



POLITECNICO DI TORINO

**DIATI - Dipartimento di INGEGNERIA DELL'AMBIENTE, DEL
TERRITORIO E DELLE INFRASTRUTTURE**



RELAZIONE FINALE



Indice

Introduzione	3
1. Formazione del personale	4
2. Applicazione delle Linee Guida messe a punto durante il Progetto STRADA ad un nuovo test site	5
3. Metodi utilizzati per la delimitazione delle aree di salvaguardia	6
3.1 Sorgenti strumentate.....	7
Sorgente Alpe Perrot.....	7
Sorgente Cheserod bassa.....	15
Sorgente Entrebin	24
Sorgente Gabiet.....	32
Sorgente Mascognaz	41
Sorgente Pianet.....	50
Sorgente Promiod	58
Sorgente Promise.....	67
Sorgente Valmeriana2.....	74
4. Miglioramento interfaccia grafica software.....	83
5. Conclusioni.....	84
Allegato 1	85



Introduzione

A fronte dell'impatto esercitato dai cambiamenti climatici sul territorio della Regione Autonoma Valle d'Aosta, lo studio delle sorgenti montane ha acquisito negli ultimi anni un ruolo sempre più preponderante nel campo ambientale. Da ciò ne consegue l'esigenza di definire nel modo più preciso ed univoco possibile le quantità di risorse idriche disponibili per l'approvvigionamento nonché le caratteristiche fisico – chimiche al fine di valutarne l'idoneità al consumo umano e la loro tutela.

Il Progetto STRADA ha per l'appunto permesso di analizzare queste tematiche su sorgenti collocate in ambiente montano. Tali sorgenti, seppur caratterizzate da portate modeste, sono di vitale importanza per le popolazioni che risiedono in queste aree nonché per il relativo comparto turistico che in certi periodi dell'anno richiede un elevato fabbisogno idrico.

Il personale del Gruppo di ricerca in Idrogeologia Applicata del Politecnico di Torino, ai sensi del Codice dell'Ambiente, approvato con Decreto legislativo n. 152 del 3 aprile 2006, articolo 94 – aggiornato al 10 febbraio 2012 (D.L. n. 5/2012), ha redatto delle Linee Guida per la delimitazione delle aree di salvaguardia delle sorgenti montane. Per redigere queste Linee Guida, dopo accurati sopralluoghi, sono state scelte e strumentate 9 diverse sorgenti captate ed utilizzate come *test sites* su cui è stato eseguito uno studio idrogeologico ed idrogeochimico.

Per capitalizzare i risultati ottenuti dal Progetto STRADA si sono eseguite durante il Progetto STRADA 2 diverse attività: formazione del personale, ricerca di un nuovo test-site, miglioramento interfaccia grafica *software* per la determinazione della vulnerabilità intrinseca. Inoltre, si ritiene opportuno evidenziare come il Gruppo di ricerca in Idrogeologia Applicata del Politecnico di Torino ha proseguito l'attività di monitoraggio e studio delle sorgenti individuate nel corso del Progetto STRADA anche durante il periodo intercorso tra la fine dello stesso e l'inizio del Progetto STRADA 2; ciò ha consentito di ottenere una lunga serie di dati che ha permesso di migliorare la metodologia che porta alla determinazione della vulnerabilità intrinseca.



1. Formazione del personale

Nelle giornate del 9, 16 e 23 Ottobre 2015 si è tenuto presso la sede del Servizio Geologico della Regione un corso di formazione certificato, finalizzato a trasmettere le metodologie ed i risultati del progetto STRADA a tecnici dipendenti della Pubblica Amministrazione ed ai Liberi Professionisti iscritti ai relativi Collegi e Ordini. Le lezioni sono state tenute da ricercatori del Gruppo di ricerca in Idrogeologia Applicata del Politecnico di Torino, sotto la supervisione scientifica della Prof.ssa M. De Maio. A tali giornate di formazione hanno partecipato diversi professionisti afferenti all'ordine dei Geologi della Valle d'Aosta. Agli iscritti agli ordini sono stati riconosciuti i crediti formativi. Il programma dettagliato del corso si trova qui in allegato (allegato 1) e le slides proiettate sono disponibili sul sito di Fondazione Montagna Sicura che, essendo un ente di formazione accreditato ha curato la realizzazione del corso (<http://www.fondazionemontagnasicura.org/news/modulo-sorgenti--progetto-strada-20>).



2. Applicazione delle Linee Guida messe a punto durante il Progetto STRADA ad un nuovo test site

Da convenzione era previsto di applicare ad una nuova sorgente, per cui fossero disponibili dati di temperatura, conducibilità e livello registrati in continuo almeno per un anno idrogeologico, la metodologia di delimitazione delle aree di salvaguardia sviluppata durante il progetto STRADA, ma nonostante gli sforzi dei tecnici regionali in nessuna delle sorgenti, non già utilizzate per STRADA, è stata trovata la disponibilità di tali dati.

Pertanto, vista la disponibilità di tali dati per tutte le sorgenti utilizzate in STRADA, scaricati comunque dal 2010, nonostante la fine del progetto STRADA, in questi anni dai ricercatori del Politecnico di Torino, si è deciso, in accordo con i tecnici regionali di ricalibrare le aree di salvaguardia individuate al termine dello stesso con i dati acquisiti fino ad oggi.

I grafici relativi all'andamento dei parametri misurati (Livello (L), temperatura (T) e conducibilità elettrica (CE)) sono qui riportati per tutte le sorgenti tranne la sorgente di Grangette (Comune di Höne) che è stata esclusa da STRADA 2.0 in quanto, come dimostrato grazie ai dati rilevati durante STRADA, era alimentata prevalentemente da un canale di CVA.



3. Metodi utilizzati per la delimitazione delle aree di salvaguardia

Al fine di determinare il grado di vulnerabilità della sorgente è stato usato l'indice VESPA combinato con un nuovo metodo basato sulla cross correlazione.

Il metodo VESPA è basato sull'analisi delle risposte della sorgente rispetto agli eventi infiltrativi nella zona di ricarica. L'analisi congiunta della portata, della temperatura e della conducibilità elettrica costituisce lo strumento chiave, del metodo, per identificare la vulnerabilità dell'opera di captazione.

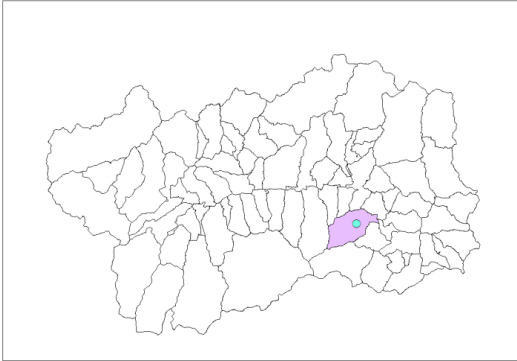
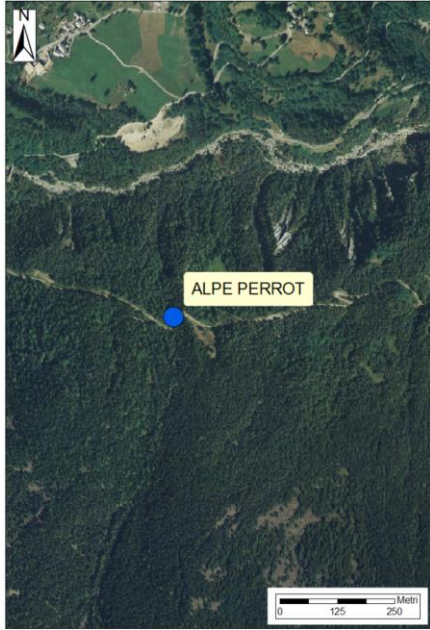
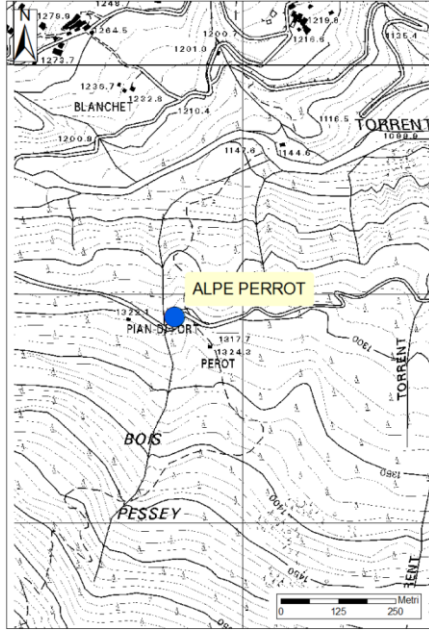
Parallelamente, al fine del calcolo del nuovo grado di vulnerabilità, secondo quanto proposto all'interno del Progetto STRADA, si è calcolata la funzione di cross-correlazione (CCF) per le coppie Q-P e CE-P. Nello specifico, avendo a disposizione un periodo di monitoraggio di alcuni anni idrogeologici si è scelto di calcolare la funzione CCF sull'intero dataset a disposizione così da ottenere un risultato mediato su più anni. In questo modo si può comprendere come la sorgente reagisca agli input infiltrativi o meglio si può ottenere un valore di time lag o tempo di risposta, a tali input, mediato su un medio – lungo periodo (mediamente 3/4 anni). Al fine di una miglior comprensione della suddivisione in periodi o anni idrogeologici, in ogni grafico riportante il confronto Portate – Precipitazioni, vengono inserite delle linee nere verticali per esplicitare tale suddivisione ed i vari periodi vengono numerati in modo progressivo da 1 a 4.

Combinando i due metodi ed attribuendo loro un peso è stata definita la vulnerabilità finale della sorgente.



3.1 Sorgenti strumentate

SORGENTE ALPE PERROT

Inquadramento geografico			
	Comune	Champdepraz	
	CTR	9458	
	DTM	608	
	Via d'accesso	Strada Comunale da Champdepraz verso le frazioni Covarey e Chantonet . Al bivio a quota 1200 m s.l.m. svoltare a sinistra per frazione Fussé	
	Sistema di Coordinate	UTM-ED50	UTM-WGS 84
	X	392444	392018
	Y	5059459	5059070
	Quota m s.l.m.	1280	
			



Il sito in oggetto è compreso all'interno delle sequenze della Zona Piemontese. Si tratta di un sistema multi falda che separa con continuità le Unità Austroalpine (Zona Sesia-Lanzo e Sistema della Dent Blanche) dalle sottostanti e più esterne falde Pennidiche del Monte Rosa, del Gran Paradiso e del Gran San Bernardo. A sud della faglia Aosta - Col-de-Joux – Ranzola, sul versante destro orografico della Valle d'Aosta, si riconoscono Unità ofiolitiche a metamorfismo eclogitico correlabili all'Unità Zermatt-Saas e Unità Piemontesi esterne analoghe da un punto di vista litologico e metamorfico alle rocce della Zona del Combin Auct. (Guide Geologiche Regionali, 1992). La sorgente denominata Alpe Perrot è ubicata in corrispondenza delle unità ofiolitiche a metamorfismo eclogitico, rappresentate da serpentiniti e subordinati metabasalti.

Per quanto riguarda le formazioni superficiali, si possono riconoscere essenzialmente depositi glaciali indifferenziati e accumuli di detrito di versante, fortemente rimaneggiati dall'azione eluvio colluviale degli agenti esterni.

Monitoraggio della sorgente

La sorgente Alpe Perrot viene monitorata da oltre 4 anni (febbraio 2011 – maggio 2015) ed ha una portata media di circa 17 l/s, una portata massima di 45 l/s ed una portata minima di 4 l/s.

La risposta della sorgente agli input infiltrativi è piuttosto rapida come si può notare in Figura 1; tale risposta è da attribuirsi ad un fenomeno di trasferimento delle pressioni idrauliche tipico di un sistema acquifero caratterizzato da un comportamento a pistonaggio.

Il fenomeno di pistonaggio è altresì confermato dal confronto delle portate con le variazioni della conducibilità (Figura 2) che mostra andamenti piuttosto sincroni.

Fa eccezione rispetto a tale andamento il primo periodo caratterizzato invece da un andamento più simile ad un fenomeno di sostituzione.

Le temperature delle acque risentono fortemente degli input esterni e del conseguente aumento di temperatura così come mostrato in Figura 3.

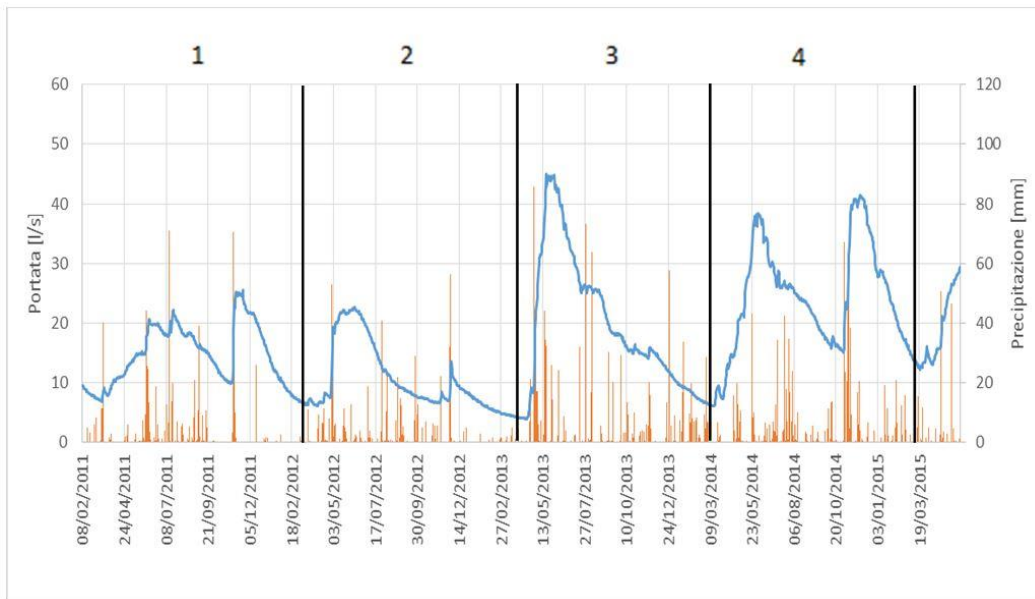


Figura 1 - Sorgente Alpe Perrot, relazione tra precipitazioni e portate

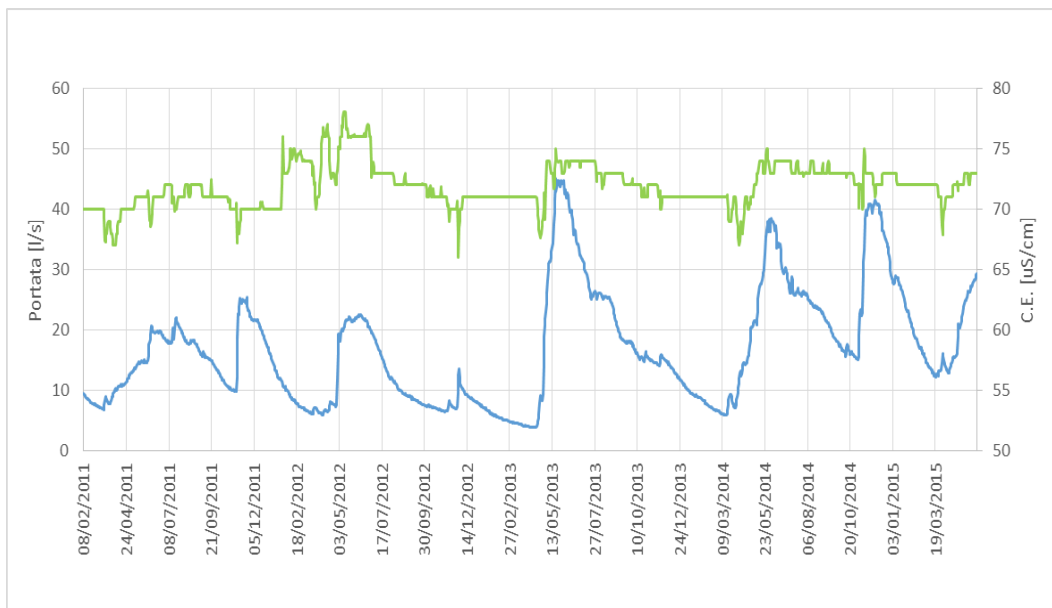


Figura 2 - Sorgente Alpe Perrot, confronto Q-CE

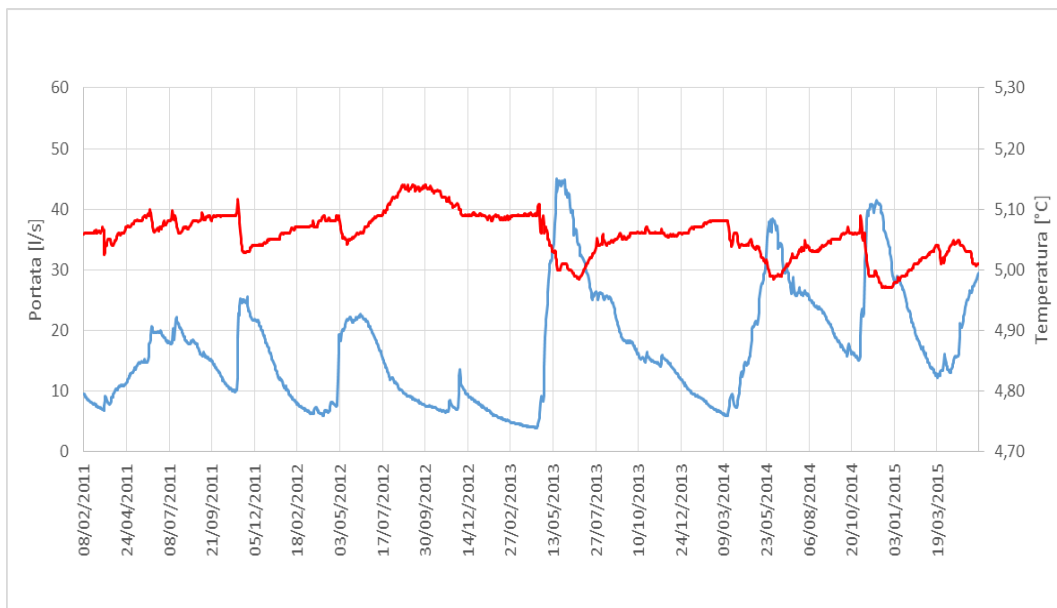


Figura 3 - Sorgente Alpe Perrot, confronto Q-T

Metodo VESPA – Calcolo dell'indice V

I parametri necessari per la determinazione dell'indice di vulnerabilità V, relativamente alla sorgente Alpe Perrot, sono riportati nelle tabelle seguenti. I dati, suddivisi per anni idrogeologici confermano quanto già emergeva dai dati di monitoraggio. Il parametro ρ risulta positivo nei periodi 2, 3 e 4 a testimonianza di un comportamento, del sistema acquifero, a pistonaggio mentre nel periodo 1 risulta pari a -0,42 evidenziando un comportamento a sostituzione.

Tabella 1: Calcolo indice V - Periodo 1

Parametri VESPA		
Tmin	5,02	[°C]
Tmax	5,21	[°C]
Beta	0,04	
Qmin	5,50	[l/s]
Qmax	41,60	[l/s]
Qmed	14,83	[l/s]
Gamma	2,43	
ρ	-0,42	
c(ρ)	-0,42	
Indice V	-0,04	



Tabella 2: Calcolo indice V - Periodo 2

Parametri VESPA		
Tmin	5,04	[°C]
Tmax	5,17	[°C]
Beta	0,02	
Qmin	3,70	[l/s]
Qmax	24,80	[l/s]
Qmed	10,48	[l/s]
Gamma	2,01	
ρ	0,75	
c(ρ)	0,37	
Indice V	0,01	

Tabella 3: Calcolo indice V - Periodo 3

Parametri VESPA		
Tmin	4,98	[°C]
Tmax	5,13	[°C]
Beta	0,02	
Qmin	3,70	[l/s]
Qmax	54,60	[l/s]
Qmed	18,66	[l/s]
Gamma	2,73	
ρ	0,82	
c(ρ)	0,41	
Indice V	0,03	

Tabella 4: Calcolo indice V - Periodo 4

Parametri VESPA		
Tmin	4,97	[°C]
Tmax	5,10	[°C]
Beta	0,02	
Qmin	6,90	[l/s]
Qmax	44,90	[l/s]
Qmed	24,31	[l/s]
Gamma	1,56	
ρ	0,49	
c(ρ)	0,24	
Indice V	0,01	



Nuovo approccio per la determinazione della Vulnerabilità

La Figura 4 e la Figura 5 riportano i cross-correlogrammi relativi, rispettivamente, ai dati di portata-precipitazioni e conducibilità elettrica-precipitazioni.

In particolare dalla Figura 5 emerge un time lag, corrispondente al massimo della funzione di cross-correlazione portata-precipitazioni, pari a 16 giorni mentre tale valore risulta essere di 10 giorni per la coppia conducibilità elettrica-precipitazioni (Figura 5).

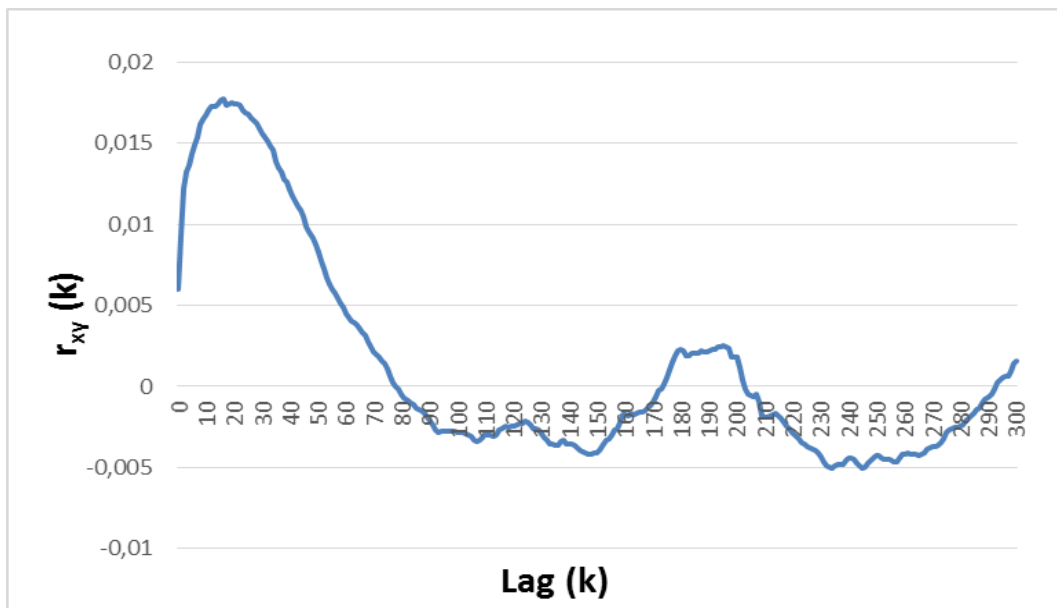


Figura 4: Cross-correlogramma per la coppia Q-P

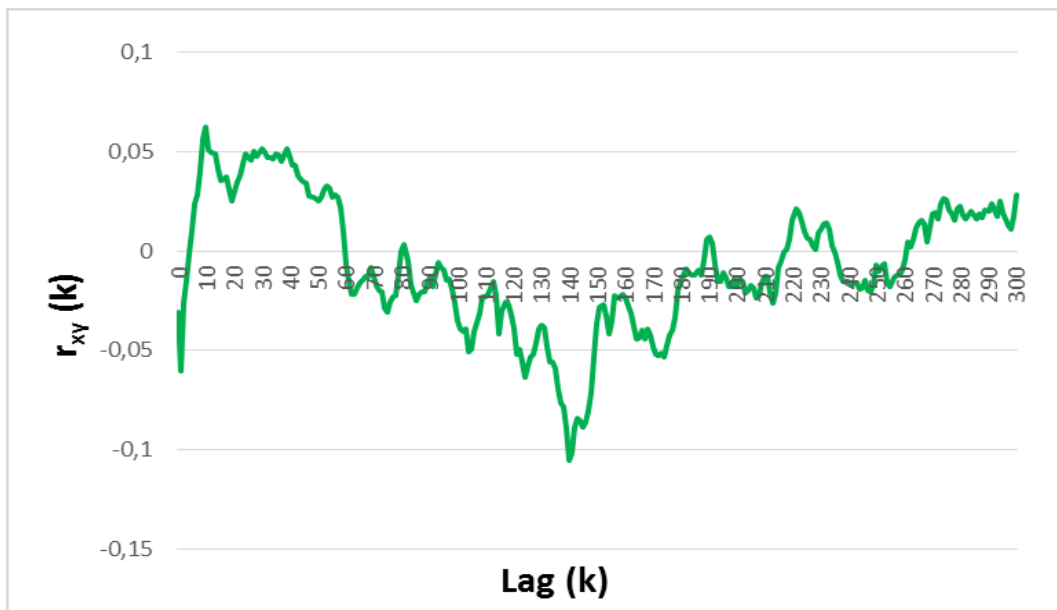


Figura 5: Cross-correlogramma per la coppia CE-P

Pesando i risultati del metodo VESPA e quelli derivanti dal nuovo approccio basato sulla cross-correlazione è stato definito un grado di vulnerabilità relativo ai diversi periodi analizzati (Tabella 5).

Tabella 5: Grado di vulnerabilità

	Indice VESPA	CCF Q-P	CCF CE-P	Grado V	Classe V
Periodo1	1	1,5	1,5	4	media
Periodo2	1	1	1	3	bassa
Periodo3	1	1	1	3	bassa
Periodo4	1	1	1	3	bassa

Sulla base della classe di vulnerabilità, tenendo conto del dato più cautelativo, è stata tracciata l'area di salvaguardia in accordo con la normativa vigente (Figura 6).

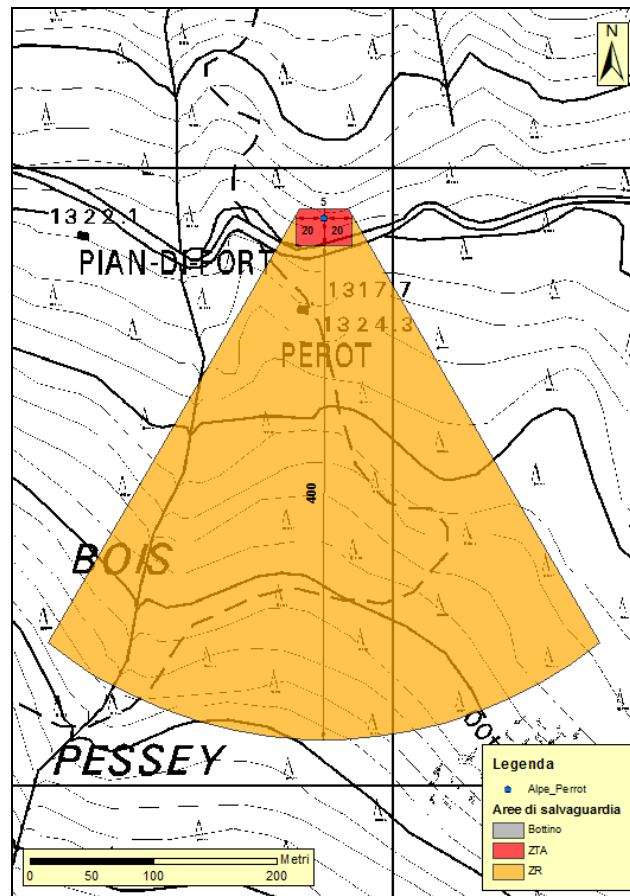
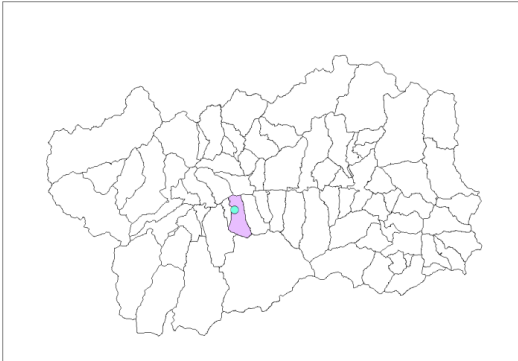
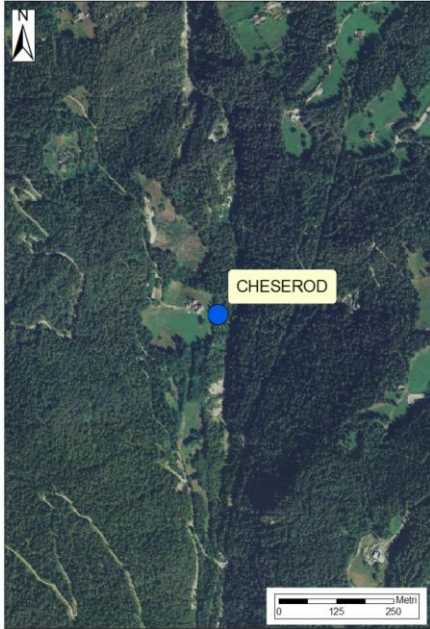
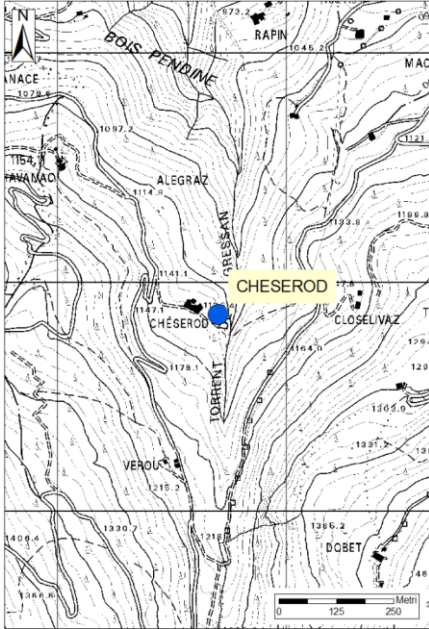


Figura 6: Delimitazione dell'area di salvaguardia

L'area di salvaguardia non evidenzia particolari criticità in quanto al suo interno non ricadono potenziali fonti di pericolo, quali edifici od opere a carattere antropico.



SORGENTE CHESEROD BASSA

Inquadramento geografico			
	Comune	Gressan	
	CTR	6662	
	DTM	511	
	Via d'accesso	Strada Regionale che da Gressan va Pila, prima di frazione Moline, imboccare strada sterrata a destra fino a frazione Chésèrod	
	Sistema di Coordinate	UTM-ED50	UTM-WGS 84
	X	367350	367270
	Y	5062430	5062230
	Quota m s.l.m.	1095	
			



Il sito in oggetto é compreso all'interno delle sequenze della Zona Piemontese. Si tratta di un sistema multi falda che separa con continuità le unità austroalpine (Zona Sesia-Lanzo e Sistema della Dent Blanche) dalle sottostanti e più esterne falde pennidiche del Monte Rosa, del Gran Paradiso e del Gran San Bernardo. A sud della faglia Aosta - Col-de-Joux – Ranzola, sul versante destro orografico della Valle d'Aosta, si riconoscono Unità ofiolitiche a metamorfismo eclogitico correlabili all'Unità Zermatt-Saas e Unità Piemontesi esterne analoghe da un punto di vista litologico e metamorfico con le rocce della Zona del Combin Auct. (Guide Geologiche Regionali, 1992). La sorgente denominata Chésérod Bassa è ubicata in corrispondenza delle unità affini a quella della Zona del Combin. Si tratta qui in prevalenza di calcescisti. Anche se non riportati nella cartografia geologica ufficiale, uno specifico sopralluogo ha consentito di descrivere nell'area numerosi affioramenti di rocce triassiche solubili, quali brecce carbonatiche, gessi e anidriti. In particolare la parete subverticale alla base della quale è ubicata l'opera di presa, è costituita da brecce carbonatiche. I clasti carbonatici sono da centimetrici a subcentimetrici, di aspetto saccaroide e di colore bianco. Essi sono immersi in una matrice fine, giallo pallido che diventa giallo ocra al contatto con i clasti. Per quanto riguarda le formazioni superficiali, si possono riconoscere essenzialmente depositi glaciali indifferenziati, fortemente rimaneggiati dall'azione eluvio colluviale degli agenti esterni.

Monitoraggio della sorgente

La sorgente Cheserod monitorata da dicembre 2010 a maggio 2015 presenta una porta media pari a 46 l/s, una portata massima di 78 l/s ed una portata minima di 36 l/s.

La risposta della sorgente agli input infiltrativi risulta piuttosto blanda e talvolta assente (Figura 7). La sorgente mostra un andamento prevalente a sostituzione (Figura 8); rispetto agli altri anni di dati, la piena autunnale del 2013 mostra un andamento della portata straordinario.

L'andamento delle temperature riportato in Figura 9 risulta essere sinusoidale e strettamente legato alle variazioni stagionali.

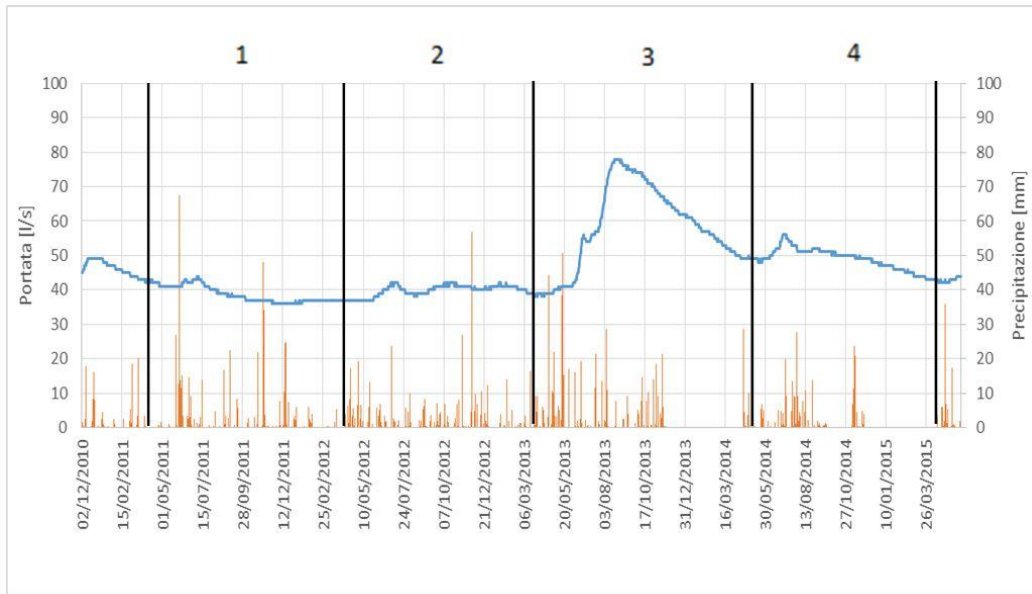


Figura 7: Sorgente Cheserod bassa, relazione tra precipitazioni e portate

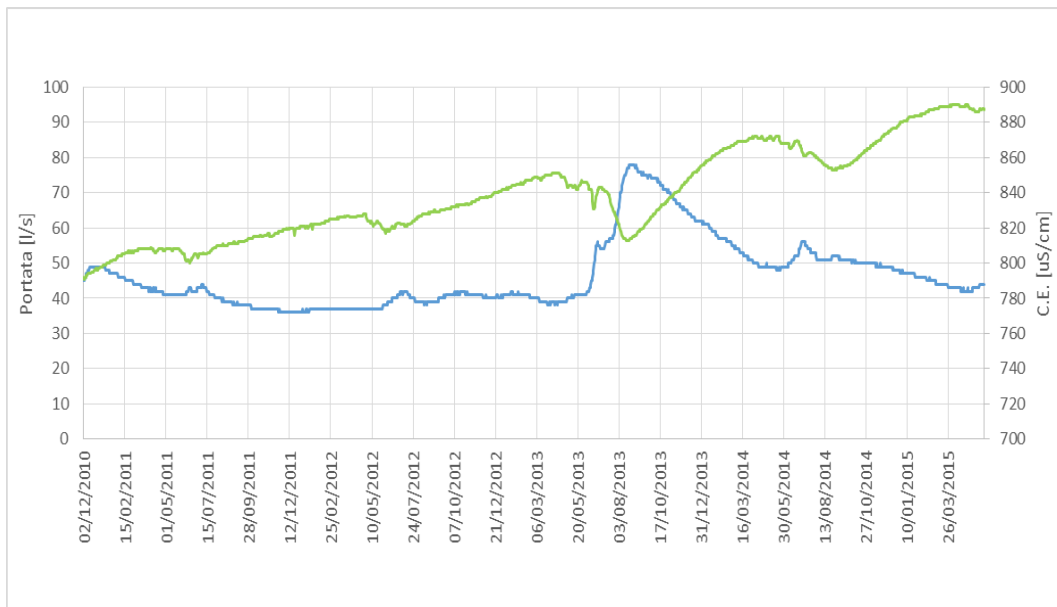


Figura 8 - Sorgente Cheserod bassa, confronto Q-CE

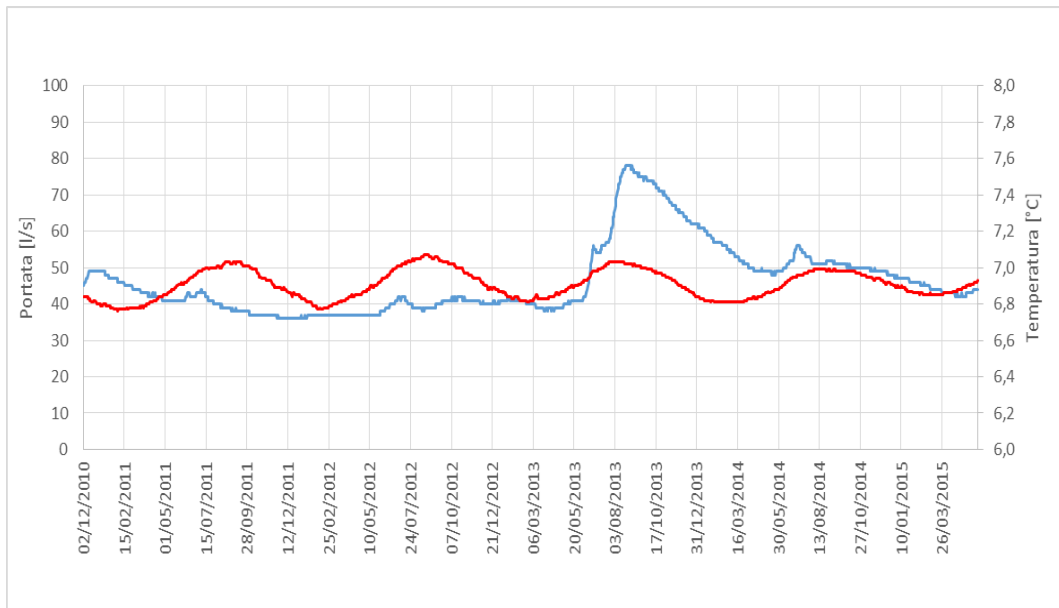


Figura 9 - Sorgente Cheserod bassa, confronto Q-T

Metodo VESPA – Calcolo dell'indice V

I parametri necessari per la determinazione dell'indice di vulnerabilità V, relativamente alla sorgente Cheserod bassa, sono riportati nelle tabelle seguenti. I dati, suddivisi per anni idrogeologici confermano quanto già emergeva dai dati di monitoraggio. Il parametro ρ risulta negativo in tutti i periodi eccezion fatta per il periodo 2, in cui risulta pari ad un valore di 0,35.

Tabella 6: Calcolo indice V - Periodo 1

Parametri VESPA		
Tmin	6,76	[°C]
Tmax	7,04	[°C]
Beta	0,08	
Qmin	35,00	[l/s]
Qmax	44,00	[l/s]
Qmed	38,72	[l/s]
Gamma	0,23	
ρ	-0,85	
c(ρ)	0,85	
Indice V	0,02	

Tabella 7: Calcolo indice V - Periodo 2

Parametri VESPA		
Tmin	6,81	[°C]
Tmax	7,08	[°C]
Beta	0,07	
Qmin	36,00	[l/s]
Qmax	42,00	[l/s]
Qmed	39,65	[l/s]
Gamma	0,15	
ρ	0,35	
c(ρ)	0,18	
Indice V	0,002	



Tabella 8: Calcolo indice V - Periodo 3

Parametri VESPA		
Tmin	6,80	[°C]
Tmax	7,04	[°C]
Beta	0,06	
Qmin	38,00	[l/s]
Qmax	80,00	[l/s]
Qmed	58,88	[l/s]
Gamma	0,71	
ρ	-0,56	
$c(\rho)$	0,56	
Indice V	0,02	

Tabella 9: Calcolo indice V - Periodo 4

Parametri VESPA		
Tmin	6,82	[°C]
Tmax	7,00	[°C]
Beta	0,03	
Qmin	43,00	[l/s]
Qmax	57,00	[l/s]
Qmed	49,16	[l/s]
Gamma	0,28	
ρ	-0,83	
$c(\rho)$	0,83	
Indice V	0,01	



Nuovo approccio per la determinazione della Vulnerabilità

La Figura 10 e la Figura 11 riportano i cross-correlogrammi relativi, rispettivamente, ai dati di portata-precipitazioni e conducibilità elettrica-precipitazioni.

In particolare emerge un time lag, corrispondente al massimo della funzione di cross-correlazione, maggiore di 50 giorni sia per la coppia Q-P che per la coppia Ce-P.

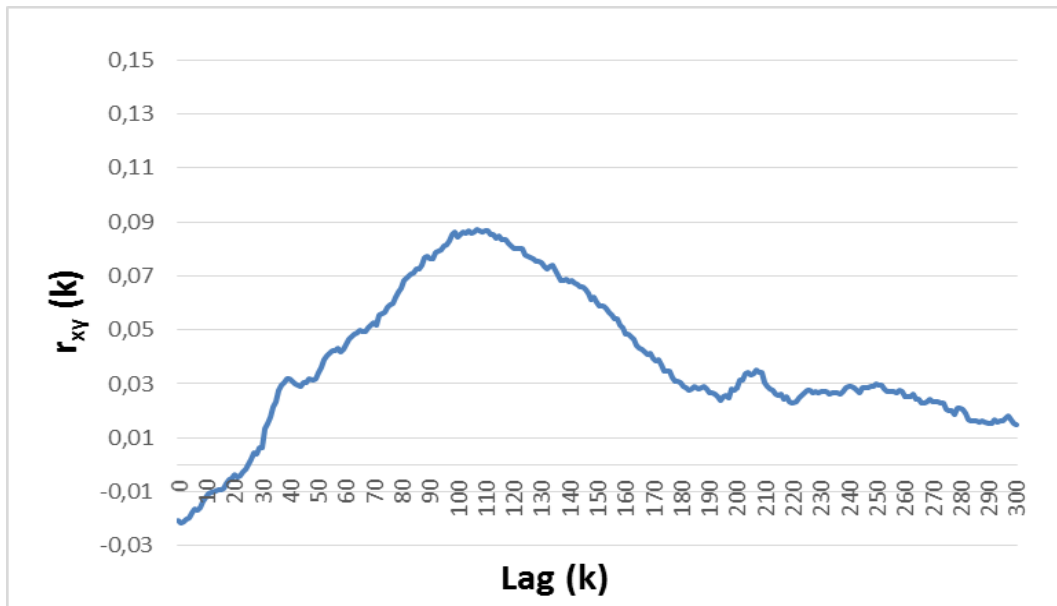


Figura 10: Cross-correlogramma per la coppia Q-P

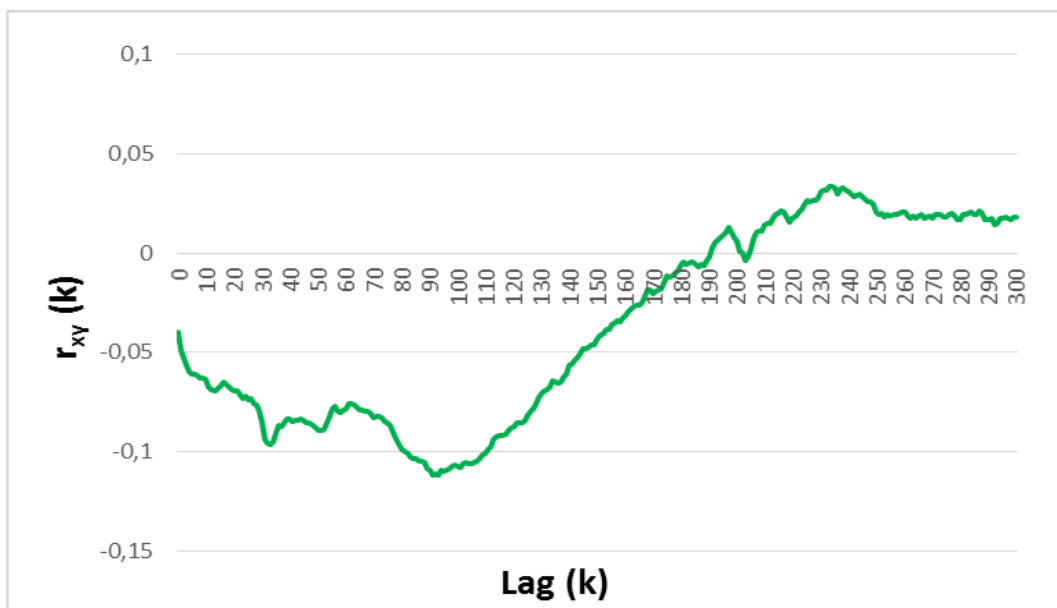


Figura 11: Cross-correlogramma per la coppia CE-P

Pesando i risultati del metodo VESPA e quelli derivanti dal nuovo approccio basato sulla cross-correlazione è stato definito un grado di vulnerabilità relativo ai diversi periodi analizzati (Tabella 10).

Tabella 10: Grado di vulnerabilità

	Indice VESPA	CCF Q-P	CCF CE-P	Grado V	Classe V
Periodo1	1	0,5	0,5	2	bassa
Periodo2	1	0,5	0,5	2	bassa
Periodo3	1	0,5	0,5	2	bassa
Periodo4	1	0,5	0,5	2	bassa

Sulla base della classe di vulnerabilità, che in questo caso è risultata essere bassa per tutti gli anni di monitoraggio, è stata tracciata l'area di salvaguardia in accordo con la normativa vigente (Figura 12). Su tale classe ha influito il time lag emerso dalle cross correlazioni molto superiore a 50 giorni.

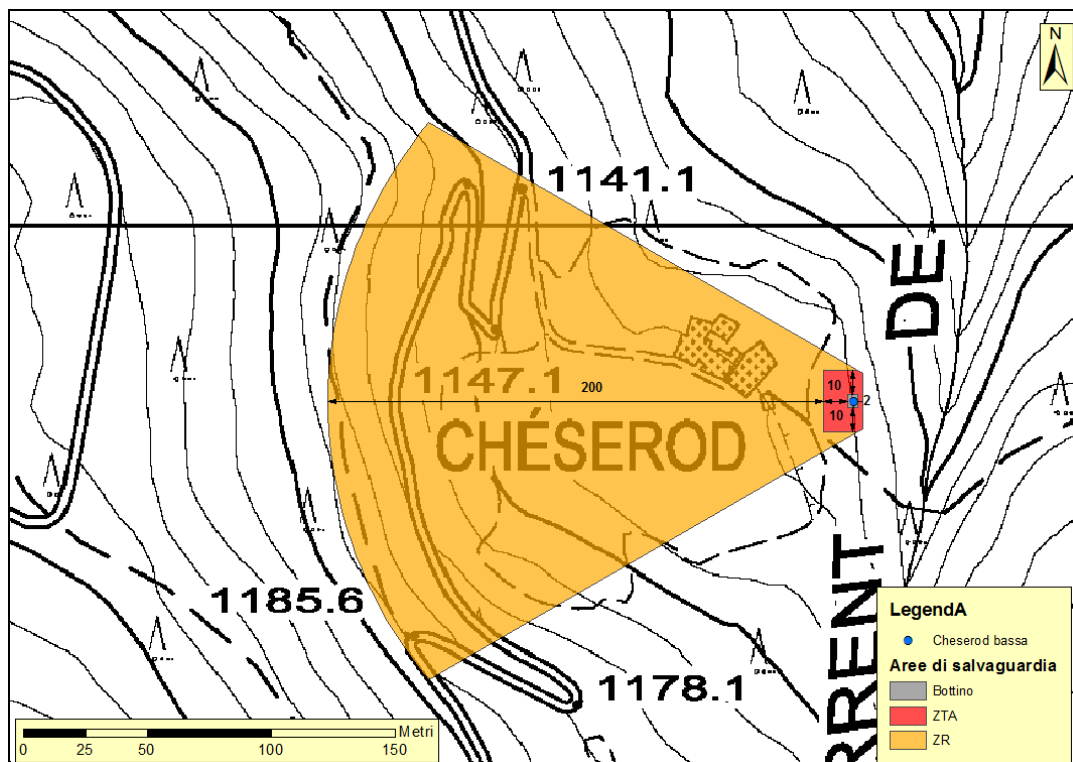
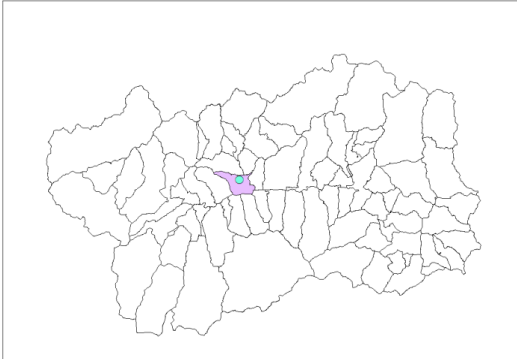
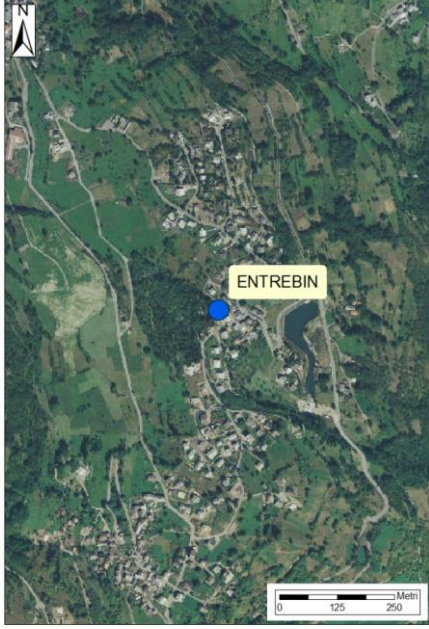
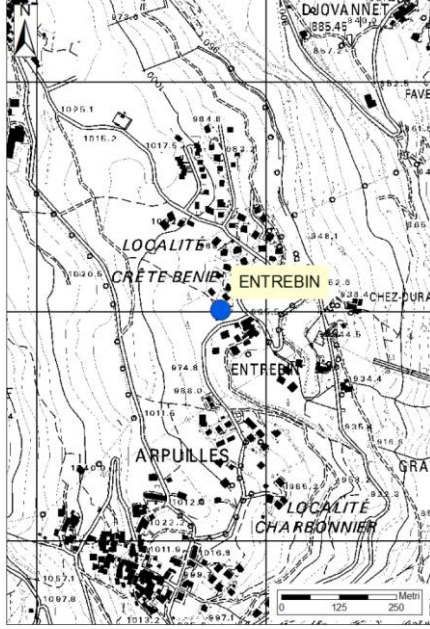


Figura 12: Delimitazione dell'area di salvaguardia



Come si può notare all'interno dell'area di rispetto ricadono dei fabbricati che potrebbero costituire una fonte di inquinamento per la sorgente. Sarebbe necessario indagare la tipologia di tali edifici ed il relativo uso, al fine di prendere opportuni accorgimenti, quali ad esempio la delocalizzazione degli edifici o la sospensione della captazione della sorgente, al fine di tutelare la risorsa idrica e gli abitanti serviti.

SORGENTE ENTREBIN

Inquadramento geografico			
	Comune	Aosta	
	CTR	7070	
	DTM	380	
	Via d'accesso	Strada Nazionale n. 27 fino al bivio per frazione Signayes, quindi strada comunale per Frazione Entrebain	
	Sistema di Coordinate	UTM-ED50	UTM-WGS 84
	X	368400	368319
	Y	5068503	5068303
	Quota m s.l.m.	981	
			



Il sito in oggetto é compreso all'interno delle sequenze della Zona Piemontese. Si tratta di un sistema multi falda che separa con continuità le Unità Austroalpine (Zona Sesia-Lanzo e Sistema della Dent Blanche) dalle sottostanti e più esterne falde pennidiche del Monte Rosa, del Gran Paradiso e del Gran San Bernardo. Sul versante in sinistra orografica delle Valle d'Aosta si riconoscono la Zona del Combin Auct. e l'Unità ofiolitica inferiore di Zermatt_Saas (Guide Geologiche Regionali, 1992). La sorgente di Entrebin è ubicata in corrispondenza della Zona del Combin, rappresentata qui da calcescisti.

Per quanto riguarda le formazioni superficiali, si possono riconoscere essenzialmente depositi glaciali di ablazione e di fondo difficilmente differenziabili a causa della complessa storia evolutiva del versante alla confluenza tra due vallate, quella del torrente Buthier e quella centrale della Dora Baltea, entrambe interessate dall'azione di lingue glaciali di notevole spessore. Si tratta di ghiaie, ciottoli e massi prevalentemente con basso grado di arrotondamento, con matrice fine limoso – sabbiosa presente in quantità variabili in funzione della genesi del deposito (di ablazione o di fondo).

Monitoraggio della sorgente

La sorgente Entrebin è stata monitorata da ottobre 2010 a dicembre 2013. I dati successivi non sono disponibili a causa di un guasto strumentale alla sonda di misura automatica. Tale sorgente mostra una portata media di circa 9 l/s, una portata massima pari a 20 l/s e una portata minima di circa 3,5 l/s; l'andamento delle portate è caratterizzato da piene estive/autunnali piuttosto importanti (Figura 13).

Il sistema acquifero alimentate la sorgente risulta essere legato ad un fenomeno di sostituzione, così come emerge piuttosto chiaramente dalla Figura 14.

L'andamento delle temperatura invece, è condizionato, sostanzialmente, da variazioni di carattere stagionale (Figura 15).

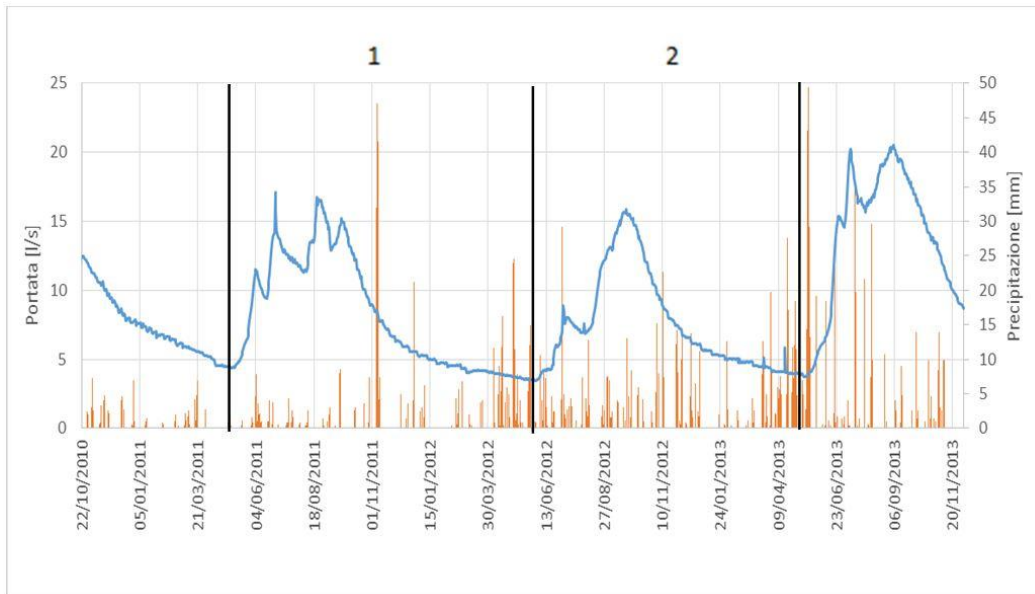


Figura 13: Sorgente Entebin, relazione tra precipitazioni e portate

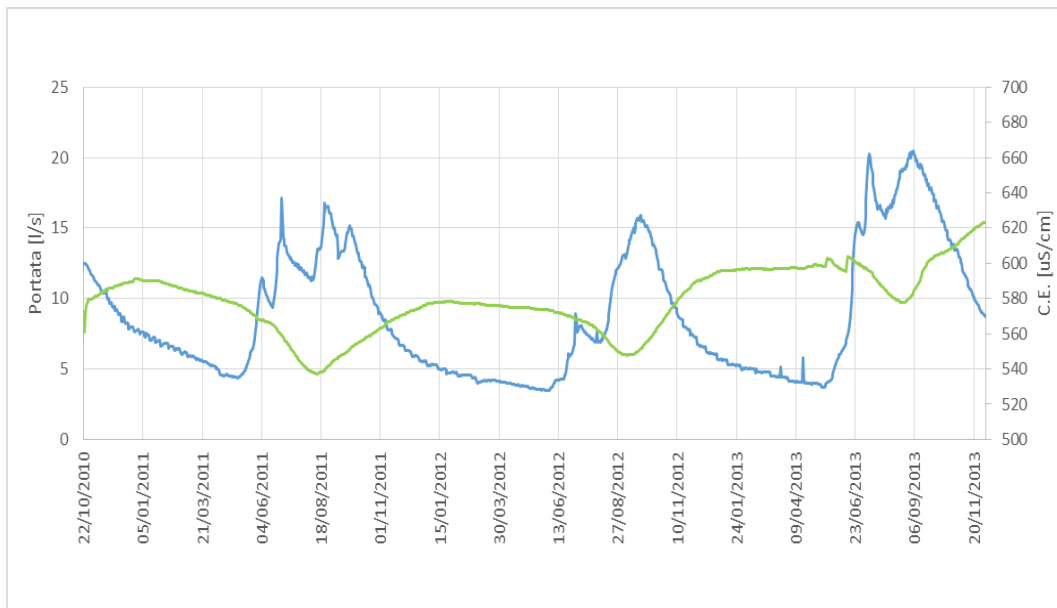


Figura 14 - Sorgente Entebin, confronto Q-CE

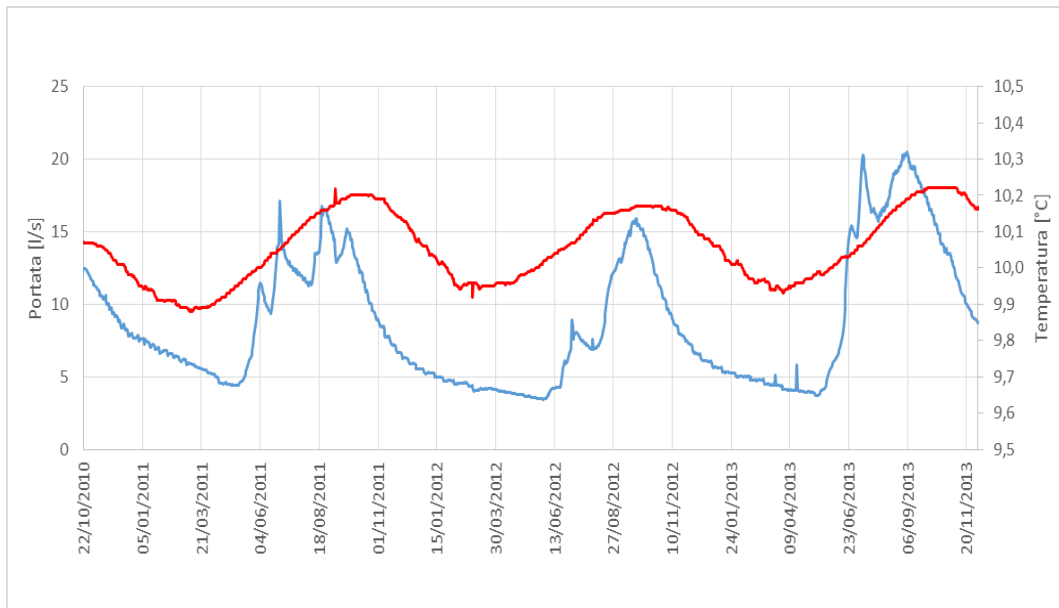


Figura 15 - Sorgente Entrebin, confronto Q-T

Metodo VESPA – Calcolo dell'indice V

I parametri necessari per la determinazione dell'indice di vulnerabilità V, relativamente alla sorgente Entrebin, sono riportati nelle tabelle seguenti. I dati, suddivisi per anni idrogeologici confermano quanto già emergeva dai dati di monitoraggio. Il parametro ρ risulta negativo in entrambi i periodi (-0,69; -0,60).

Tabella 11: Calcolo indice V - Periodo 1

Parametri VESPA		
Tmin	8,98	[°C]
Tmax	10,67	[°C]
Beta	2,86	
Qmin	3,95	[l/s]
Qmax	20,33	[l/s]
Qmed	8,43	[l/s]
Gamma	1,94	
ρ	-0,69	
c(ρ)	0,69	
Indice V	3,81	

Tabella 12: Calcolo indice V – Periodo 2

Parametri VESPA		
Tmin	9,93	[°C]
Tmax	10,19	[°C]
Beta	0,07	
Qmin	3,35	[l/s]
Qmax	16,17	[l/s]
Qmed	7,20	[l/s]
Gamma	1,78	
ρ	-0,60	
c(ρ)	0,60	
Indice V	0,07	

Nuovo approccio per la determinazione della Vulnerabilità

La Figura 16 e la Figura 17 riportano i cross-correlogrammi relativi, rispettivamente, ai dati di portata-precipitazioni e conducibilità elettrica-precipitazioni.

In particolare dalla Figura 16 emerge un time lag, corrispondente al massimo della funzione di cross-correlazione portata-precipitazioni, superiore a 50 giorni mentre tale valore risulta essere di circa 30 giorni per la coppia conducibilità elettrica-precipitazioni, prima che la correlazioni sia negativa (Figura 17).

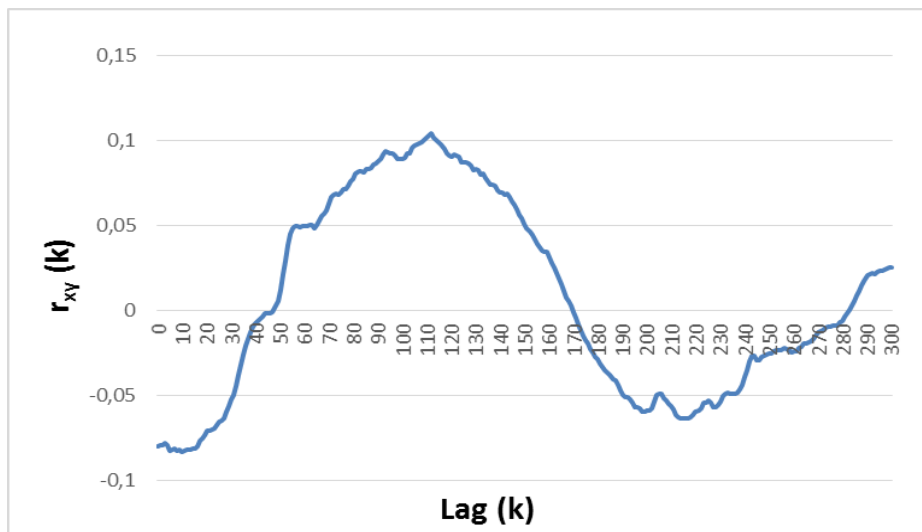


Figura 16: Cross-correlogramma per la coppia Q-P

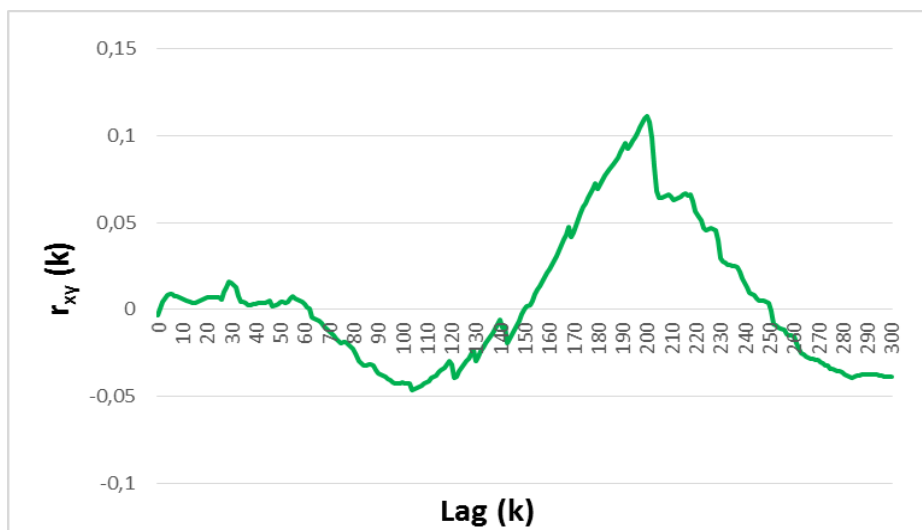


Figura 17: Cross-correlogramma per la coppia CE-P

Pesando i risultati del metodo VESPA e quelli derivanti dal nuovo approccio basato sulla cross-correlazione è stato definito un grado di vulnerabilità relativo ai diversi periodi analizzati (Tabella 13).

Tabella 13: Grado di vulnerabilità

	Indice VESPA	CCF Q-P	CCF CE-P	Grado V	Classe V
Periodo1	3	0,5	1	4,5	media
Periodo2	1	0,5	1	2,5	bassa

Sulla base della classe di vulnerabilità più alta (media), è stata tracciata l'area di salvaguardia in accordo con la normativa vigente (Figura 18). Su tale classe ha influito il time lag emerso dalle cross correlazioni molto superiore a 50 giorni.

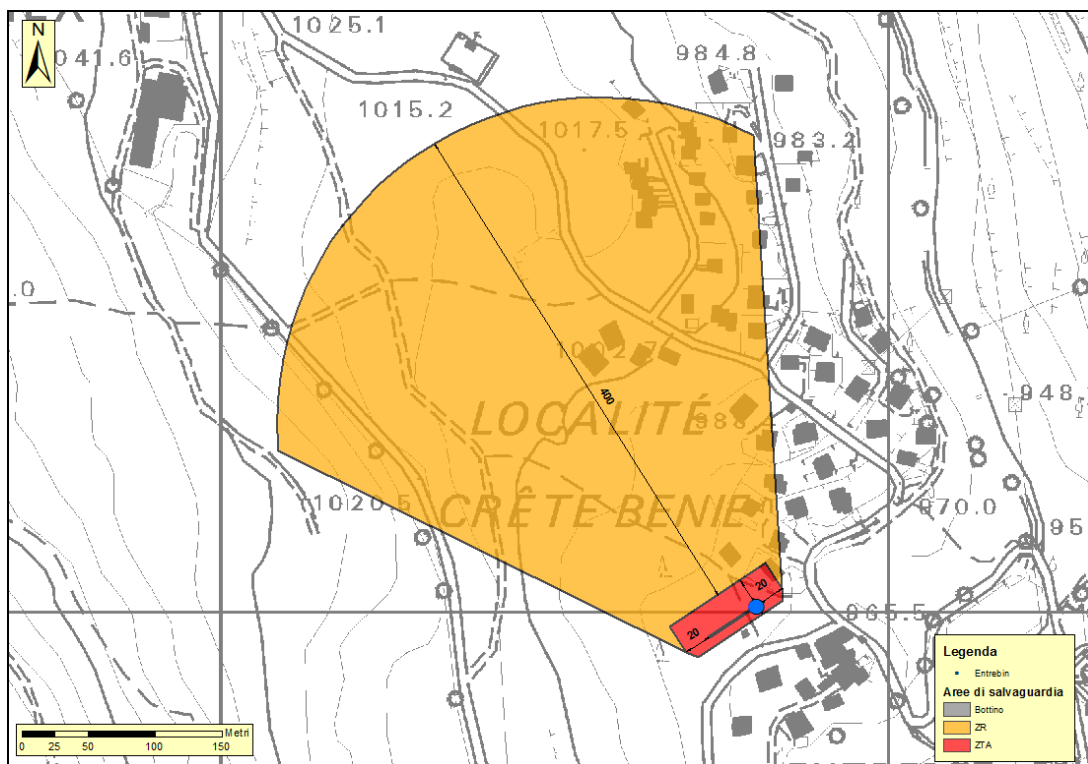


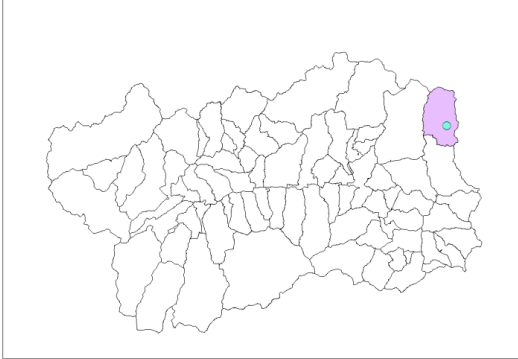

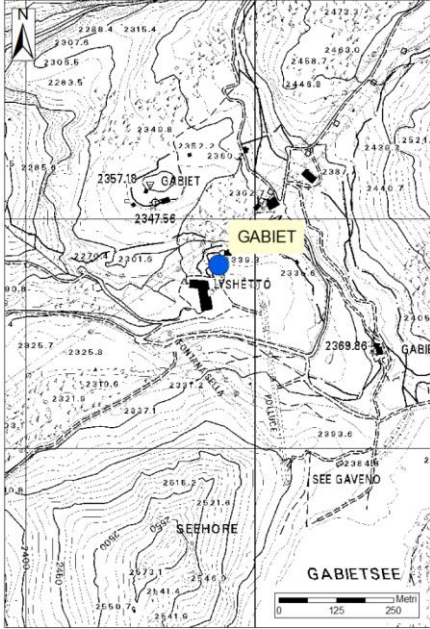
Figura 18: Delimitazione dell'area di salvaguardia

Come si può notare all'interno dell'area di rispetto ricadono dei fabbricati che potrebbero costituire una fonte di inquinamento per la sorgente. Sarebbe necessario indagare la tipologia di tali edifici ed il relativo uso, al fine di prendere opportuni accorgimenti, quali ad



esempio la delocalizzazione degli edifici o la sospensione della captazione della sorgente, al fine di tutelare la risorsa idrica e gli abitanti serviti.

SORGENTE GABIET

Inquadramento geografico			
	Comune	Gressoney – La - Trinité	
	CTR	1078	
	DTM	187	
	Via d'accesso	Strada regionale n.43 fino alla frazione Orsio, funivia e/o strada poderale	
	Sistema di Coordinate	UTM-ED50	UTM-WGS 84
	X	410420	410339
	Y	5078900	5078701
	Quota m s.l.m.	2340	
			



Il sito in oggetto é compreso all'interno delle sequenze della Zona Piemontese. Si tratta di un sistema multi falda che separa con continuità le Unità Austroalpine (Zona Sesia-Lanzo e Sistema della Dent Blanche) dalle sottostanti e più esterne falde pennidiche del Monte Rosa, del Gran Paradiso e del Gran San Bernardo. Sul versante della Valle d'Aosta in sinistra orografica si riconoscono la Zona del Combin Auct. e l'Unità ofiolitica inferiore di Zermatt_Saas (Guide Geologiche Regionali, 1992). La sorgente del Gabiet sembrerebbe essere ubicata in corrispondenza della Zona del Combin, presso il contatto tettonico presunto della stessa sull'Unità ofiolitica inferiore, o di Zermatt-Sass. Tale contatto diventa certo nel fondovalle a sud di Biel e in destra orografica fino ai ripiani di S.Anna e al Colle di Bettaforca sottolineato da un netto gradino geomorfologico (Guide Geologiche Regionali, 1992). Il substrato roccioso è rappresentato da serpentiniti e da subordinati calcescisti. Il contatto tettonico sopra richiamato caratterizza il fondovalle della piccola incisione che porta al colle dei Salati, al di sotto di una coltre di depositi glaciali indifferenziati.

Monitoraggio della sorgente

La sorgente Gabiet monitorata da ottobre 2011 a maggio 2015 ha una portata media di 21 l/s, una portata massima di 96 l/s ed una portata minima di circa 0,5 l/s. Le portate nel periodo tardo primaverile subiscono forti incrementi legati a fenomeni di fusione nivale che rappresentano il principale apporto alla sorgente (Figura 19).

Dalla Figura 20 si evince come la sorgente sia caratterizzata da un fenomeno di sostituzione con forti decrementi della CE al crescere della portata. La Figura 21 riporta l'andamento della temperatura in relazione alle variazioni di portata: anche in questo caso emerge un fenomeno di sostituzione.

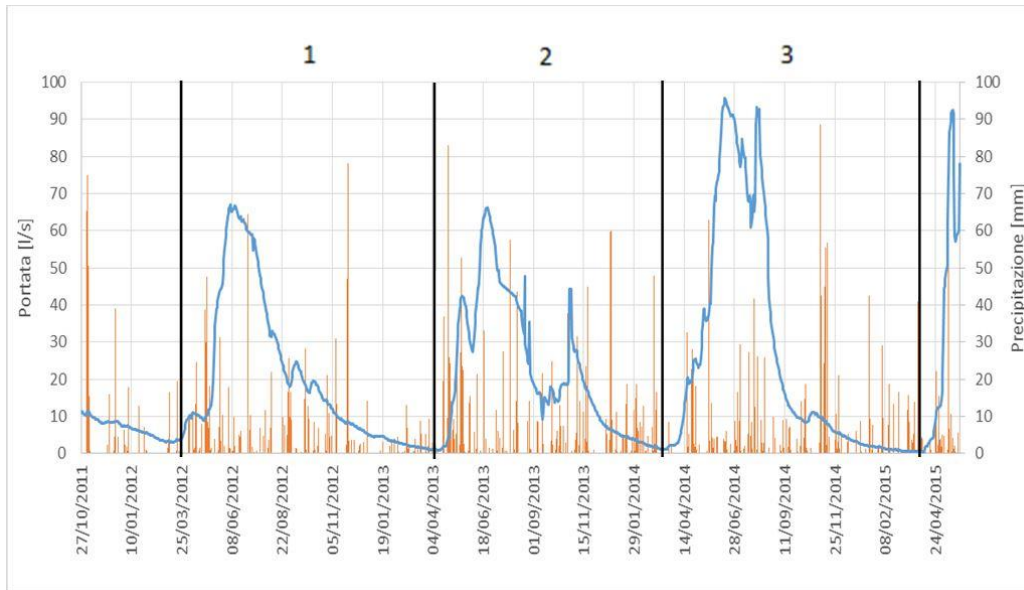


Figura 19: Sorgente Gabiet, relazione tra precipitazioni e portate

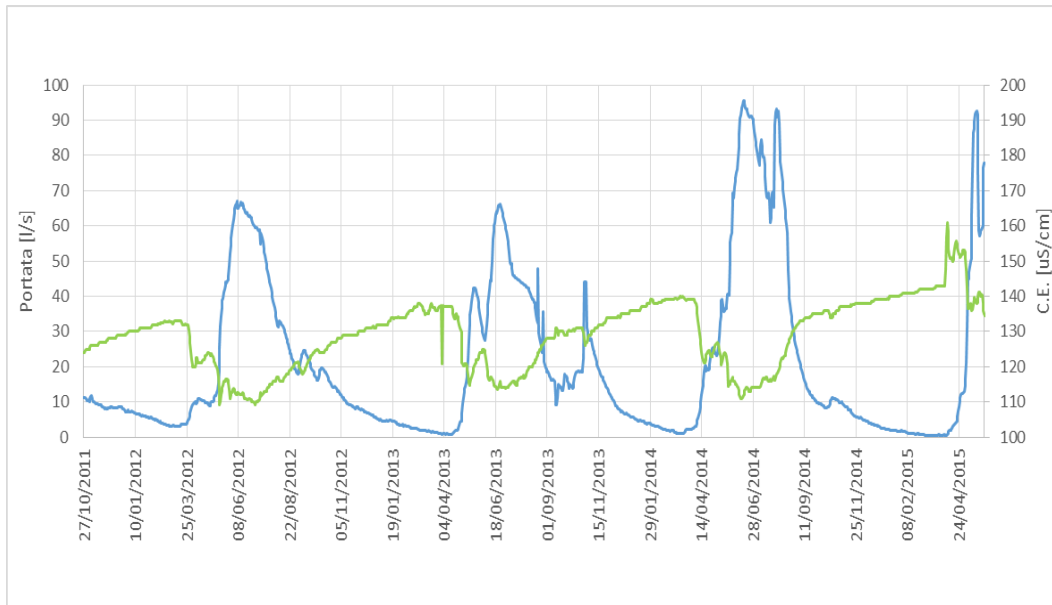


Figura 20 - Sorgente Gabiet, confronto Q-CE

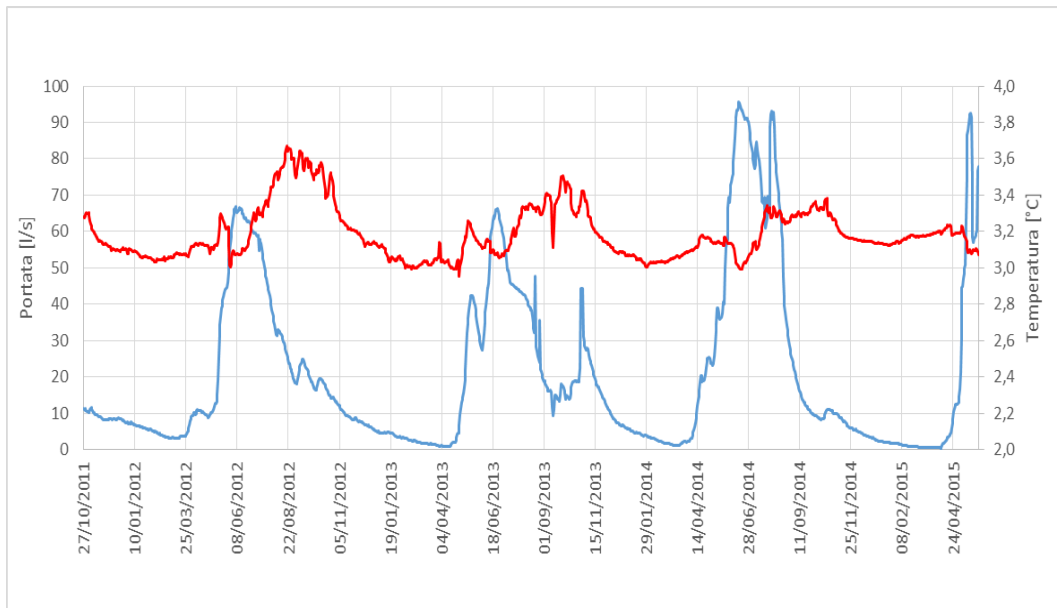


Figura 21 - Sorgente Gabiet, confronto Q-T

Metodo VESPA – Calcolo dell'indice V

Il calcolo dell'indice V, riportato nelle tabelle seguenti, nei diversi anni idrogeologici conferma quanto emerso dai dati di monitoraggio. Il parametro ρ risulta essere sempre negativo confermando il comportamento a sostituzione del sistema acquifero.

Tabella 14: Calcolo indice V - Periodo 1

Parametri VESPA		
Tmin	2,97	[°C]
Tmax	3,74	[°C]
Beta	0,59	
Qmin	0,70	[l/s]
Qmax	70,40	[l/s]
Qmed	20,80	[l/s]
Gamma	3,35	
ρ	-0,89	
c(ρ)	0,89	
Indice V	1,77	

Tabella 15: Calcolo indice V - Periodo 2

Parametri VESPA		
Tmin	2,39	[°C]
Tmax	3,55	[°C]
Beta	1,35	
Qmin	0,50	[l/s]
Qmax	355,50	[l/s]
Qmed	37,60	[l/s]
Gamma	9,44	
ρ	-0,71	
c(ρ)	0,71	
Indice V	9,04	



Tabella 16: Calcolo indice V - Periodo 3

Parametri VESPA		
Tmin	2,98	[°C]
Tmax	3,39	[°C]
Beta	0,17	
Qmin	0,30	[l/s]
Qmax	254,70	[l/s]
Qmed	61,58	[l/s]
Gamma	4,13	
ρ	-0,89	
c(ρ)	0,89	
Indice V	0,61	

Nuovo approccio per la determinazione della Vulnerabilità

La Figura 22 e la Figura 23 riportano i cross-correlogrammi relativi, rispettivamente, ai dati di portata-precipitazioni e conducibilità elettrica-precipitazioni.

Il time lag relativo al grafico Q-P si attesta intorno ad un valore di 49 giorni mentre è superiore a 50 gg per il cross-correlogramma CE-P.

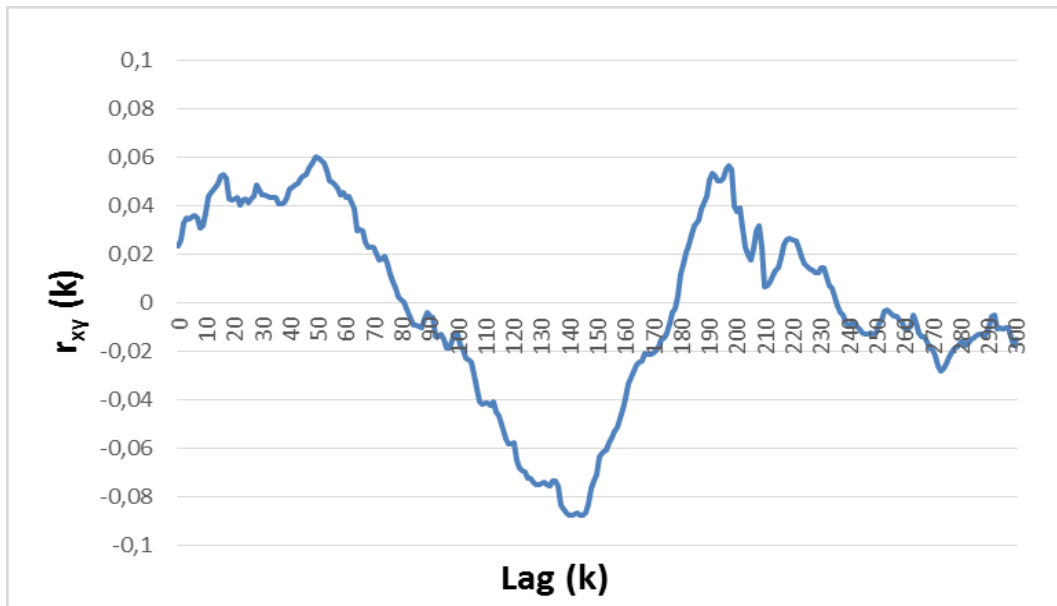


Figura 22: Cross-correlogramma per la coppia Q-P

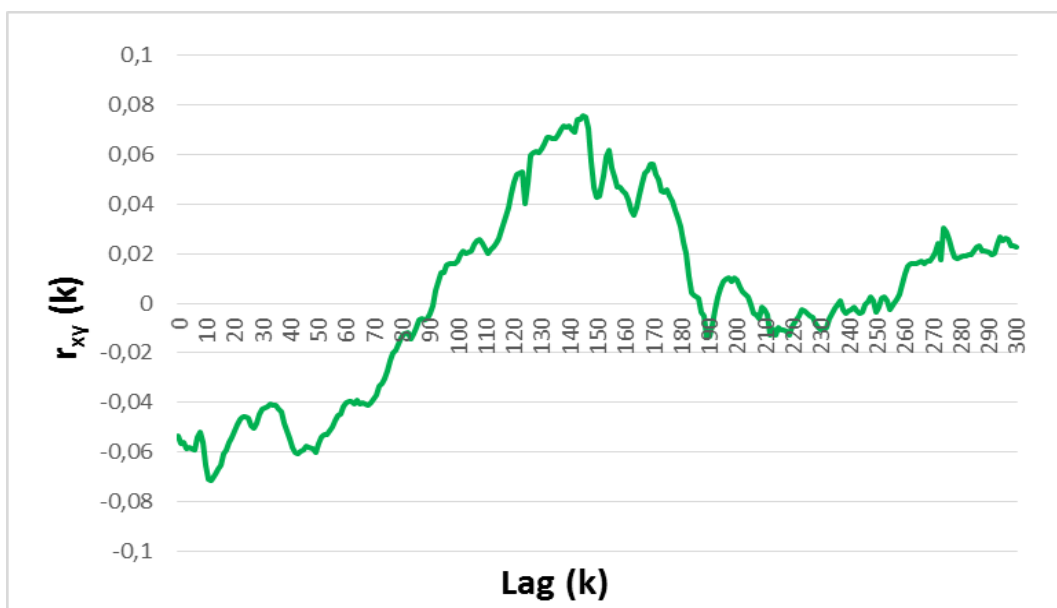


Figura 23: Cross-correlogramma per la coppia CE-P

Pesando i risultati del metodo VESPA e quelli derivanti dal nuovo approccio basato sulla cross-correlazione è stato definito un grado di vulnerabilità relativo ai diversi periodi analizzati (Tabella 17).

Tabella 17: Grado di vulnerabilità

	Indice VESPA	CCF Q-P	CCF CE-P	Grado V	Classe V
Periodo1	3	1	0,5	4,5	media
Periodo2	3	1	0,5	4,5	media
Periodo3	2	1	0,5	3,5	media

Sulla base della classe di vulnerabilità, che in questo caso è risultata essere media per tutti gli anni di monitoraggio, è stata tracciata l'area di salvaguardia in accordo con la normativa vigente (Figura 24).

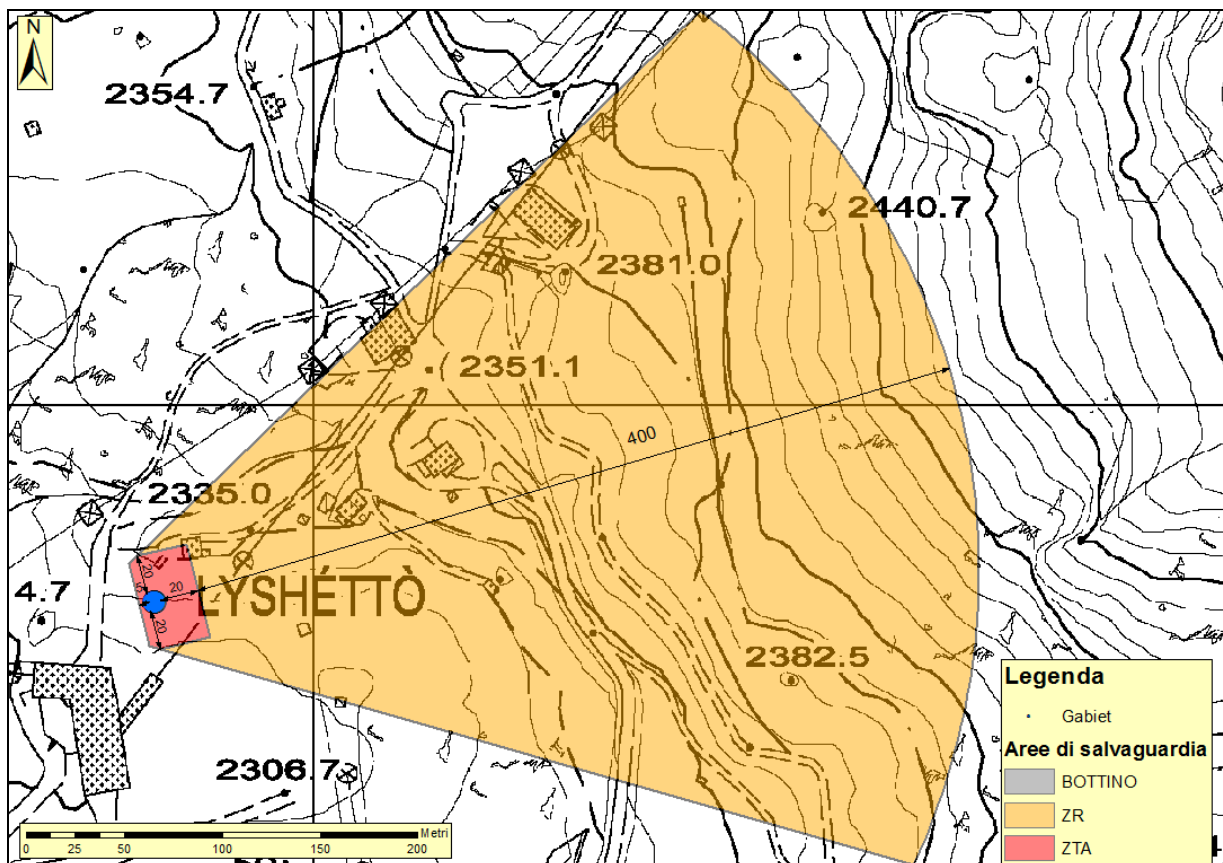


Figura 24: Delimitazione dell'area di salvaguardia



Come si può notare all'interno dell'area di rispetto ed addirittura all'interno della zona di tutela ricadono dei fabbricati che potrebbero costituire una fonte di inquinamento per la sorgente. Sarebbe necessario indagare la tipologia di tali edifici ed il relativo uso, al fine di prendere opportuni accorgimenti, quali ad esempio la delocalizzazione degli edifici o la sospensione della captazione della sorgente, al fine di tutelare la risorsa idrica e gli abitanti serviti.

SORGENTE MASCOGNAZ

Inquadramento geografico			
	Comune	Ayas	
	CTR	0274	
	DTM	268	
	Via d'accesso	Strada Regionale 45 fino a Champoluc e strada podereale che risale il vallone di Mascognaz.	
	Sistema di Coordinate	UTM-ED50	UTM-WGS 84
	X	401410	401330
	Y	5075290	5075091
	Quota m s.l.m.	1850	



Il sito in oggetto è compreso all'interno delle sequenze della Zona Piemontese. Si tratta di un sistema multi falda che separa con continuità le Unità austroalpine (Zona Sesia-Lanzo e Sistema della Dent Blanche) dalle sottostanti e più esterne falde penniniche del Monte Rosa, del Gran Paradiso e del Gran San Bernardo. In sinistra idrografica rispetto alla Dora Baltea e a nord della faglia Aosta – Col-de-Joux – Ranzola si riconoscono la Zona del Combin Auct. e l'Unità ofiolitica inferiore di Zermatt_Saas (Guide Geologiche Regionali, 1992). La sorgente di Mascognaz¹ è ubicata in corrispondenza della Zona del Combin, rappresentata qui da metabasalti e subordinati metasedimenti mesozoici. Le geologia del vallone risulta particolarmente interessante poiché esso è interessato dal contatto tettonico tra la zona del Combin e la Zona Sesia Lanzo afferente al sistema Austroalpino.

Per quanto riguarda le formazioni superficiali, si possono riconoscere essenzialmente depositi glaciali. Il fondovalle del vallone di Mascognaz è caratterizzato dalla presenza di corpi costituiti da detrito che raccordano i ripidi versanti con il fondovalle pianeggiante.

Monitoraggio della sorgente

La sorgente Mascognaz monitorata da febbraio 2011, per oltre 4 anni, ha una portata media di 28 l/s, una portata massima di 160 l/s ed una portata minima 4 l/s.

Le piene principali, che si verificano in maggio – giugno, sono principalmente legate a fenomeni di fusione nivale (Figura 25).

Il confronto tra l'andamento delle portate e quello della conducibilità elettrica trova riscontro in un funzionamento del sistema acquifero a sostituzione (Figura 26). Le temperature sono caratterizzate da un andamento di tipo stagionale (Figura 27).

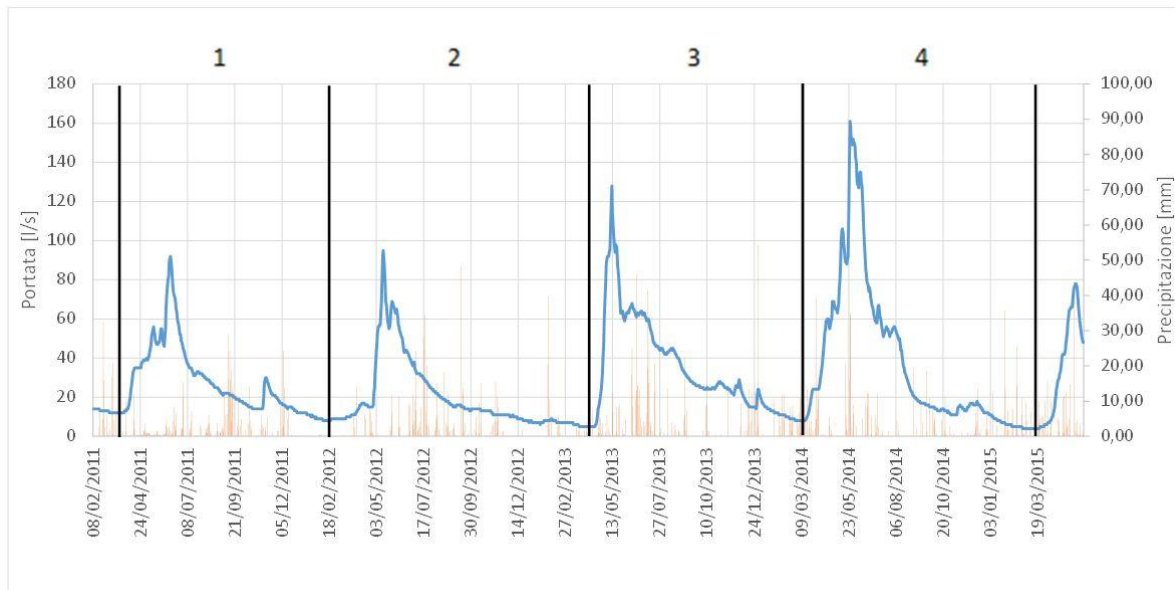


Figura 25: Sorgente Mascognaz, relazione tra precipitazioni e portate

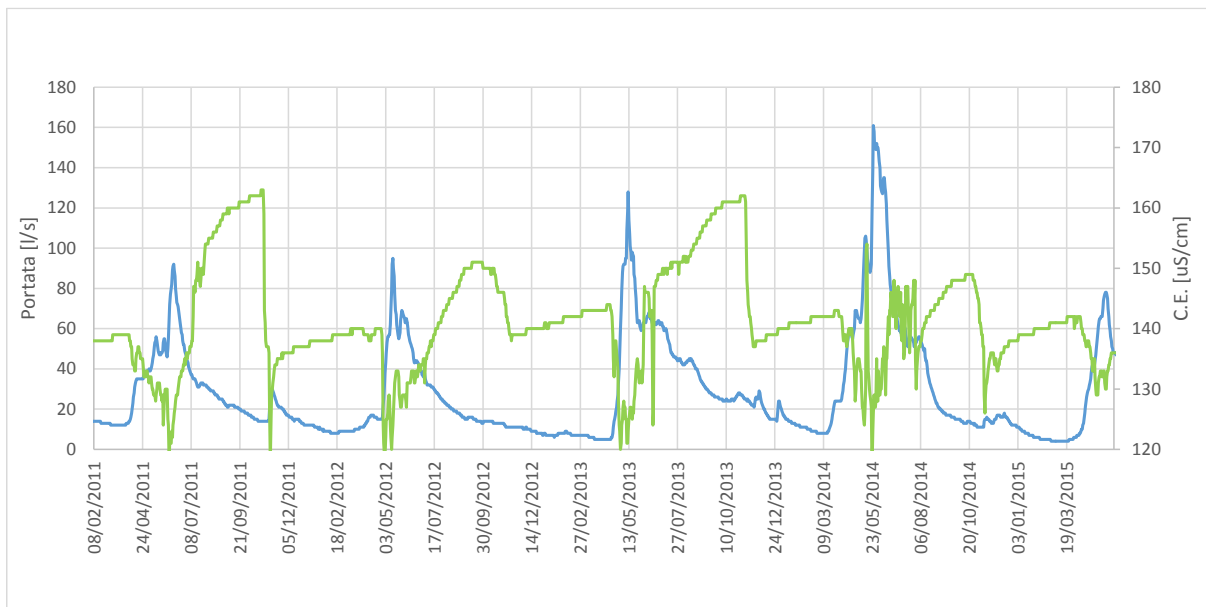


Figura 26: Sorgente Mascognaz, confronto Q-CE

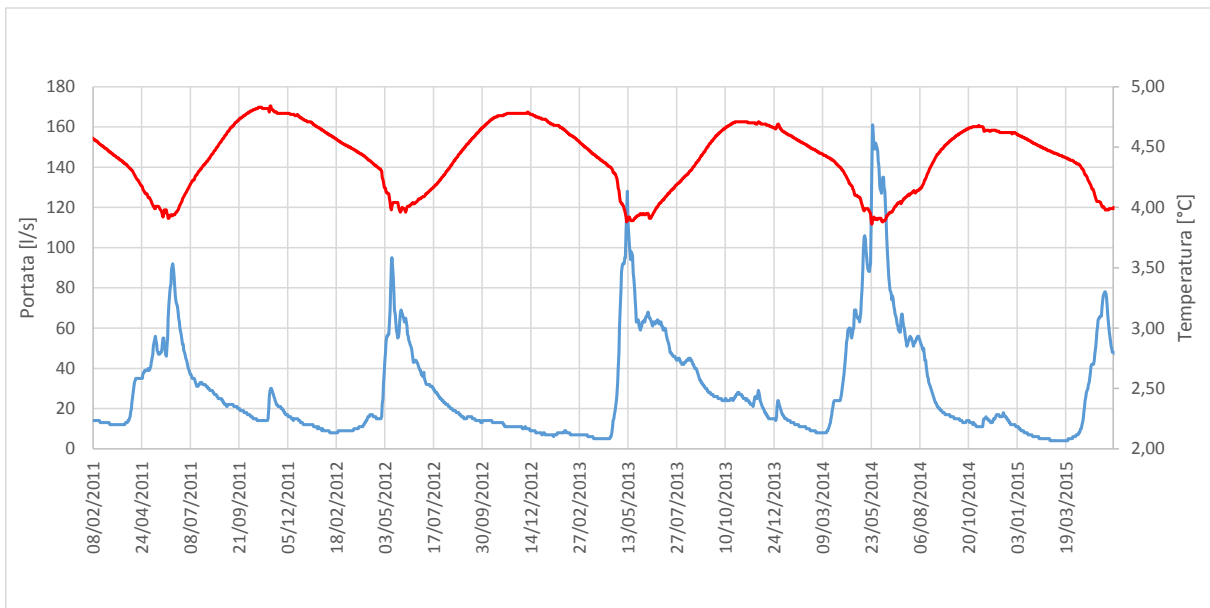


Figura 27: Sorgente Mascognaz, confronto Q-T

Metodo VESPA – Calcolo dell'indice V

Il calcolo dell'indice V, riportato nelle tabelle seguenti, nei diversi anni idrogeologici conferma quanto emerso dai dati di monitoraggio. Il parametro ρ risulta essere sempre negativo confermando il comportamento a sostituzione del sistema acquifero.

Tabella 18: Calcolo indice V - Periodo 1

Parametri VESPA		
Tmin	3,9	[°C]
Tmax	4,7	[°C]
Beta	0,64	
Qmin	5	[l/s]
Qmax	145	[l/s]
Qmed	30	[l/s]
Gamma	4,65	
ρ	-0,38	
c(ρ)	0,38	
Indice V	1,14	

Tabella 19: Calcolo indice V - Periodo 2

Parametri VESPA		
Tmin	3,9	[°C]
Tmax	4,8	[°C]
Beta	0,81	
Qmin	5	[l/s]
Qmax	101	[l/s]
Qmed	21	[l/s]
Gamma	4,64	
ρ	-0,71	
c(ρ)	0,71	
Indice V	2,67	



Tabella 20: Calcolo indice V - Periodo 3

Parametri VESPA		
Tmin	3,9	[°C]
Tmax	4,7	[°C]
Beta	0,64	
Qmin	5	[l/s]
Qmax	148	[l/s]
Qmed	30	[l/s]
Gamma	4,75	
ρ	-0,38	
c(ρ)	0,38	
Indice V	1,17	

Tabella 21: Calcolo indice V - Periodo 4

Parametri VESPA		
Tmin	3,86	[°C]
Tmax	4,68	[°C]
Beta	0,67	
Qmin	4	[l/s]
Qmax	161	[l/s]
Qmed	36,7	[l/s]
Gamma	4,27	
ρ	-0,47	
c(ρ)	0,47	
Indice V	1,35	



Nuovo approccio per la determinazione della Vulnerabilità

La Figura 28 mostra il calcolo della cross-correlation per la coppia Q-P. Si nota come il massimo della funzione di cross-correlazione venga raggiunto per un time lag pari a 12 giorni. Questo è il tempo di risposta della sorgente ai principali input infiltrativi. La Figura 29 mostra il calcolo della cross-correlation per la coppia CE-P. Si nota come il massimo della funzione di cross-correlazione venga raggiunto per un time lag pari a 120 giorni.

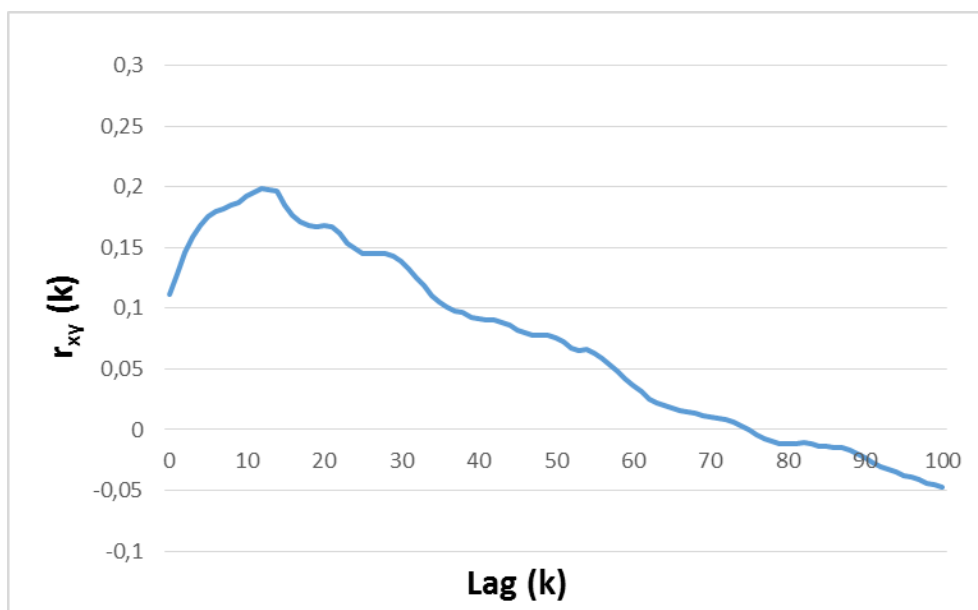


Figura 28: Cross-correlogramma per la coppia Q-P

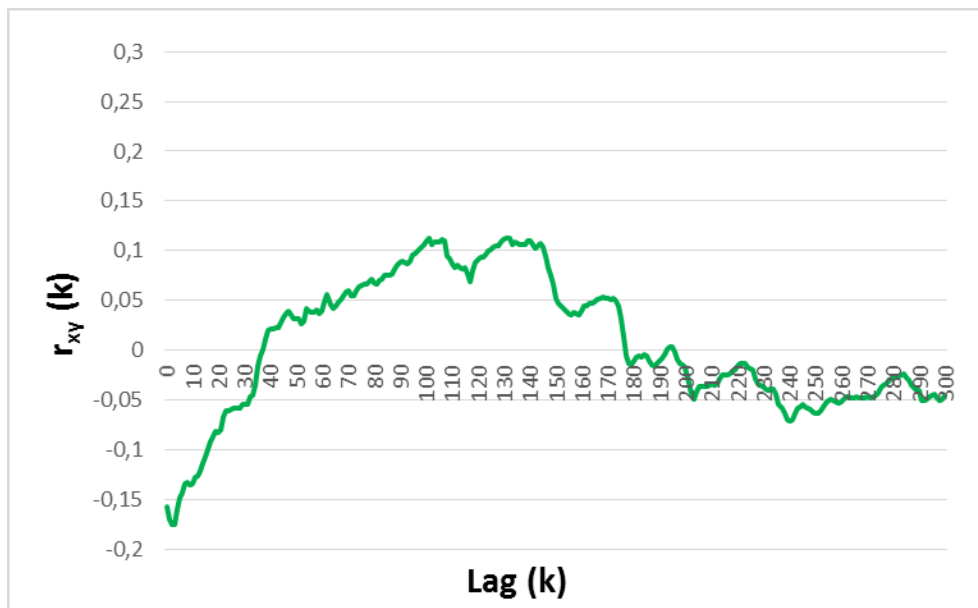


Figura 29: Cross-correlogramma per la coppia CE-P

Pesando i risultati del metodo VESPA e quelli derivanti dal nuovo approccio basato sulla cross-correlazione è stato definito un grado di vulnerabilità relativo ai diversi periodi analizzati (Tabella 22).

Tabella 22: Grado di vulnerabilità

	Indice VESPA	CCF Q-P	CCF CE-P	Grado V	Classe V
Periodo1	3	1,5	0,5	5	Alta
Periodo2	3	1,5	0,5	5	Alta
Periodo3	3	1,5	0,5	5	Alta
Periodo4	3	1,5	0,5	5	Alta

Sulla base della classe di vulnerabilità, che in questo caso è risultata essere alta per tutti gli anni di monitoraggio, è stata tracciata l'area di salvaguardia in accordo con la normativa vigente (Figura 30).

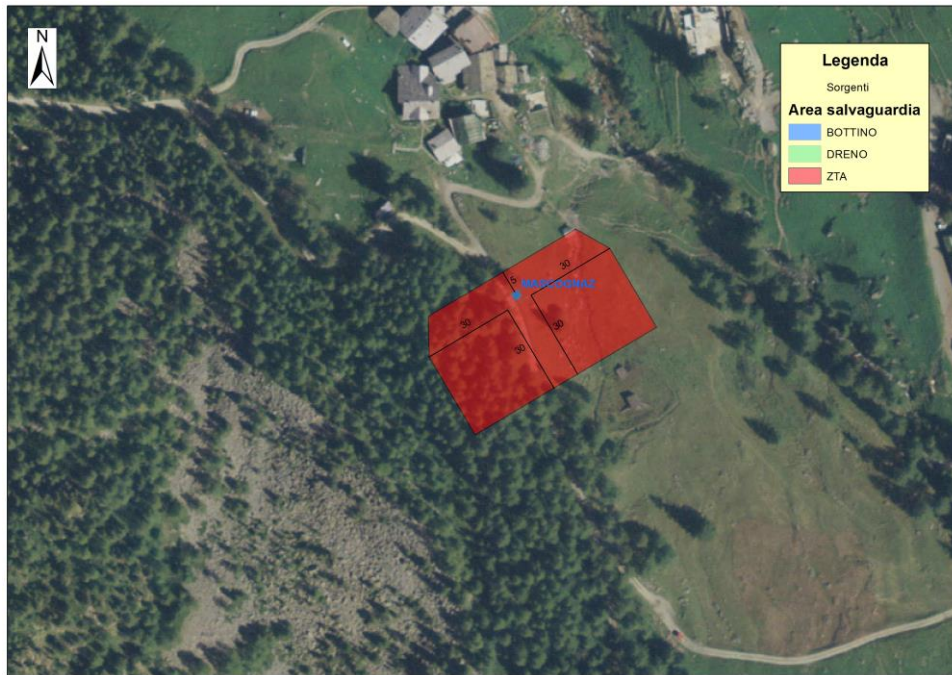
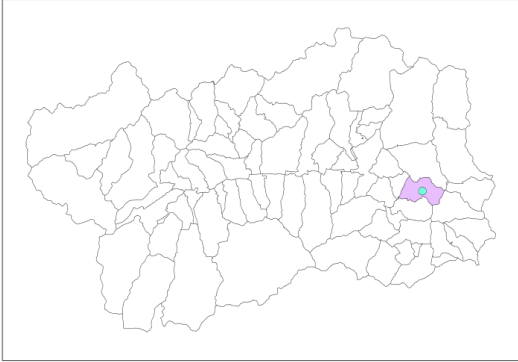




Figura 30: Delimitazione dell'area di salvaguardia

Il bacino di alimentazione coincide con la Zona di Rispetto e la Zona di Protezione. Durante i due Progetti STRADA non è stato possibile individuarlo esattamente. Pertanto, si rimanda ad approfondimenti successivi, condotti dalla Regione, che consentano di ottenere nuove informazioni a carattere idrogeologico utili a capire come tutelare la sorgente.



SORGENTE PIANET

Inquadramento geografico			
	Comune	Challand-Saint-Anselme	
	CTR	0262	
	DTM	529	
	Via d'accesso	Mulattiera e sentiero	
	Sistema di Coordinate	UTM-ED50	UTM-WGS 84
	X	403728	403300
	Y	5063260	5062873
	Quota m s.l.m.	1270	
			



La sorgente denominata Pianet è ubicata in corrispondenza dell'areale di affioramento del Complesso degli Gneiss Minuti Auct. che, insieme al Complesso dei Micascisti Eclogitici, costituisce l'Unità inferiore della Zona Sesia Lanzo, eterogeneo complesso afferente al Sistema Austroalpino. La paragenesi che caratterizza il Complesso degli Gneiss Minuti è la facies scisti verdi. Esso è caratterizzato da gneiss e scisti albitici a grana minuta con paragenesi ad albite-fengite-pistacite-attinoto-clorite-biotite verde-stilpnomelano derivanti da trasformazione metamorfica di parascisti e granitoidi alpini.

Monitoraggio della sorgente

La sorgente Pianet monitorata da dicembre 2010 a maggio 2015 è caratterizzata da una portata media di circa 1,5 l/s, da una portata massima di 10 l/s e da una portata minima di 0,3 l/s circa.

La risposta della sorgente agli input infiltrativi è piuttosto rapida (Figura 31) e il sistema acquifero è caratterizzato principalmente da un fenomeno di sostituzione (Figura 32). La temperatura è caratterizzata da un andamento di tipo stagionale con i massimi negli ultimi giorni di agosto ed i minimi che ricadono circa a metà febbraio (Figura 33)

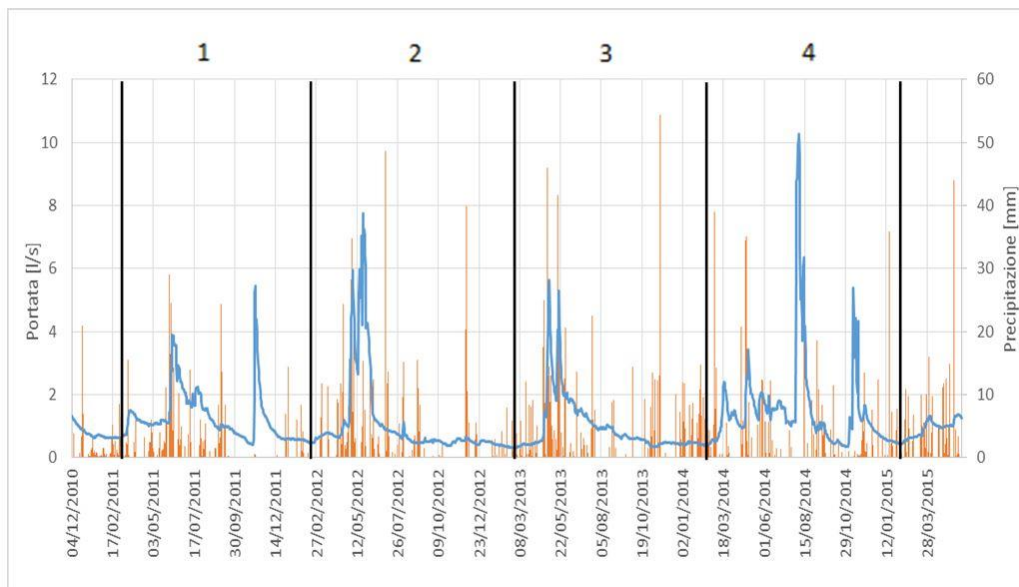


Figura 31: Sorgente Pianet, relazione tra precipitazioni e portate

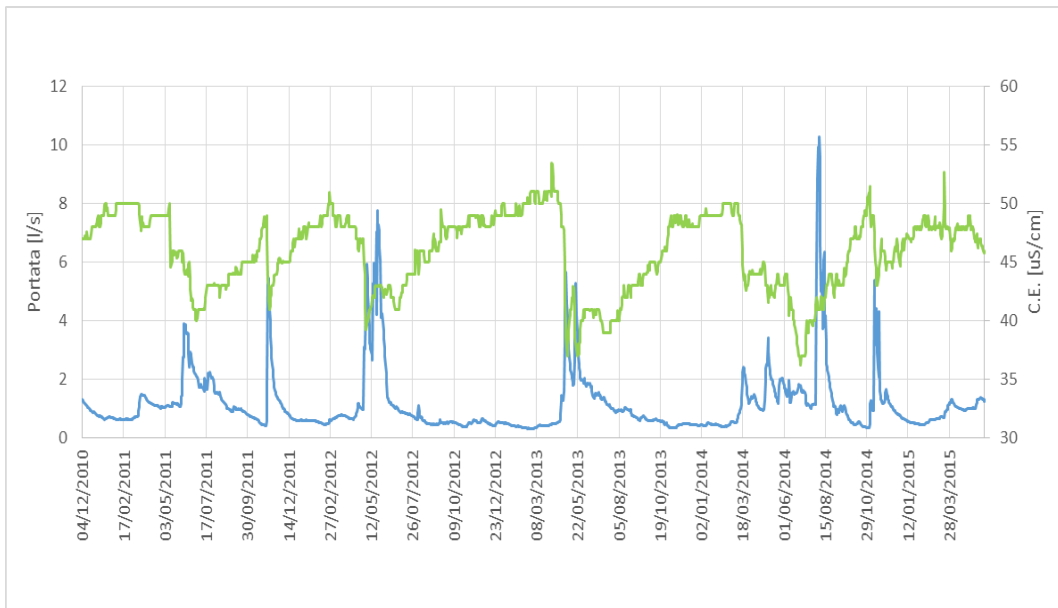


Figura 32 - Sorgente Pianet, confronto Q-CE

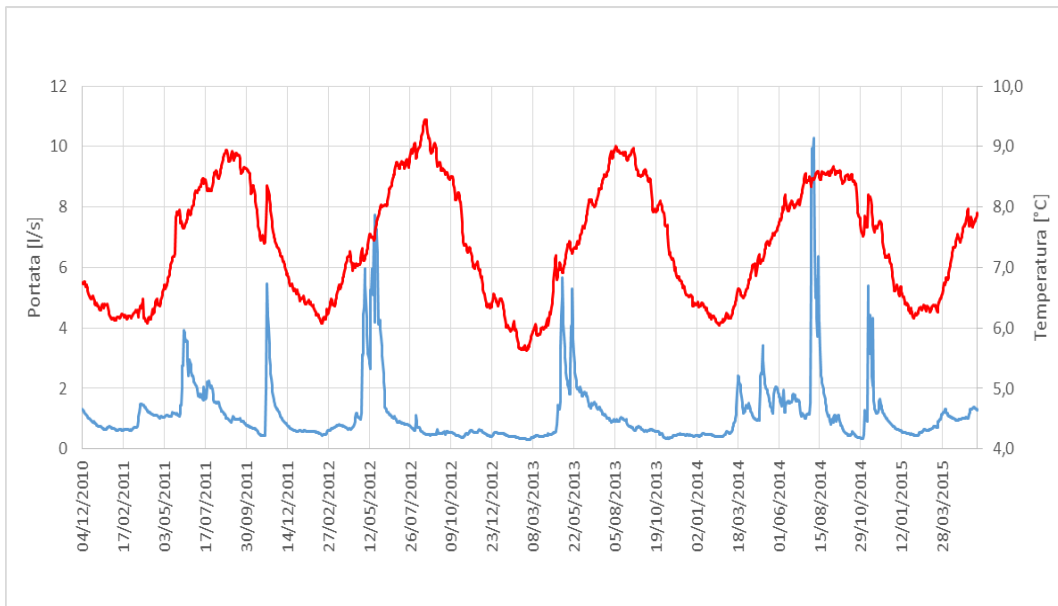


Figura 33 - Sorgente Pianet, confronto Q-T

Metodo VESPA – Calcolo dell'indice V

Il calcolo dell'indice V, riportato nelle tabelle seguenti, nei diversi anni idrogeologici conferma quanto emerso dai dati di monitoraggio. Il parametro ρ risulta essere sempre negativo confermando il comportamento a sostituzione del sistema acquifero.

Tabella 23: Calcolo indice V - Periodo 1

Parametri VESPA		
Tmin	6,04	[°C]
Tmax	8,97	[°C]
Beta	8,58	
Qmin	0,43	[l/s]
Qmax	6,36	[l/s]
Qmed	1,20	[l/s]
Gamma	4,94	
ρ	-0,60	
c(ρ)	0,60	
Indice V	25,25	

Tabella 24: Calcolo indice V - Periodo 2

Parametri VESPA		
Tmin	5,62	[°C]
Tmax	9,50	[°C]
Beta	15,05	
Qmin	0,28	[l/s]
Qmax	5,50	[l/s]
Qmed	0,80	[l/s]
Gamma	6,53	
ρ	-0,69	
c(ρ)	0,69	
Indice V	67,62	



Tabella 25: Calcolo indice V - Periodo 3

Parametri VESPA		
Tmin	5,84	[°C]
Tmax	9,04	[°C]
Beta	10,24	
Qmin	0,33	[l/s]
Qmax	6,23	[l/s]
Qmed	1,01	[l/s]
Gamma	5,84	
ρ	-0,67	
c(ρ)	0,67	
Indice V	40,09	

Tabella 26: Calcolo indice V – Periodo 4

Parametri VESPA		
Tmin	5,88	[°C]
Tmax	8,69	[°C]
Beta	7,90	
Qmin	0,33	[l/s]
Qmax	6,79	[l/s]
Qmed	1,14	[l/s]
Gamma	5,68	
ρ	-0,53	
c(ρ)	0,53	
Indice V	23,60	

Nuovo approccio per la determinazione della Vulnerabilità

La Figura 34 mostra il calcolo della cross-correlation per la coppia Q-P. Si nota come il massimo della funzione di cross-correlazione venga raggiunto per un time lag pari a 3 giorni. La Figura 35 mostra il calcolo della cross-correlation per la coppia CE-P. Si nota come il massimo della funzione di cross-correlazione venga raggiunto per un time lag superiore a 50 giorni.

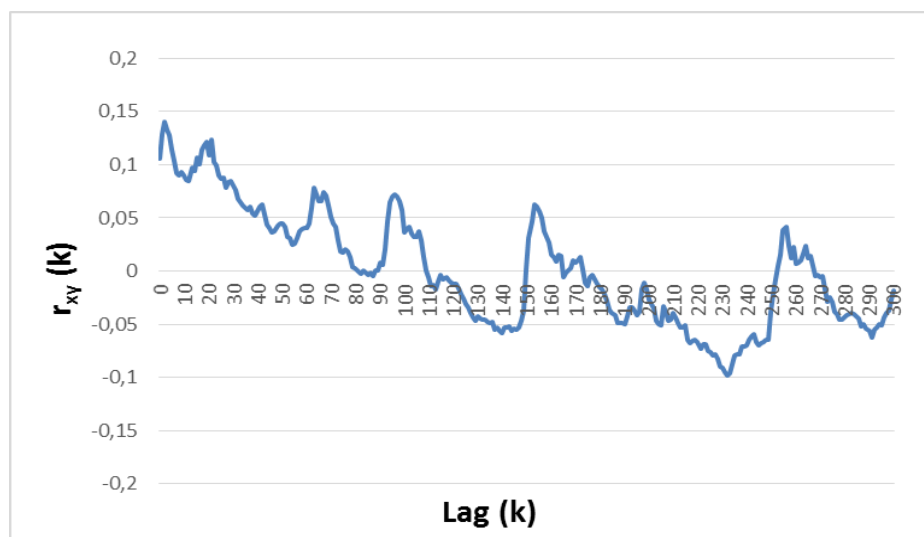


Figura 34: Cross-correlogramma per la coppia Q-P

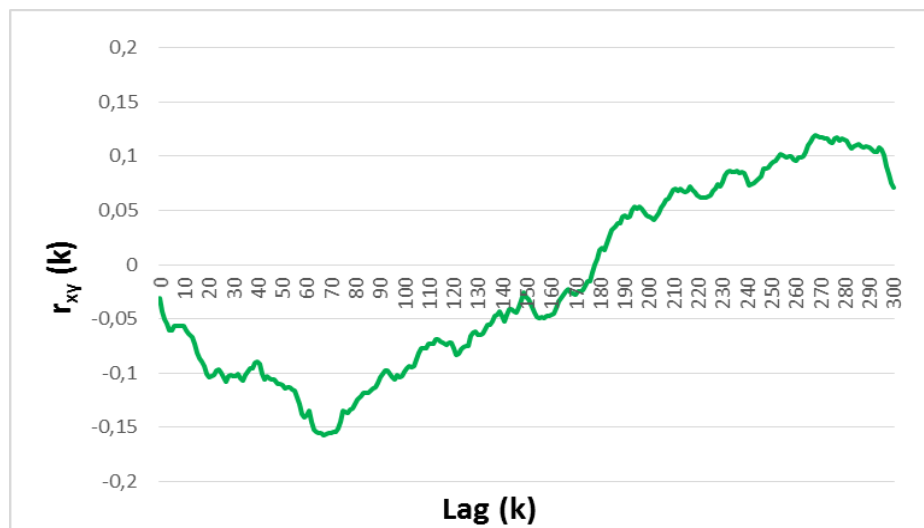


Figura 35: Cross-correlogramma per la coppia CE-P



Pesando i risultati del metodo VESPA e quelli derivanti dal nuovo approccio basato sulla cross-correlazione è stato definito un grado di vulnerabilità relativo ai diversi periodi analizzati (Tabella 27).

Tabella 27: Grado di vulnerabilità

	Indice VESPA	CCF Q-P	CCF CE-P	Grado V	Classe V
Periodo1	4	2	0,5	6,5	elevata
Periodo2	4	2	0,5	6,5	elevata
Periodo3	4	2	0,5	6,5	elevata
Periodo4	4	2	0,5	6,5	elevata

Sulla base della classe di vulnerabilità, che in questo caso è risultata essere alta per tutti gli anni di monitoraggio, è stata tracciata l'area di salvaguardia in accordo con la normativa vigente (Figura 36).

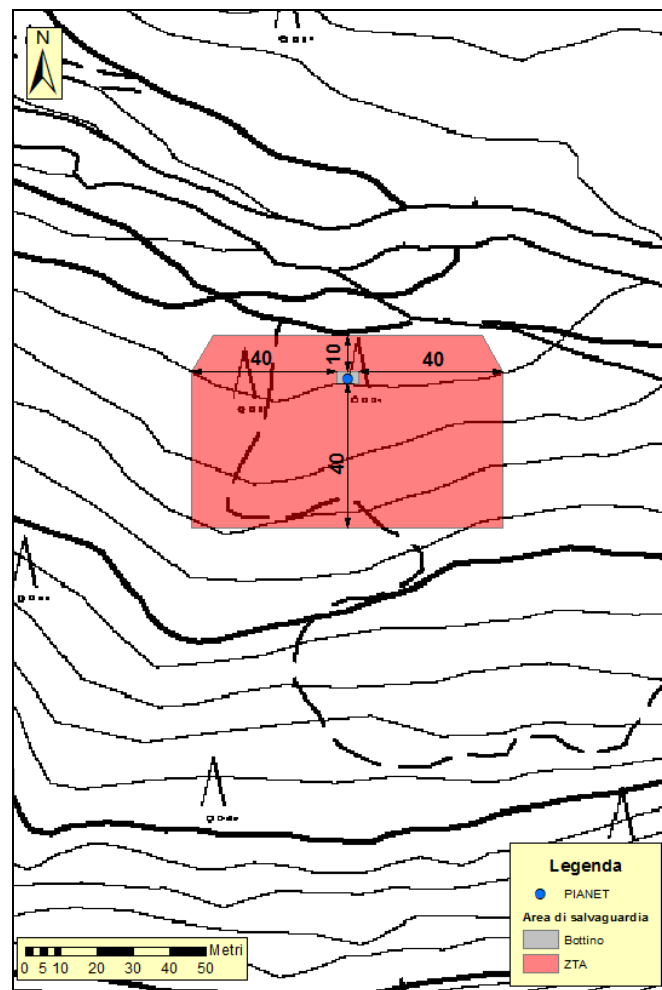
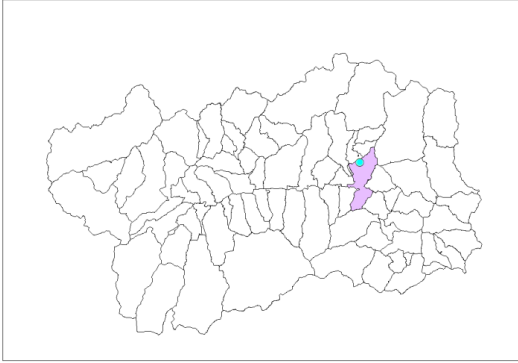

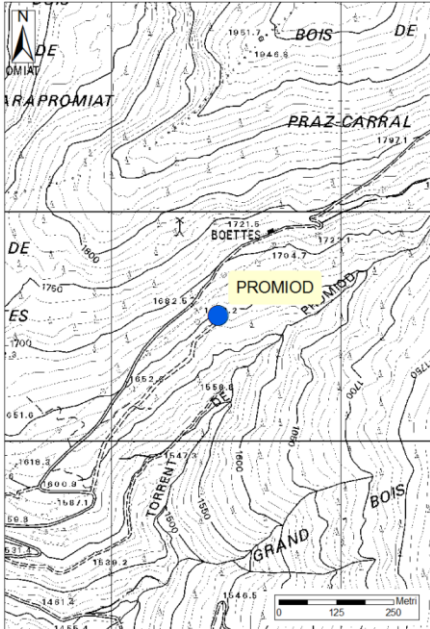


Figura 36: Delimitazione dell'area di salvaguardia

Il bacino di alimentazione coincide con la Zona di Rispetto e la Zona di Protezione. Durante i due Progetti STRADA non è stato possibile individuarlo esattamente. Pertanto, si rimanda ad approfondimenti successivi, condotti dalla Regione, che consentano di ottenere nuove informazioni a carattere idrogeologico utili a capire come tutelare la sorgente.



SORGENTE PROMIOD

Inquadramento geografico			
	Comune	Châtillon	
	CTR	9470	
	DTM	349	
	Via d'accesso	Strada Regionale 46 e Strada Regionale 8 (La Magdeleine)	
	Sistema di Coordinate	UTM-ED50	UTM-WGS 84
	X	392732	392652
	Y	5071770	5071571
	Quota m s.l.m.	1650	
			



Il sito in oggetto é compreso all'interno delle sequenze della Zona Piemontese. Si tratta di un sistema multi falda che separa con continuità le Unità Austroalpine (Zona Sesia-Lanzo e Sistema della Dent Blanche) dalle sottostanti e più esterne falde pennidiche del Monte Rosa, del Gran Paradiso e del Gran San Bernardo. In Valle d'Aosta, sul versante in sinistra orografica e a nord della faglia Aosta – Col-de-Joux – Ranzola, si riconoscono la Zona del Combin Auct. e l'Unità ofiolitica inferiore di Zermatt_Saas (Guide Geologiche Regionali, 1992). La sorgente Promiod è ubicata in corrispondenza della Zona del Combin, rappresentata qui da metabasalti e subordinati metasedimenti mesozoici. I depositi quaternari sono connessi all'azione dei ghiacciai e al rimaneggiamento eluvio colluviale successivo. Nell'area sono presenti anche accumuli detritici.

Monitoraggio della sorgente

La sorgente Promiod, che viene monitorata da oltre 4 anni (ottobre 2010 – maggio 2015), ha una portata media di circa 2 l/s, una portata massima di 18 l/s ed una portata minima di 0,2 l/s. Le principali piene registrate alla sorgente si verificano nel periodo estivo e sono caratterizzate da incrementi piuttosto rapidi e decrementi moderati (Figura 37).

Il confronto dell'andamento delle portate con il trend della conducibilità elettrica evidenzia un comportamento del sistema acquifero, alimentante la sorgente, a pistonaggio (Figura 38).

La temperatura è caratterizzata, invece, da un andamento di tipo stagionale con massimi intorno ai 14 °C nel periodo agosto settembre e minimi di circa 6°C tra febbraio e marzo (Figura 39).

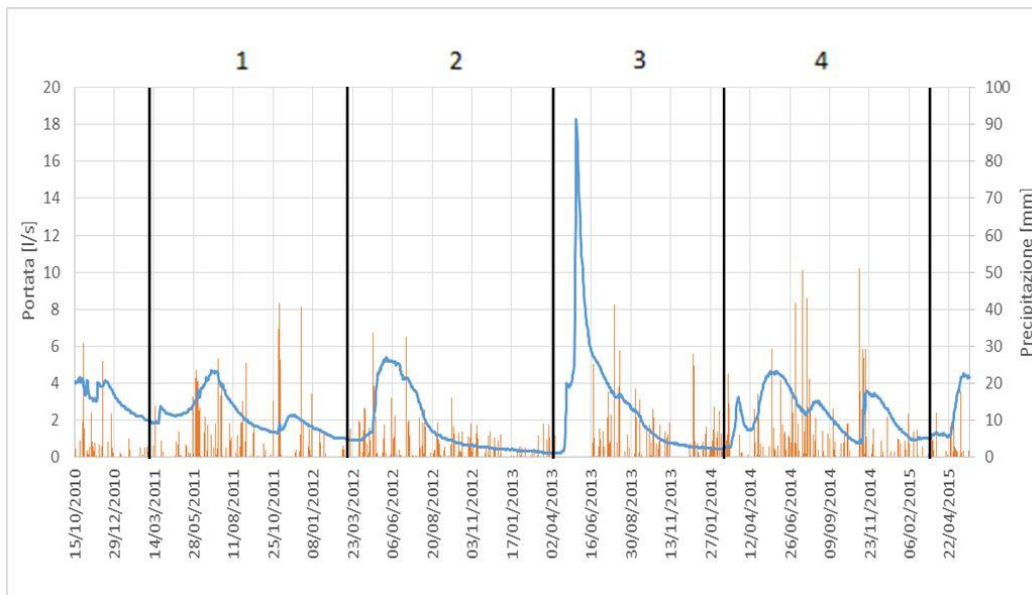


Figura 37: Sorgente Promiod, relazione tra precipitazioni e portate

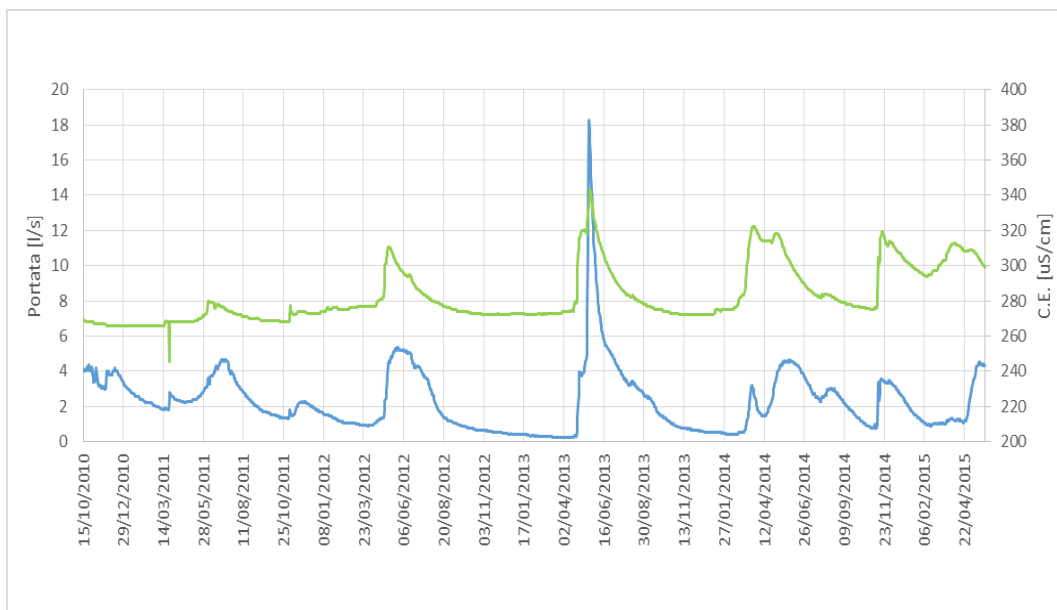


Figura 38 - Sorgente Promiod, confronto Q-CE

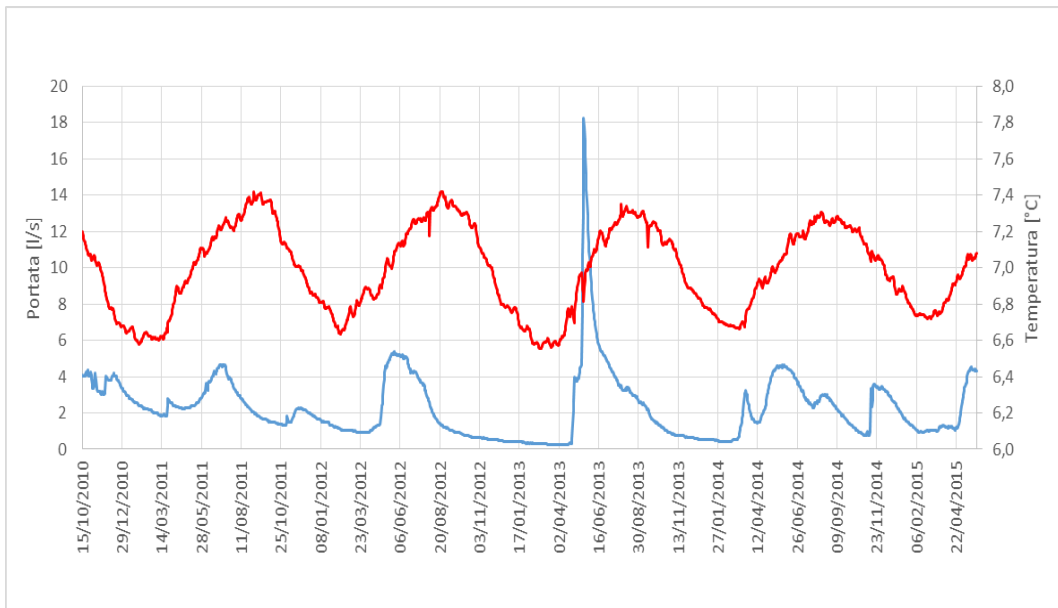


Figura 39 - Sorgente Promiod, confronto Q-T

Metodo VESPA – Calcolo dell'indice V

Il calcolo dell'indice V, riportato nelle tabelle seguenti, nei diversi anni idrogeologici conferma quanto emerso dai dati di monitoraggio. Il parametro ρ risulta essere sempre positivo confermando il comportamento a pistonaggio del sistema acquifero.

Tabella 28: Calcolo indice V - Periodo 1

Parametri VESPA		
Tmin	6,63	[°C]
Tmax	7,51	[°C]
Beta	0,77	
Qmin	0,91	[l/s]
Qmax	4,97	[l/s]
Qmed	2,18	[l/s]
Gamma	1,86	
ρ	0,13	
c(ρ)	0,07	
Indice V	0,10	

Tabella 29: Calcolo indice V - Periodo 2

Parametri VESPA		
Tmin	6,54	[°C]
Tmax	7,43	[°C]
Beta	0,79	
Qmin	0,23	[l/s]
Qmax	5,96	[l/s]
Qmed	1,6	[l/s]
Gamma	3,50	
ρ	0,90	
c(ρ)	0,45	
Indice V	1,25	



Tabella 30: Calcolo indice V - Periodo 3

Parametri VESPA		
Tmin	6,56	[°C]
Tmax	7,39	[°C]
Beta	0,69	
Qmin	0,15	[l/s]
Qmax	20,21	[l/s]
Qmed	2,5	[l/s]
Gamma	7,91	
ρ	0,80	
c(ρ)	0,40	
Indice V	2,18	

Tabella 31: Calcolo indice V - Periodo 4

Parametri VESPA		
Tmin	6,71	[°C]
Tmax	7,36	[°C]
Beta	0,42	
Qmin	0,65	[l/s]
Qmax	5,46	[l/s]
Qmed	2,3	[l/s]
Gamma	2,04	
ρ	0,30	
c(ρ)	0,15	
Indice V	0,13	



Nuovo approccio per la determinazione della Vulnerabilità

La Figura 40 e la Figura 41 riportano i cross-correlogrammi relativi, rispettivamente, ai dati di portata-precipitazioni e conducibilità elettrica-precipitazioni.

In particolare dal grafico portata-precipitazioni emerge un time lag, corrispondente al massimo della funzione di cross-correlazione portata-precipitazioni, pari a 16 giorni mentre tale valore risulta essere di 15 giorni per la coppia conducibilità elettrica-precipitazioni.

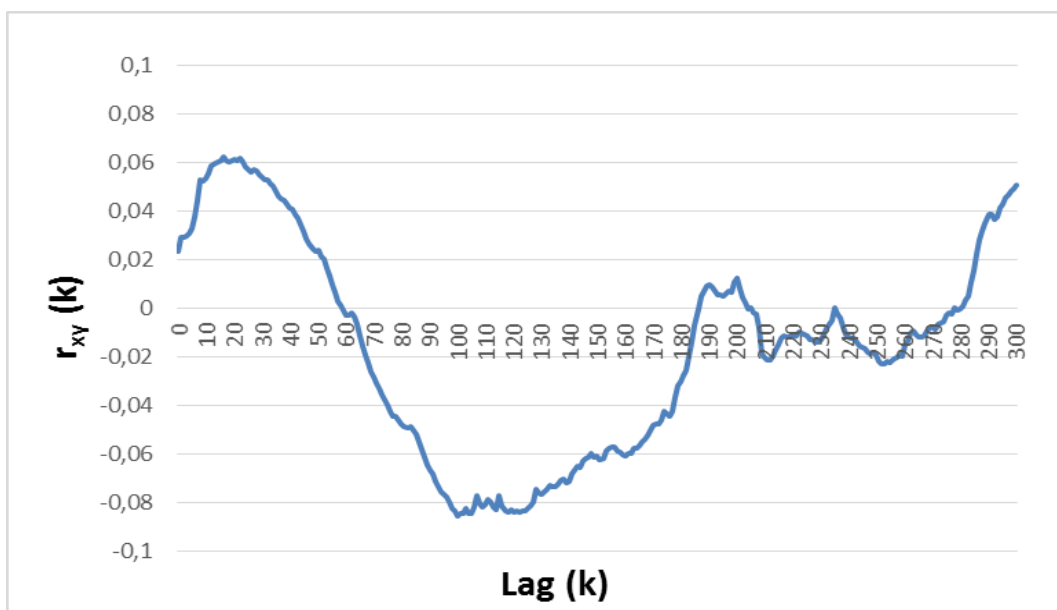


Figura 40: Cross-correlogramma per la coppia Q-P

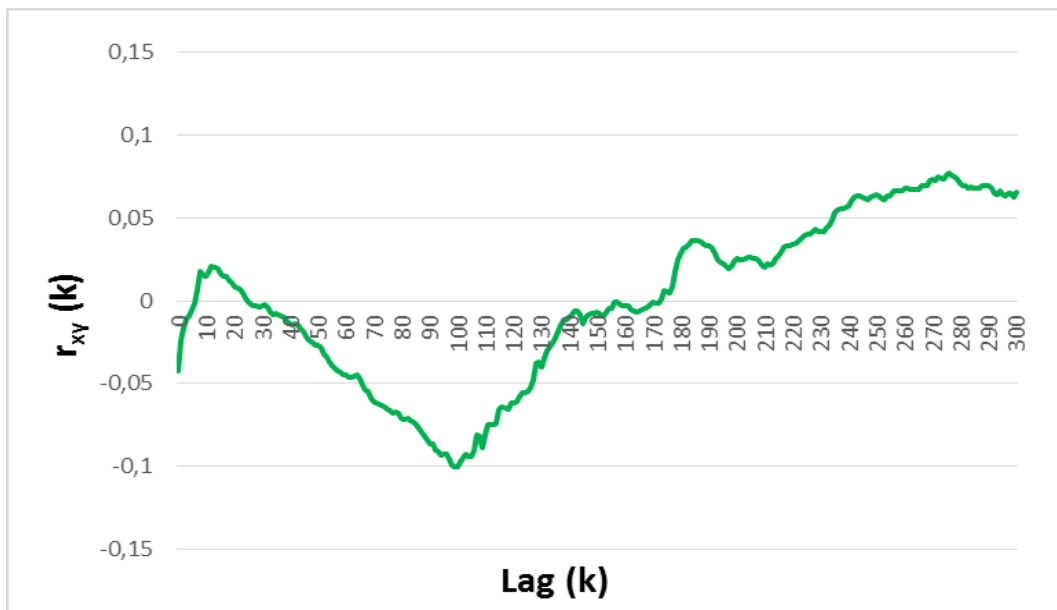


Figura 41: Cross-correlogramma per la coppia CE-P

Pesando i risultati del metodo VESPA e quelli derivanti dal nuovo approccio basato sulla cross-correlazione è stato definito un grado di vulnerabilità relativo ai diversi periodi analizzati (Tabella 32).

Tabella 32: Gradi di vulnerabilità

	Indice VESPA	CCF Q-P	CCF CE-P	Grado V	Classe V
Periodo1	1	1	1	3	bassa
Periodo2	3	1	1	5	alta
Periodo3	3	1	1	5	alta
Periodo4	2	1	1	4	media

Sulla base della classe di vulnerabilità, tenendo conto del dato più cautelativo, è stata tracciata l'area di salvaguardia in accordo con la normativa vigente (Figura 42). La differenza tra le classi di vulnerabilità è da imputare alla variabilità del parametro ρ , relativo all'indice VESPA, nei diversi periodi.

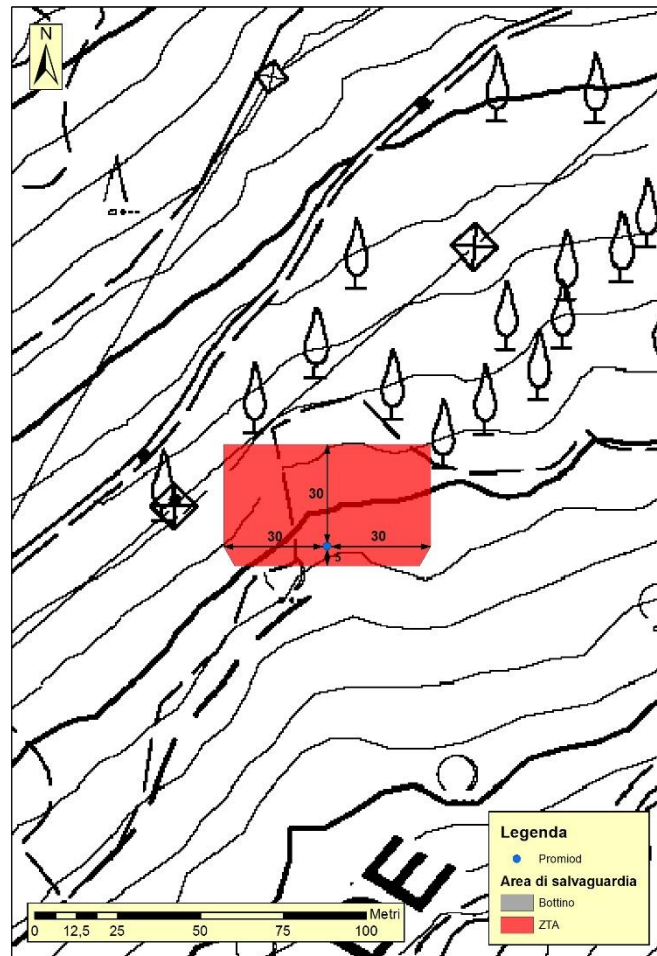
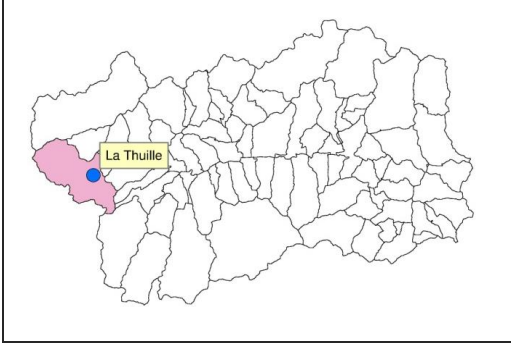
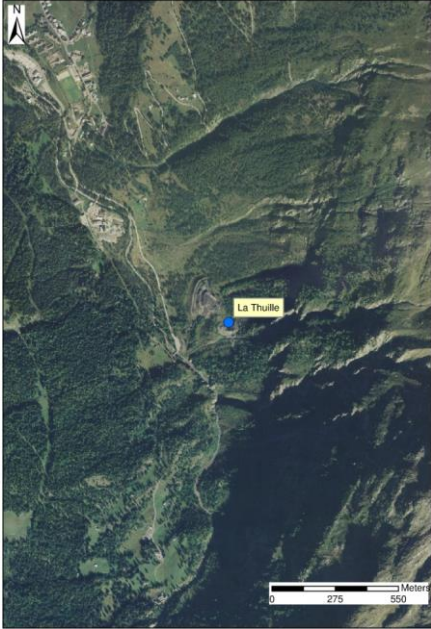
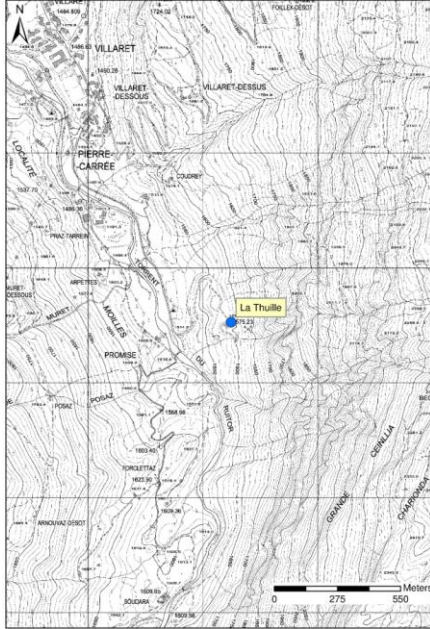


Figura 42: Delimitazione dell'area di salvaguardia

Il bacino di alimentazione coincide con la Zona di Rispetto e la Zona di Protezione. Durante i due Progetti STRADA non è stato possibile individuarlo esattamente. Pertanto, si rimanda ad approfondimenti successivi, condotti dalla Regione, che consentano di ottenere nuove informazioni a carattere idrogeologico utili a capire come tutelare la sorgente.



SORGENTE PROMISE

Inquadramento geografico			
	Comune	La Thuille	
	CTR	4262	
	DTM	498	
	Via d'accesso	Seguire la SS26, arrivati in centro paese seguire per le Fraz. Bathieu, Arly, Villaret d in Fraz Pierre-Carrée girare a sx nella vecchia miniera	
	Sistema di Coordinate	UTM-ED50	UTM-WGS 84
	X	341623	341543
	Y	5062764	5062564
	Quota m s.l.m.	1580	
			



La sorgente denominata Promise è ubicata in corrispondenza dell'areale di affioramento delle sequenze della Zona del Houllère, Unità del Dominio Brianzonese esterno, appartenente al Sistema Pennidico Medio. La zona del Houllère, detta anche Zona Permo-carbonifera assiale, deve il suo nome al fatto di essere costituita da metasedimenti argilloso-arenaceo-conglomeratici con lenti di antracite di età carbonifera superiore. Nell'intorno della sorgente in particolare le rocce affioranti sono Conglomerati, metapsammiti e metapeliti, scisti e arenarie micacee a letti di antracite.

Monitoraggio della sorgente

La sorgente Promise è stata monitorata da luglio 2012 ad oggi. La sua portata media è pari a circa 4,5 l/s mentre la portata massima è di 47 l/s. La portata minima è pari a 0 in quanto la sorgente va in secca in alcuni periodi dell'anno (periodo tardo autunnale/invernale) (Figura 43).

L'andamento della conducibilità rispetto alle variazioni della portata evidenzia un comportamento del sistema acquifero a sostituzione (Figura 44). La temperatura mostra una celere risposta agli input infiltrativi così come si evince dal grafico di Figura 45.

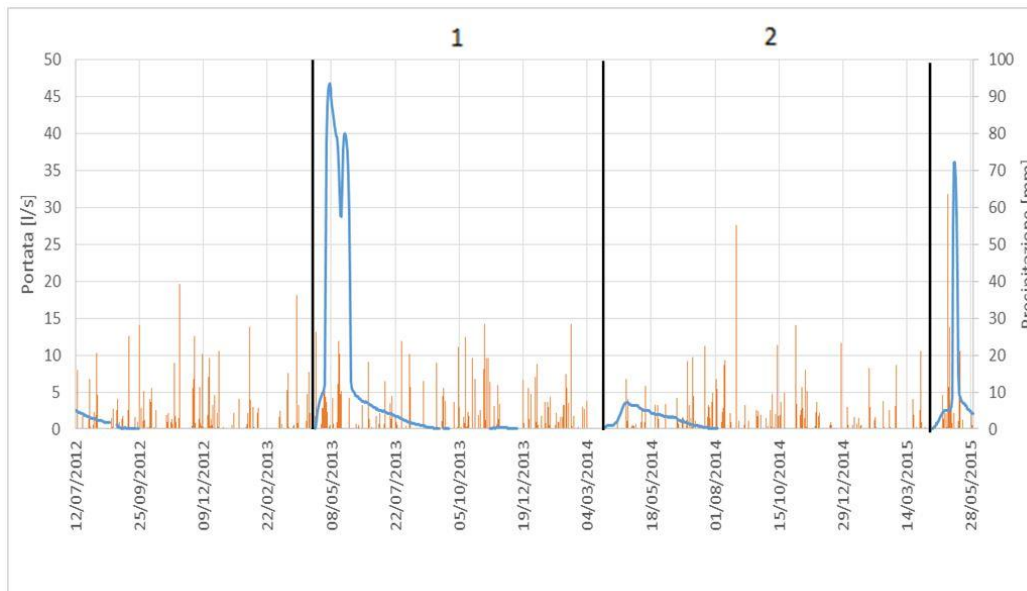


Figura 43: Sorgente Promise, relazione tra precipitazioni e portate

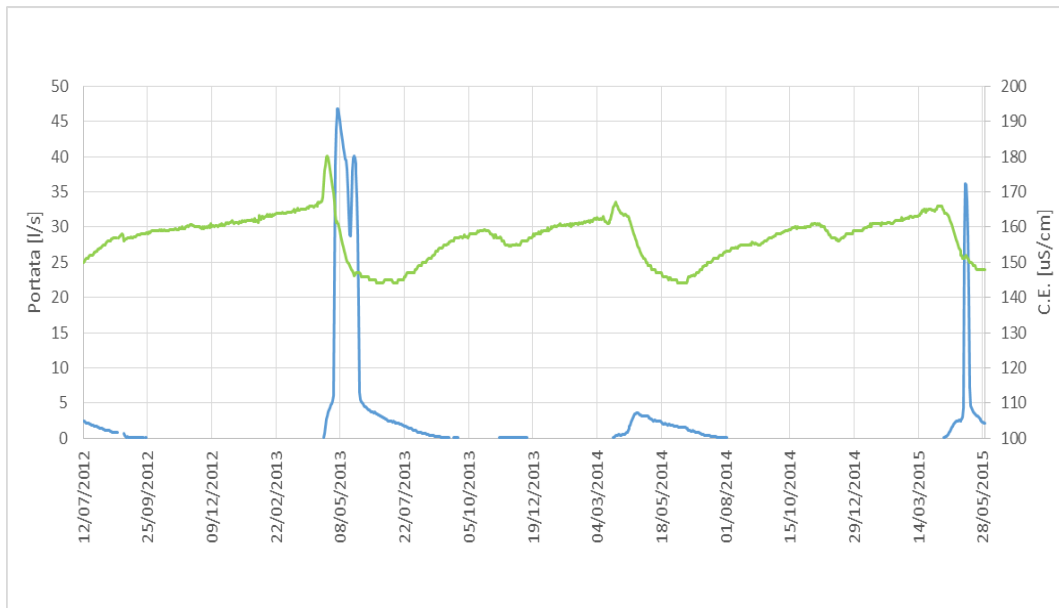


Figura 44 - Sorgente Promise, confronto Q-CE

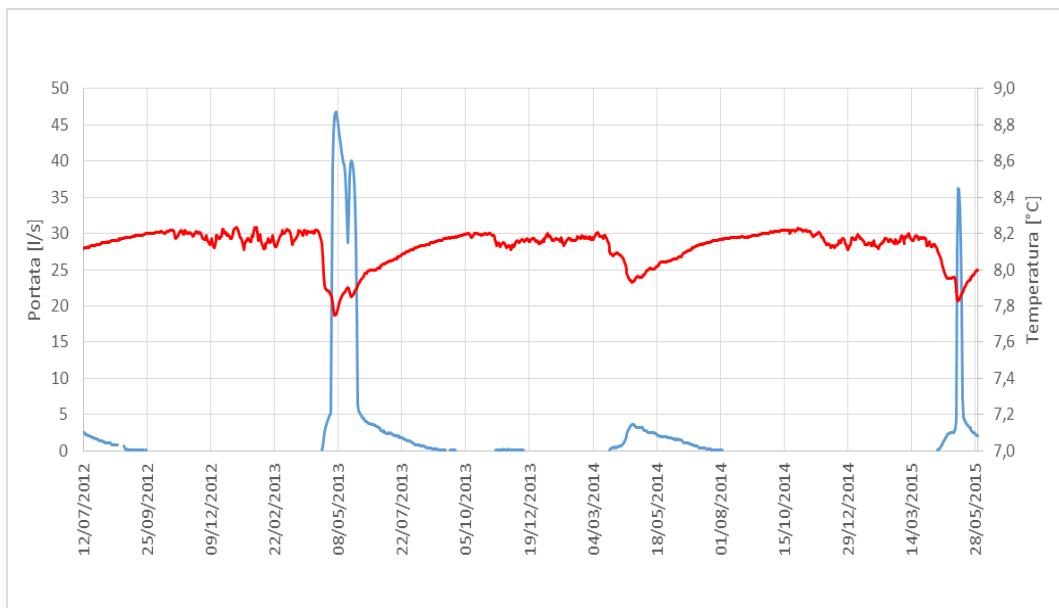


Figura 45 - Sorgente Promise, confronto Q-T

Metodo VESPA – Calcolo dell'indice V

Il calcolo dell'indice V, riportato nelle tabelle seguenti, nei diversi anni idrogeologici conferma quanto emerso dai dati di monitoraggio. Il parametro ρ risulta essere sempre negativo confermando il comportamento a sostituzione del sistema acquifero.

Tabella 33: Calcolo indice V – Periodo 1

Parametri VESPA		
Tmin	7,74	[°C]
Tmax	8,22	[°C]
Beta	0,23	
Qmin	0,08	[l/s]
Qmax	47,33	[l/s]
Qmed	3,9	[l/s]
Gamma	12,26	
ρ	-0,16	
c(ρ)	0,16	
Indice V	0,44	

Tabella 34: Calcolo indice V – Periodo 2

Parametri VESPA		
Tmin	7,93	[°C]
Tmax	8,23	[°C]
Beta	0,09	
Qmin	0,08	[l/s]
Qmax	4,06	[l/s]
Qmed	0,6	[l/s]
Gamma	6,85	
ρ	-0,56	
c(ρ)	0,56	
Indice V	0,35	

Nuovo approccio per la determinazione della Vulnerabilità

La Figura 46 e la Figura 47 riportano i cross-correlogrammi relativi, rispettivamente, ai dati di portata-precipitazioni e conducibilità elettrica-precipitazioni.

In particolare dal grafico portata-precipitazioni emerge un time lag, corrispondente al massimo della funzione di cross-correlazione portata-precipitazioni, pari a 7 giorni mentre tale valore risulta superiore a 50 giorni per la coppia conducibilità elettrica-precipitazioni.

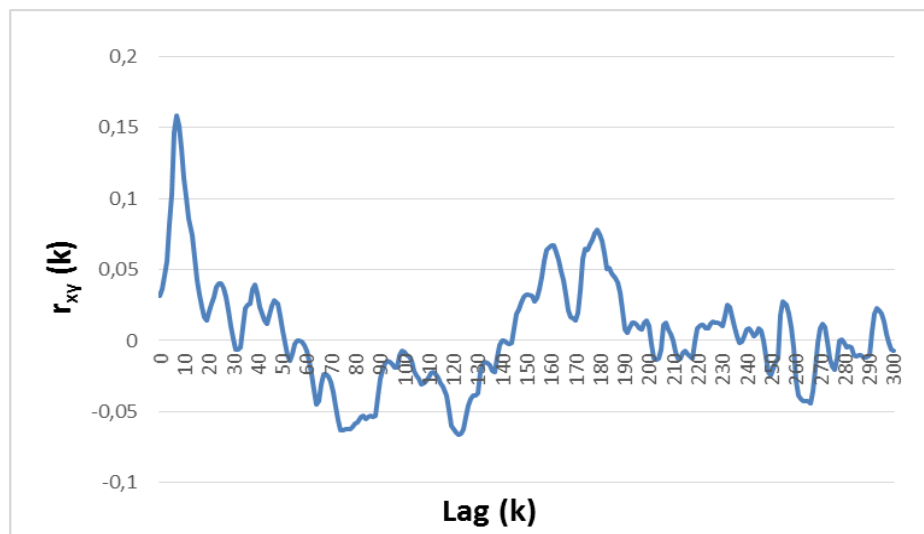


Figura 46: Cross-correlogramma per la coppia Q-P

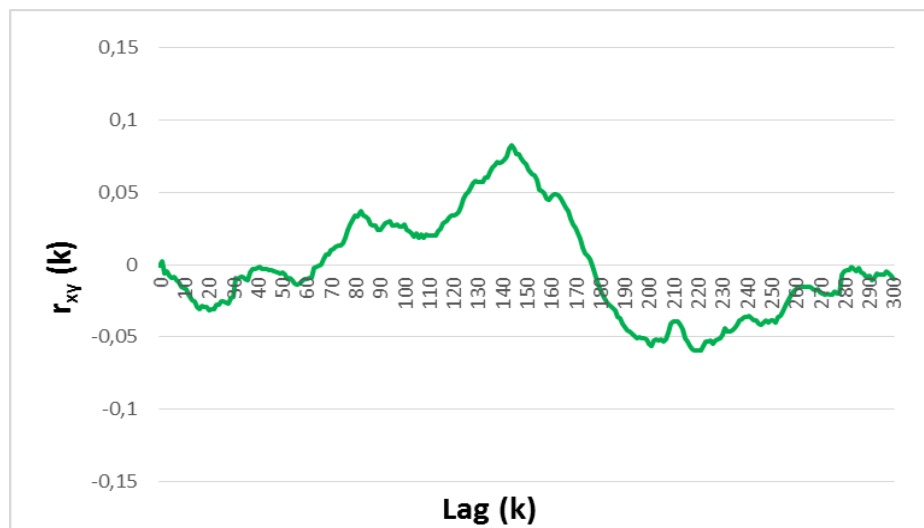


Figura 47: Cross-correlogramma per la coppia CE-P

Pesando i risultati del metodo VESPA e quelli derivanti dal nuovo approccio basato sulla cross-correlazione è stato definito un grado di vulnerabilità relativo ai diversi periodi analizzati (Tabella 35).

Tabella 35: Grado di vulnerabilità

	Indice VESPA	CCF Q-P	CCF CE-P	Grado V	Classe V
Periodo1	2	1,5	0,5	4	media
Periodo2	2	1,5	0,5	4	media

Sulla base della classe di vulnerabilità, che in questo caso è risultata essere media per tutti gli anni di monitoraggio, è stata tracciata l'area di salvaguardia in accordo con la normativa vigente (Figura 48).

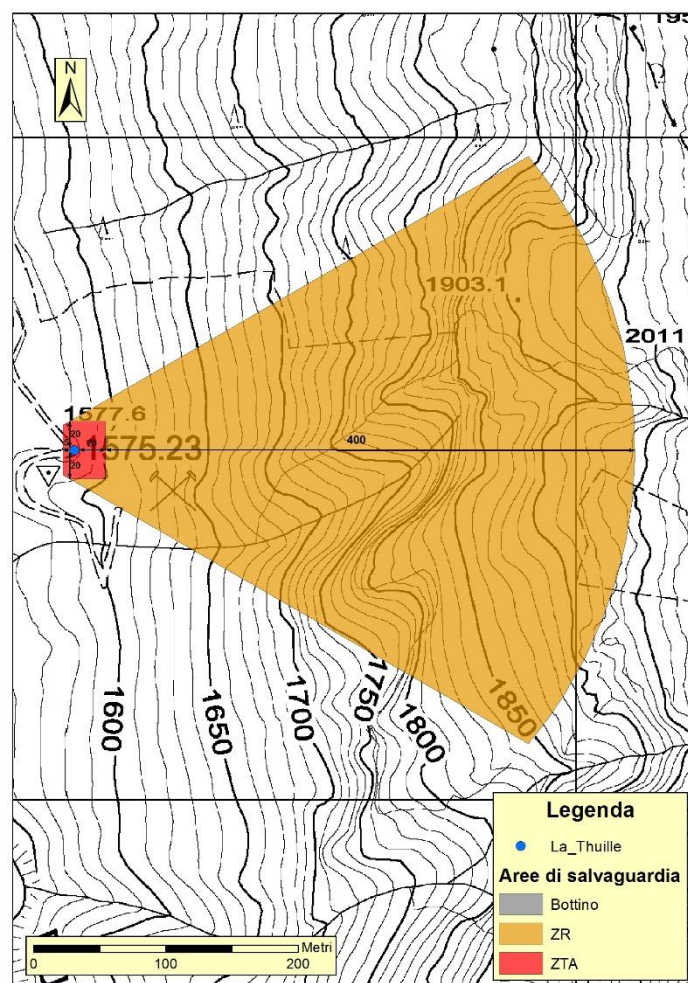


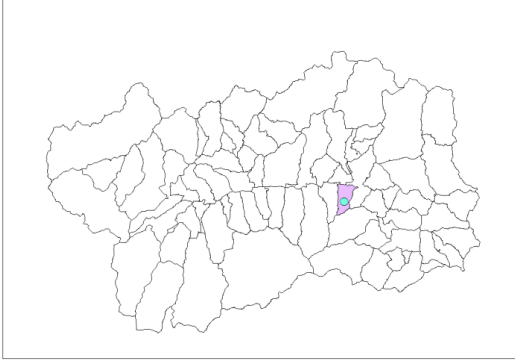

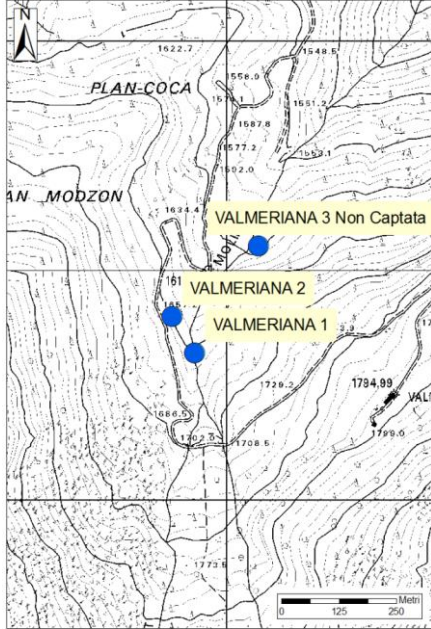
Figura 48: Delimitazione dell'area di salvaguardia



L'area di salvaguardia non evidenzia particolari criticità in quanto al suo interno non ricadono potenziali fonti di pericolo, quali edifici od opere a carattere antropico.



SORGENTE VALMERIANA2

Inquadramento geografico			
	Comune	Pontey	
	CTR	9062	
	DTM	522	
	Via d'accesso	Strada Carrozzabile	
	Sistema di Coordinate	UTM-ED50	UTM-WGS 84
	X	389880	389800
	Y	5063400	5063201
	Quota m s.l.m.	1698	
			



Il sito in oggetto é compreso all'interno delle sequenze della Zona Piemontese. Si tratta di un sistema multi falda che separa con continuità le Unità Austroalpine (Zona Sesia-Lanzo e Sistema della Dent Blanche) dalle sottostanti e più esterne falde pennidiche del Monte Rosa, del Gran Paradiso e del Gran San Bernardo. A sud della faglia Aosta - Col-de-Joux – Ranzola, sul versante destro orografico della Valle d'Aosta, si riconoscono Unità ofiolitiche a metamorfismo eclogitico correlabili all'Unità Zermatt-Saas e Unità piemontesi esterne analoghe da un punto di vista litologico e metamorfico alle rocce della Zona del Combin Auct. (Guide Geologiche Regionali, 1992). La sorgente denominata Valmeriana 2 è ubicata in corrispondenza delle Unità ofiolitiche a metamorfismo eclogitico, rappresentate da serpentiniti e subordinati metabasalti.

Per quanto riguarda le formazioni superficiali, si possono riconoscere essenzialmente depositi glaciali indifferenziati.

Monitoraggio della sorgente

La sorgente Valmeriana 2, monitorata da oltre 4 anni (ottobre 2010 – maggio 2015) presenta una portata media di 8 l/s, una portata massima di circa 25 l/s e una portata minima prossima allo 0. I periodi di secca si verificano principalmente al termine dell'inverno (febbraio – marzo) (Figura 49).

Il comportamento “a sostituzione” dell'acquifero è riscontrabile sia nell'andamento della conducibilità (Figura 50) sia nell'andamento della temperatura (Figura 51)

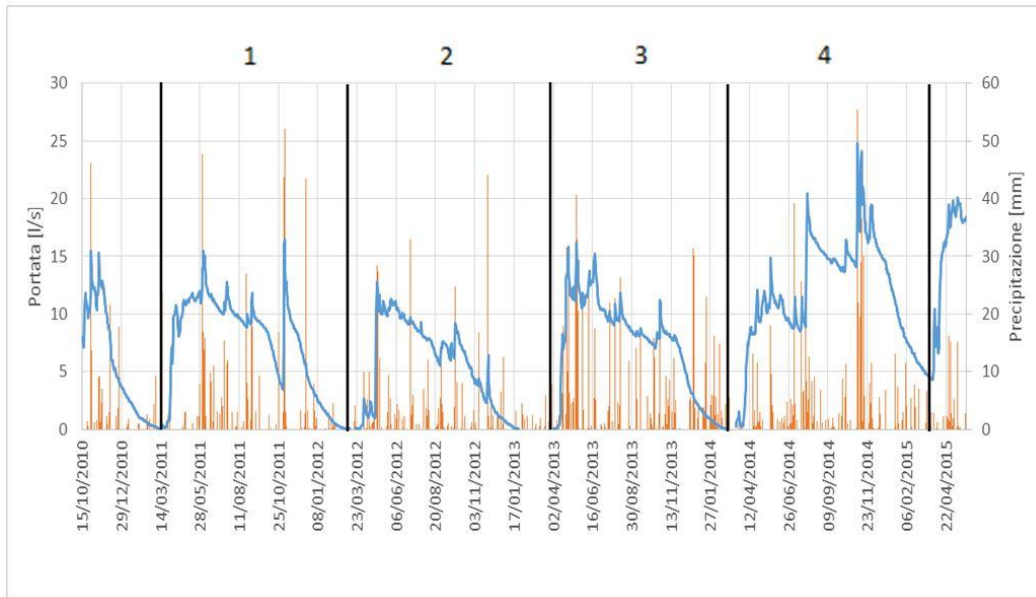


Figura 49: Sorgente Valmeriana 2, relazione tra precipitazioni e portate

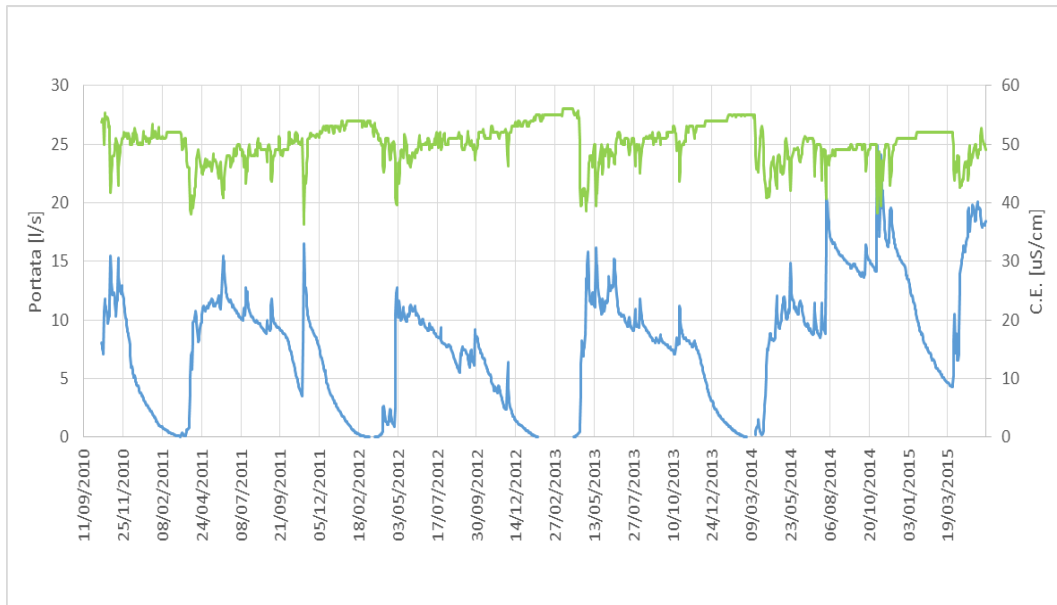


Figura 50 - Sorgente Valmeriana2, confronto Q-CE

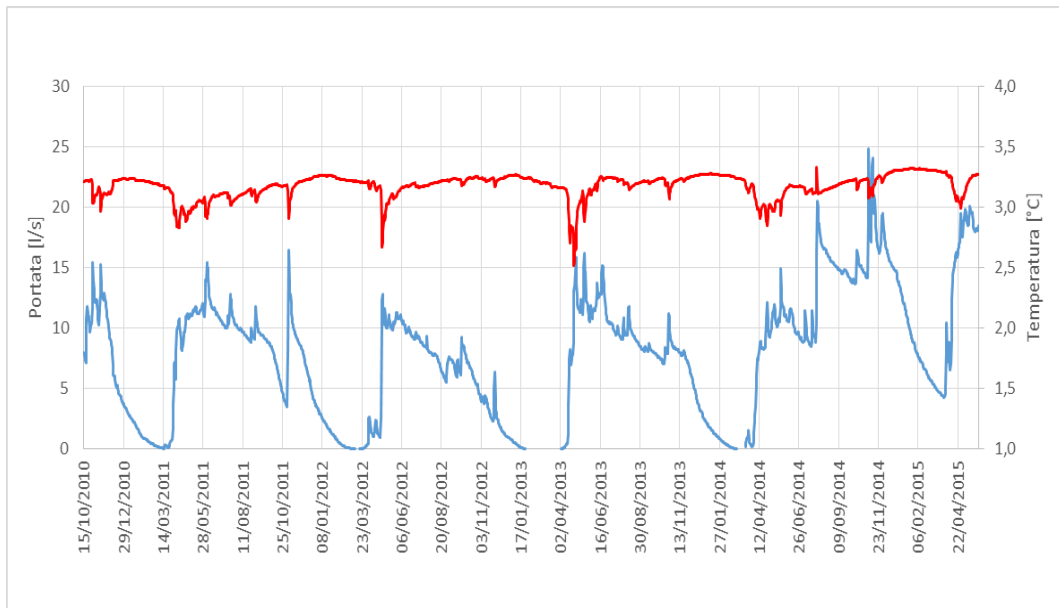


Figura 51 - Sorgente Valmeriana2, confronto Q-T

Metodo VESPA – Calcolo dell'indice V

Il calcolo dell'indice V, riportato nelle tabelle seguenti, nei diversi anni idrogeologici conferma quanto emerso dai dati di monitoraggio. Il parametro ρ risulta essere sempre negativo confermando il comportamento a sostituzione del sistema acquifero.

Tabella 36: Calcolo indice V – Periodo 1

Parametri VESPA		
Tmin	2,81	[°C]
Tmax	3,27	[°C]
Beta	0,21	
Qmin	0,00	[l/s]
Qmax	17,60	[l/s]
Qmed	7,2	[l/s]
Gamma	2,45	
ρ	-0,75	
c(ρ)	0,75	
Indice V	0,39	

Tabella 37: Calcolo indice V – Periodo 2

Parametri VESPA		
Tmin	2,54	[°C]
Tmax	3,27	[°C]
Beta	0,53	
Qmin	0,00	[l/s]
Qmax	15,13	[l/s]
Qmed	4,8	[l/s]
Gamma	3,14	
ρ	-0,76	
c(ρ)	0,76	
Indice V	1,27	



Tabella 38: Calcolo indice V – Periodo 3

Parametri VESPA		
Tmin	2,36	[°C]
Tmax	3,28	[°C]
Beta	0,85	
Qmin	0,00	[l/s]
Qmax	17,60	[l/s]
Qmed	6,6	[l/s]
Gamma	2,67	
ρ	-0,67	
c(ρ)	0,67	
Indice V	1,51	

Tabella 39: Calcolo indice V – Periodo 4

Parametri VESPA		
Tmin	2,81	[°C]
Tmax	3,32	[°C]
Beta	0,26	
Qmin	0,42	[l/s]
Qmax	26,13	[l/s]
Qmed	11,8	[l/s]
Gamma	2,17	
ρ	-0,33	
c(ρ)	0,33	
Indice V	0,18	

Nuovo approccio per la determinazione della Vulnerabilità

La Figura 52 e la Figura 53 riportano i cross-correlogrammi relativi, rispettivamente, ai dati di portata-precipitazioni e conducibilità elettrica-precipitazioni.

In particolare dal grafico portata-precipitazioni emerge un time lag, corrispondente al massimo della funzione di cross-correlazione portata-precipitazioni, pari a 3 giorni mentre tale valore risulta essere superiore a 50 giorni per la coppia conducibilità elettrica-precipitazioni.

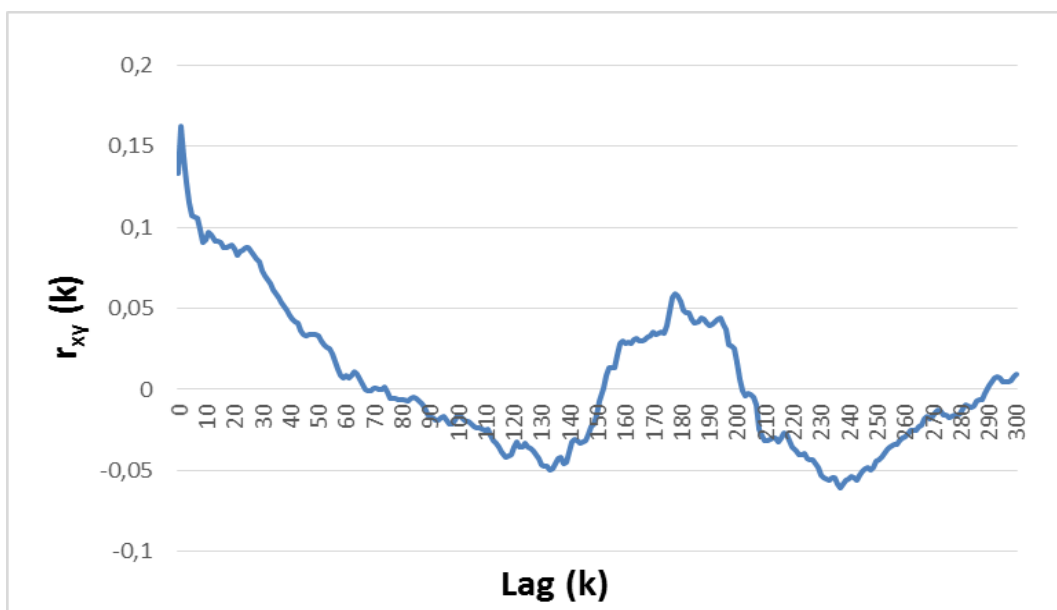


Figura 52: Cross-correlogramma per la coppia Q-P

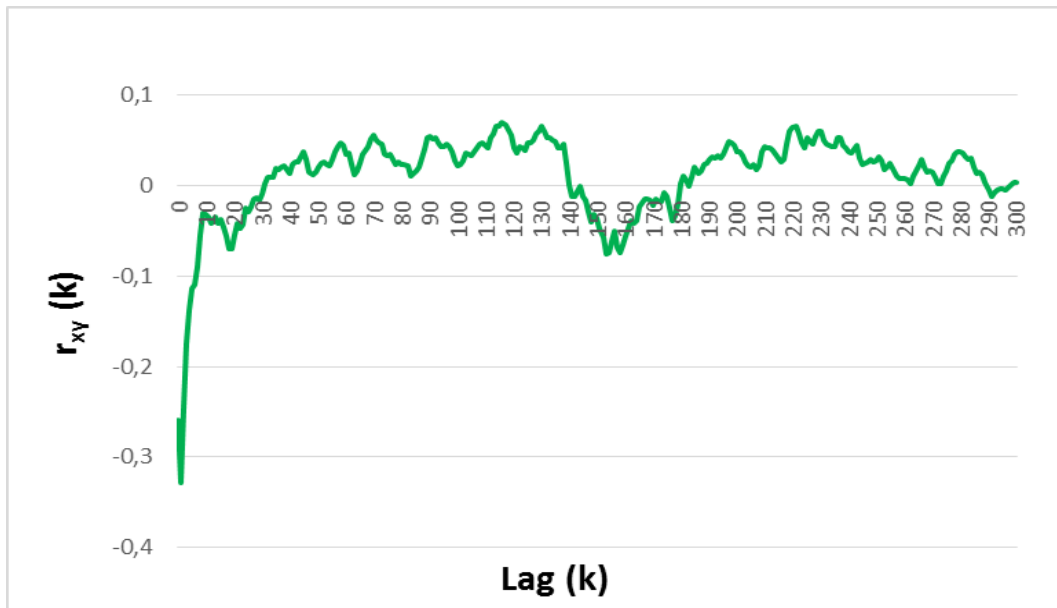


Figura 53: Cross-correlogramma per la coppia Q-P

Pesando i risultati del metodo VESPA e quelli derivanti dal nuovo approccio basato sulla cross-correlazione è stato definito un grado di vulnerabilità relativo ai diversi periodi analizzati (Tabella 40).

Tabella 40: Grado di vulnerabilità

	Indice VESPA	CCF Q-P	CCF CE-P	Grado V	Classe V
Periodo1	2	2	0,5	4,5	media
Periodo2	3	2	0,5	5,5	alta
Periodo3	3	2	0,5	5,5	alta
Periodo4	2	2	0,5	4,5	media

Sulla base della classe di vulnerabilità, tenendo conto del dato più cautelativo, è stata tracciata l'area di salvaguardia in accordo con la normativa vigente (Figura 54). La differenza tra le classi di vulnerabilità è da imputare alla variabilità del parametro ρ , relativo all'indice VESPA, nei diversi periodi.

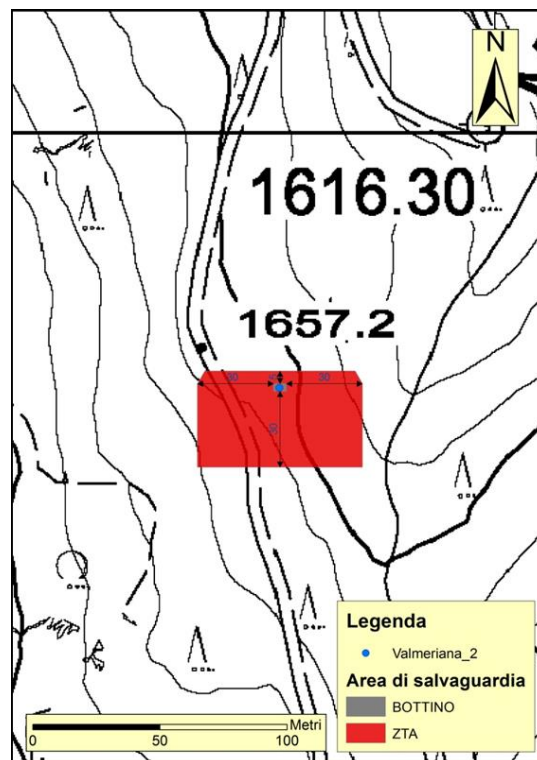


Figura 54: Delimitazione dell'area di salvaguardia

Il bacino di alimentazione coincide con la Zona di Rispetto e la Zona di Protezione. Durante i due Progetti STRADA non è stato possibile individuarlo esattamente. Pertanto, si rimanda ad approfondimenti successivi, condotti dalla Regione, che consentano di ottenere nuove informazioni a carattere idrogeologico utili a capire come tutelare la sorgente.



4 Miglioramento interfaccia grafica software

Al fine di rendere il *software* creato, nell'ambito del Progetto STRADA, più fruibile dai professionisti è stata effettuata la revisione dell'applicativo in linguaggio *open source Python*, in grado di fornire, ai vari soggetti che gestiscono le Risorse Idriche Sotterranee (RIS) e, più nello specifico, le sorgenti montane, un *software* di facile applicazione per la determinazione della vulnerabilità delle diverse sorgenti così da poter delineare correttamente le relative aree di salvaguardia.

In particolare, è stata migliorata l'interfaccia grafica e si è provveduto ad installare lo stesso su *server* su cui risiedono i progetti STRADA e STRADA 2.0. In questo modo è possibile, avendo a disposizione l'*url* del *server*, connettersi a quest'ultimo ed utilizzare il *software* mediante il proprio *browser* di navigazione in internet evitando così di dover installare componenti aggiuntivi sul pc in uso.



5 Conclusioni

Il Progetto STRADA 2 ha consentito di raccogliere e divulgare ai tecnici operanti nel settore i risultati ottenuti dal precedente Progetto STRADA ed ha altresì fornito preziose informazioni utili alla tutela della Risorsa Idrica Sotterranea della Regione.

La normativa vigente (D.lgs. 152/2006 s.m.i.) prevede che la delimitazione delle aree di salvaguardia venga effettuata secondo un criterio idrogeologico. Tale criterio prevede che la Zona di Tutela Assoluta (ZTA) e la Zona di Rispetto (ZR) vengano definite mediante grandezze geometriche prestabilite in funzione del grado di vulnerabilità intrinseca proprio della sorgente. Invece, la delimitazione della Zona di Protezione (ZP) si impone che coincida con i limiti dell'area di alimentazione o bacino idrogeologico della sorgente. Nello specifico, per le classi con grado di vulnerabilità intrinseca basso e medio la ZR viene definita in base a valori geometrici, mentre, per le classi con grado di vulnerabilità pari ad alto ed elevato la ZR coincide con la ZP.

In questo lavoro, dunque, è stato possibile calcolare in modo preciso il grado di vulnerabilità intrinseca per tutte le sorgenti studiate e delimitare le relative ZTA, mentre è stato possibile delineare le ZR solamente per le sorgenti con grado di vulnerabilità basso e medio. Infatti, a causa della carenza di informazioni e dati idrogeologici non è stato mai possibile delimitare la ZP e la ZR, quest'ultima solo nei casi in cui il grado di vulnerabilità intrinseca della sorgente sia pari ad alto o elevato. Al fine di colmare tale lacuna sarebbe auspicabile che la Regione si facesse carico di ulteriori indagini così da definire con precisione la Zona di Protezione delle sorgenti. Tali indagini potrebbero consistere in prospezioni geofisiche di tipo elettrico, sondaggi geognostici a carotaggio continuo ed eventualmente test con traccianti.



Allegato 1



CORSO DI FORMAZIONE PROFESSIONALE (accreditato) "SORGENTI"

Le giornate sono di 8 ore con orario h 9,00 - 18,00

Sede di svolgimento: struttura "Assetto idrogeologico dei bacini montani" - Località Amérique, n.33 11020 Quart (AO)

PROGRAMMA

Giorno 1 – venerdì 9 ottobre

(Prof.ssa De Maio M.; Ing. Lavy M.)

Ore 8.45 accoglienza dei partecipanti, ore 9.00 inizio attività.

Studio idrogeologico delle sorgenti

Classificazione delle sorgenti

Pausa pranzo

Bilancio idrogeologico inverso

Analisi dell'idrogramma di una sorgente

- Modellizzazione della curva di svuotamento (Maillet, 1905)
- Calcolo dei parametri della curva d'esaurimento

Esercitazione pratica

Giorno 2 – venerdì 16 ottobre

(Ing. Bendazzoli A.; Ing. Amanzio G.; Ing. Marchionatti F.; Prof.ssa De Maio M.)

Opere di presa

Monitoraggio delle sorgenti

Modelli di funzionamento delle sorgenti

Introduzione alle *time series analysis*

- Funzione di autocorrelazione
- Funzione di cross-correlazione

Pausa pranzo

Funzionamento sonde OTT Corr-Tek

Installazione sonde OTT Corr-Tek e scarico dati

Giorno 3 – venerdì 23 ottobre

(Ing. Marchionatti F.; Ing. Amanzio G.; Prof.ssa De Maio M.)

Metodi di delimitazione delle aree di salvaguardia

Delimitazione delle aree di salvaguardia

Software per il calcolo della Vulnerabilità Intrinseca

Esempi pratici

Pausa pranzo

Metodi di validazione delle aree di salvaguardia

Discussione e domande

Valutazione del corso.

Informazioni ed iscrizioni: Fondazione Montagna sicura

Tel. 0165.897602 (Referente dr Davide Franco)

Email: formazione@fondms.org

Sito: www.fondazionemontagnasicura.org