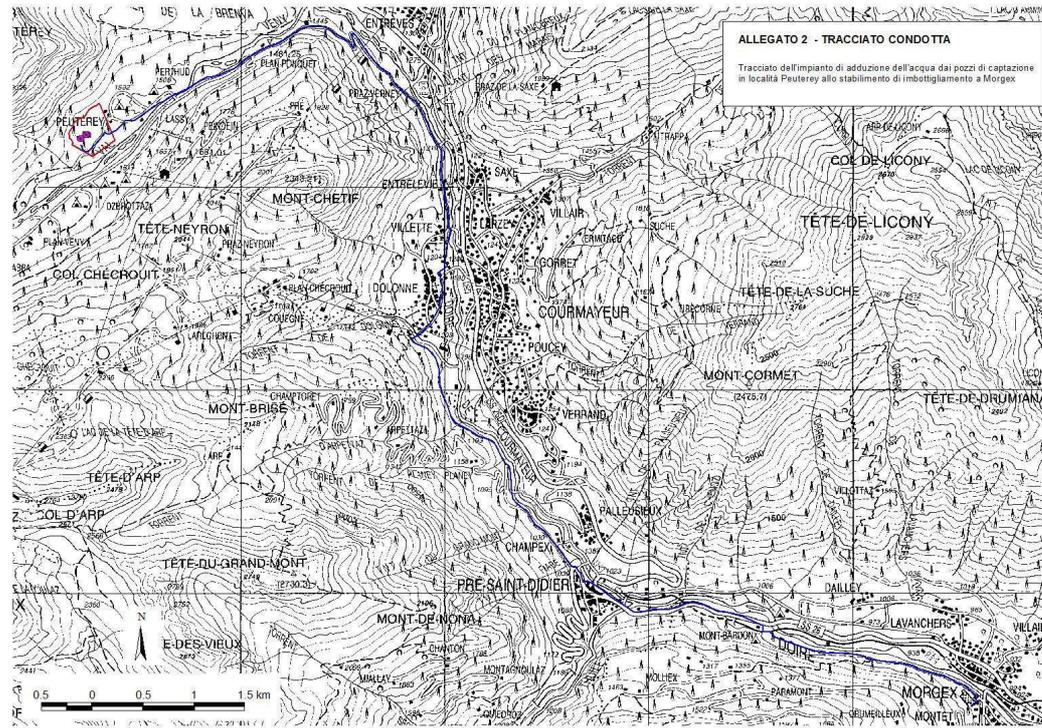


Figura 5 Tracciato della condotta di adduzione allo stabilimento di imbottigliamento di Morgex.

### 3.6 Concessioni limitrofe

Occorre segnalare che a lato dell’area di concessione “Monte Bianco” la Società Sorgenti Monte Bianco Terme di Courmayeur S.p.A. ha anche in titolo la subconcessione mineraria Fonte Rey per lo sfruttamento di acque di sorgente. Tale impianto utilizza due pozzi di emungimento ed una tubazione propria posta in adiacenza alla tubazione Monte Bianco.

## **4 Inquadramento geomorfologico**

L'area è localizzata in un ambiente di alta montagna caratterizzato da quote medie superiori a 2500 metri di altitudine. Il versante sinistro orografico della Valle Veny, molto impervio, è caratterizzato da pareti rocciose subverticali che si alternano a ghiacciai spesso sospesi. Le pareti sono percorse da numerosi torrenti di fusione dei ghiacci, che scorrono in incisioni poco profonde. Nei periodi invernali il versante è costantemente interessato da fenomeni valanghivi anche molto importanti che si protraggono fino a primavera inoltrata.

Il versante destro orografico presenta morfologie molto più morbide. Ciò è dovuto principalmente alla diversa natura e competenza dei terreni che, come si vedrà nei prossimi capitoli, sono più facilmente erodibili e modellabili. Benché anche il versante destro orografico raggiunga quote considerevoli, non sono presenti su quest'ultimo dei ghiacciai o dei nevai perenni.

Le morfologie osservabili sono principalmente di origine glaciale e sono dominate dai due imponenti apparati morenici della Brenva e del Miage. Le pianure alluvionali costituiscono i principali riempimenti del fondovalle della Dora di Veny. Tali pianure sono in parte dedicate a pascolo, in parte ricoperte da pinete di abeti e larici. Quasi tutta l'area è accessibile con automezzi solamente tra i mesi di maggio e novembre, essendo negli altri mesi interessata da precipitazioni nevose.

## 5 Inquadramento geologico

Qui di seguito verranno fornite delle descrizioni utili a comprendere più dettagliatamente quanto riportato nella carta geologica alla scala 1:25.000, che copre l'intero bacino idrografico all'interno del quale ricade il sito studiato (Tav. 1), e nella carta geologica alla scala 1: 5.000 che copre un'area di circa 5 km<sup>2</sup> nell'intorno del sito sopra citato (Tav. 2).

A livello di inquadramento geologico regionale il sito studiato ricade all'interno di una porzione della catena alpina costituita da unità strutturali tutte riferibili al dominio Elvetico/Ultraelvetico, formato a sua volta da unità di basamento e da coperture scollate, sovrapposte con vergenza media nord ovest e notevolmente deformate. Alla testata della Val Veny e sul versante destro idrografico sono inoltre presenti coperture riferibili al dominio Pennidico, appartenenti alla zona Sion-Courmayeur.

Il dominio Elvetico/Ultraelvetico è caratterizzato dalla presenza di litotipi di basamento, riferibili al Massiccio cristallino del Monte Bianco e da falde di copertura di origine sedimentaria, metamorfosate e scollate.

La zona Sion-Courmayeur è costituita alla base da un livello continuo di potenza da decametrica a pluridecametrica costituito da micascisti, quarziti, gessi e carnirole, sovrastato da una potente sequenza di calcescisti, marmi e scisti neri con brecce intercalate.

Il substrato sopra brevemente descritto affiora prevalentemente in corrispondenza del versante sinistro orografico della Val Veny, data la morfologia del rilievo, mentre nel fondovalle e sul versante destro orografico i depositi superficiali assumono un'estensione notevole.

### 5.1 Depositi Superficiali (quaternari)

Tra i depositi superficiali sono stati distinti, nella carta geologica alla scala 1: 25.000 (Tav. 1) i seguenti depositi:

- depositi detritici: detrito di falda, depositi connessi a fenomeni gravitativi polifasici, depositi glaciali parzialmente rimaneggiati;
- depositi alluvionali: depositi alluvionali di fondovalle recenti ed attuali, laghi colmati e torbiere, depositi di conoide di origine mista alluvionale-detritico-valanghiva;
- depositi glaciali: depositi legati alle pulsazioni recenti ed antiche;
- depositi legati a fenomeni gravitativi profondi di versante.

Ghiacciai, nevai e laghi occupano inoltre una parte consistente del bacino idrografico all'interno del quale ricade il sito studiato.

Sono state inoltre segnalati gli elementi morfologici più rilevanti associati ai depositi stessi, ed in particolare:

- le morene laterali o terminali dei ghiacciai del Miage e della Brenva;
- gli orli di terrazzo della Dora di Veny;

- le conoidi miste detritico-alluvionali e valanghiva;
- la deformazione gravitativa profonda di versante di Lassy, osservata in destra orografica in fronte al sito studiato;
- i principali gradini morfologici legati alla deformazione gravitativa profonda.

Il detrito di falda è costituito da blocchi di dimensioni variabili, distribuiti alla base delle pareti principali, localmente organizzati in apparati a forma di conoide. Il detrito di falda, unitamente alle coperture detritico colluviali, occupa vaste aree sul fondovalle e sul versante destro della valle principale.

I depositi alluvionali di origine fluvio-glaciale, glaciolacustre e fluvio-lacustre occupano la maggior parte delle zone pianeggianti presenti nel fondovalle. Nella carta geologica alla scala 1:25.000 si riconoscono due principali areali di affioramento localizzati in corrispondenza del Lago del Combal e della piana di Peuterey. Le torbiere di maggior estensione si trovano nella piana del Lago Combal, il quale risulta in gran parte colmato dai sedimenti depositi dai corsi d'acqua. Si tratta di un fenomeno deposizionale conosciuto come deposito (o lago) di Kame, il quale si origina quando un ghiacciaio (in questo caso il ghiacciaio del Miage) avanza da una valle laterale fino ad ostruire il normale deflusso della valle principale.

Una situazione analoga ma più evoluta è osservabile a quote più basse in corrispondenza della piana di Peuterey, per la quale benché non esistano studi specifici che ne descrivano l'origine, si può immaginare una genesi comparabile a quella sopra descritta: il ghiacciaio della Brenva, avanzando verso valle, ha ostruito il normale deflusso della Dora di Veny, contribuendo a creare un lago. All'interno di questo lago avrebbero avuto origine dei periodici depositi di sedimenti torbosi, periodicamente ricoperti da sedimenti di varia granulometria depositi dalla Dora di Veny e dai suoi tributari laterali, seguendo un meccanismo deposizionale analogo a quello osservabile attualmente al Lago del Combal.

Sono stati raggruppati insieme ai depositi alluvionali anche i depositi di origine mista detritico-alluvionale e valanghiva, cioè rimaneggiati e/o alimentati dall'azione delle acque superficiali, dalle valanghe o dai seracchi, organizzati in conoidi.

Dato l'ambiente di alta quota, i depositi glaciali assumono dimensioni ed estensioni notevoli. Particolarmente imponenti sono l'apparato morenico del Ghiacciaio del Miage, posto nel settore meridionale del bacino idrografico e la morena laterale destra del Ghiacciaio della Brenva. I depositi sono costituiti da blocchi eterometrici e di varia litologia (graniti, gneiss migmatitici, scisti), immersi in matrice fine sabbioso-limosa, a formare un complesso caotico senza evidenti stratificazioni.

Sul versante destro orografico della valle principale, a monte dell'abitato di Lassy, è stata osservata una vasta deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV) che si estende dal fondovalle almeno fino a quota 1700 m s.l.m. circa, anche se non si esclude che possa avere estensione altimetrica ancora maggiore (Tav. 2 – Tav. 3). Tale DGPV coinvolge sia il substrato costituito in prevalenza da calcari e scisti Mesozoici delle Coperture Elvetiche, sia la coltre di copertura superficiale, composta da depositi glaciali antichi, coltre detritico-colluviale e detrito di falda. Benché nell'ambito del presente studio non si sia voluto approfondire la genesi di tale fenomeno, dai riscontri di terreno effettuati si ipotizza che il collasso del versante possa essere stato causato dalla presenza in profondità di livelli di evaporiti e carniole s.l.m. i quali affiorano più a monte e potrebbero aver registrato dei processi di dissoluzione. Tale ipotesi è avvalorata dalla presenza di depositi tra-vertinosi e di carniole osservati al bordo della deformazione gravitativa di versante.

## **5.2 Substrato pre-quaternario**

Come accennato precedentemente, sono stati distinti litotipi riferibili al Massiccio cristallino del Monte Bianco (basamento), affioranti esclusivamente in sinistra orografica della Dora di Veny, ed alle falde di scollamento Elvetiche/Ultraelvetiche, che sono prevalentemente localizzate in destra orografica. Nella Carta geologica alla scala 1:25.000 (Tav. 1), inoltre, sono stati ubicati anche alcuni affioramenti afferenti alle Unità Pennidiche della Zona Sion-Courmayeur.

Il massiccio del Monte Bianco è costituito da due tipi di rocce cristalline: un corpo intrusivo di natura granitica e rocce scistoso-migmatitiche di composizione variabile.

Le rocce granitiche presentano una composizione mineralogica sostanzialmente omogenea e tessiture variabili. All'interno del granito sono molto diffusi inclusi basici microcristallini, di dimensioni da millimetriche a metriche, composti essenzialmente da biotite ed anfibolo (Ravello, 1997). Le rocce incassanti sono di natura migmatitica, e presentano aspetto variabile, a seconda dell'abbondanza relativa di leucosoma e melanosoma. Nell'ambito di questo studio non si è provveduto a fare distinzioni ulteriori.

Sono poi molto diffuse zone milonitizzate, in corrispondenza delle numerose linee tettoniche che interessano il massiccio. Queste miloniti presentano un'intensa foliazione e un colore verde scuro dovuto all'abbondante presenza di clorite e/o sericite. A grande scala risultano molto evidenti una serie di faglie subverticali con direzione ENE-OSO.

In contatto tettonico con gli scisti migmatitici affiora una successione sedimentaria fortemente tettonizzata, riferibile alle Unità Elvetiche ed Ultraelvetiche, comprendente calcari grigio-blu, calcari arenacei e scisti pelitici calcareo-marnosi apparentemente intercalati fra loro in modo molto fitto; i passaggi fra questi litotipi sono gradualmente, ed avvengono nello spazio di qualche decina di metri (Tav. 1).

A partire dalla punta settentrionale delle Pyramides Calcaires, che si trovano all'estremità sud-occidentale del bacino idrografico studiato, procedendo verso sud est, si osservano i litotipi riferibili alla Zona Sion-Courmayeur di pertinenza pennidica.

Tali litotipi sono costituiti da gessi ed anidriti, dolomie, calcari dolomitici, quarziti verdi, scisti neri più o meno carbonatici, metabrecce, filladi nere e calcescisti arenacei. I calcescisti prevalgono sul versante destro orografico della valle principale ed hanno immersione media verso sud est. Le evaporiti ed associate carnioli affiorano invece al passaggio tra quest'ultima sequenza di litotipi della Zona Sion-Courmayeur e i calcari e scisti delle Unità Elvetiche ed Ultraelvetiche.

## **5.3 Cenni di geologia strutturale**

Da un punto di vista strutturale tutte le Unità precedentemente descritte hanno registrato diverse fasi deformative sia duttili che fragili riferibili in prevalenza all'orogenesi alpina anche se, per quanto riguarda il massiccio del Monte Bianco, possono essere ancora riconosciute delle fasi deformative attribuibili all'orogenesi ercinica. Il sovrapporsi delle diverse fasi plicative ha dato vita ad un assetto strutturale molto complesso; se peraltro si cerca di semplificare al massimo tale strutturazione si può osservare una tendenza generalizzata da parte della scistosità delle Unità riferibili alla Zona Sion-Courmayeur ad immergere verso sud est, mentre le Unità di copertura Elvetiche ed Ultraelvetiche sono generalmente in posizione verticale o subverticale (Tav. 2).

## 6 Climatologia e idrologia

Le caratteristiche climatiche della zona di interesse sono conformi a quelle del resto della Valle d'Aosta, il cui clima nel complesso può essere definito di tipo continentale (Janin, 1976) con atmosfera in generale secca e limpida, precipitazioni annue scarse e notevoli escursioni termiche.

La zona della Val Veny, trovandosi nel settore nordoccidentale della regione, a ridosso delle alte cime della catena alpina, è interessata in modo particolare dai fronti perturbati di origine Atlantica il cui movimento verso est avviene nella fascia dei venti occidentali. L'effetto di sbarramento che viene esercitato dalla catena del Monte Bianco spesso impedisce l'ingresso della perturbazione nella regione valdostana limitando le precipitazioni, sia piovose sia nevose, alle dorsali e alle zone più alte delle vallate laterali. In questi casi è frequente la presenza del föen associato a precipitazioni scarse o nulle sul resto della regione. Invece, quando i venti atlantici provenienti da ovest, raggiunto lo spartiacque della catena alpina, si innalzano per superarlo, subiscono un forte raffreddamento con conseguente condensazione del vapore acqueo della massa d'aria che precipita sotto forma di pioggia o di neve. Tali precipitazioni a genesi orografica sono particolarmente abbondanti in corrispondenza delle dorsali e delle grandi cime e via via decrescenti all'aumentare della distanza da esse e al diminuire della quota.

Oltre al föen, hanno una notevole importanza i venti locali e in particolare modo le brezze di monte e di valle, determinate dalla differenza di insolazione dei versanti montuosi. Questi venti di incanalamento risentono della conformazione morfologica locale e in generale seguono la direzione dell'asse vallivo.

### 6.1 Limiti del bacino idrografico

Il bacino idrografico principale, sulla scorta delle considerazioni geologiche precedentemente effettuate, può essere considerato coincidente con il bacino idrogeologico. Esso ha un'estensione totale di 72 km<sup>2</sup> e può essere suddiviso in cinque sottobacini, denominati da A1 ad A5, le cui estensioni sono state calcolate e riportate nella carta idrogeologica allegata (Tav. 4) e nella tabella che segue.

| Sottobacini    | Area [km <sup>2</sup> ] | Posizione del bacino rispetto alla valle principale |
|----------------|-------------------------|---|
| A <sub>1</sub> | 18.5                    | testata   |
| A <sub>2</sub> | 26.2                    | versante sinistro                                   |
| A <sub>3</sub> | 8.9                     | versante sinistro                                   |
| A <sub>4</sub> | 4.5                     | versante sinistro                                   |
| A <sub>5</sub> | 14.3                    | versante destro                                     |

Tabella 4 Suddivisione del bacino idrografico in sottobacini.

Unitamente al bacino idrografico principale è stato valutato anche il Bacino idrografico della Brenva in quanto è plausibile immaginare che una certa quantità di acqua sotterranea possa infiltrarsi dall'apparato morenico laterale destro della Brenva all'interno della Piana alluvionale di Peuterey, così come schematizzato dalle linee di flusso presenti all'interno della carta idrogeologica (Tav. 5).

## 6.2 Afflussi

I dati idrometrici e termometrici necessari per il presente studio sono stati acquisiti dagli Annali Idrologici pubblicati dall'Ufficio Idrografico del Po, Ministero Lavori Pubblici.

La stazione pluviometrica e termometrica utilizzata, la più vicina alla zona di interesse, è quella di Courmayeur (1220 m s.l.m.) della quale sono disponibili i dati pluviometrici del periodo dal 1933 al 1969 ed i dati relativi alle temperature per il ventennio dal 1935 al 1955.

Tuttavia, considerata la posizione del bacino in oggetto, leggermente spostato rispetto alla stazione di Courmayeur, l'entità delle precipitazioni medie è stata ricavata dalla carta delle isoiete, determinata in base ad un'interpolazione delle precipitazioni medie annue misurate anche in altre stazioni della valle.

|    | gen   | feb   | mar   | apr   | mag   | giu   | Lug   | ago   | set   | ott   | nov    | dic   | anno   |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| mm | 87.09 | 73.47 | 71.31 | 74.25 | 68.19 | 67.17 | 58.33 | 76.87 | 82.29 | 83.01 | 113.46 | 87.49 | 942.93 |

Tabella 5 Precipitazioni medie mensili registrate nella stazione di Courmayeur nel periodo 1933 – 1969.

Il valore medio annuo rilevato dalla stazione di Courmayeur è pari a 942.93 mm, mentre quello desunto dalla carta delle isoiete per il bacino di riferimento risulta pari a 1497 mm. Tale differenza è certamente dovuta in parte alla quota maggiore e in parte alla vicinanza alle dorsali che sono influenzate in maggior misura dalle precipitazioni provenienti dall'Atlantico.

Analogamente le temperature rilevate a Courmayeur non sono assimilabili a quelle della zona in esame, pertanto sono state corrette utilizzando il gradiente termico  $g$  riferito all'altitudine per ogni mese dell'anno. I valori corretti delle temperature sono riportati nel paragrafo successivo.

|       | gen  | feb  | mar  | apr  | mag  | giu  | lug  | ago  | set  | ott  | nov  | dic  |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Max   | 4.2  | 6.7  | 9.8  | 12.7 | 16.5 | 21.7 | 24.1 | 22.8 | 19.1 | 13.5 | 8.3  | 4.4  |
| Min   | -5.8 | -4.6 | -2.0 | 1.6  | 5.0  | 8.6  | 10.3 | 9.8  | 7.2  | 3.2  | -1.3 | -4.8 |
| Media | -1.3 | 0.3  | 3.0  | 6.7  | 11.4 | 14.7 | 16.9 | 15.8 | 12.7 | 7.7  | 2.7  | 0.8  |

Tabella 6 Temperature medie mensili massime e minime relative alla stazione di Courmayeur per il periodo 1935 – 1955.

Per quanto riguarda le precipitazioni nevose sono disponibili i dati del periodo 1961 – 1971 sempre alla stazione di Courmayeur.

|      | gen | feb  | mar  | apr  | mag | giu | lug | ago | set | ott | nov  | dic  |
|------|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| gp   | 7.6 | 5.9  | 4.2  | 1.9  | --- | --- | --- | --- | --- | 0.1 | 4.0  | 6.0  |
| perm | 30  | 27.5 | 26.7 | 11.0 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.1 | 11.7 | 22.1 |

Tabella 7 Media mensile dei giorni di precipitazione nevosa (gp) e del numero di giorni di permanenza della neve al suolo (perm).

In conclusione, il regime pluviometrico della zona è conforme a quello del resto della regione e presenta due massimi, uno primaverile ed uno autunnale, e due minimi, uno estivo ed uno autunnale (cfr. figura seguente).

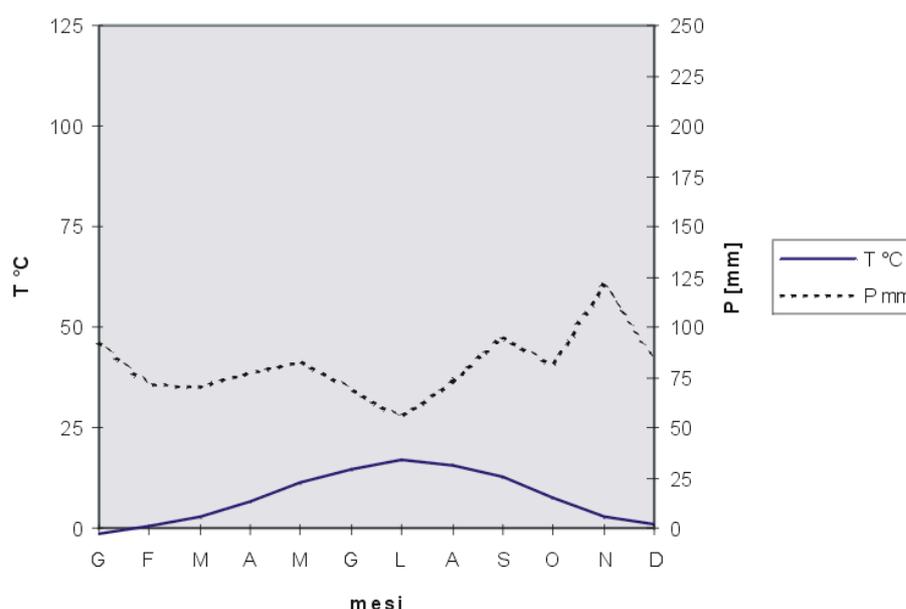


Figura 6 Termoudogramma di Bagnoul e Gaussien riferito alla stazione di Courmayeur.

### 6.3 Perdite

Le perdite sono costituite dalle masse d'acqua che non contribuiscono ai deflussi sia per evaporazione dal suolo sia per traspirazione degli apparati fogliari delle piante erbacee ed arboree.

L'evapotraspirazione potenziale è quella che si avrebbe se l'umidità del suolo non fosse un fattore limitante ed è per convenzione riferita ad un suolo ricoperto da vegetazione erbacea fitta, alta da 8 a 15 cm e in fase di crescita attiva. L'evapotraspirazione reale, invece, tiene conto di tutti i fattori locali legati in particolar modo al tipo di copertura vegetale, riassunti in un coefficiente colturale  $k_c$ , determinato per l'area in esame e descritto più avanti.

Il territorio del bacino in esame è stato suddiviso in sottobacini con caratteristiche uniformi al loro interno in modo da avere dei dati il più possibile attendibili. I sottobacini, descritti precedentemente, sono graficamente riportati nella Tavola 4.

L'evaporazione potenziale  $ET_p$  è stata stimata seguendo il metodo di Blaney-Criddle che si basa, oltre che del regime termico, anche del vento, dell'insolazione e dell'umidità relativa dell'aria.

Il valore della velocità media annuale del vento è stato ricavato dalle misurazioni effettuate giornalmente dalla stazione situata sul Mont de La Saxe ed è risultato pari a 2.3 m/s.

L'umidità è stata stimata sulla base del termoudogramma di Bagnoul e Gausson, riportato in Figura 6, che viene ottenuto riportando sullo stesso grafico l'andamento della piovosità e quello delle temperature in ascisse, entrambi riferiti ai mesi di rilevamento in ordinate, ma utilizzando, per i valori delle temperature, una scala in proporzione doppia rispetto a quella adottata per i dati della piovosità.

Dall'osservazione del grafico così ottenuto, si può notare che non si verifica una sovrapposizione della spezzata relativa alle temperature su quella relativa alle precipitazioni, situazione che evidenzerebbe un periodo siccitoso. Si è pertanto adottato un tasso di umidità relativa minimo medio annuo pari al 45%.

Per quanto riguarda l'insolazione, definita dal rapporto tra numero di ore di sole reali e numero di ore di sole massime possibili riferite alla latitudine, non esistono dati diretti, di conseguenza è stato stimato il valore medio pari al 40% reperito in letteratura.

I valori utilizzati rientrano in intervalli di valori all'interno dei quali i parametri sono costanti.

| Parametri medi          | Valori rilevati | Intervallo | Classificazione |
|-------------------------|-----------------|------------|-----------------|
| vento                   | 2.3 m/s         | 2 – 5 m/s  | moderato        |
| umidità relativa minima | 45%             | 20 – 50%   | media           |
| insolazione             | 40%             | 30 – 60%   | bassa           |

Tabella 8 Parametri climatici per il calcolo dell'evapotraspirazione potenziale.

La seguente formula definisce l'evapotraspirazione potenziale mensile:

$$ETp_m = n [a + b (0.46 T_m + 8.13) p]$$

Dove:

n = numero di giorni del mese;

a e b = parametri funzione di vento, umidità e insolazione;

$T_m$  = media mensile delle temperature medie giornaliere;

p = parametro funzione della latitudine ( $46^\circ$  N).

I parametri a e b sono stati ricavati dal grafico del metodo utilizzato, seguendo l'impostazione fornita dalla pubblicazione della F.A.O. "Crop water requirements", 1975. I valori ottenuti sono: a = - 1.85; b = 1.15.

Nella tabella seguente sono riportati i valori di n, p, g (gradiente altimetrico medio).

|   | gen  | feb  | mar  | apr  | mag  | giu  | lug  | ago  | set  | ott  | nov  | dic  |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| n | 31   | 28   | 31   | 30   | 31   | 30   | 31   | 31   | 30   | 31   | 30   | 31   |
| p | 0.20 | 0.23 | 0.27 | 0.30 | 0.34 | 0.35 | 0.34 | 0.32 | 0.28 | 0.24 | 0.21 | 0.20 |
| g | 0.58 | 0.61 | 0.50 | 0.71 | 0.68 | 0.70 | 0.69 | 0.67 | 0.61 | 0.64 | 0.65 | 0.58 |

Tabella 9 valori di n, p, g (gradiente altimetrico medio).

Come accennato in precedenza i valori delle temperature registrate dalla stazione di Courmayeur sono state corrette per ogni sottobacino in funzione dell'altitudine media di ognuno di essi. I risultati ottenuti sono riportati in tabella.

| Sottobacino    | gen  | feb  | mar  | apr  | mag  | giu  | lug  | ago  | set  | ott | nov  | dic  |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| Courmayeur     | -1.3 | 0.3  | 3.0  | 6.7  | 11.4 | 14.7 | 16.9 | 15.8 | 12.7 | 7.7 | 2.7  | 0.8  |
| A <sub>1</sub> | -7.8 | -6.6 | -2.6 | -1.3 | 3.7  | 6.8  | 9.1  | 8.2  | 5.9  | 0.5 | -4.6 | -5.7 |
| A <sub>2</sub> | -7.4 | -6.1 | -2.3 | -0.8 | 4.2  | 7.3  | 9.6  | 8.8  | 6.3  | 1.0 | -4.1 | -5.3 |
| A <sub>3</sub> | -6.0 | -4.6 | -1.1 | 0.9  | 5.9  | 9.0  | 11.3 | 10.3 | 7.8  | 2.5 | -2.6 | -3.9 |
| A <sub>4</sub> | -5.4 | -4.0 | -0.5 | 1.7  | 6.6  | 9.8  | 12.1 | 11.1 | 8.4  | 3.2 | -1.9 | -3.2 |
| A <sub>5</sub> | -5.1 | -3.6 | -0.3 | 2.1  | 7.0  | 10.1 | 12.4 | 11.4 | 8.8  | 3.5 | -1.5 | -2.9 |
| B (Brenva)     | -8.2 | -7.0 | -2.9 | -1.8 | 3.3  | 6.4  | 8.7  | 7.8  | 5.4  | 0.1 | -5.1 | -6.1 |

Tabella 10 Temperature medie mensili della stazione di rilevamento di Courmayeur e dei sottobacini di riferimento.

L'evapotraspirazione potenziale mensile  $ET_{p_m}$ , è stata calcolata per ogni sottobacino. Il valore così ottenuto deve però essere corretto per mezzo di un coefficiente colturale  $k_c$ , al fine di trasformare l'evapotraspirazione potenziale in evapotraspirazione reale  $ET_r$ . Tale coefficiente viene determinato sulla base del tipo di superficie, e in particolare del tipo di copertura vegetazionale presente. La sua definizione è particolarmente precisa per le colture di tipo agronomico, le quali sono oggetto di molti studi sull'argomento, sia per l'importanza della determinazione del deficit idrico per questo tipo di colture sia perché esse sono facilmente indagabili e standardizzabili. Al contrario, per le coperture vegetali naturali, che non sono così facilmente analizzabili e classificabili in categorie, i riferimenti a disposizione non sono molto numerosi; anche perché le variabili stagionali che interferiscono con la copertura erbacea o arborea sono tali e tante da originare moltissime e peculiari varianti.

Per la speculazione del bacino considerato la copertura naturale è stata suddivisa in tre tipologie vegetazionali di base corrispondenti ciascuna ad un coefficiente colturale.

**Relazione geomineraria**

| Tipologia di copertura   | coefficiente colturale |
|--|------------------------|
| Roccia nuda, compatta o in detriti, vegetazione lichenica e fanerogamica rupicola                                    | $k_C = 0.1$            |
| Pascoli magri d'alta e media quota (seslerietalia, caricetalia, festucetalia), ontaneti e altra vegetazione pioniera | $k_C = 0.5$            |
| Bosco di latifoglie e/o conifere, buona copertura e sottobosco   | $k_C = 0.7$            |

Tabella 11 Tipologie di copertura vegetale e relativi coefficienti colturali.

Da questi coefficienti, impiegati in percentuale differente per ogni sottobacino in base al tipo di copertura presente, sono stati ottenuti, per ogni sottobacino, i relativi coefficienti specifici che, applicati all' $ETp_m$  calcolata, hanno fornito il valore corretto dell' $ETr_m$  in base all'estensione percentuale di ogni copertura presente.

I valori dei coefficienti calcolati per ciascun sottobacino sono i seguenti:

| sottobacino    | coefficiente $k_C$ |
|----------------|--------------------|
| A <sub>1</sub> | 0.85               |
| A <sub>2</sub> | 0.95               |
| A <sub>3</sub> | 0.99               |
| A <sub>4</sub> | 0.82               |
| A <sub>5</sub> | 0.71               |
| B (Brenva)     | 0.98               |

Tabella 12 Coefficienti  $k_C$  calcolati per ciascun sottobacino.

Per ogni sottobacino si è quindi calcolata l'evapotraspirazione potenziale mensile, che è poi stata trasformata in evapotraspirazione reale con i coefficienti su riportati. Sono stati eliminati i valori negativi di  $ETp$  e di  $ETr$  che sono stati ottenuti relativamente ai mesi in cui, anche alle quote più basse, può esservi la presenza di un manto nevoso.

Nelle tabelle seguenti, per ogni sottobacino considerato, sono riportati:

- i valori di temperatura media mensile rilevati a Courmayeur;
- i valori di temperatura corretti con il gradiente termico  $g$  in relazione all'altitudine media del sottobacino;
- i valori della piovosità media mensile rilevati a Courmayeur dalla medesima stazione;
- il valore medio annuo della piovosità di tutto il bacino della Val Veny ricavato dalla carta delle isoiete;
- l'evapotraspirazione potenziale mensile  $Etp$ ;
- l'evapotraspirazione reale mensile  $Etr$ ;
- i valori dell'evapotraspirazione reale effettivamente considerati  $ETr^*$ .

Dall'osservazione di tali dati appare evidente che l'andamento dell'evapotraspirazione, sia reale sia potenziale, è analogo a quello delle temperature, con un picco estivo situato all'incirca in corrispondenza del mese di luglio e in coincidenza con il minimo estivo delle precipitazioni.

## Relazione geomineraria

| <b>A<sub>1</sub></b> | G      | F      | M     | A     | M     | G     | L     | A     | S     | O     | N      | D      | ANNO   |
|----------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| T ril                | -1.3   | 0.3    | 3.0   | 6.7   | 11.4  | 14.7  | 16.9  | 15.8  | 12.7  | 7.7   | 2.7    | 0.8    | 7.6    |
| T cal                | -7.8   | -6.6   | -2.6  | -1.3  | 3.7   | 6.8   | 9.1   | 8.2   | 5.9   | 0.5   | -4.6   | -5.7   | 0.4    |
| Mm                   | 87.09  | 73.47  | 71.31 | 74.25 | 68.19 | 67.17 | 58.33 | 76.87 | 82.29 | 83.01 | 113.46 | 87.49  | 942.93 |
| Mm                   | -      | -      | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -      | -      | 1497   |
| Etp                  | -60.01 | -14.10 | 9.39  | 22.45 | 61.82 | 80.44 | 91.85 | 78.12 | 49.25 | 14.17 | -11.90 | -18.07 | 303.41 |
| Etr                  | -51.01 | -11.98 | 7.98  | 19.08 | 52.55 | 68.37 | 78.08 | 66.40 | 41.86 | 12.05 | 10.03  | -15.36 | -      |
| ETr*                 | 0.00   | 0.00   | 7.98  | 19.08 | 52.55 | 68.37 | 78.08 | 66.40 | 41.86 | 12.05 | 10.03  | 0.00   | 356.40 |

| <b>A<sub>2</sub></b> | G      | F      | M     | A     | M     | G     | L     | A     | S     | O     | N      | D      | ANNO   |
|----------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| T ril                | -1.3   | 0.3    | 3.0   | 6.7   | 11.4  | 14.7  | 16.9  | 15.8  | 12.7  | 7.7   | 2.7    | 0.8    | 7.6    |
| T cal                | -7.4   | -6.1   | -2.3  | -0.8  | 4.2   | 7.3   | 9.6   | 8.8   | 6.3   | 1.0   | -4.1   | -5.3   | 0.9    |
| Mm                   | 87.09  | 73.47  | 71.31 | 74.25 | 68.19 | 67.17 | 58.33 | 76.87 | 82.29 | 83.01 | 113.46 | 87.49  | 942.93 |
| Mm                   | -      | -      | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -      | -      | 1497   |
| Etp                  | -23.60 | -12.37 | 10.72 | 16.80 | 64.58 | 83.21 | 94.72 | 78.94 | 51.03 | 16.14 | -10.26 | -16.76 | 412.44 |
| Etr                  | -22.47 | -11.75 | 10.18 | 15.96 | 61.35 | 79.05 | 89.98 | 74.99 | 48.47 | 15.33 | -9.74  | -15.92 | -      |
| ETr*                 | 0.00   | 0.00   | 10.18 | 15.96 | 61.35 | 79.05 | 89.98 | 74.99 | 48.47 | 15.33 | 0.00   | 0.00   | 546.67 |

| <b>A<sub>3</sub></b> | G      | F     | M     | A     | M     | G     | L      | A     | S     | O     | N      | D      | ANNO   |
|----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| T ril                | -1.3   | 0.3   | 3.0   | 6.7   | 11.4  | 14.7  | 16.9   | 15.8  | 12.7  | 7.7   | 2.7    | 0.8    | 7.6    |
| T cal                | -6.0   | -4.6  | -1.1  | 0.9   | 5.9   | 9.0   | 11.3   | 10.3  | 7.8   | 2.5   | -2.6   | -3.9   | 2.4    |
| Mm                   | 87.09  | 73.47 | 71.31 | 74.25 | 68.19 | 67.17 | 58.33  | 76.87 | 82.29 | 83.01 | 113.46 | 87.49  | 942.93 |
| Mm                   | -      | -     | -     | -     | -     | -     | -      | -     | -     | -     | -      | -      | 1497   |
| Etp                  | -19.06 | -7.26 | 16.03 | 32.93 | 74.09 | 92.66 | 104.19 | 89.45 | 57.60 | 22.04 | -5.26  | -12.17 | 412.44 |
| Etr                  | -18.87 | -7.18 | 15.87 | 32.60 | 73.34 | 91.73 | 103.15 | 88.55 | 57.02 | 21.83 | -5.21  | -12.05 | -      |
| ETr*                 | 0.00   | 0.00  | 15.87 | 32.60 | 73.34 | 91.73 | 103.15 | 88.55 | 57.02 | 21.83 | 0.00   | 0.00   | 484.09 |

| <b>A<sub>4</sub></b> | G      | F     | M     | A     | M     | G     | L      | A     | S     | O     | N      | D     | ANNO   |
|----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| T ril                | -1.3   | 0.3   | 3.0   | 6.7   | 11.4  | 14.7  | 16.9   | 15.8  | 12.7  | 7.7   | 2.7    | 0.8   | 7.6    |
| T cal                | -5.4   | -4.0  | -0.5  | 1.7   | 6.6   | 9.8   | 12.1   | 11.1  | 8.4   | 3.2   | -1.9   | -3.2  | 3.1    |
| Mm                   | 87.09  | 73.47 | 71.31 | 74.25 | 68.19 | 67.17 | 58.33  | 76.87 | 82.29 | 83.01 | 113.46 | 87.49 | 942.93 |
| Mm                   | -      | -     | -     | -     | -     | -     | -      | -     | -     | -     | -      | -     | 1497   |
| Etp                  | -17.09 | -5.21 | 18.69 | 36.74 | 77.99 | 97.10 | 108.65 | 93.64 | 60.36 | 24.80 | -2.97  | -9.87 | 482.83 |
| Etr                  | -14.01 | -4.27 | 15.32 | 30.12 | 63.95 | 79.62 | 89.10  | 76.78 | 49.49 | 20.33 | -2.43  | -8.10 | -      |
| ETr*                 | 0.00   | 0.00  | 15.32 | 30.12 | 63.95 | 79.62 | 89.10  | 76.78 | 49.49 | 20.33 | 0.00   | 0.00  | 424.71 |

| <b>A<sub>5</sub></b> | G      | F     | M     | A     | M     | G     | L      | A     | S     | O     | N      | D     | ANNO   |
|----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| T ril                | -1.3   | 0.3   | 3.0   | 6.7   | 11.4  | 14.7  | 16.9   | 15.8  | 12.7  | 7.7   | 2.7    | 0.8   | 7.6    |
| T cal                | -5.1   | -3.6  | -0.3  | 2.1   | 7.0   | 10.1  | 12.4   | 11.4  | 8.8   | 3.5   | -1.5   | -2.9  | 3.5    |
| Mm                   | 87.09  | 73.47 | 71.31 | 74.25 | 68.19 | 67.17 | 58.33  | 76.87 | 82.29 | 83.01 | 113.46 | 87.49 | 942.93 |
| Mm                   | -      | -     | -     | -     | -     | -     | -      | -     | -     | -     | -      | -     | 1497   |
| Etp                  | -16.11 | -3.88 | 19.55 | 38.58 | 80.22 | 98.69 | 110.28 | 95.17 | 62.06 | 25.98 | 1.5    | -8.89 | 503.15 |
| Etr                  | -11.43 | -2.75 | 13.88 | 27.39 | 56.95 | 70.07 | 78.30  | 67.57 | 44.06 | 18.44 | 1.05   | -6.31 | -      |
| ETr*                 | 0.00   | 0.00  | 13.88 | 27.39 | 56.95 | 70.07 | 78.30  | 67.57 | 44.06 | 18.44 | 1.05   | 0.00  | 377.71 |

| <b>B</b> | G      | F      | M     | A     | M     | G     | L     | A     | S     | O     | N      | D      | ANNO   |
|----------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| T ril    | -1.3   | 0.3    | 3.0   | 6.7   | 11.4  | 14.7  | 16.9  | 15.8  | 12.7  | 7.7   | 2.7    | 0.8    | 7.6    |
| T cal    | -8.2   | -7.0   | -2.9  | -1.8  | 3.3   | 6.4   | 8.7   | 7.8   | 5.4   | 0.1   | -5.1   | -6.1   | 0.05   |
| Mm       | 87.09  | 73.47  | 71.31 | 74.25 | 68.19 | 67.17 | 58.33 | 76.87 | 82.29 | 83.01 | 113.46 | 87.49  | 942.93 |
| Mm       | -      | -      | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -      | -      | 1497   |
| Etp      | -26.27 | -15.43 | 8.06  | 20.07 | 59.59 | 78.17 | 89.70 | 76.32 | 47.03 | 12.60 | -13.59 | -19.38 | 412.44 |
| Etr      | -25.75 | -15.12 | 7.90  | 19.67 | 58.40 | 76.60 | 87.90 | 74.80 | 46.09 | 12.35 | -13.32 | -19.38 | -      |
| ETr*     | 0.00   | 0.00   | 7.90  | 19.67 | 58.40 | 76.60 | 87.90 | 74.80 | 46.09 | 12.35 | 0.00   | 0.00   | 383.71 |

Tabella 13 Etp ed ETr calcolate per ogni sottobacino.

## 6.4 Deflussi

Per il bacino della Dora di Veny non sono disponibili misure dirette delle portate defluenti. I deflussi definiti in questo studio comprendono sia quelli superficiali sia quelli sotter-

ranei. Il coefficiente di deflusso  $C_d$  è definito dal rapporto (precipitazioni – ETr)/precipitazioni.

| BACINO        | A1   | A2   | A3   | A4   | A5   | BRENTVA |
|---------------|------|------|------|------|------|---------|
| Afflussi [mm] | 1497 | 1497 | 1497 | 1497 | 1497 | 1497    |
| ETr [mm]      | 356  | 546  | 484  | 424  | 377  | 383     |
| Deflussi [mm] | 1141 | 951  | 1013 | 1073 | 1120 | 1114    |
| $C_d$         | 0.76 | 0.63 | 0.71 | 0.71 | 0.75 | 0.74    |

Tabella 14 Bilancio calcolato per i singoli sottobacini.

Poiché il valore medio di evapotraspirazione reale per tutto il bacino è pari a 429 millimetri, il bilancio complessivo è il seguente:

| BACINO        | VAL VENY |
|---------------|----------|
| Afflussi [mm] | 1497     |
| ETr [mm]      | 429      |
| Deflussi [mm] | 1068     |
| $C_d$         | 0.71     |

Tabella 15 Bilancio complessivo del bacino.

## 6.5 Bilancio idrologico

Sono stati presi in considerazione i dati relativi alla piovosità, temperatura, vento e copertura vegetale del Bacino della Dora di Veny tra il suo spartiacque geografico e la confluenza del ghiacciaio della Brentva, nonché quelli relativi al Bacino della Brentva. Il Bacino della Dora di Veny è stato a sua volta suddiviso in cinque sottobacini rappresentativi. I dati sopra citati sono stati acquisiti a seguito di una ricerca bibliografica puntuale e rappresentano quanto attualmente disponibile per l'area in esame.

Sulla scorta di tali dati sono stati calcolati per il bacino totale e per ognuno dei suoi sottobacini:

- evapotraspirazione potenziale e reale;
- afflussi (piovosità) medi annui;
- deflussi globali (superficiali e sotterranei);
- coefficienti di deflusso.

Non è stato possibile effettuare il bilancio di bacino in quanto non esistono misure dirette di portata della Dora di Veny e dei suoi affluenti.

Dai risultati ottenuti si può peraltro dedurre quanto segue:

- la piovosità del bacino della Dora di Veny, calcolata sulla base della Carta delle Isoiete, fornita dall'Ufficio Idrografico del Po, risulta essere di molto maggiore (circa il 63%) rispetto a quella misurata dalla stazione meteorologica di Courmayeur. Tale discrepanza può essere imputata sia alla quota media del bacino, sia

alla vicinanza di quest'ultimo con la dorsale orografica soggetta ad abbondanti precipitazioni di origine atlantica;

- i deflussi medi globali sono molto elevati e rappresentano più del 70% delle precipitazioni; ciò è dovuto alla configurazione geomorfologica del bacino, che determina un elevato coefficiente di deflusso superficiale, inoltre, le temperature annue generalmente ridotte e la scarsa copertura vegetale riducono i fenomeni di evapotraspirazione potenziale e reale a vantaggio del deflusso superficiale e profondo;
- sulla base dei parametri ottenuti si può stimare il deflusso totale medio annuo del bacino nell'ordine di  $77 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ , dei quali circa il 20-30% viene drenato per via sotterranea determinando un deflusso in uscita pari a  $0.5 \div 0.7 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- il ristretto sottobacino A4, che sovrasta e alimenta in gran parte l'area sede dei pozzi di produzione contribuisce con circa  $1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  al deflusso totale medio annuo dell'intero bacino;
- il versante destro idrografico contribuisce per circa il 25% al deflusso totale del bacino, il restante 75% proviene dal più esteso versante sinistro.

## **7 Idrogeologia**

Il presente capitolo tratta degli aspetti idrogeologici del sito studiato e del suo bacino idrografico, esteso nella Val Veny a monte di Peuterey.

A valle della realizzazione della carta geologica alla scala 1:25.000, della carta di dettaglio alla scala 1: 5.000 e dei profili geologici annessi, nonché dello studio delle caratteristiche chimico fisiche generali delle acque che circolano nell'area studiata, è stata redatta una carta idrogeologica alla scala 1:25.000 all'interno della quale sono stati identificati i seguenti elementi:

- complessi idrogeologici omogenei;
- limiti del bacino idrografico principale e dei sottobacini, con calcolo delle superfici sottese da ogni bacino;
- linee di deflusso delle acque presenti nel bacino, distinguendo le direttrici di deflusso delle acque superficiali da quelle sotterranee, caratterizzando le variazioni spaziali della qualità chimica delle acque stesse.

### **7.1 Complessi Idrogeologici**

I complessi idrogeologici sono stati innanzitutto suddivisi in base alla loro permeabilità per fratturazione e per porosità; si è poi cercato di individuare quali acquiferi sono sedi di falde permanenti e quali di falde stagionali, in quali condizioni si creano circolazioni rapide e quali complessi sono invece caratterizzati da circolazioni lente. Il risultato, osservabile nella Tavola annessa (Tav. 3), è qui di seguito riassunto.

#### **7.1.1 Complesso fluvio-glaciale e fluviolacustre**

Il complesso è costituito dalle alluvioni della Dora di Veny e del Torrente Miage, con locali interdigitazioni di depositi lacustri e torbosi, specialmente a ridosso degli apparati morenici laterali destri dei Ghiacciai del Miage (piana del Combal) e della Brenva (piana di Peuterey).

La permeabilità per porosità è globalmente media e solo localmente elevata. In presenza di orizzonti di sabbie limose e depositi torbosi il grado di permeabilità varia da basso a medio-basso.

Esso ospita falde permanenti con superficie libera, solo localmente, dove lenti di materiali fini meno permeabili determinano una stratificazione più marcata, allora si configura una situazione di acquifero multifalda. Gli orizzonti a bassa permeabilità agiscono da limiti semi-impermeabili, creando localmente delle circolazioni idriche confinate o semi-confinate, le quali possono peraltro essere considerate a più ampia scala facenti parti di un'unica falda.

#### **7.1.2 Complesso detritico**

Il complesso è costituito da depositi detritico colluviali e di conoide, di origine mista alluvionale - detritico - valanghiva. Sono abbondanti blocchi generalmente di taglia da centimetrica a metrica, immersi in una matrice sabbioso-limosa localmente assente. Questi depositi si localizzano al piede dei versanti più acclivi ed in corrispondenza dello sbocco

dei principali canali. Sono inoltre presenti all'interno del riempimento del fondovalle, a ridosso delle pareti lungo il versante sinistro idrografico.

La permeabilità è di tipo primario per porosità, generalmente di grado da medio a elevato.

Il complesso idrogeologico è sede di falde locali e temporanee, a rapida ricarica. Tali falde sono ricaricate principalmente dalle nevi di scioglimento e dalle precipitazioni e risultano avere un livello piezometrico particolarmente elevato durante i periodi primaverili. Lungo il fondovalle principale, in presenza di questi depositi alla base delle pareti, possono instaurarsi vie preferenziali di deflusso sotterraneo.

### **7.1.3 Complesso glaciale indistinto**

I depositi glaciali indistinti accomunati in questo complesso sono legati prevalentemente all'azione dei Ghiacciai del Miage, del Freney e della Brenva. Si tratta principalmente di depositi medio-grossolani (till di ablazione), localmente immersi in una matrice sabbioso-limosa da debolmente a fortemente cementata (till di allogamento).

Il grado di permeabilità varia da medio ad alto in funzione della quantità di matrice fine e di cementazione; localmente questo può passare a basso in presenza di depositi fini maggiormente consolidati e cementati. Il tipo di permeabilità è per porosità.

Il complesso è sede di falde libere locali e temporanee laddove i depositi sono addossati ai versanti e di falde permanenti sia all'interno dei depositi glaciali presenti lungo il fondovalle che in corrispondenza delle confluenze dei ghiacciai del Miage e della Brenva con la valle principale. Il complesso può essere sede di falde localmente sovrapposte e compartimentate, separate tra loro da livelli meno permeabili. Le falde presenti all'interno di questo complesso sono ricaricate prevalentemente dalle acque di fusione dei ghiacciai presenti nell'area studiata, nonché dalle nevi di scioglimento.

### **7.1.4 Complesso gravitativo profondo di versante**

Questo complesso è costituito da un'associazione tra substrato roccioso calcareo-scistoso, da fratturato a disarticolato, che da depositi di origine prevalentemente detritico-colluviale e subordinatamente glaciale.

L'acquifero è assimilabile ad un mezzo poroso con grado di permeabilità da medio ad alto.

Sono presenti al suo interno falde locali e compartimentate, più o meno profonde, fino alle porzioni di substrato fratturato e disarticolato basali. La porzione corticale del complesso è sede di falde temporanee e superficiali alimentate prevalentemente durante i periodi primaverili dalle acque di scioglimento, infiltrate nei depositi di origine detritico-colluviale e glaciale.

### **7.1.5 Complesso dei gessi e delle carnirole**

Il complesso è costituito da gessi ed anidriti in masse discontinue associate a subordinate breccie residuali di dissoluzione e breccie tettoniche mostranti una foliazione più o meno evidente (carnirole auct.).

La permeabilità è elevata per fratturazione e carsismo.

La fratturazione è indotta da fenomeni carsici e di dissoluzione di orizzonti di carnirole, gessi ed anidriti; il complesso è sede di una falda a circolazione rapida e relativamente profonda avente zona di ricarica estesa anche lateralmente rispetto all'areale di distribuzione. I processi di dissoluzione determinano, inoltre, l'instaurarsi di fenomeni di plasticizzazione e rilascio delle rocce scistose soprastanti i gessi e le carnirole. Questo fenomeno favorisce la fratturazione dell'ammasso nell'intorno dei livelli evaporitici, determinando un aumento della permeabilità generale in una fascia anche più estesa del singolo livello di gessi e carnirole, fascia che assume quindi una funzione drenante e di richiamo delle acque sotterranee circolanti nel massiccio.

### **7.1.6 Complesso dei calcescisti e dei marmi**

Composto da calcescisti, marmi calcitici e dolomitici, breccie e scisti neri carbonatici indistinti appartenenti alle Unità Pennidiche ed alle unità Elvetiche ed Ultraelvetiche, il complesso presenta una permeabilità di grado basso per fratturazione.

Da un punto di vista idrogeologico il complesso non ospita importanti sistemi di circolazione idrica sotterranea, anche se limitati circuiti sono presenti lungo i principali sistemi di discontinuità ed un moderato carsismo è stato rilevato lungo i livelli carbonatici più estesi. Lungo i versanti vallivi sono presenti limitati circuiti epidermici (profondità di pochi metri) entro la zona di alterazione a contatto con le coperture quaternarie.

### **7.1.7 Complesso dei graniti e delle migmatiti**

Il complesso è composto da graniti, migmatiti e subordinati scisti incassanti appartenenti al Massiccio del Monte Bianco e dello Chetif. La permeabilità generale è di grado basso per fratturazione. Locali e moderate circolazioni impostate lungo le zone di fratturazione associate alle discontinuità ed ai giunti principali.

## **7.2 Direttrici del deflusso superficiale e sotterraneo**

Unitamente alla definizione di complessi idrogeologici si è cercato anche di rappresentare l'andamento generale delle linee (o direttrici) di deflusso delle acque di superficie e sotterranee aventi caratteristiche idrochimiche simili.

Sono state distinti tre principali tipi di acque sulla base dei dati che saranno presentati nel seguito, cui si rimanda per i dettagli:

- acque bicarbonato-calciche scarsamente mineralizzate (acque oligominerali);
- acque bicarbonato-solfato-calciche scarsamente mineralizzate (acque minerali);
- acque solfato-calciche mineralizzate (acque minerali).

Le analisi speditive di terreno, unitamente alle conoscenze acquisite in contesti alpini geologicamente ed idrogeologicamente simili, hanno permesso di osservare come le acque oligominerali provengano essenzialmente dai versanti scoscesi del massiccio del Monte Bianco, mentre le acque mineralizzate provengono dai complessi idrogeologici posti sul versante destro orografico della valle principale. In particolare, le acque solfato-calciche hanno la loro origine negli acquiferi presenti all'interno del complesso idrogeologico dei gessi e delle carnirole, che si sviluppa lungo tutto il medio versante destro orografico e che è probabilmente coinvolto nella deformazione gravitativa profonda di versante di Lassy, precedentemente descritta.

## 8 Geochimica delle acque

### 8.1 Caratteristiche chimiche delle acque del bacino

Nel corso di precedenti lavori effettuati dagli scriventi per conto della Monte Bianco – Terme di Courmayeur S.p.A., sono state eseguite campagne di prelievo ed analisi chimica delle acque del bacino idrografico sotteso dai pozzi oggetto del presente studio. I punti di prelievo sono indicati nella carta della conducibilità elettrica allegata (Tav. 4) ed i risultati delle analisi sono riportati nella Tabella 16.

Tra le sorgenti campionate è stata inclusa la sorgente S8, ubicata fuori dall'area indagata, presso Courmayeur, le cui acque sono provenienti da un circuito impostato in rocce evaporitiche (gessi e carnirole), appartenenti allo stesso complesso idrogeologico dei gessi e delle carnirole affioranti nel bacino in oggetto e riportate nella carta idrogeologica. Tale sorgente è stata scelta come riferimento di un'acqua francamente solfato-calcica, in mancanza di una sorgente molto mineralizzata di questo tipo a monte della captazione in esame.

I dati raccolti permettono di caratterizzare l'acquifero da un punto di vista geochimico, fornendo in questo modo un utile indicatore della costituzione litologica degli stessi e della provenienza dell'alimentazione del pozzo di prova PP, inoltre tale caratterizzazione fornisce informazioni circa l'estensione nello spazio dei circuiti delle acque sotterranee e l'estensione dei bacini che alimentano i circuiti stessi.

Nel caso specifico sono disponibili dati di alcalinità (indispensabili per la classificazione) esclusivamente per i piezometri e i pozzi in prova. L'alcalinità per le acque delle sorgenti campionate non è stata analizzata, tranne che per la sorgente S8. Per classificare le acque delle sorgenti è stato indispensabile ricorrere ad una approssimazione; infatti essendo l'alcalinità l'unico dato mancante tra gli ioni maggiori, essa è stata calcolata ponendo uguale a zero il bilancio ionico delle analisi. Benché tale soluzione sia indubbiamente all'origine di piccole imprecisioni, queste possono essere considerate tollerabili ai fini classificativi.

L'analisi mette in evidenza la presenza di un fenomeno di acque di diversa natura presente in tutto il bacino. Le acque dell'area di studio si distribuiscono infatti tra composizione tipicamente bicarbonato-calciche (sorgenti S7 e S4) e composizioni solfato-calciche (sorgente S8).

In sostanza, nella falda della piana di Peuterey avviene fenomeno di miscelamento tra acque provenienti dai ghiacciai e dalle rocce poco solubili del versante sinistro orografico (bicarbonato-calciche) e della falda delle alluvioni di fondovalle della Val Veny, influenzate da un chimismo solfato-calcico per la presenza di livelli di gessi e carnirole all'interno del substrato, affioranti prevalentemente sul lato destro vallivo.

Il grado di mineralizzazione totale delle acque campionate è tanto maggiore quanto più elevato è il carattere solfato-calcico delle acque. In particolare, le acque meno saline sono quelle delle sorgenti S4 e S7, oltre a quelle dei piezometri e della sorgente S3 e quelle maggiormente saline sono quelle della sorgente S8. Ciò in accordo con il fatto che le acque bicarbonato-calciche sono acque poco evolute poiché circolano in acquiferi costituiti da rocce poco solubili (prevalentemente litotipi silicatici), mentre le acque solfato-calciche circolano in acquiferi costituiti da litotipi solubili (gessi, anidriti, carnirole). In

particolare, la sorgente S8 è una sorgente solfato-calcica ad elevata salinità ionica che deriva da circolazioni in gessi.

In sintesi, per quel che riguarda la falda della piana di Peuterey, si può concludere che essa sia chimicamente zonata a causa della miscela di acque solfato-calciche e acque bicarbonato-calciche. Se si osserva la distribuzione in pianta delle sorgenti si nota che le acque solfato-calciche maggiormente saline (S1, S2, S5, S6 e S8) si collocano nelle aree poste al piede del versante destro della Val Veny (vedi Tav. 4). mentre quelle bicarbonato-calciche meno saline (Pz1, Pz2, PP, S3 e S4) si collocano in sinistra orografica. Di conseguenza la falda ospita verso la destra orografica acque più saline e in sinistra acque meno saline, come quelle della Fonte Mont Balnc, che hanno interagito prevalentemente con i litotipi del basamento silicatico del Massiccio del Monte Bianco.

| Sorgente    | T°C  | Cond $\mu$ S/cm | pH   | Na mg/l | K mg/l | Ca mg/l |
|-------------|------|-----------------|------|---------|--------|---------|
| Pz1 estate  | 5,40 | 183             | 7,40 | 1,40    | 1,80   | 32,40   |
| Pz1 autunno | 5,60 | 171             | 7,50 | 1,50    | 2,10   | 31,00   |
| Pz1 inverno | 5,60 | 162             | 7,70 | 1,10    | 1,95   | 31,60   |
| Pz1 primav  | 5,40 | 174             | 7,90 | 1,20    | 1,90   | 31,10   |
| Pz1 pomp.   | 0,00 | 193             | 7,96 | 1,05    | 2,03   | 58,00   |
| Pz2         | 0,00 | 105             | 7,89 | 0,85    | 1,80   | 31,00   |
| S1          | 0,00 | 280             | 0,00 | 0,48    | 2,00   | 92,00   |
| S2          | 0,00 | 358             | 0,00 | 0,48    | 1,90   | 118,00  |
| S3          | 0,00 | 131             | 0,00 | 1,06    | 1,50   | 35,00   |
| S4          | 0,00 | 20              | 0,00 | 0,26    | 0,60   | 3,00    |
| S5          | 0,00 | 815             | 0,00 | 0,39    | 0,70   | 345,00  |
| S6          | 0,00 | 298             | 0,00 | 1,33    | 5,40   | 101,00  |
| S7          | 0,00 | 193             | 0,00 | 0,90    | 0,30   | 57,00   |
| S8          | 6,00 | 2530            | 7,30 | 0,96    | 1,71   | 543,00  |

| Sorgente    | Mg mg/l | Cl mg/l | HCO <sub>3</sub> mg/l | SO <sub>4</sub> mg/l | NO <sub>3</sub> mg/l | F mg/l | SiO <sub>2</sub> mg/l |
|-------------|---------|---------|-----------------------|----------------------|----------------------|--------|-----------------------|
| Pz1 estate  | 3,70    | 0,30    | 67,10                 | 47,00                | 0,75                 | 0,14   | 4,50                  |
| Pz1 autunno | 3,60    | 0,30    | 69,50                 | 43,20                | 0,65                 | 0,15   | 3,70                  |
| Pz1 inverno | 3,20    | 0,48    | 70,70                 | 38,20                | 0,80                 | 0,15   | 4,90                  |
| Pz1 primav  | 2,40    | 0,32    | 67,10                 | 36,30                | 0,71                 | 0,15   | 5,20                  |
| Pz1 pomp.   | 5,14    | 0,68    | 94,30                 | 104,00               | 0,87                 | 0,23   | 2,40                  |
| Pz2         | 2,36    | 0,53    | 68,70                 | 37,90                | 1,02                 | 0,01   | 2,00                  |
| S1          | 7,50    | 0,55    | 123,00                | 155,00               | 0,85                 | 0,19   | 0,00                  |
| S2          | 10,60   | 0,51    | 158,50                | 201,00               | 0,50                 | 0,29   | 0,00                  |
| S3          | 3,07    | 0,68    | 68,50                 | 43,60                | 1,36                 | 0,20   | 0,00                  |
| S4          | 0,64    | 0,26    | 8,85                  | 2,00                 | 2,15                 | 0,01   | 0,00                  |
| S5          | 30,18   | 0,34    | 300,00                | 709,00               | 0,78                 | 0,01   | 0,00                  |
| S6          | 8,36    | 0,44    | 93,00                 | 210,00               | 0,64                 | 0,01   | 0,00                  |
| S7          | 5,93    | 0,49    | 179,00                | 19,60                | 0,35                 | 0,34   | 0,00                  |
| S8          | 68,70   | 0,60    | 156,00                | 1470,00              | 0,00                 | 0,00   | 4,69                  |

Tabella 16 Dati geochimici delle acque campionate.

## 8.2 Carta della conducibilità elettrica

Il fenomeno di miscelamento evidenziato tramite l'analisi chimica delle acque presentata sopra genera una "zonazione" della falda da un punto di vista chimico, che è stata investigata con una campagna di misure di conducibilità elettrica delle acque, che ha permesso di tracciare una carta della conducibilità elettrica alla scala 1: 7.500 (Tav. 4).

Le misure sono state effettuate con conducimetro WTW Multiline F/SET 2 su acque di sorgenti e corsi d'acqua oltre che all'interno dei pozzi e piezometri esistenti nella zona. I risultati sono stati espressi in  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (microSiemens/centimetro) alla temperatura di  $20^\circ\text{C}$ .

Questo approfondimento di studio si basa sul principio per cui la carta della conducibilità elettrica delle acque è direttamente correlata con la mineralizzazione totale, a sua volta, come visto sopra, strettamente correlata con il tipo solfato o bicarbonato-calcico delle acque. Maggiore è la conducibilità, maggiore è la presenza di acque solfato-calciche.

I risultati dell'indagine confermano quanto già rappresentato nella carta idrogeologica ovvero:

1. le acque che provengono dal versante sinistro orografico e più in generale dal massiccio del Monte Bianco, di origine piovana, di scioglimento dei ghiacciai e dei nevai, mostrano dei valori di conducibilità mai superiori a  $50 \mu\text{S}/\text{cm}$ ;
2. le acque che provengono dal versante destro orografico, di origine piovana, di scioglimento dei ghiacciai e dei nevai, mostrano valori di conducibilità mediamente superiori a  $300 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Esse infatti si caricano velocemente in sali minerali disciolti, soprattutto in solfati nel caso delle acque provenienti dal complesso idrogeologico dei Gessi e delle Carniole, mostrano valori molto alti di conducibilità, superiori a  $500 \mu\text{S}/\text{cm}$ ;
3. lungo il fondovalle della Dora di Veny, le acque della falda superficiale contenuta nelle alluvioni risultano essere il prodotto di miscelamento delle acque leggere provenienti dai ghiacciai del Miage e del Freney con quelle più cariche che scorrono all'interno delle evaporiti presenti sul fondovalle a valle del Lago del Combal. In particolare:
  - a ridosso del versante sinistro orografico, lungo il Massiccio del Monte Bianco, esiste una fascia di circolazione preferenziale di acque all'interno dei depositi di conoide misto detritico-valanghivo-alluvionale debolmente cariche in Sali disciolti che non superano mai valori di conducibilità di circa  $180\text{-}200 \mu\text{S}/\text{cm}$ ; acque dello stesso tipo sono presenti nel corso d'acqua principale, fortemente alimentato dagli scaricatori del Miage;
  - all'interno della falda principale, che occupa la maggior parte del fondovalle, le acque presentano una conducibilità compresa tra  $200$  e  $300 \mu\text{S}/\text{cm}$ ;
4. nella piana di Peuterey si osserva un'alta variabilità della conducibilità: addossandosi al versante sinistro orografico le acque sono poco conduttive mentre la conducibilità aumenta da  $20$  a  $422 \mu\text{S}/\text{cm}$  in poco più di cento metri; in questa zona, quindi, il chimismo della falda è il risultato del miscelamento di una circolazione più superficiale a bassa conducibilità proveniente dai depositi addossati al versante sinistro orografico con una falda mineralizzata più profonda alimentata da monte e dal versante destro orografico, oltre che, probabilmente, dalla deformazione gravitativa profonda di Lassy. Ciò è in accordo con quanto è deducibile dai dati geochimici (cfr. capitolo precedente).

## 9 Caratterizzazione dell'acquifero

Dopo aver eseguito la caratterizzazione geologica, idrogeologica, idrologica ed idrogeochimica del bacino idrografico all'interno del quale ricade il sito oggetto del presente studio, si è passati ad effettuare uno studio di dettaglio dell'area sede dei pozzi di captazione.

La caratterizzazione del sito oggetto d'indagine è stata eseguita procedendo come segue:

1. definizione delle caratteristiche litostratigrafiche e della geometria dei terreni che compongono l'acquifero sulla base di sondaggi meccanici ed indagini geoelettriche;
2. rilievo piezometrico;
3. prove di pompaggio di lunga durata

Mentre i punti 1 e 2 sono già stati oggetto di discussioni contenute nei precedenti capitoli, in questa sede ci si soffermerà ad analizzare i punti 3, 4 e 5,

### 9.1 Sondaggi geognostici e pozzi esplorativi

La stratigrafia, la geometria e la natura dell'acquifero della piana alluvionale nei pressi dell'abitato di Peuterey è stata indagata mediante la terebrazione a più riprese di pozzi di prospezione.

Nell'estate 1998 sono stati realizzati tre pozzi denominati nella presente relazione Pz1, PP e Pz2, nel luglio 1999 altri tre indicati come P1, P2 e P3 (per l'ubicazione cfr. Tav. 4).

Qui di seguito vengono riportate le caratteristiche principali di pozzi e piezometri ed i livelli piezometrici rilevati nel settembre 1999:

| Denominazione | Descrizione    | Quota p.c. | Piezometrica | Distanza da PP | Profondità | Finestratura |
|---------------|----------------|------------|--------------|----------------|------------|--------------|
| -             | -              | (m s.l.m.) | (m s.l.m.)   | (m)            | (m)        | (m)          |
| PP            | Pozzo di prova | 1507.70    | 1503.90      | -              | 30         | 22-28        |
| Pz1           | Piezometro 1   | 1511.60    | 1505.26      | 148            | 30         | 22-28        |
| Pz2           | Piezometro 2   | 1509.50    | 1502.560     | 73             | 30         | 22-28        |
| P1            | Pozzo di prova | 1516.60    | 1507.22      | 226            | 28         | 14-26        |
| P2            | Pozzo di prova | 1512.20    | 1505.18      | 156            | 35         | 14-33        |
| P3            | Pozzo di prova | 1512.20    | 1505.24      | 156            | 13         | 5.4-12       |

Tabella 17 Caratteristiche principali dei pozzi e livelli piezometrici rilevati nel settembre 1999.

L'esecuzione dei pozzi, terebrati a distruzione con tricono, pur non permettendo di ottenere una stratigrafia di dettaglio, ha comunque fornito delle utili indicazioni per ricostruire la stratigrafia dei terreni all'interno dei quali è impostato l'acquifero studiato. L'analisi dei cuttings ha infatti permesso di stabilire che il sottosuolo del sito in esame è costituito principalmente da terreni ghiaioso sabbiosi contenenti al loro interno degli orizzonti di materiale più fine, quali torbe e sabbie limose. In modo particolare tali orizzonti sono stati rinvenuti alla profondità di 12 e 14 m da p.c. nel pozzo PP e nel piezometro Pz2, mentre non sono stati mostrati in Pz1, P1, P2 e P3. Tali osservazioni confermano quanto ipotizzato e precedentemente spiegato nel capitolo 5.1, in merito alla possibile presenza di depositi fluvio-lacustri probabilmente originati all'interno di un lago di Kame. Tali livelli, pur non essendo continui, hanno la funzione di compartimentare almeno in parte la falda contribuendo a creare degli acquiferi confinati o semi-confinati (Tav. 5).

## **9.2 Indagine geoelettrica (SEV)**

Nell'ambito dello studio realizzato da SEA Consulting nel giugno 1999 ai fini di conoscere più dettagliatamente la stratigrafia del sito in esame, fu effettuato il SEV "VENI1" con metodologia Schlumberger a 8 determinazioni della resistività apparente per decade logaritmica della lunghezza del dipolo AB.

Sulla Tavola 5 è indicata l'ubicazione in pianta ed in sezione del SEV "VENI1" Misure

Il centro del sondaggio è stato posizionato nelle vicinanze del pozzo PP. Gli stendimenti progressivi sono stati effettuati parallelamente all'asse vallivo; l'apertura massima raggiunta per il dipolo AB è di 400 m ( $AB/2_{max} = 200$  m). Le misure sono state effettuate con strumentazione digitale ad elevata risoluzione (lettura a 16 bit, floating point), mod. P.A.S.I. 16 GL, energizzando in corrente continua ( $V_{max} = 90$  Vcc) con polarità diretta e inversa.

Le misure di campagna hanno mostrato un buon accordo nelle misure di "onlap" effettuate ad ogni passo del dipolo MN, indice di buona accuratezza delle misure.

La misura corrispondente ad  $AB/2 = 200$  m e  $MN/2 = 7.5$  m ha mostrato valori di potenziale indotto negativo, indice della presenza di una importante eteropia laterale; per l'acquisizione del dato relativo ad  $AB/2 = 200$  si è portato  $MN/2$  a 25 m.

### **9.2.1 Interpretazione**

I dati di campagna relativi al SEV hanno evidenziato l'esistenza nel substrato di una doppia alternanza di strati conduttivi e resistivi.

La modellizzazione della curva sperimentale richiede un minimo di 4 elettrostrati, mostrando un buon "fitting" con un modello ad almeno 8 elettrostrati. La stratigrafia relativa al modello a 8 strati che ha mostrato il minore coefficiente di errore rispetto ai dati sperimentali è quella riportata nella Tabella 18.

L'interpretazione dei valori di resistività definiti nel modello tiene ovviamente conto dei litotipi presenti nel contesto geologico in cui il SEV è stato effettuato. L'alternanza di livelli conduttivi e resistivi è stata interpretata come alternanza di sedimenti a granulometria rispettivamente fine e grossolana, poggianti su un basamento cristallino molto resistivo.

La successione elettrostratigrafica interpretata è mostrata nella tabella seguente sulla quale è possibile effettuare alcune considerazioni di carattere idrogeologico-geofisico.

| Strato n° | Profondità (in metri) | Spessore (in metri) | Resistività (in Ohm x m) | Probabile litotipo   |
|-----------|-----------------------|---------------------|--------------------------|--|
| 1         | 0.4                   | 0.4                 | 400                      | <b>Copertura eluvio-colluviale</b>                             |
| 2         | 2.5                   | 2.1                 | 4000                     | Depositi alluvionali (ghiaie e sabbie grossolane)              |
| 3         | 10.0                  | 7.5                 | 980                      | Depositi alluvionali (ghiaie e sabbie grossolane) in falda     |
| 4         | 11.5                  | 1.5                 | 20                       | Depositi fluvio-lacustri (torbe, limi torbosi)                 |
| 5         | 17.5                  | 6.0                 | 700                      | Depositi alluvionali (ghiaie e sabbie grossolane) in falda     |
| 6         | 21.5                  | 4.0                 | 120                      | Depositi alluvionali fini (sabbie limose lievemente argillose) |
| 7         | 66.5                  | 45                  | 600                      | Depositi glaciali (indifferenziati)                            |
| 8         | indefinita            | indefinita          | 3700                     | Basamento (indifferenziato)                                    |

Tabella 18 Elettrostratigrafia e probabile litostratigrafia del SEV "VENI".

I due elettrostrati caratterizzati da bassi valori di resistività (strati 4 e 6) sono stati interpretati come livelli di sedimenti fini (limi torbosi e sabbie limose lievemente argillose). La loro posizione stratigrafica permette di supporre la presenza di una falda superficiale sopra e di due falde confinate o semi-confinate sotto.

I depositi alluvionali grossolani, che rappresentano gli elettrostrati 2, 3 e 5 possiedono valori di resistività differenti. Il passaggio da valori di 4000 Ohm·m a 980 Ohm·m (elettrostrati 2 e 3) corrisponde al raggiungimento in seno allo stesso strato della saturazione in acqua (falda con superficie libera).

Applicando la Legge di Archie, supponendo un fattore di formazione di circa 4 per questo litotipo, si ottiene un valore indicativo della conducibilità effettiva dell'acqua (conducibilità dell'acqua alla temperatura reale e non a quella di riferimento) della falda libera di circa 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . L'elettrostrato 5 prevede ancora depositi alluvionali grossolani, questa volta con 700 Ohm·m di resistività. Applicando nuovamente la Legge di Archie, e supponendo questa volta un fattore di formazione di circa 5 a fronte di una maggiore compattazione dei sedimenti, si ottiene un valore di conducibilità effettiva dell'acqua della prima falda confinata di 70  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Se applichiamo il medesimo ragionamento ai depositi glaciali ipotizzati per l'elettrostrato 7, considerando un fattore di formazione di 6 (depositi parzialmente cementati) otteniamo un valore indicativo di conducibilità effettiva dell'acqua della seconda falda confinata di 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

La misura di potenziale negativa ottenuta al passo AB/2 = 200m, sintomo dell'esistenza nel sottosuolo di una eteropia laterale, è ragionevolmente imputabile all'esistenza di interdigerazioni o lenti di sedimenti più fini nei depositi alluvionali più superficiali.

### 9.3 Rilievo piezometrico

Il rilievo piezometrico è stato condotto a fine settembre 1999 sui piezometri e pozzi di prova esistenti (P1, PP, Pz2, P1, P2, P3) fornendo i risultati riportati nella precedente Tabella 17. Inoltre, indicazioni importanti per ricostruire l'andamento della suuperficie piezometrica sono date dalla localizzazione delle sorgenti ed in particolare della sorgente storicamente conosciuta come Laghetto delle Vergini, situata a ridosso del versante ed indicata nella carta delle conducibilità come S3. Tale sorgente alimenta un acquedotto non utilizzato, che da oltre 20 anni fornisce una portata costante di 200 l/s con valori di conducibilità e parametri chimico-fisici invariati nel tempo. Nella Tavola 5 è mostrato l'andamento della superficie piezometrica rilevata.

La ricostruzione effettuata mette in evidenza una direzione media di deflusso variabile, con direttrici di deflusso sotterraneo sub-parallele all'asse vallivo in corrispondenza del centro della piana (non lontano dall'alveo della Dora di Veny) e più deformate a ridosso del versante sinistro orografico.

In particolare, l'andamento della superficie piezometrica nell'intorno del pozzo PP subisce un'inflessione marcata in corrispondenza dei depositi grossolani di conoide già evidenziati precedentemente e posti a ridosso del versante sinistro idrografico. Pertanto, tali osservazioni portano a supporre che, plausibilmente con il contesto geomorfologico osservato, a ridosso del versante vi sia una zona a più alta permeabilità costituita in prevalenza da depositi grossolani di origine mista. Lungo questa fascia si determina in questo modo un canale sotterraneo di deflusso preferenziale delle acque, fortemente alimentato dalle acque provenienti dal versante e subordinatamente dalla falda principale del fondovalle.

Per questo motivo si suppone che tra il pozzo PP e il piezometro Pz2 esista una linea teorica di separazione tra acque di falda provenienti principalmente dal fondovalle della Dora di Veny e acque provenienti principalmente dal versante sinistro idrografico. Questa diversa provenienza dell'alimentazione permette anche di spiegare la diversa mineralizzazione delle acque di questi due punti, già richiamata precedentemente.

## 9.4 Prove di pompaggio di lunga durata con portata costante

Sul pozzo PP vicino alle opere di cui trattasi e sul pozzo P4 sono state eseguite, a partire dal 1999 due prove di pompaggio a portata costante di lunga durata. Nei paragrafi seguenti sono riepilogati le modalità esecutive ed i risultati ottenuti dall'elaborazione delle due prove.

### 9.4.1 Prova di pompaggio con portata costante sul pozzo PP

La prova è stata eseguita sottoponendo ad emungimento il pozzo PP con una portata costante fino al raggiungimento di una condizione di equilibrio tra la portata emunta e l'abbassamento del livello d'acqua. L'emungimento si è protratto per una durata di 7 ore. Successivamente è stata misurata la risalita del livello d'acqua nel pozzo e nei piezometri di controllo fino al recupero dei livelli iniziali.

L'andamento della superficie piezometrica della falda durante la prova è stato controllato nel pozzo PP e in due piezometri di controllo Pz1 e Pz2, distanti dal pozzo di emungimento PP rispettivamente 148 m e 72 m.

La cadenza delle misure di soggiacenza effettuate nel sia in fase di pompaggio che di risalita nel pozzo PP e nei due piezometri di controllo Pz1 e Pz2 è stata la seguente:

| Periodo          | Cadenza delle misure |
|------------------|----------------------|
| da 1 a 10 min    | ogni 60 s            |
| da 10 a 20 min   | ogni 2 min           |
| da 20 a 40 min   | ogni 5 min           |
| da 40 a 60 min   | ogni 10 min          |
| da 60 a 180 min  | ogni 15 min          |
| da 180 a 360 min | ogni 30 min          |
| oltre 360 min    | ogni 60 min          |

Tabella 19 Cadenza delle misure di livello durante la prova.

Durante la prova la portata di emungimento è stata scelta pari a quella prevista di esercizio, ovvero 10 l/s.

Le misure di soggiacenza sono state effettuate manualmente per mezzo di un freatimetro P.A.S.I. con graduazioni ogni 0.5 cm.

L'interpretazione della prova di emungimento è stata effettuata adottando il metodo grafico (Castany, 1982), utilizzando le espressioni di approssimazione logaritmica di Jacob (1959) valide per le fasi di abbassamento e di risalita dei livelli d'acqua nel pozzo e nei piezometri di controllo.

Il metodo si basa sull'interpretazione della "retta rappresentativa" tracciata su grafico semilogaritmico dove in ascisse sono rappresentati gli abbassamenti e in ordinate viene rappresentato il logaritmo del tempo (per la fase di pompaggio) o l'espressione  $(t+t')/t'$  (per la fase di risalita), dove  $t$  rappresenta il tempo da inizio prova e  $t'$  indica tempo trascorso dal termine del pompaggio.

Da tale retta si ricavano il parametro  $c$  (m), corrispondente alla variazione del livello d'acqua in un intervallo di tempo pari ad un ciclo logaritmico.

Le espressioni utilizzate per il calcolo dei parametri idrogeologici sono le seguenti:

$$\text{Tramissività} \quad T = (0.183 \cdot Q)/c \quad (\text{m}^2/\text{s})$$

$$\text{Permeabilità} \quad K = T/b \quad (\text{m}/\text{s})$$

Dove:  $Q$  = portata ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$c$  = variazione del livello d'acqua in un intervallo di tempo corrispondente ad un ciclo logaritmico (m)

$b$  = spessore saturo dell'acquifero (m)

Considerando inoltre che sia il grafico dei dati ottenuti in fase di pompaggio, che quello relativo ai dati della risalita per il pozzo PP presentano due rette distinte con andamento tipico di acquiferi semi-confinati, si è scelto di valutare i valori di tramissività per ognuna delle rette ottenute.

Sulla base di queste premesse, i valori di tramissività ottenuti dall'interpretazione della prova, considerando sia la fase di emungimento che di risalita, sono:

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| Pozzo PP in fase di pompaggio – abbassamento iniziale | 2.5E-02 ( $\text{m}^2/\text{s}$ ) |
| Pozzo PP in fase di pompaggio – abbassamento finale   | 1.9E-02 ( $\text{m}^2/\text{s}$ ) |
| Pozzo PP in risalita – risalita iniziale              | 4.9E-02 ( $\text{m}^2/\text{s}$ ) |
| Pozzo PP in risalita – risalita finale                | 1.8E-02 ( $\text{m}^2/\text{s}$ ) |

Tabella 20 Valori di tramissività ricavati dall'interpretazione della prova di pompaggio sul pozzo PP.

Poiché la concordanza di tutti i valori è risultata buona, è stato assunto un valore di tramissività media dell'acquifero pari a  $2.8 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$

Assumendo, in base ai dati geologici e stratigrafici, lo spessore saturo dell'acquifero pari mediamente a 40 m risulta una permeabilità media pari a  $6.9 \cdot 10^{-4}$  m/s.

Il coefficiente di immagazzinamento espresso dalla relazione:

$$S = 2.25 \cdot T t_0 / x^2$$

Dove: T = trasmissività ( $m^2/s$ )

$t_0$  = intersezione della proiezione della retta di risalita del piezometro monitorato con la superficie piezometrica iniziale (s)

x = distanza tra il pozzo di prova ed il piezometro (m)

è stato calcolato per il piezometro pz1 ed ha dato un valore pari a  $5.0 \cdot 10^{-4}$ . Si deve peraltro far notare che il valore di abbassamento di pz1 rientra nel margine di errore della lettura e pertanto il risultato deve considerarsi puramente indicativo.

Poiché la curva di abbassamento ha mostrato un andamento tipico di una falda semi confinata con un limite laterale (basamento) (Castany, 1982) si è scelto di stimare la distanza teorica dal limite che ha dato il valore di 205 m, compatibile con la distanza osservata del basamento. Il raggio fittizio calcolato è invece pari a 367 m.

#### 9.4.2 Prova di pompaggio con portata costante sul pozzo P4

Durante la prova la portata di emungimento è stata mantenuta costante per 25 ore pari a circa 12 l/s ( $43.2 m^3/ora$ ). Gli abbassamenti della superficie piezometrica sono stati misurati oltre che nel pozzo anche nel piezometro PP e nel piezometro Pz2, collocati a lato del pozzo.

Bisogna sottolineare che durante la prova di pompaggio a lunga durata, tra le ore 14.10 e le ore 17.00, si è verificato un intenso temporale. Il temporale rappresenta un elemento di cui bisogna tenere conto per una corretta interpretazione della prova.

La cadenza delle misure di soggiacenza della falda effettuate in fase di pompaggio, con riferimento all'inizio della prova, è stata quella indicata nella tabella che segue.

| Periodo              | Cadenza delle misure |
|----------------------|----------------------|
| da 1 a 10 min        | ogni 30 s            |
| da 10 a 20 min       | ogni 1 min           |
| da 20 a 30 min       | ogni 2 min           |
| da 30 min a 200 min  | ogni 10 min          |
| da 200 min a 410 min | ogni 30 min          |
| oltre 410 min        | ogni 60 min          |

Tabella 21 Cadenza delle misure di livello durante la prova.

Tenuto conto della complessità geologica del sito e dei dati a disposizione, l'interpretazione della prova di emungimento è stata effettuata adottando il metodo grafico (Castany, 1982), utilizzando le espressioni di approssimazione logaritmica di Jacob (1959) valide per la fase di abbassamento del livello d'acqua nel pozzo e nel piezometro di controllo.

Il metodo si basa sull'interpretazione della *retta rappresentativa* tracciata su grafico semi-logaritmico dove in ordinate sono rappresentati gli abbassamenti e in ascisse viene rappresentato il logaritmo del tempo per la fase di pompaggio. Sono state disegnate e confrontate le rette rappresentative relative al pozzo P4 e al piezometro PP in fase di pompaggio. Anche nel piezometro Pz2 sono stati valutati gli abbassamenti del livello della falda, senza che tuttavia sia stata disegnata una retta rappresentativa a causa del campionamento discontinuo dei dati.

Da ciascuna retta è stato ricavato il parametro  $c$  (m), corrispondente alla variazione del livello d'acqua in un intervallo di tempo pari ad un ciclo logaritmico.

La trasmissività è stata ricavata dalla seguente relazione:

$$\text{Trasmissività} \quad T = (0.183 \cdot Q)/c \quad (\text{m}^2/\text{s})$$

Dove:  $Q$  = portata ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$c$  = variazione del livello d'acqua in un intervallo di tempo corrispondente ad un ciclo logaritmico (m)

L'analisi dei grafici dell'evoluzione degli abbassamenti nel tempo per il pozzo P4 e per il piezometro PP consente di individuare un andamento congruente delle curve. In questi due grafici sono state rappresentate solo le parti più significative delle curve, escludendo il tratto iniziale del pompaggio per maggiore chiarezza di interpretazione. Come premesso, ai fini dell'interpretazione bisogna inoltre tenere conto che durante lo svolgimento della prova, tra le ore 14.10 e le ore 17.00, si è verificato un temporale.

Nelle due curve sono stati individuati ed indicati con numerazioni progressive i tratti con andamento differente:

- un primo tratto (1) corrispondente ai primi 15 minuti di pompaggio in cui si registra un brusco abbassamento del livello nel pozzo, che è sostanzialmente legato ad un effetto di capacità del pozzo e pertanto non è indicativo delle proprietà idrauliche dell'acquifero;
- un secondo tratto (2) con pendenza inferiore rappresentativo delle proprietà idrauliche dell'acquifero. Da questo è stata calcolato il parametro della trasmissività;
- un terzo tratto (3) che registra una flessione della curva. E' da notare che poiché tale flessione si registra in corrispondenza del temporale, la pendenza della curva lungo questo tratto non è probabilmente rappresentativa di una caratteristica intrinseca dell'acquifero, quanto ad un'interferenza dovuta ad una ricarica anomala della falda;
- il quarto tratto (4) ha andamento all'incirca parallelo al tratto (2). Durante questo tratto il temporale è terminato e il livello della falda riprende ad abbassarsi con andamento simile al tratto (2) precedente al temporale. Anche questo tratto è indicativo dei parametri idrodinamici dell'acquifero ed è stato considerato per l'interpretazione.

I valori di trasmissività ottenuti dall'interpretazione dei due grafici sono i seguenti:

- $T = 6.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  per il tratto (2) del pozzo P4
- $T = 8.1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  per il tratto (4) del pozzo P4

- $T = 9.8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  per il piezometro PP

Poiché la concordanza di questi valori è buona, è stato assunto:

$$T = 8.1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s} \text{ come valore di trasmissività medio dell'acquifero.}$$

Relativamente al piezometro Pz2, la discontinuità delle misurazioni dell'abbassamento del livello piezometrico nel tempo non ha permesso di disegnare una curva degli abbassamenti sufficientemente affidabile. Nella Tabella 22 sono riportati i dati misurati. E' da notare che al contrario di quanto registrato nel pozzo P4 e nel piezometro PP, non solo la prova di emungimento sembra non avere determinato un abbassamento del livello della falda, ma anche durante il temporale non si è verificata alcuna fluttuazione del livello stesso. Queste considerazioni inducono quindi a considerare con estrema cautela i dati pervenuti relativi al piezometro Pz2.

| <b>Tempi (s)</b> | <b>Abbassamenti (m)</b> |
|------------------|-------------------------|
| 360              | 7.25                    |
| 960              | 7.25                    |
| 1800             | 7.25                    |
| 64200            | 7.25                    |
| 90000            | 7.25                    |

*Tabella 22 Abbassamento del livello della falda nel tempo nel piezometro PZ2*

E' stato infine ricavato il valore del coefficiente di immagazzinamento dalla seguente relazione:

$$S = 2.25 \cdot T t_0 / x^2$$

Dove:  $T$  = trasmissività

$t_0$  = intersezione della proiezione della retta di risalita del piezometro monitorato con la superficie piezometrica iniziale (secondi)

$x$  = distanza tra il pozzo ed il piezometro

Dall'analisi del grafico relativo alla curva del piezometro PP risulta un valore di coefficiente di immagazzinamento (S) pari a  $1.5 \cdot 10^{-3}$ .

## **9.5 Parametri idrodinamici medi dell'acquifero**

Sulla base delle misure e dei calcoli presentati nei due paragrafi precedenti ed assunto lo spessore saturo dell'acquifero (b) pari a 40 m, i valori medi di trasmissività (T), coefficiente di conducibilità idraulica (K) e coefficiente di immagazzinamento (S), assumibili quali caratteristici dell'acquifero, sono quelli riportati nella tabella sottostante:

| Parametro                                   | Unità di misura   | Valore                 |
|---|-------------------|------------------------|
| Trammissività (T)                           | m <sup>2</sup> /s | 1,8 · 10 <sup>-2</sup> |
| Coefficiente di conducibilità idraulica (K) | m/s               | 4,5 · 10 <sup>-4</sup> |
| Coefficiente di immagazzinamento (S)        | -                 | 1,0 · 10 <sup>-3</sup> |

Tabella 23 Parametri idrodinamici caratteristici dell'acquifero sfruttato.

## 9.6 Considerazioni riassuntive sulle caratteristiche dell'acquifero captato

Nei precedenti paragrafi sono stati affrontati diversi argomenti riguardanti la natura e geometria dei terreni sede dell'acquifero da emungere, l'andamento della superficie piezometrica dell'acquifero, la natura e geometria dell'acquifero, nonché la definizione dei suoi principali parametri idrodinamici.

Quanto sopra enunciato si può così riassumere:

- i pozzi PP, pz1 e pz2 sono stati eseguiti in depositi fluviali e fluvio-lacustri costituiti da sabbie grossolane e ghiaie, contenenti al loro interno degli orizzonti di potenza variabile da decimetrica a metrica di limi torbosi, torbe e sabbie limose a più bassa permeabilità;
- tali depositi poggiano su un potente orizzonte di depositi di probabile origine glaciale e subordinatamente detritica per uno spessore di 45 m circa, al di sotto del quale si trova il basamento pre-quadernario;
- la superficie piezometrica tende ad abbassarsi avvicinandosi al versante sinistro orografico a testimonianza del fatto che in questo settore i depositi fluviali e glaciali sono interdigitati e localmente sostituiti da depositi più grossolani a più alta permeabilità; tali depositi sono probabilmente legati a crolli e fenomeni gravitativi delle sovrastanti pareti rocciose;
- in corrispondenza di tali depositi si viene a creare un vero e proprio canale sotterraneo di deflusso preferenziale il cui livello piezometrico è posto alla quota di 1504 m s.l.m. circa; tale canale ha la sua risorgenza naturale in corrispondenza della sorgente S3, attualmente captata;
- la prova di portata ha dimostrato che l'acquifero emunto è semi confinato verso l'alto e limitato lateralmente dal basamento; i parametri idrodinamici ottenuti dimostrano che si tratta di un acquifero a permeabilità da media ad elevata, in grado di sopperire alle portate di esercizio richieste (10 l/s).

## 10 Aree di protezione igienico-sanitaria

Come già indicato nell'introduzione, i criteri di definizione delle aree di protezione igienico-sanitaria dei pozzi di captazione sono quelli indicati dalla normativa seguente:

- Legge Regionale n. 11 del 06/04/1998,
- DCR 792/XI del 28/07/1999,
- D.Lgs. 152/2006, art. 94,
- L.R. 5/2008, art. 53.

### 10.1 Censimento dei centri di pericolo

Per i pozzi oggetto di studio è stato eseguito un censimento dei centri di pericolo, ovvero di quelle attività, insediamenti e manufatti in grado di costituire direttamente o indirettamente fattori certi o potenziali di degrado quali-quantitativo delle acque sotterranee. Allo scopo è stata presa ad esempio la metodica proposta dal regolamento 15/R del 11/12/2006 della Regione Piemonte; tali valutazioni sono in accordo con il D.Lgs. 152/2006 – Art. 94.

L'indagine sui centri di pericolo interessa un'area avente il raggio di almeno un chilometro dalla captazione e delimitata a sud dal limite idrogeologico rappresentato dal Torrente Dora di Veny. In totale, l'area su cui è stato condotto lo studio dei centri di pericolo è pari a circa 2.2 km<sup>2</sup>.

Il censimento ha preso in considerazione i centri di pericolo elencati nella Tabella 24, che sono stati rilevati con le seguenti modalità:

- osservazione sul campo, più dettagliata nelle immediate vicinanze dei pozzi di oggetto;
- controllo, aggiornamento e integrazione dei dati rilevati mediante consultazione di foto aeree.

I centri di pericolo osservati sono stati rappresentati in forma areale e lineare a seconda della tipologia. Nell'ambito del censimento sono state fatte le seguenti considerazioni:

- la viabilità lineare (centro di pericolo 4E) è rappresentata da strade di servizio sterrate in terra battuta a limitata percorrenza;
- sono stati rappresentati tutti gli edifici presenti nell'area indagata: in questa fase non sono stati distinti edifici con fondazioni profonde (centro di pericolo 4A), con fognatura biologica o fossa *imhoff* (centro di pericolo 2A), parcheggi o locali interrati (centro di pericolo 4B) e cisterne interrate di idrocarburi per riscaldamento (centro di pericolo 4C); ogni edificio è indicato in carta come potenziale sede di questi centri di pericolo sopracitati; indagini più dettagliate, ad esempio riguardo alla tipologia di fondazioni degli edifici, potranno eventualmente ridurre questo areale;

Il rilievo ha evidenziato l'assenza di potenziali centri di pericolo nell'area indagata, ed in particolare all'interno delle Zone di Tutela Assoluta e di Rispetto (cfr. paragrafo 10.3). In particolare, si è riscontrato che le abitazioni presenti in questo settore vallivo sono tutte ubicate a valle delle captazioni, al di fuori dell'area di protezione (abitato di Peuterey). La

strada comunale carrozzabile asfaltata della Val Veny è localizzata sull'altra sponda idrografica e non sono presenti altre opere pubbliche a monte delle captazioni.

Le attività agricole all'interno dell'area di influenza della captazione, ed anche più a monte, sono sospese in virtù di un contratto di locazione dei terreni stipulato dalla Società Sorgenti Monte Bianco Terme di Courmayeur S.p.A. con i proprietari dei terreni.

Il censimento dei centri di pericolo è evidenziato su carta tematica redatta in scala 1:5.000 su base cartografica CTR nella quale sono state riportate (cfr. tavola allegata fuori testo):

- limite dell'area indagata;
- ubicazione delle risorse idriche indagate;
- delimitazione dell'area di concessione alla Società Monte Bianco Terme di Courmayeur S.p.A.;
- delimitazione della Zona di Rispetto, entro la quale non si possono svolgere attività agricole, né antropiche, né di trasformazione del suolo;
- delimitazione della Zona di Tutela Assoluta, definita da una circonferenza attorno al singolo pozzo avente un raggio di 10 metri;
- rappresentazione dei potenziali centri di pericolo all'interno dell'area indagata.

| Gruppo | Codice | Descrizione  | Rischio principale connesso  |
|--------|--------|--|--|
| 1      |        | <b>Attività agricole e di verde pubblico</b>   | Vedi singole voci.   |
| 1      | A      | Centri aziendali con allevamenti zootecnici  | Attività passibile di gestioni scorrette, con rischio di contaminazione di acque superficiali e sotterranee. Si vedano inoltre le singole voci.                                    |
| 1      | A1     | Contenitori per lo stoccaggio degli effluenti zootecnici   | Contaminazione per infiltrazioni dal fondo (di effetto variabile in relazione all'efficienza della protezione artificiale e del grado di protezione naturale).                     |
| 1      | A2     | Stabulazione di capi animali su aree esterne   | Rischio di contaminazione in funzione delle modalità di allontanamento e delle caratteristiche dei dispositivi di collettamento dei percolati e del ricettore finale.              |
| 1      | B      | Centri di prima lavorazione e trasformazione di prodotti agricoli (senza allevamento)                  | Rischio di contaminazione per fuoriuscita di acque reflue di lavorazione in seguito a rottura o lesioni di manufatti e/o delle opere di impermeabilizzazione.                      |
| 1      | C      | Esercizio di attività agrosilvicolture e mantenimento di impianti di verde anche pubblico e attrezzato | Vedi singole voci.   |
| 1      | C1     | Spandimento di liquami zootecnici  | Contaminazione per infiltrazione dalla superficie topografica (probabilità di apporti eccedenti agli asporti delle colture).   |
| 1      | C2     | Trattamenti con fitosanitari e biocidi   | Come 1.C1 (pericolosità e tossicità dei principi attivi).  |
| 1      | C3     | Distribuzione di fanghi biologici e composti da rifiuti e fanghi                                       | Come 1.C1 (da segnalare la possibile presenza di composti organici tossici e metalli pesanti).   |
| 1      | C4     | Concimazione tradizionale chimica  | Come 1.C1.   |
| 1      | C5     | Concimazione tradizionale con letame   | Come 1.C1 (minor rischio sull'entità dei dosaggi).   |
| 1      | C6     | Irrigazione con acque superficiali   | Ridotto rischio di contaminazione, salvo che in presenza di scadenti parametri qualitativi delle acque impiegate, con particolare riferimento allo scorrimento e alla sommersione. |
| 2      |        | <b>Opere igienico-sanitarie e scarichi acque reflue</b>  | Vedi singole voci.   |
| 2      | A      | Fosse biologiche e/o Imhoff  | Fuoriuscita dei liquami, con possibile contaminazione.   |
| 2      | B      | Pozzi neri a tenuta  | Come 2.A, con eventuale maggior rischio in relazione alla vetustà e caratteristiche dei manufatti.   |
| 2      | C      | Dispensori (pozzi perdenti) o eventuali dispositivi di sub-irrigazione                                 | Diffusione di elementi contaminanti al di sotto dello strato di protezione naturale dell'acquifero.  |

**Relazione geomineraria**

| Gruppo | Codice | Descrizione   | Rischio principale connesso  |
|--------|--------|---|--|
| 2      | D      | Reti e collettori fognari   | Rischio di contaminazione per lesioni, rotture o perdite dei manufatti di accumulo, trattamento, collettamento;  |
| 2      | E      | Impianti di depurazione acque reflue  | Come 2.D.  |
| 2      | F      | Scarico diretto in acque superficiali in assenza di trattamenti (scarichi tal quali fuori limite di accettabilità)                  | Contaminazione dell'acquifero per eventuale infiltrazione dal fondo del ricettore.   |
| 2      | G      | Scarico in acque superficiali previo trattamento biologico e/o chimico-fisico   | Rischio di contaminazione per rottura dei manufatti di collettamento.  |
| 3      |        | <b>Attività comportanti detenzione e stoccaggio di materiali pericolosi e/o produzione di rifiuti pericolosi o tossici e nocivi</b> | Vedi singole voci.   |
| 3      | A      | Attività di trattamento e smaltimento rifiuti   | Rischio di contaminazione degli acquiferi per lisciviazione del percolato.   |
| 3      | B      | Centri di raccolta e rottamazione autoveicoli   | Rischio di sversamenti e dilavamento di sostanze nocive.   |
| 3      | C      | Distributori di carburanti per autotrazione   | Rischio di rottura degli stoccaggi, specie se interrati.<br>Rischio di contaminazione per dilavamento degli eventuali sversamenti incidentali, o connessi alla gestione dell'attività. |
| 3      | D      | Piazzole per il lavaggio di veicoli o il travaso di idrocarburi   | Come 3.B.  |
| 3      | E      | Aree destinate ad attività produttive, artigianali e commerciali  | Aree potenzialmente soggette all'incremento complessivo dei centri di pericolo.  |
| 3      | F      | Lavorazioni comportanti ricaduta di polveri contaminanti su coperture e superfici di pertinenza                                     | Rischio di contaminazione per dilavamento delle superfici.   |
| 3      | G      | Attività estrattive e/o minerarie   | Diminuzione dello strato di protezione naturale dell'acquifero.<br>Alterazione delle direttrici di deflusso sotterraneo.<br>Rischio di uso improprio degli invasi.                     |
| 3      | H      | Macelli e mercati bestiame  | Come 2 a seconda del recapito terminale degli effluenti; ulteriore rischio di contaminazione per infiltrazione da stoccaggi e fosse di accumulo di materiali putrescibili.             |
| 3      | I      | Centrali per la produzione di energia elettrica e termica   | Come 3.C nel caso di combustibili liquidi; il grado di rischio dipende dalla natura del combustibile utilizzato (rischio minore nel caso di utilizzo del gas metano).                  |
| 3      | L      | Centri ospedalieri e case di cura   | Rischio di contaminazione per rottura, lesioni o perdite dei dispositivi di collettamento delle acque reflue; alta probabilità di presenza di patogeni nelle acque reflue.             |
| 3      | M      | Servizi cimiteriali con inumazioni interrate  | Contaminazione per infiltrazione di prodotti di decomposizione.  |
| 3      | N      | Bacini idrici per pesca sportiva, nautica, motonautica  | Possibile contaminazione per infiltrazione dal fondo del bacino, variabile in relazione alla qualità delle acque di alimentazione ed agli usi.   |
| 3      | O      | Campeggi ed aree attrezzate per roulotte  | Rischio connesso alla rottura dei sistemi di collettamento delle acque reflue, variabili a seconda dei ricettori finali.   |
| 3      | P      | Parcheggi pubblici (anche in connessione con attività di servizio)  | Dilavamento delle acque di prima pioggia contaminate.  |
| 4      |        | <b>Infrastrutture ed aree edificate</b>   | Vedi singole voci.   |
| 4      | A      | Fondazioni profonde (palificate)  | Fattore di rischio connesso alla formazione di linee preferenziali di infiltrazione dalla superficie   |

| Gruppo | Codice | Descrizione   | Rischio principale connesso  |
|--------|--------|---|--|
|        |        |   | topografica o dagli strati intermedi in grado di ridurre localmente la protezione naturale dell'acquifero.   |
| 4      | B      | Parcheggi e locali interrati  | Elementi di alterazione in grado di ridurre localmente la protezione naturale dell'acquifero e/o perturbarne il regime idrodinamico.   |
| 4      | C      | Cisterne interrate di idrocarburi per riscaldamento   | Come 3.C (salvo la maggior pericolosità del potenziale inquinante).  |
| 4      | D      | Parcheggi di pertinenza   | Come 3.P (minor rischio, in funzione della minor estensione).  |
| 4      | E      | Viabilità   | Ricaduta laterale di agenti inquinanti aerodispersi, con possibile infiltrazione dalla superficie topografica, di pericolosità variabile in relazione al grado di protezione naturale e all'intensità del traffico.<br>Dilavamento di sostanze antigelive.<br>Rischio di sversamenti, incidentali o dolosi di sostanze nocive. |
| 4      | F      | Oleodotti, gasdotti, metanodotti  | Rischio connesso a perdite e/o rottura con conseguente fuoriuscita di materiali pericolosi.  |
| 5      |        | <b>Pozzi ad uso diverso dall'idropotabile</b>   | Vedi singole voci.   |
| 5      | A      | Pozzi domestici   | Rischio di costituire, in caso di abbandono e/o mancato presidio, via preferenziale per eventuali sversamenti anche dolosi.<br>Rischio di scorretta esecuzione (finestratura plurima con interconnessione di orizzonti acquiferi superficiali e profondi).   |
| 5      | B      | Pozzi industriali a servizio di insediamenti produttivi e pozzi agricoli  | Come 5.A inoltre possono creare turbativa al regime idraulico dell'acquifero a causa dell'eccessivo utilizzo.  |
| 5      | C      | Pozzi d'uso civile tecnologico (fluido di scambio termico) con reimmissione in falda (pompe di calore acqua- acqua) | Come 5.B inoltre possono rappresentare un fattore di inquinamento termico.<br>Rischio di immissione diretta di inquinanti in caso di rotture dei circuiti.   |

Tabella 24 Lista di controllo finalizzata all'analisi dei centri di pericolo (punto 6 dell'Allegato A del DPGR 15/R)

## 10.2 Valutazione della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero

Vengono qui riportati i caratteri salienti e utilizzati ai fini della valutazione della vulnerabilità intrinseca delle acque sotterranee captate. Anche in questo caso è stata presa ad esempio la metodica proposta dal regolamento 15/R del 11/12/2006 della Regione Piemonte, in ottemperanza con il D.lgs. 152/2006 - Articolo 94. Nella valutazione sono stati pertanto presi in considerazione i seguenti elementi:

- soggiacenza della superficie piezometrica;
- profondità e tipologia dell'acquifero;
- natura della zona non satura.

I due pozzi P4 e P5 si approfondiscono di 35 m dal piano campagna, attraversando i terreni superficiali afferenti ai complessi detritico colluviale ed alluvionale e i depositi fluvioglaciale più in profondità.

I terreni detritico colluviali ed alluvionali localizzati al piede dei versanti ed in corrispondenza dello sbocco dei principali impluvi, costituiscono un complesso idrogeologico avente permeabilità per porosità globalmente media e localmente elevata. I depositi fluvioglaciali, caratterizzati da depositi a pezzatura medio-grossolana e localmente immersi in una matrice sabbioso limosa da debolmente a fortemente cementata, costituiscono un complesso idrogeologico sede di falde locali e temporanee, laddove i depositi sono ad-

dossati ai versanti e di falde permanenti all'interno dei depositi glaciali presenti lungo il fondovalle e le confluenze dei ghiacciai del Miage e della Brenva con la valle principale. Il complesso può essere sede di falde localmente sovrapposte e compartimentate, separate tra loro da depositi glaciali di fondo. Le falde presenti all'interno di questo complesso sono ricaricate prevalentemente dalle acque di fusione dei ghiacciai presenti nell'area studiata, nonché dalle nevi di scioglimento; risultano avere un livello piezometrico particolarmente elevato durante i periodi primaverili.

L'acquifero emunto è quindi costituito da prevalenti ghiaie grossolane in matrice argillosa, come testimoniato dalle stratigrafie dei pozzi in oggetto allegati alla Relazione Tecnica (SDS7-37-23-DTG1)

Le misure di soggiacenza indicano una profondità della falda compresa tra 2 e 10 m dal p.c. e una direzione di flusso generalmente orientata OSO – ENE. Il gradiente idraulico individuato è di circa 0.014 %. La caratterizzazione idrodinamica dell'acquifero è stata valutata a partire da due prove di pompaggio a lunga durata condotte su pozzi adiacenti (distanti 170 m in direzione SW dal pozzo P4), il cui esito ha fornito un valore di trasmissività pari a  $8.11 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . Tutti i parametri considerati evidenziano una vulnerabilità dell'acquifero da media a elevata.

### 10.3 Aree di Salvaguardia

Le aree di salvaguardia sono distinte in zone di tutela assoluta e zone di rispetto:

- la Zona di Tutela Assoluta avente un raggio di 10 metri dal punto di captazione, adibita all'esclusivo utilizzo delle infrastrutture di captazione dell'acqua minerale, entro la quale non si possono svolgere attività agricole, né antropiche, né di trasformazione del suolo, se non previa autorizzazione della Giunta regionale;
- la Zona di Rispetto all'interno della quale "*... sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:*
  - a) *dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;*
  - b) *accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;*
  - c) *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;*
  - d) *dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche proveniente da piazzali e strade.*
  - e) *aree cimiteriali;*
  - f) *apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;*
  - g) *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;*
  - h) *gestione di rifiuti;*
  - i) *stoccaggio di prodotti ovvero, sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;*
  - l) *centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;*
  - m) *pozzi perdenti;*
  - n) *pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distri-*

*buzione. È comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta...".*

- la Zona di Protezione, che corrisponde alla presumibile area di ricarica delle falde. La sua perimetrazione deve essere basata su specifici criteri idrogeologici; in assenza dei quali sarà estesa per almeno 2000 metri di raggio.

La delimitazione dell'area sopra citata, definita in fase di richiesta della subconcessione, garantisce la tutela della risorsa idrica senza possibili interferenze che possano direttamente o indirettamente costituire il degrado della risorsa e delle infrastrutture della captazione (come evidenziato dettagliatamente nel Paragrafo "Censimento dei centri di pericolo").

La tipologia delle opere di presa, la situazione locale di vulnerabilità e rischio di della risorsa non rendono necessaria un'ulteriore suddivisione della zona di Rispetto in Zona di Rispetto Ristretta e Zona di Rispetto Allargata. Nella Tav. 6 allegata alla presente relazione è mostrata la delimitazione delle aree.

Le aree così definite limitano le attività agricole e antropiche a monte e a valle dei pozzi di emungimento. Il concetto di monte e valle si deve necessariamente riferire all'andamento della superficie piezometrica della falda captata dal campo pozzi. La relazione idrogeologica a corredo della domanda di rinnovo della concessione descrive la campagna di rilevamento piezometrico che ha permesso di ricostruire l'andamento della falda in questo settore di valle.

Il rilievo piezometrico è stato condotto sui punti P1, Pp e PZ2. Inoltre, indicazioni importanti per ricostruire l'andamento della superficie piezometrica sono legate alla localizzazione delle sorgenti ed in particolare la Sorgente storicamente conosciuta come Laghetto delle Vergini, situata a ridosso del versante.

Nella carta di Figura 7 è mostrato l'andamento della superficie piezometrica rilevata.

La ricostruzione effettuata mette in evidenza una direzione media di deflusso variabile, con direttrici di deflusso sotterraneo sub-parallele all'asse vallivo in corrispondenza del centro della piana (non lontano dall'alveo della Dora di Veny) e fortemente deformate a ridosso del versante sinistro orografico, nei pressi del campo pozzi.

Infatti, se si analizzano i valori assoluti riportati al livello del mare delle superfici piezometriche dei pozzi analizzati ci si accorge che, mentre esiste una correlazione plano-altimetrica coerente tra il pozzo P1 ed il pozzo di pompaggio Pp, con normale andamento della piezometrica verso valle, il rapporto tra le superfici piezometriche di Pp e PZ2 mostra un'anomalia in quanto la piezometrica di Pp è posizionata a quota assoluta di 1506 e quella di PZ2 ha un valore di 1503.9 m, il che determina un gradiente di 2.1 metri tra i due pozzi, che sono posti a soli 72 metri di distanza. Si noti inoltre che tale quota (1504 m c.a.) corrisponde alla quota p.c. di risorgenza della sorgente denominata S3 precedentemente citata ed avente caratteristiche chimico-fisiche del tutto comparabili a quelle di PZ2.

Pertanto, tali osservazioni portano a supporre che, plausibilmente con il contesto geomorfologico osservato, a ridosso del versante vi sia una zona a più alta permeabilità costituita in prevalenza da depositi grossolani di origine mista. Lungo questa fascia si determina in questo modo un canale sotterraneo di deflusso preferenziale delle acque fortemente ali-

mentato dalle acque provenienti dal versante e subordinatamente dalla falda principale del fondovalle.

Per questo motivo si suppone che tra i piezometri Pp e PZ2 le linee di deflusso delle acque tendano ad essere orientate dal Pozzo Pp al piezometro PZ2, per poi defluire verso la sorgente S3.

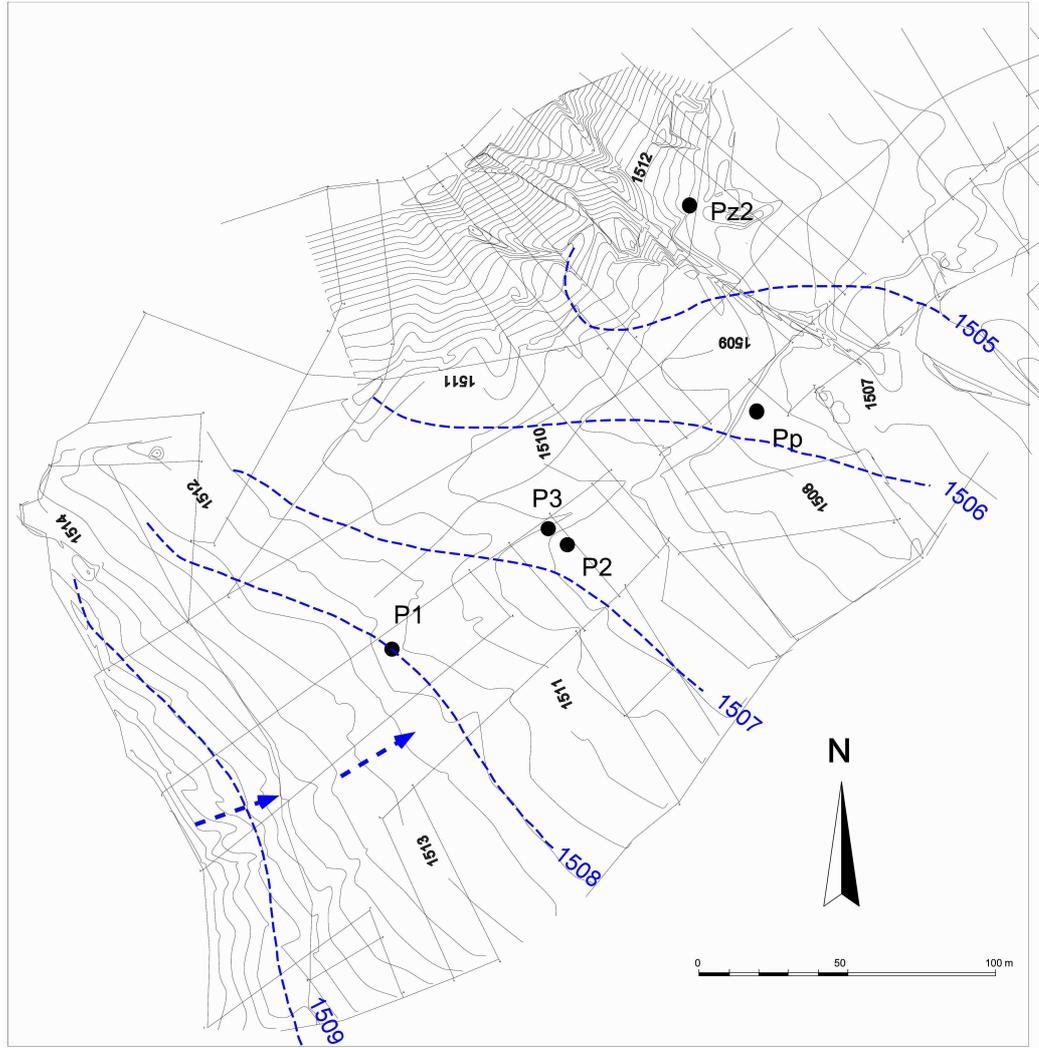


Figura 7 Carta piezometrica della falda captata dai pozzi di emungimento

Per quanto riguarda la gestione dell'area di protezione entro la quale non si possono svolgere attività agricole né antropiche, citiamo il fatto che la Società Monte Bianco ha stipulato un contratto con i proprietari dei terreni, che indennizza loro il mancato guadagno per lo svolgimento delle attività di pascolo, assicurando in questo modo l'assenza di pericolo di inquinamento alle captazioni. Nelle aree a monte di questi terreni il versante è acclive, prevalentemente roccioso ed impraticabile al pascolo.

Nella Figura 8 sono indicati i pozzi di captazione e l'area di concessione mineraria con le relative Zona di Tutela Assoluta e di Zona Rispetto. Nella Figura 9 è riportata, a scala più ampia, la Zona di Protezione estesa a tutto il bacino idrografico sotteso dai pozzi.

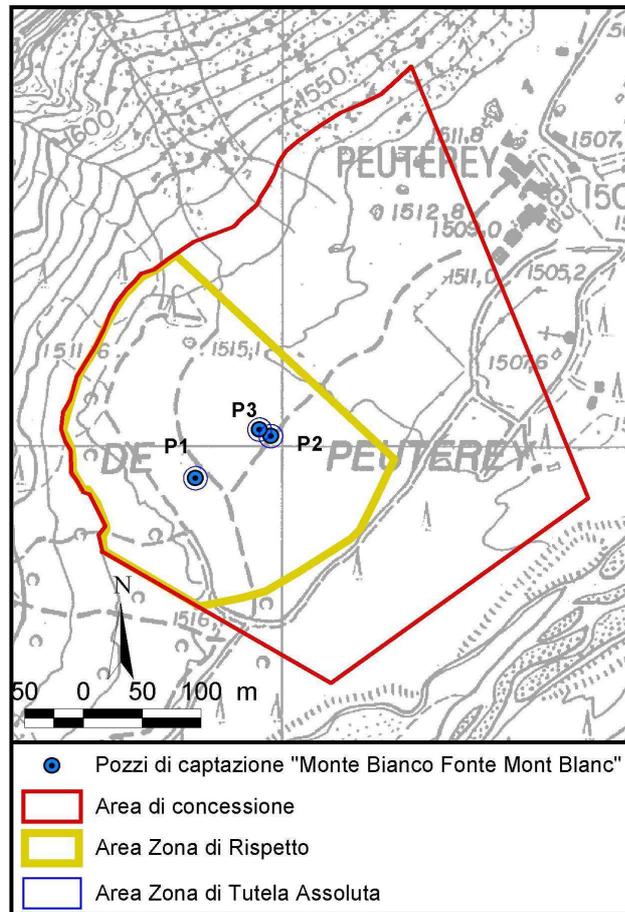


Figura 8 Zona di Tutela Assoluta e di Zona Rispetto dei pozzi P1, P2 e P3 di captazione della Fonte Mont Blanc, su stralcio di Carta Tecnica Regionale e con l'indicazione delle captazioni e dell'area di concessione mineraria.

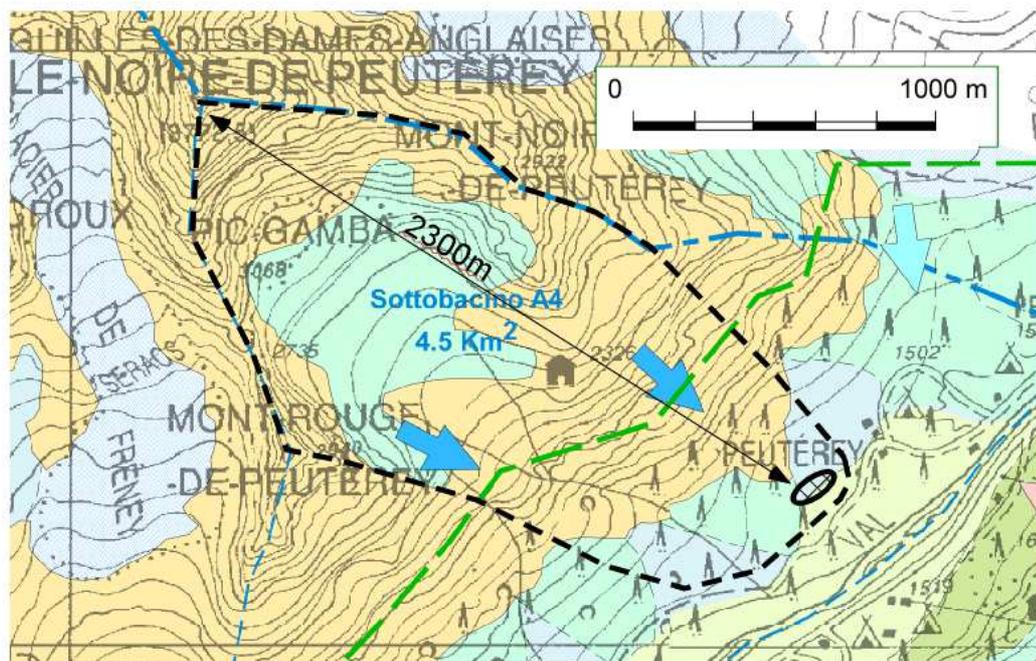


Figura 9 Zona di Protezione estesa dei pozzi di captazione della Fonte Mont Blanc, su stralcio della carta idrogeologica (Tav. 3 allegata).

La Zona di Tutela Assoluta, di proprietà della Società Sorgenti Monte Bianco Terme di Courmayeur S.p.A., è adibita all'esclusivo utilizzo delle infrastrutture di captazione dell'acqua minerale.

Nella Zona Rispetto non vengono svolte attività agricole, né antropiche, né di trasformazione del suolo. Queste limitazioni sono garantite mediante un apposito contratto di locazione che la Società Sorgenti Monte Bianco Terme di Courmayeur S.p.A. ha stipulato con i proprietari dei terreni, assicurandosi in questo modo l'assenza di attività agricole.

Tali delimitazioni erano già state definite precedentemente e si sono confermate valide durante il periodo di sfruttamento dei pozzi (20 anni), non avendo mai registrato fenomeni di contaminazione delle acque emunte.

Infine, la Zona di Protezione è stata definita in occasione di questa richiesta di rinnovo della concessione ed include l'area a monte dei pozzi, estesa fino alla cima Aguille Noire de Peuterey (3773 m s.l.m.), che dista in pianta circa 2300 m.

## 11 Verifica di compatibilità con i rischi di valanga, frana ed esondazione

Questo capitolo illustra l’analisi della compatibilità delle opere presenti nella concessione mineraria con i rischi naturali di frana, valanga ed esondazione.

### 11.1 Rischi naturali individuati

La tipologia ed il grado di pericolosità dei dissesti idrogeologici legati a fenomeni di esondazione e di frana sono stati ripresi dal *GeoPortale* della Regione Valle d’Aosta e dal sito web del Comune di Courmayeur. Per quanto attiene al dissesto valanghivo si è fatto riferimento al Catasto Valanghe della Regione Valle d’Aosta.

#### 11.1.1 Valanghe

L’area di concessione è interessata marginalmente dall’accumulo della valanga del “Peuterey” e del “Glacier-de-Combalet”. Nella successiva figura, tratta dal Catasto Valanghe della Regione Valle d’Aosta, il perimetro rappresenta la sommatoria degli eventi che dall’inizio degli anni ’70 sono stati censiti dall’Ufficio neve e valanghe, quindi individua il massimo ingombro ad oggi conosciuto. Il nuovo pozzo ricade presso la massima linea di arresto ad oggi conosciuta della valanga del “Glacier-de-Combalet”.

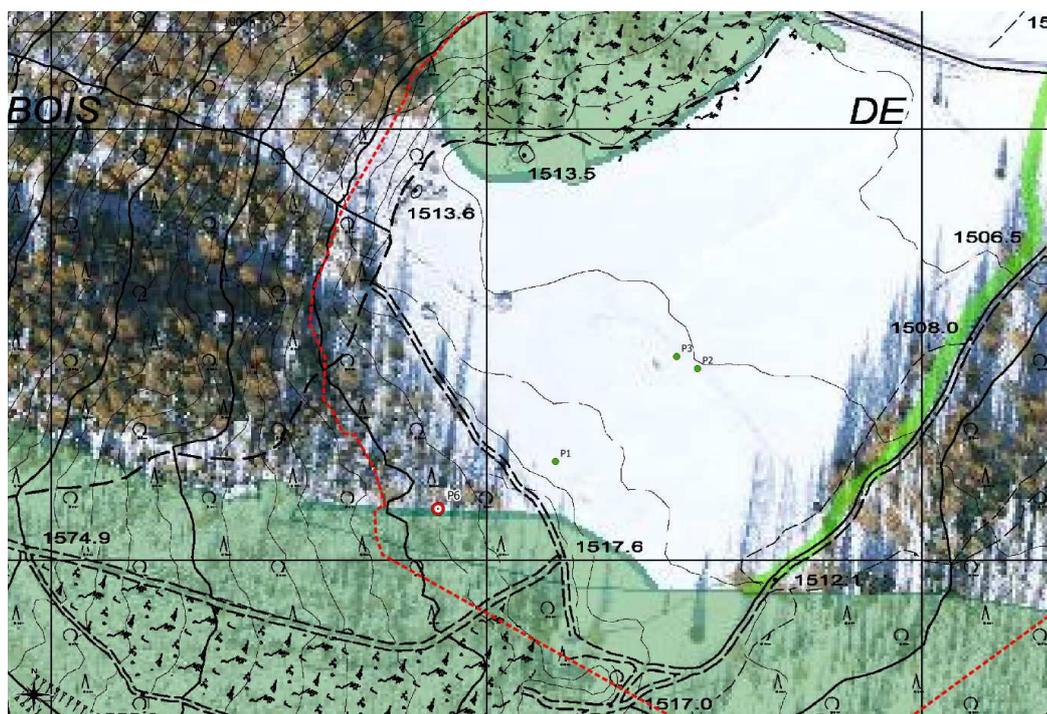


Figura 10 Stralcio della Catasto Valanghe della Regione Valle d’Aosta con ubicazione dei pozzi di captazione.

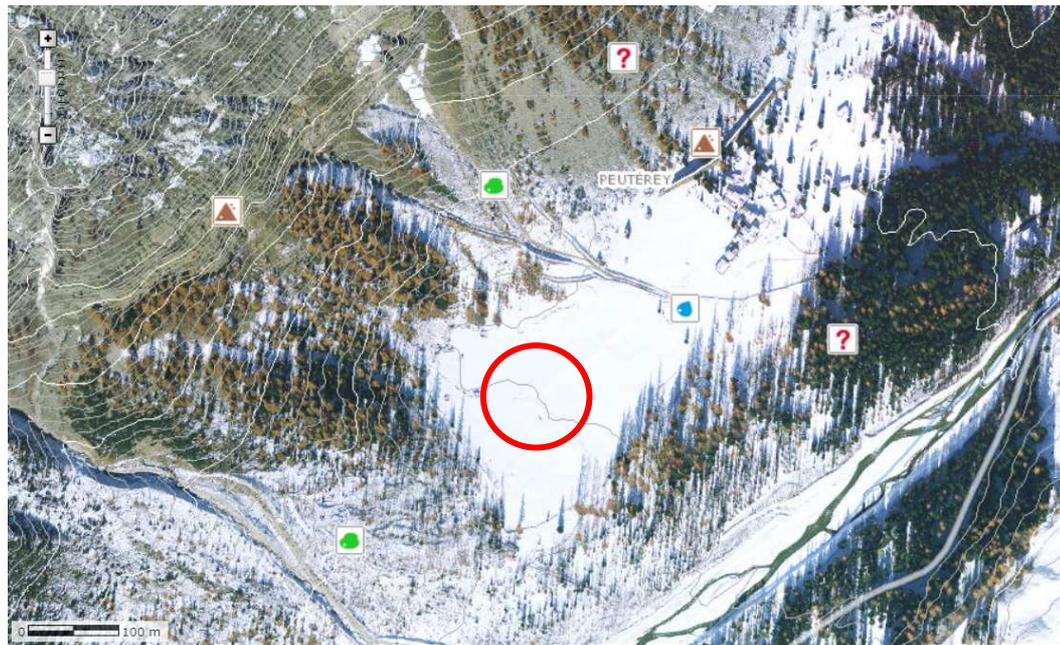
La tabella riporta le principali caratteristiche morfometriche della valanga di Peuterey.

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>Denominazione:</b>        | Mont-Noir-de-Peterey_Peuterey Mont-Noir-de-Peterey - Peuterey |
| <b>Comprensorio:</b>         | Val Veny  |
| <b>Comune:</b>               | Courmayeur  |
| <b>Tipologia:</b>            | Distacco spontaneo  |
| <b>Origine censimento:</b>   | Dato storico e recente (ante e post 2004)                     |
| <b>Quota max:</b>            | 2912  |
| <b>Quota min:</b>            | 1502  |
| <b>Eventi registrati:</b>    | 13  |
| <b>Evento 1:</b>             | 12/01/2016  |
| <b>Evento 2:</b>             | 01/2013   |
| <b>Evento 3:</b>             | 2011  |
| <b>Evento 4:</b>             | 25/12/2009  |
| <b>Evento 5:</b>             | 2009  |
| <b>Evento 6:</b>             | 2008  |
| <b>Evento 7:</b>             | 15/02/2007  |
| <b>Evento 8:</b>             | 15/01/2007  |
| <b>Evento 9:</b>             | 1992  |
| <b>1° evento registrato:</b> | 07/03/1952  |

Tabella 25 – Principali elementi morfologici e di distacco della valanga Peuterey.

### 11.1.2 Frane

Nella figura seguente sono indicati i dissesti censiti dal GeoPortale, dove sono state evidenziati tutte le tipologie di frane (Crollo, Scivolamento, Colamento rapido, Complesso, Altri fenomeni gravitativi, DGPV), *Debris flow* e Inondazioni (Erosione spondale, Esondazione, altri fenomeni).



### Legenda - Tema catasto dissesti

#### Simbologia

|     |   |
|-----|---|
| ○ — | n.d.  |
| ●   | caduta massi                                  |
| ● — | frana per crollo                              |
| --- | frana traiettoria                             |
| ●   | frana di scivolamento                         |
| ●   | colamento lento                               |
| ● — | colamento rapido                              |
| ●   | sprofondamento                                |
| ● — | frana complessa                               |
| ● — | debris flow                                   |
| ■   | danni   |
| ●   | Deformazione Gravitativa Profonda di Versante |
| ●   | diversione                                    |
| ●   | alluvionamento                                |
| ● — | erosione spondale                             |
| ● — | esondazione                                   |
| ● — | sovralluvionamento in alveo                   |
| ● — | instabilità potenziale                        |
| ● — | Area soggetta a crolli diffusi                |
| ● — | Area soggetta a frane superficiali diffuse    |

#### Etichette rapide

|   |                              |
|---|------------------------------|
| ? | Fenomeni non determinati     |
| ▲ | Fenomeni gravitativi         |
| ■ | Colate detritico-torrentizie |
| ■ | Inondazioni                  |

Figura 11 Cartografia dei dissesti, tratta dal GeoPortale della VdA e relativa legenda. L'ubicazione approssimativa della captazione Fonte Monte Bianco è indicata dal cerchio rosso.

Nel PRGC di Courmayeur, l'area di subconcessione ricade per la maggior parte in area F1 caratterizzata da grande pericolosità per fenomeni di caduta massi, parte in F2 (aree dissestata di media pericolosità) e in una minima parte in area F3 (aree dissestata di bassa pericolosità). I pozzi ricadono in area F1 ed F2.

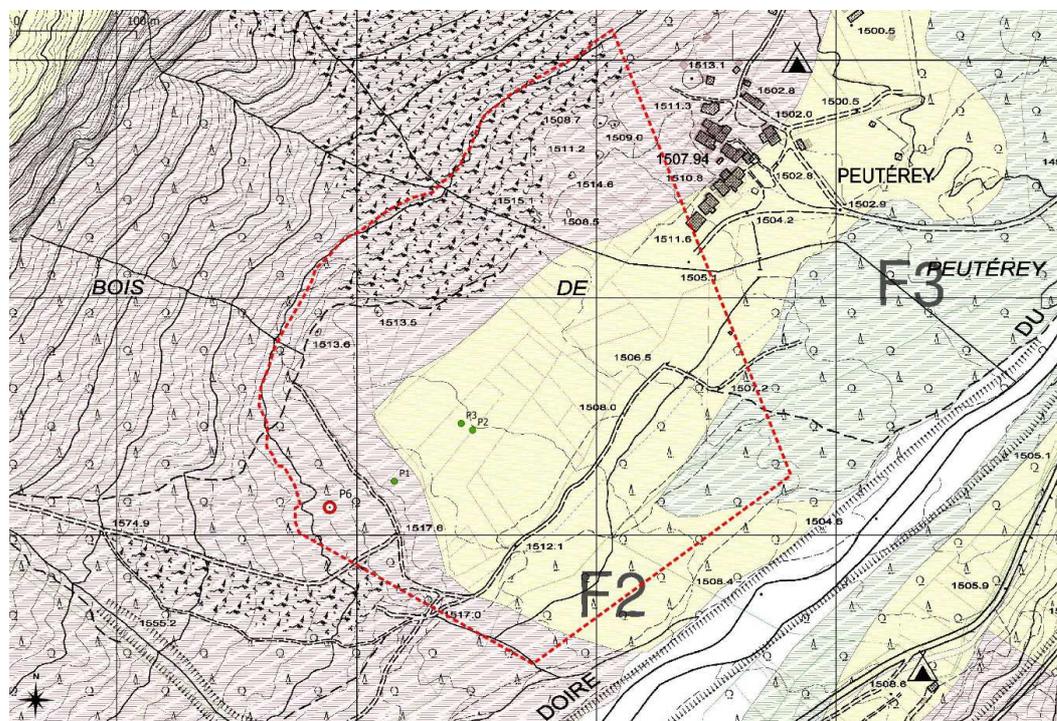


Figura 12 Stralcio della Carta degli ambiti inedificabili per frana del PRGC con ubicazione dei pozzi di captazione.

### 11.1.3 Esondazioni

Nel PRGC di Courmayeur, l'area di concessione ricade per la maggior parte in fascia B caratterizzata da media pericolosità di esondazione da parte del torrente Peuterey, parte in fascia A (aree a pericolosità elevata) e in una minima parte in Fascia C (area a bassa pericolosità).

I pozzi P1, P2 e P3 ricadono in area fascia B, caratterizzata da media pericolosità di esondazione.

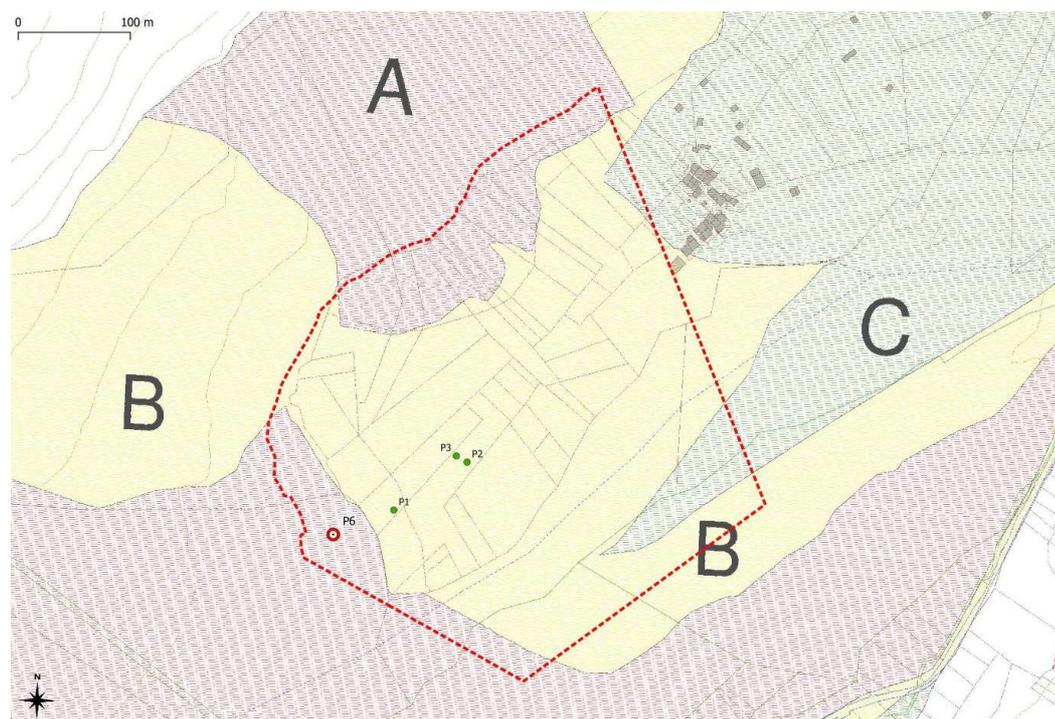


Figura 13 Stralcio della Carta degli ambiti inedificabili per esondazione del PRGC con ubicazione dei pozzi di captazione.

#### **Esondazione in località Peuterey 20 luglio 2014**

Questo fenomeno è codificato L-20-07-2014-00 nella banca dati della Regione Valle d'Aosta, descritto nella scheda 25721, sottocategoria esondazione.

A seguito di un evento temporalesco un rivo secondario in località Peuterey è esondato inondando circa 2000 mq dei settori prativi. (lato sud torrente). Non ha avuto interferenze con le pertinenze minerarie in concessione.



*Figura 14 Fenomeno di esondazione in località Peuterey (codice L-20-07-2014-00, GeoPortale VdA).*

## **11.2 Compatibilità delle opere con i rischi naturali**

Le pertinenze minerarie di captazione (3 pozzi) sono interrati, così come le tubazioni di adduzione dell'acqua. Nella foto seguente si mostrano i pozzi P2 e P3 (adiacenti) durante una operazione di manutenzione, dove si evince l'assenza di opere esterne.



*Figura 15 Pozzetto di accesso alla camera di captazione dei pozzi P1 e P2 durante una manutenzione FORAPULSE nel 2017. Vista verso valle, sullo sfondo si vedono le case di Peuterey.*

Qualora una valanga dovesse seppellirle le pertinenze minerarie interrato esistenti nell'area di concessione mineraria, non sono prevedibili ostacoli al deflusso della valanga che potrebbero deviarla, e neanche impedimenti al prosieguo della produzione dello sfruttamento minerario. Lo stesso ragionamento si applica a possibili, ancorché improbabili, fenomeni di frana o esondazione.

Solo nel caso di esondazione, se dovesse persistere una lama d'acqua importante sopra la camera interrato di captazione, questo potrebbe causare la filtrazione nella camera stessa. Nel caso di un completo allagamento della camera, potrebbero generarsi interruzioni della produzione per cortocircuito elettrico.

Infine, si segnala che nel ventennio dal 1999 al 2019 di esistenza dei pozzi di emungimento non sono stati riscontrati problemi di frane, esondazioni o valanghe. La produzione non ha mai subito interruzioni dovute a fenomeni naturali di dissesto idrogeologico di questo tipo.

In conclusione, le attività estrattive e le opere esistenti nell'area per la quale si richiede la concessione mineraria “Val Veny” risultano compatibili con i rischi naturali individuati, che sono legati ai fenomeni di frana, esondazione e valanga.

## 12 Conclusioni

Nei capitoli precedenti sono state riassunte le conoscenze idrogeologiche maturate le fasi di ricerca e i venti anni di sfruttamento delle acque in concessione denominate Fonte Mont Blanc. Lo studio ha analizzato la natura e la geometria dell'acquifero sfruttato, l'andamento della superficie piezometrica e la definizione dei principali parametri idrodinamici. Particolare attenzione è stata inoltre posta nel descrivere le caratteristiche chimiche della falda, sia per ciò che riguarda le sue naturali variazioni stagionali, sia per definire il tenore della mineralizzazione totale, la definizione delle aree di protezione igienico-sanitaria dei pozzi di captazione, i centri di pericolo nell'area circostante i pozzi e la vulnerabilità intrinseca delle captazioni. La situazione riscontrata può essere riassunta come segue:

- il sito di captazione della Fonte Val Veny è localizzato sul fondovalle della Dora di Veny, a monte della quota 1500 m s.l.m.;
- l'acquifero che ospita la falda captata è di origine fluviale e fluvio-lacustre, costituito in prevalenza da sabbie grossolane e ghiaie, con subordinati orizzonti meno permeabili, da decimetrici a metrici, di limi torbosi, torbe e sabbie limose; in corrispondenza del pozzo di prova PP l'acquifero ha una potenza pari a circa 45 m e poggia su un orizzonte di depositi di probabile origine glaciale e subordinatamente detritica di potenza circa 20 m, al di sotto del quale si trova il basamento pre-quadernario;
- la caratterizzazione idrodinamica dell'acquifero, effettuata mediante prove di emungimento di lunga durata, ha permesso di identificare una falda semi-confinata e limitata lateralmente dal basamento; i parametri idrodinamici calcolati mostrano una permeabilità da media ad elevata, in grado di sopperire alle portate di esercizio richieste;
- le acque di falda presentano una composizione che può essere definita di tipo bicarbonato-calcica, con una conducibilità elettrica a 20 °C compresa tra 210 e 230  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ;
- l'alimentazione della falda è complessa. Essa è garantita in estate ed autunno prevalentemente dall'infiltrazione delle acque di scioglimento dei ghiacciai e dalle precipitazioni a quote elevate. In inverno e primavera, quando l'infiltrazione dalla superficie è scarsa, la falda di fondovalle viene ricaricata principalmente da un deflusso di base proveniente dal substrato del versante destro del bacino idrografico.
- l'area di influenza dei pozzi di emungimento è protetta mediante la gestione dell'area di protezione igienico-sanitaria. All'interno di detta area sono assenti infrastrutture, abitazioni e pratiche agricole;
- le abitazioni presenti in questo settore vallivo sono tutte ubicate a valle delle captazioni, al di fuori dell'area di protezione (abitato di Peuterey). La strada carrozzabile asfaltata della Val Veny è localizzata sull'altra sponda idrografica e non sono presenti altre opere pubbliche a monte delle captazioni;
- le attività agricole all'interno dell'area di influenza della captazione, ed anche più a monte, sono sospese in virtù di un contratto di locazione dei terreni stipulato

dalla Società Sorgenti Monte Bianco Terme di Courmayeur S.p.A. con i proprietari dei terreni;

- è possibile affermare che non sussistono interferenze tra la captazione dell'acqua minerale e gli abitati, le opere pubbliche o le pratiche agricole.