

**Progetto di ricerca finalizzato all'elaborazione  
del modello idrogeologico del sottosuolo delle  
aree del territorio comunale poste in destra  
idrografica del Fiume Noncello interessate dai  
fenomeni di allagamento**

# **Relazione**

**Dicembre 2013**

## 1. PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati dello studio “*Progetto di ricerca finalizzato all’elaborazione del modello idrogeologico del sottosuolo delle aree del territorio comunale poste in destra idrografica del Fiume Noncello interessate dai fenomeni di allagamento*” svolto in convenzione con il Comune di Cordenons.

Le aree oggetto di studio insistono sulla Fascia delle Risorgive, fascia dall’ampiezza variabile sita in prossimità dell’ampio Conoide dei torrenti Cellina a Meduna. In quest’area vengono localmente a giorno, per il variare della permeabilità dei depositi del sottosuolo, le acque della falda freatica. La localizzazione delle risorgive e la soggiacenza della falda sono legate alle caratteristiche di permeabilità e di trasmissività idraulica laterale e verticale dei depositi alluvionali che costituiscono l’immediato sottosuolo. Alla localizzazione dei punti di emergenza contribuiscono anche le caratteristiche geomorfologiche della superficie topografica.

Le attività necessarie per il raggiungimento dell’obiettivo si sono articolate in più fasi: raccolta dati, monitoraggio, omogeneizzazione, validazione, confronto, elaborazione e analisi dei risultati.

Il lavoro è stato svolto da docenti e assegnisti di ricerca del Dipartimento di Matematica e Geoscienze dell’Università di Trieste (DMG) che si sono avvalsi del costruttivo apporto dei tecnici del Comune di Cordenons, Area Servizi Manutenzione, Patrimonio ed Ambiente. Il responsabile scientifico dello studio è il prof. Franco Cucchi ed hanno fatto parte del gruppo di lavoro il dott. Luca Zini, (ricercatore presso il DMG), il dott. Philippe Turpaud e la dott. Chiara Calligaris (assegnisti presso il DMG dell’Università di Trieste).

Oltre alle conoscenze acquisite nel tempo nell’ambito degli studi e ricerche che il Dipartimento di Matematica e Geoscienze conduce sulle acque di pianura da una quarantina d’anni, ci si è avvalsi delle più recenti informazioni riguardanti l’area d’indagine. Parte del materiale è stato fornito dal Comune di Cordenons (cartografia e relazioni geologiche redatte per i Piani Regolatori Comunali) e parte è stata reperita negli archivi del Servizio Geologico e del Servizio Gestione risorse idriche della Regione FVG. Per quanto riguarda la piovosità, ci si è avvalsi dei dati registrati dalle stazioni pluviometriche di proprietà dell’OSMER e della Protezione Civile della Regione FVG.

DATI	PROVENIENZA
PRGC e varianti, dati idrogeologici e litostratigrafici	Comune di Cordenons, Servizio Geologico FVG, Servizio Gestione risorse idriche FVG,
Punti d’indagine (stratigrafie pozzi, sondaggi meccanici, prove penetrometriche)	DMG-UNITS, Servizio Gestione risorse idriche FVG, Servizio Geologico FVG, Comune di Cordenons
Dati pluviometrici, dati idrometrici	Servizio Gestione risorse idriche FVG
Dati piezometrici e idrometrici	Servizio Gestione risorse idriche FVG,
Dati laserscanner e ortofoto	Protezione Civile FVG
Segnalazioni allagamenti dicembre 2010	Comune di Cordenons
Cartografia topografica	Servizio cartografico della regione FVG



## 2. INQUADRAMENTO DELL'AREA

### 2.1 Inquadramento geografico e cartografico

L'area d'indagine si trova nella parte occidentale della pianura del Friuli Venezia Giulia e fa parte del bacino idrografico del Cellina - Meduna, corsi d'acqua che rivestono una grande importanza per l'alimentazione degli acquiferi presenti nella zona del pordenonese.

La base cartografica utilizzata per le rappresentazioni è la Carta Tecnica Regionale del Friuli Venezia Giulia alla scala 1:5000, elementi 065092, 065103, 065131, 065144, 065133, 065132, 065143, 086014, 086011, 086024, 086013, 086012, 086054.

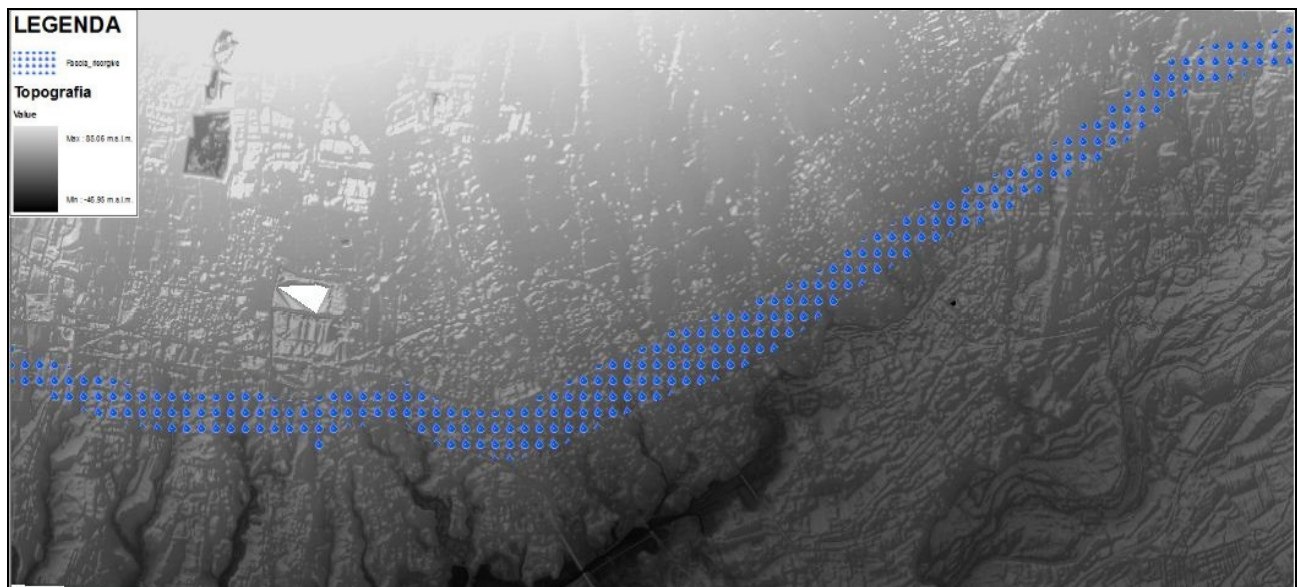


**Figura 1:** immagine satellitare della zona della pianura pordenonese con l'area di studio.

### **2.1.1 Analisi dati laserscan**

I dati laserscan sono stati forniti dalla Protezione Civile della Regione FVG in formato .xyz, il che ha comportato la loro trasformazione da nuvola di punti a TIN e da TIN a DEM.

Il raster così ottenuto consente l'analisi dettagliata della morfologia superficiale ed in particolare il riconoscimento delle aree depresse ed è stato utilizzato come base topografica per l'elaborazione dei dati relativi alla soggiacenza della falda e alle zone più sensibili ai fenomeni di allagamento.



**Figura 2:** immagine raster della topografia della zona di studio. In azzurro è rappresentata la Fascia delle Risorgive.

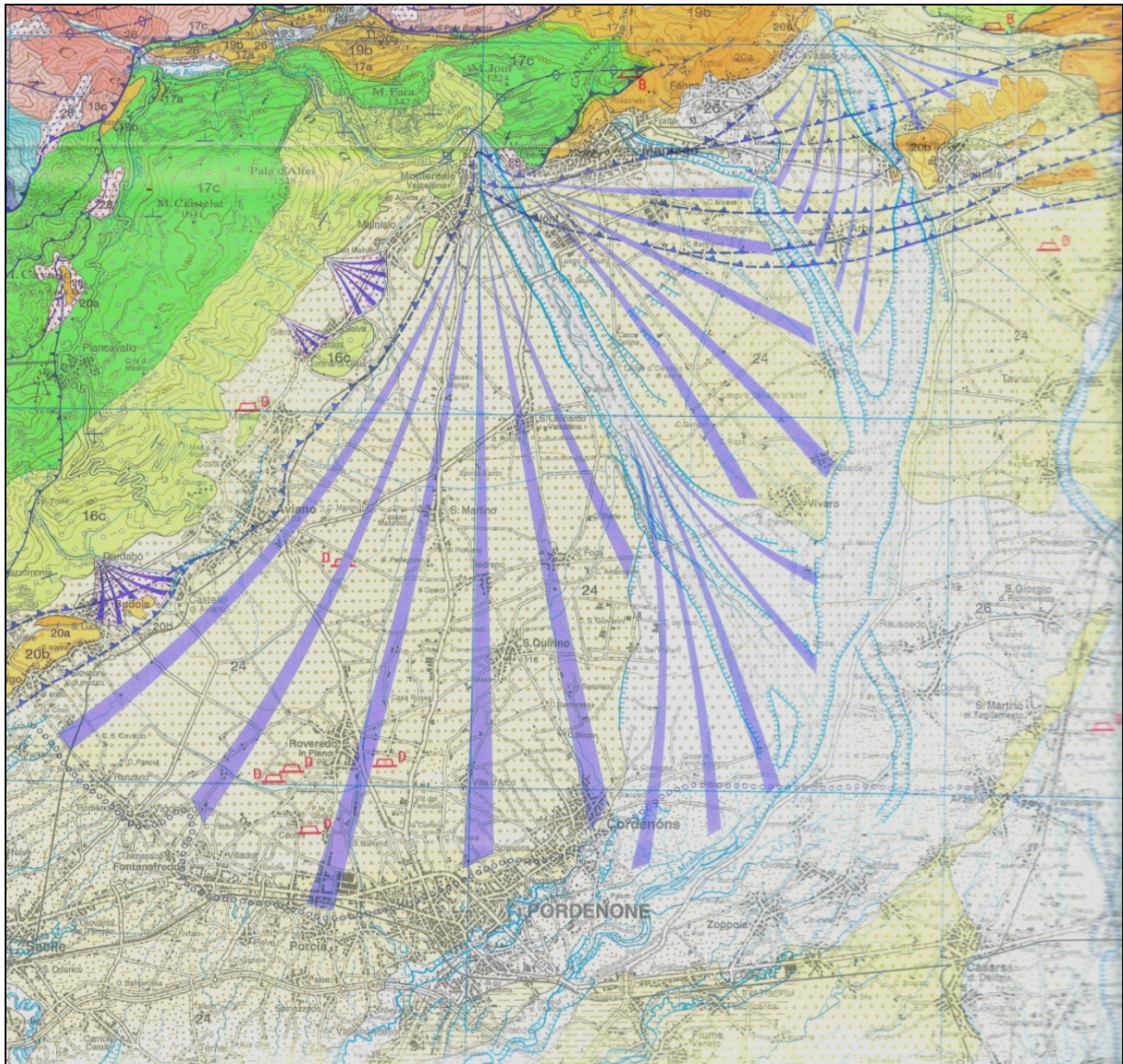
### **2.2. Aspetti geologici e litologici**

L'area si trova nella Pianura friulana, al passaggio fra Alta Pianura (a nord della Fascia delle Risorgive) e Bassa Pianura (a sud della Fascia delle Risorgive): il sottosuolo è rappresentato per la maggior parte da depositi alluvionali alternati in profondità con depositi fluvio glaciali, poggianti su un profondo substrato costituito da depositi di molassa miocenici.

I depositi alluvionali sono costituiti da ghiaie e sabbie in prevalenza di natura dolomitica o dolomitico-calcareo, frammisti ed intercalati a depositi più fini limoso argillosi.

L'Alta Pianura è caratterizzata dalla presenza di alluvioni prevalentemente grossolane sciolte o cementate; in superficie si presentano per lo più rimaneggiate e decalcificate, in profondità si riscontrano occasionali strati argillosi e banchi di ghiaie e sabbie più o meno cementate. Nella Bassa Pianura prevalgono alluvioni più fini, prevalentemente sabbioso-limose, alterate e decalcificate in superficie.





**Figura 3:** stralcio dalla Carta geologica del Friuli Venezia Giulia (Carulli et al., 2006). La Linea di Aviano a NW e il fascio di sovrascorrimenti di Colle - Ragogna a Nord (linee dentellate tratteggiate in blu) delimitano i rilievi. Sono evidenziati dalla simbologia l'esteso ed articolato conoide del T. Cellina, quello più limitato del T. Meduna e i depositi di versante del Piancavallo. Il conoide del Cellina, sovralimentato, sovrasta quello del Meduna, contrastando il conoide del fiume Tagliamento.

Studi geofisici sulla base del Quaternario nella Pianura friulana individuano nel sottosuolo della zona di Cordenons le unità rigide del basamento a circa 400-500 m dal piano campagna.

Se le conoscenze sull'immediato sottosuolo consentono di definire a grandi linee le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei depositi superficiali, quelle sugli spessori profondi sono decisamente carenti. Solamente a grandi linee è quindi possibile ipotizzare la

distribuzione in profondità dei valori di permeabilità competenti alle diverse unità e le direzioni preferenziali di deflusso e di risalita in superficie delle acque di falda.

Sulla base dei dati geologici bibliografici e/o riportati nelle Relazioni geologiche allegate alla Variante N. 30 al PRGC, si possono riconoscere nell'area le seguenti unità litologiche:

- Terreni con ghiaia e ciottoli in matrice sabbioso-limoso;
- Terreni ghiaiosi in sabbiosa o sabbio-limoso;
- Terreni sabbiosi (con più o meno ghiaia fina);
- Terreni sabbiosi – limosi.

La loro distribuzione areale e i rapporti verticali e laterali sono legati alla genesi fluviale, ai processi e ai meccanismi di trasporto, all'erosione e alle modalità di sedimentazione. Le variazioni di spessore e di distribuzione areale delle lenti sedimentarie sono comunque continue e non consequenziali, per cui le correlazioni litostratigrafiche hanno per lo più valore indicativo.

### 2.3. Bibliografia considerata

**CUCCHI F., MASSARI G., OBERTI S.** (1999): Fluttuazioni della falda freatica nell'Alta Pianura friulana. *Gortania*, Vol. 21 (1999), 39-51.

**CUCCHI F., MASSARI G., OBERTI S.** (2000): Il chimismo delle falde freatiche e artesiane della Pianura Friulana. *Quaderno del Mus. Carsico, Geol. e Paleont. Monfalcone*, n. 7 (1999), 3-20.

**CARULLI G.B.** a cura di (2006): Carta geologica del Friuli Venezia Giulia e Note illustrative. Ed. SELCA, Firenze.

**ZINI L. & CUCCHI F., FRANCESCHINI G., TREU F.** (2009): Caratteristiche idrologiche e geochemiche delle riserve acquifere sotterranee della pianura del Friuli Venezia Giulia. *Gortania*, 30 (2008), 5-30.

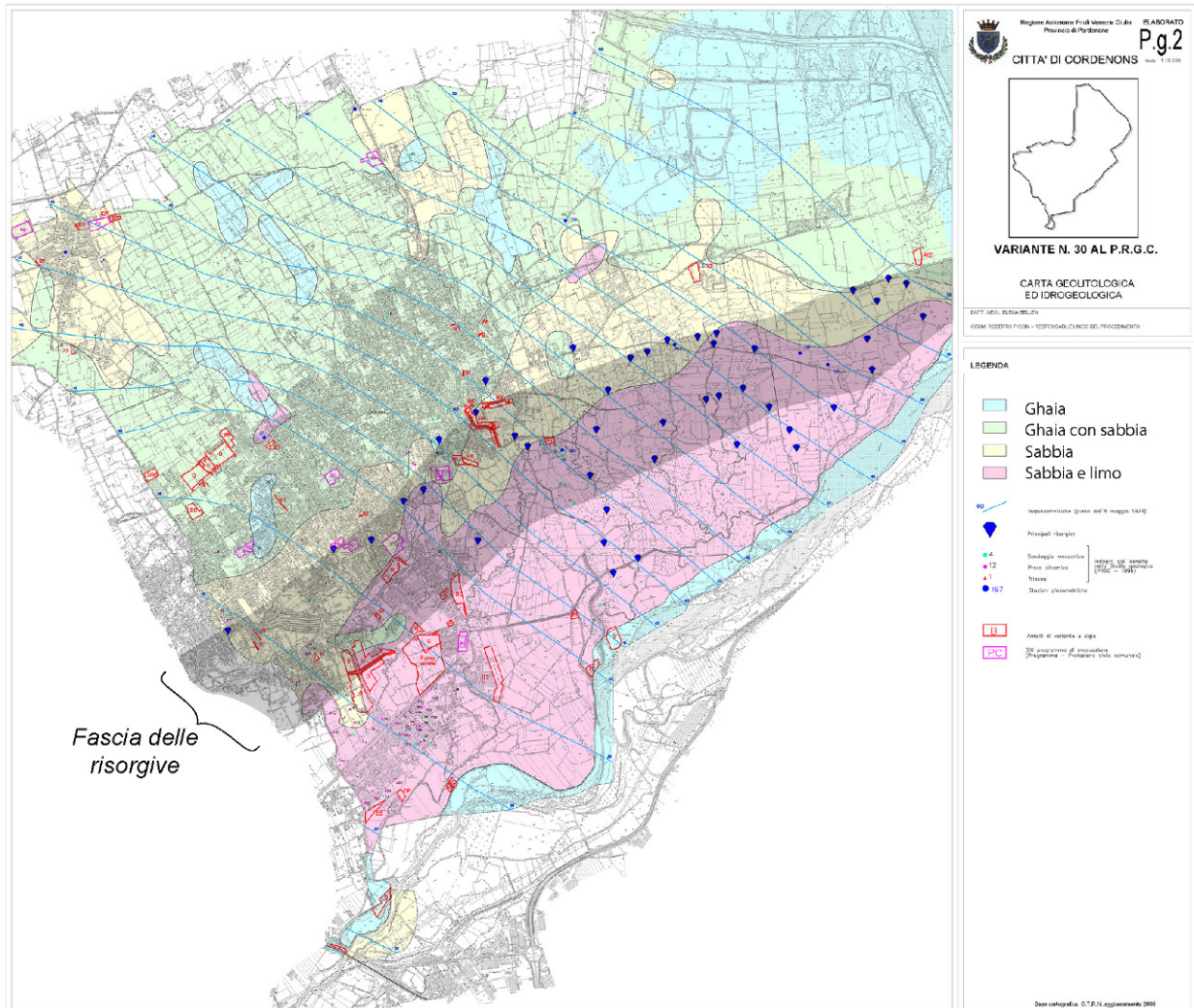
**WWF ricerche Progetti** (2010): Relazione su indagini geologiche ed idrologiche preliminari. Programma di Interventi per la valorizzazione di percorsi naturalistici dei "magredi del Cellina". *Rapporto interno per il Comune di Cordenons*.

**BELLEN E.** (2010): Studio geologico idrogeologico ed idraulico. Variante N. 30 al P.R.G.C. *Rapporto interno per il Comune di Cordenons*.

**ZINI L., CALLIGARIS C., TREU F., IERVOLINO D., LIPPI F.** a cura di (2011): Risorse idriche sotterranee del Friuli Venezia Giulia: sostenibilità dell'attuale indirizzo. Ed. EUT- DMG UNITS 89 pp., Trieste, 978-88-8303-314-8

**DMG UNITS** (2013): Progetto di ricerca finalizzato all'elaborazione del modello idrogeologico del sottosuolo delle aree del territorio comunale poste in destra idrografica del Fiume Noncello e comprendente le circoscrizioni Torre, Rorai Grande – Cappuccini e Centro, ai fini della definizione della dinamica dei fenomeni di allagamento per sovrizzo dei livelli di falda freatica. *Rapporto interno per il Comune di Pordenone*.





**Figura 4:** carta geolitologica ed idrogeologica allegata alla Variante N. 30 al PRGC. La Carta mette in evidenza la differenziazione granulometrica dei depositi da settentrione verso meridione, in accordo con la divisione fra Alta e Bassa Pianura.



### 3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

#### 3.1 Idrologia di superficie

L'area di interesse fa parte del sottobacino del Cellina-Meduna che afferisce al bacino del Livenza e il reticolo idrico consiste in alcuni corsi d'acqua principali, numerosi corsi d'acqua secondari, numerosissime risorgive, spesso facenti capo a pozze o piccoli laghi.

La distribuzione areale è stata nel tempo artificialmente modificata, con sbarramenti, scavi, deviazioni, intubamenti, riporti artificiali e così via, per cui il reticolo idrico naturale è oggi estremamente ridotto a scapito di quello artificiale.

##### 3.1.1 Corsi d'acqua principali

I corsi d'acqua principali sono il torrente Meduna e il fiume di risorgiva Noncello, suo affluente. Il bacino imbrifero del Torrente Meduna ha un'estensione di oltre 800 km<sup>2</sup> e comprende i sottobacini dei torrenti Cellina, Colvera e Meduna propriamente detto.

L'elevata piovosità che caratterizza il bacino e i forti dislivelli morfologici rendono il deflusso delle acque molto rapido e le portate di piena molto elevate. Allo sbocco in pianura i torrenti scorrono incassati nei loro sedimenti e parte dell'acqua di ruscellamento si infiltra nel sottosuolo degli estesi conoidi alluvionali. Questo fattore è importante per lo smorzamento delle portate fluenti in superficie, ma non va sopravvalutato, dato che l'infiltrazione efficace di subalveo non sempre è elevata.

Dopo la confluenza con il Cellina, il Meduna riceve le acque di numerose risorgive, tra le quali quelle del Noncello, fiume di risorgiva che nasce nel territorio del Comune di Cordenons, scorre lambendo l'unghia del conoide del Cellina e raccoglie numerose altre acque di risorgiva, si snoda verso oriente attraversando il centro storico di Pordenone. Drena un'area di circa 90 km<sup>2</sup>, ha percorso meandriforme nei tratti iniziale e finale, rettificato artificialmente nel tratto mediano. Le piene del Noncello si esauriscono più rapidamente di quelle del Meduna, per cui normalmente non si ha la sovrapposizione dei due eventi. Tuttavia talvolta il regolare deflusso del Noncello è ostacolato dalle piene del Meduna e si ha un rigurgito a monte della confluenza che può portare all'esondazione del Noncello e all'allagamento di ampie parti dell'abitato di Pordenone.

##### 3.1.2 Corsi d'acqua secondari

I corsi d'acqua secondari sono rappresentati da rogge, corsi di risorgiva minori e rii di drenaggio. Gran parte di questo reticolo ha un andamento e una morfologia artificiali, legati alle modificazioni apportate ai corsi naturali per le esigenze dell'espansione agricola e dell'edilizia urbana e industriale.



**Figura 5:** carta topografica storica (Von Zack, 1904) con Pordenone racchiusa fra le mura e Cordenons senza particolare identità territoriale.

### 3.2 Acque sotterranee

Le peculiari caratteristiche geologiche, in particolare sedimentologiche e geomorfologiche, della Pianura Friulana si ripercuotono sulla situazione idrogeologica sotterranea: l'intera idrostruttura viene suddivisa dalla Fascia delle Risorgive in due parti, l'Alta e la Bassa Pianura.

#### 3.2.1 Caratteristiche idrogeologiche dell'Alta Pianura

L'Alta Pianura è composta prevalentemente da sedimenti di granulometria grossolana con alta permeabilità; i valori indicativi vanno da  $10^{-2}$  m/s in alveo a  $10^{-3}$  m/s e  $10^{-4}$  m/s nei primi metri dal piano campagna e a  $10^{-5}$  m/s là dove le ghiaie divengono più francamente sabbioso limose. L'alta permeabilità fa sì che l'acqua di origine meteorica e le perdite degli alvei fluviali si infiltrino abbastanza rapidamente all'interno del materasso ghiaioso, andando ad alimentare un'estesa e potente falda freatica.

La permeabilità, associata alle variazioni stagionali dell'alimentazione da parte dei corsi d'acqua e degli apporti meteorici, comporta una notevole variabilità del livello piezometrico della falda freatica nell'Alta Pianura e il conseguente variare del gradiente idraulico che insiste sulle risorgive, che costituiscono praticamente una sorta di "troppo pieno" delle acque della falda freatica il cui apporto alle falde artesiane profonde non può variare.

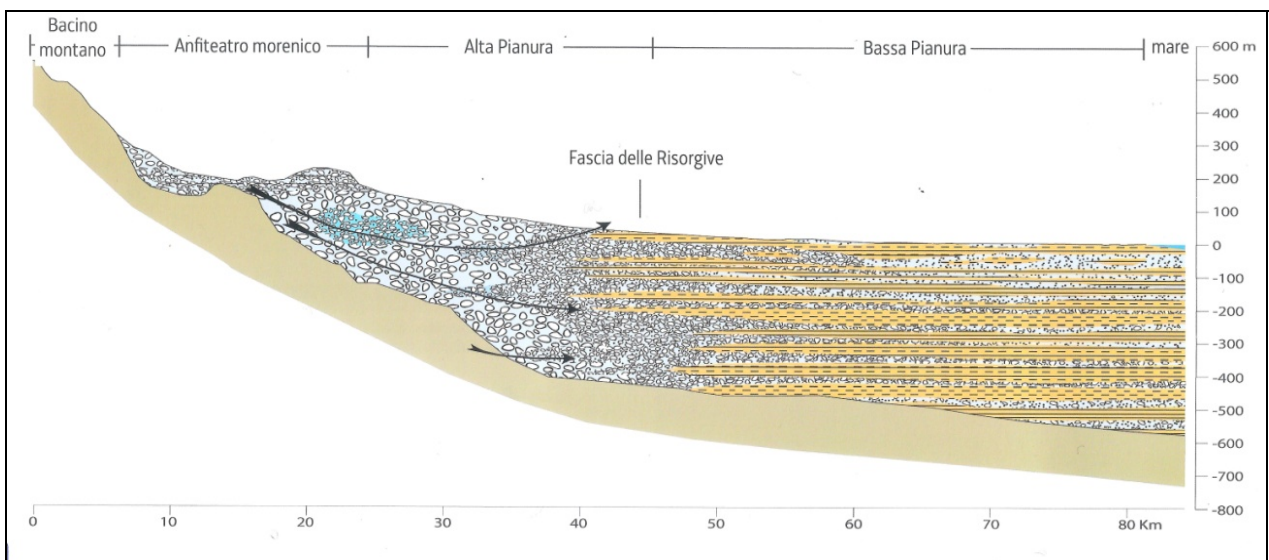
La soggiacenza della falda nell'ampia area del Conoide Cellina – Meduna ha valori medi intorno ai 60-80 m nella fascia settentrionale a monte e viene via via riducendosi man mano che ci si avvicina alla Fascia delle Risorgive.

### 3.2.2 La Fascia delle Risorgive

Le risorgive sono sorgenti di origine naturale tipiche delle zone di pianura: la venuta a giorno delle acque è legata all'emersione della falda per sfioramento. La tipica morfologia della sorgente di risorgiva è data da una polla d'acqua risaliente drenata da una roggia: ad oggi tuttavia nelle zone abitate risulta difficile ritrovare questa forma in quanto le opere di regimazione, di captazione e di intubamento hanno profondamente modificato il sistema.

La Fascia delle Risorgive nel Friuli Venezia Giulia si estende per circa 100 km, tagliando tutta la Pianura friulana con andamento Nord-Ovest - Sud-Est. L'ampiezza risulta variabile, sia nello spazio che nel tempo, in relazione alle condizioni di alimentazione ed è dell'ordine di alcune centinaia di metri. Il limite meridionale della fascia è diventato, convenzionalmente, il confine fra l'Alta e la Bassa Pianura.

Lungo la fascia si ha l'affioramento parziale della falda, causato dalla diminuzione della permeabilità verticale e laterale legata all'aumento della frazione fine nei depositi alluvionali. Il carico idraulico, che localmente deve aumentare per consentire il deflusso verso mare, porta le acque a scaturire in superficie attraverso una miriade di polle sorgenti che danno vita ad una rete di "fiumi (o rii, o rogge) di risorgiva".



**Figura 6:** sezione idrogeologica schematica N-S della Pianura Friulana. In grigio i depositi ghiaiosi e sabbiosi più permeabili in cui risiedono la falda freatica dell'Alta Pianura e i sistemi di acquiferi artesiani della Bassa Pianura, in arancione i depositi limoso-argillosi impermeabili.



### ***3.2.3 Caratteristiche idrogeologiche della Bassa Pianura***

La Bassa Pianura è composta da alternanze di sedimenti fini, pressoché impermeabili, e sedimenti più o meno grossolani (ghiaie e sabbie) permeabili in livelli continui o in lenti. Questa situazione condiziona le caratteristiche dell'acquifero, che da libero si scinde in un sistema multifalda con più acquiferi confinati.

Nel sottosuolo dell'area in esame sono state finora individuate e sono utilizzate cinque falde artesiane (numerate da A, la più superficiale ad E, più profonda) contenute in depositi quaternari.

#### Sistema di acquiferi "A"

Questo sistema di acquiferi ha il tetto posizionato generalmente fra i -10 e -20 m s.l.m.m. ed ha un andamento molto articolato. Si tratta di un sistema contenuto in numerosi orizzonti permeabili, da prevalentemente ghiaiosi a settentrione, fino a ghiaioso-sabbiosi e sabbiosi a meridione, intercalati a livelli argilloso-limosi impermeabili mediamente potenti. I singoli orizzonti permeabili hanno in genere debole potenza, anche se sono stati intercettati spessori anche maggiori alla decina di metri. La potenza complessiva media degli orizzonti del sistema "A" è di circa 35 m.

#### Sistema di acquiferi "B"

Questo sistema di acquiferi ha il tetto posizionato generalmente fra i -60/-70 m s.l.m.m. e si approfondisce da nord verso sud in maniera abbastanza regolare. Il sistema è abbastanza continuo ed è contenuto in un intervallo permeabile ghiaioso nelle aree più settentrionali e sabbioso in quelle meridionali. Lo spessore medio di questo sistema è di 20-25 m.

#### Sistema di acquiferi "C"

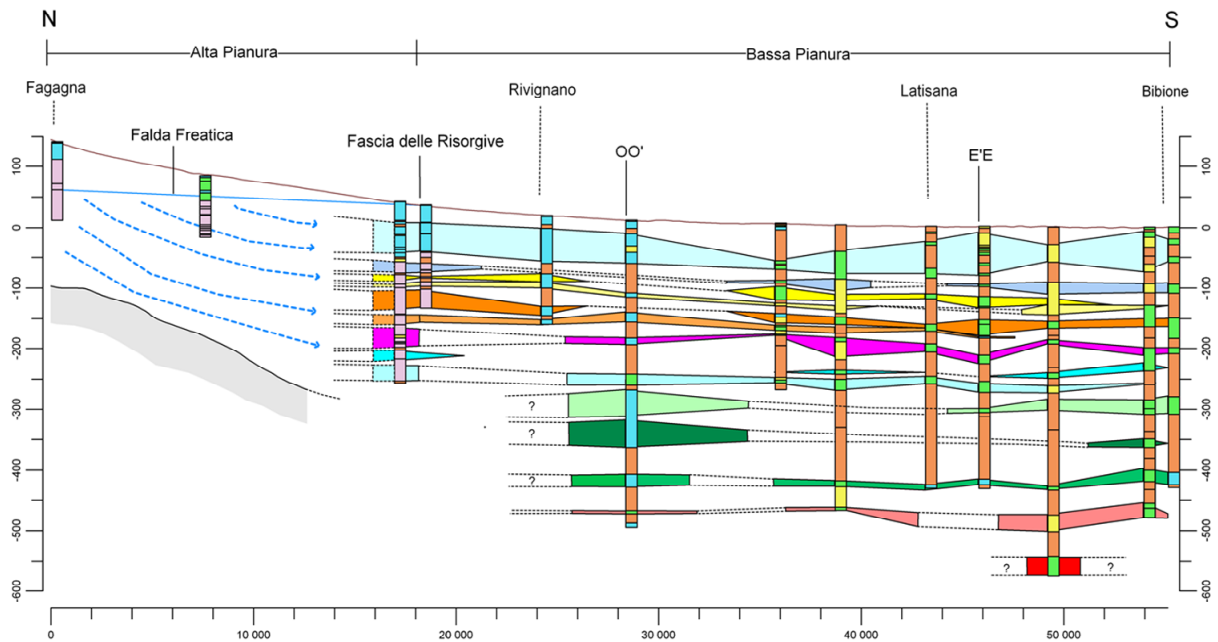
Il sistema di acquiferi "C" è presente con buona continuità in tutta la Bassa Pianura e consiste in due livelli permeabili principali prevalentemente sabbiosi denominati "C alto" e "C basso". I due livelli sono quasi sempre ben distinti anche se talora non hanno evidente continuità laterale. Il tetto del livello "C alto" è posizionato a circa -110 m s.l.m.m. Lo spessore medio di questo sistema (intervallo tetto "C alto" – letto "C basso") è di circa 10 m, con spessori dei singoli livelli molto variabili.

#### Sistema di acquiferi "D"

Il sistema di acquiferi "D" comprende un insieme di sottili livelli permeabili che si presentano in genere distinti in due raggruppamenti principali interpretati come livelli "Dalto" e "Dbasso". Il tetto di questo sistema si rinviene a quote che vanno da -140/-130 m s.l.m.m. Il tetto si approfondisce in modo regolare da nord verso sud. I due livelli si succedono a pochi metri di distanza fino talvolta a congiungersi costituendo pertanto un complesso circuito idrico localmente intercomunicante in senso verticale. Il livello "Dalto" è costituito da uno o più livelli di sabbie o sabbie debolmente ghiaiose mentre il livello "Dbasso" da un livello sabbioso-ghiaioso continuo. Lo spessore medio di questo sistema (intervallo tetto "Dalto" – letto "Dbasso") è di circa 15 m.

### Sistema di acquiferi "E"

Il tetto del sistema di acquiferi "E" si rinviene ad una quota di circa -180 m s.l.m.m. Il sistema di acquiferi è dato da un intervallo permeabile costituito da ghiaie grossolane, a settentrione, e ghiaie sabbioso-limose verso meridione, talvolta sdoppiato in livelli secondari. Lo spessore medio di questo sistema è di circa 5-10 m.



**Figura 7:** correlazioni fra i sistemi di acquiferi ad andamento meridiano subparallelo al Fiume Tagliamento (in celeste il Sistema A, in blu il Sistema B, in giallo il Sistema C, in arancio il Sistema D, in viola il Sistema E). La sezione illustra l'innesco montano dei sistemi di acquiferi confinati, il progressivo approfondimento del substrato pre-quadernario, i complessi rapporti fra gli orizzonti idrogeologicamente significativi.

#### 4. INFLUENZE ANTROPICHE

La morfologia superficiale attuale del pordenonese è fortemente legata al reticolo idrico e allo sviluppo economico e demografico. Verso settentrione, i due alvei del Cellina e del Meduna sono incassati nei loro depositi e generano terrazzi caratterizzati dall'assenza di reticolo idrografico secondario, verso meridione al di sotto della fascia delle risorgive si incontra una fitta rete di rii, corsi d'acqua, canali, spesso antropizzati.

L'abitato di Cordenons si sviluppa in corrispondenza dell'unghia del conoide del Cellina, a cavallo della Fascia delle Risorgive. Le principali modificazioni morfologiche che si notano all'interno dell'abitato di Cordenons riguardano la struttura del reticolo idrico. Anticamente lo smaltimento delle acque derivanti dalle sorgenti di risorgiva era garantito da una rete di canali naturali o solo in parte artificiali, le rogge, che si snodavano attraverso l'abitato. Con lo sviluppo della città negli anni '50 – '60 le acque sono state per la maggior parte intubate, le bassure originate dalle rogge sono state ampiamente colmate, la permeabilità dell'immediato sottosuolo è stata modificata da scavi, fondazioni, impermeabilizzazioni.

Ad esempio, l'emergenza di portata notevole detta "sorgente" del Noncello (via Cortina in corrispondenza di via della Filanda) è 400 m a sud della zona in cui si sono concentrati gli allagamenti (via Togliatti), ma in verità è la fuoriuscita di un canale tombato. Un'altra sorgenza d'acqua servita da un canale tombato è identificabile a NNO del parco lungo via Garibaldi. Non sono quindi sorprendenti gli allagamenti negli scantinati segnalati circa 300 m a NNO.



**Figura 8:** fuoriuscita di acque di risorgiva da un canale tombato (parco di via G. Garibaldi).



## 5. INQUADRAMENTO CLIMATOLOGICO

Il territorio del Friuli Venezia Giulia è caratterizzato da climi temperati, con temperature che si abbassano muovendosi dalla costa adriatica verso le montagne a Nord, e da piogge abbondanti in tutte le stagioni. Il bacino del Livenza, a cui appartengono i due bacini minori del Cellina e del Meduna, si trova in una zona di clima temperato continentale-umido, situazione tipica per altre aree del versante meridionale delle Alpi, caratterizzata da stagioni ben definite e da caratteristiche termiche e pluviometriche particolari. Il tipo pluviometrico predominante nella zona è quello sublitoraneo alpino, con massimi in autunno e in primavera, e minimi in estate ed in inverno. Si possono distinguere, in base al regime pluviometrico, quattro distinte zone climatiche: la fascia costiera e di Bassa Pianura, la fascia dell'Alta Pianura e collinare, la fascia prealpina e quella alpina.

Per quanto riguarda il Comune di Cordenons, non è il caso in questo contesto di tener conto della climatologia della fascia costiera, della Bassa Pianura, della zona alpina. La fascia dell'Alta Pianura e collinare, con piovosità media annua che aumenta avvicinandosi alle montagne, è invece importante per il suo diretto collegamento con gli acquiferi che si sviluppano nella zona sottostante, così come la fascia prealpina, che comprende gran parte dei sottobacini del Meduna e del Cellina. Gran parte della fascia prealpina in provincia di Pordenone rappresenta la zona cui competono i più elevati apporti idrici. I bacini montani costituiscono il serbatoio di alimentazione del reticolo idrografico di pianura, perciò risultano interessanti al fine di capire l'entità degli apporti.

Gli inverni si presentano freddi, ma in genere non eccessivamente rigidi (le temperature medie si aggirano attorno a 2-4°C in gennaio, le minime di solito di qualche grado negative e massime quasi sempre positive); l'escursione termica è relativamente elevata. La piovosità in questi periodi è la minore di tutto l'anno, e la neve può cadere in pianura, in maniera sporadica, raggiungendo quantitativi degni di nota (10-20 cm).

In primavera le condizioni climatiche sono più variabili, con alternanze di giornate serene e piovose; le precipitazioni diventano con il passare del tempo più abbondanti, assieme alle temperature che aumentano; in maggio si possono già raggiungere punte massime di trenta gradi.

Nel mese di giugno, con l'arrivo dell'estate, si registra solitamente uno dei due massimi annuali di precipitazione; da un periodo iniziale con perturbazioni più o meno forti si passa poi ad un periodo più stabile, con temperatura e umidità elevate; sono frequenti periodi siccitosi, in particolare in pianura, mentre vicino ai rilievi si hanno spesso rovesci pomeridiani.

L'autunno è la stagione più piovosa dell'anno, con abbondanti precipitazioni spesso già dal mese di settembre e con l'acme in novembre.

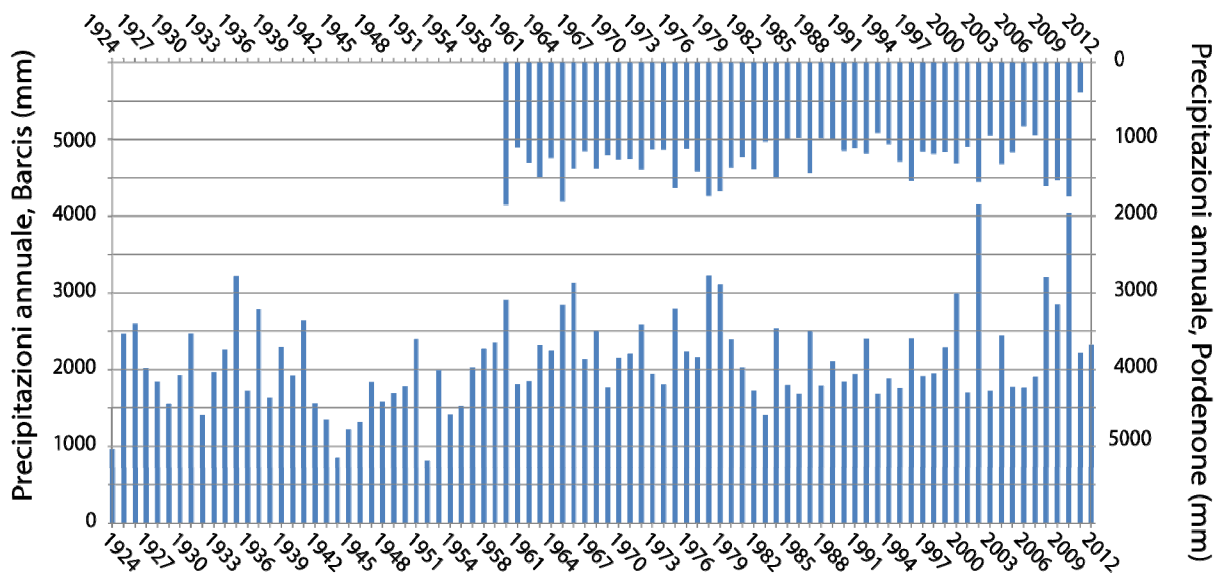
## 5.1 Precipitazioni storiche e tempi di ritorno

Per valutare i tempi di ritorno degli eventi pluviometrici importanti si è utilizzata la serie di dati registrati alla stazione di Barcis (Ponte Antoi, cod. A461) rappresentativa delle precipitazioni dal 1924 al 2012 nel bacino. Si è utilizzata per confronto ed correlazione, anche la stazione pluviometrica ubicata a Pordenone (sede C.B.C.M., cod. A302) rappresentativa delle precipitazioni in pianura. I dati di precipitazione a cadenza giornaliera, riferiti all'intervallo di 24 ore comprese fra le 9.00 del giorno precedente e le 9.00 del giorno indicato, sono stati forniti dall'Amministrazione regionale del FVG.

Per le precipitazioni cumulative inferiori a 100 mm, il valore è stato semplicemente diviso per il numero di giorni ai quali si riferisce il dato. Nel caso di precipitazioni cumulative superiori a 100 mm (quelle più critiche) i dati sono stati ridotti a giornalieri tenendo conto di alcune stazioni vicine: Barcis, stazione forestale (dal 2000), Diga Cellina (dal 1917), Andreis, piazzola campeggio (dal 2001), Pordenone, località Torre e campo atletica.

## 5.2 Tempi di ritorno di precipitazioni notevoli dal punto di vista del rischio idrologico

La distribuzione degli anni secchi e umidi non ha andamento periodico riconoscibile: comunque il 2010 risulta un anno fortemente piovoso, con 4035,8 mm di precipitazione annua, tanto che risulta secondo per piovosità solo al 2002.

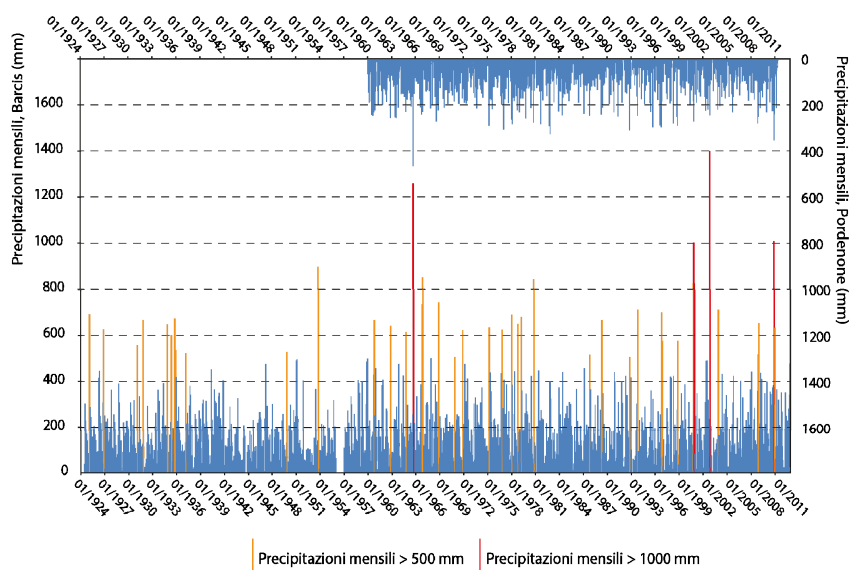


**Figura 9:** Istogramma delle precipitazioni annuali a Barcis e Pordenone dal 1924.

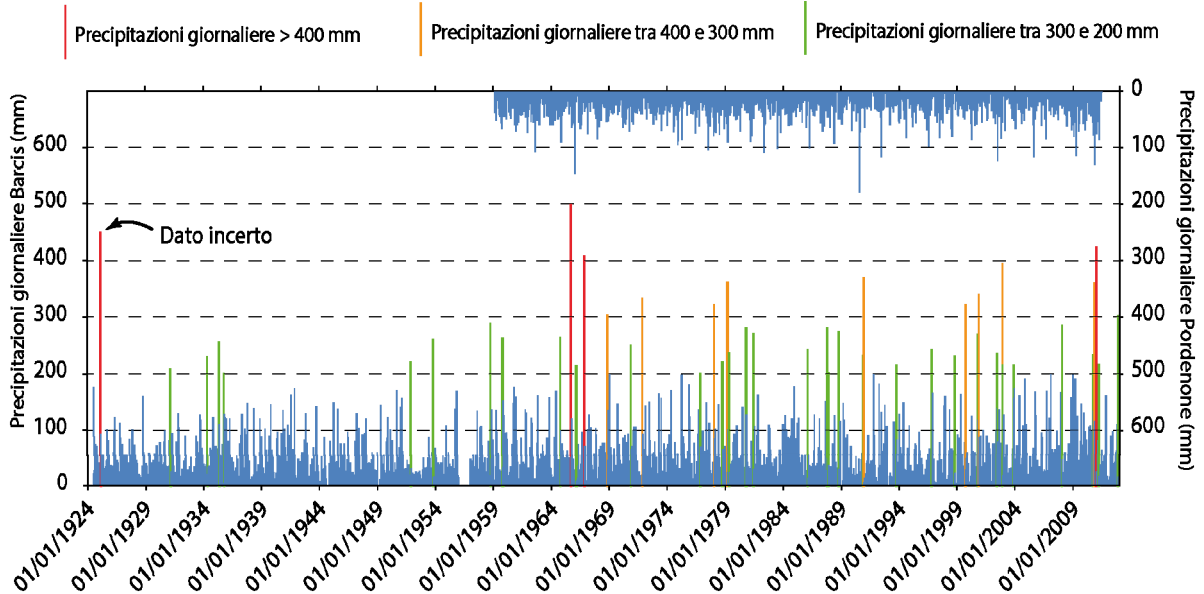
Al fine di valutare la frequenza degli eventi piovosi, si sono distinte due fasce di entità delle precipitazioni mensili: precipitazioni superiori a 1000 mm (come l'evento del 2010) e precipitazioni compresa fra 500 e 1000 mm (che provocano regolarmente rialzi della falda). Eventi mensili compresi tra 500 e 1000 mm sono molto frequenti, ed hanno tempi di ritorno quasi annuali. Eventi mensili superiori a 1000 mm sono stati riscontrati nel 1965 e ben tre volte quarantanni dopo, nel 2000, 2002, 2010, il che farebbe rientrare l'evento piovoso del 2010 in uno schema che si ripete a cadenza quarantennale. Gli eventi recenti hanno provocato sistematicamente un deciso rialzo della falda.

Al fine di valutare la frequenza su base giornaliera degli eventi piovosi maggiori, si sono distinte tre fasce di entità delle precipitazioni, precipitazioni giornaliere tra 200 e 299 mm, precipitazioni tra 300 e 399 mm, precipitazioni giornaliere superiori a 400 mm. Le precipitazioni nella fascia 200-299 mm hanno frequenza praticamente annuale. Le precipitazioni nella fascia 300-399 mm si verificano con frequenza inferiore al decennio dagli anni '60 in poi, ma non ne sono state registrate negli anni fra il 1924 ed il 1969. Le piogge giornaliere che superano i 400 mm sono molto rare e si presentano con una periodicità di circa 40 anni.

Queste considerazioni confermano la cadenza quarantennale degli eventi estremi come quello del 2010. A complicare il quadro, è da notare l'aumentare della frequenza delle precipitazioni giornaliere tra 300 e 400 mm dagli anni 1960 in poi.



**Figura 10:** precipitazioni mensili a Barcis e Pordenone dal 1924. In arancio i valori superiori a 500 mm, in rosso quelli superiori al metro.



**Figura 11:** precipitazioni giornaliere a Barcis e Pordenone.





## 6. IDROLOGIA

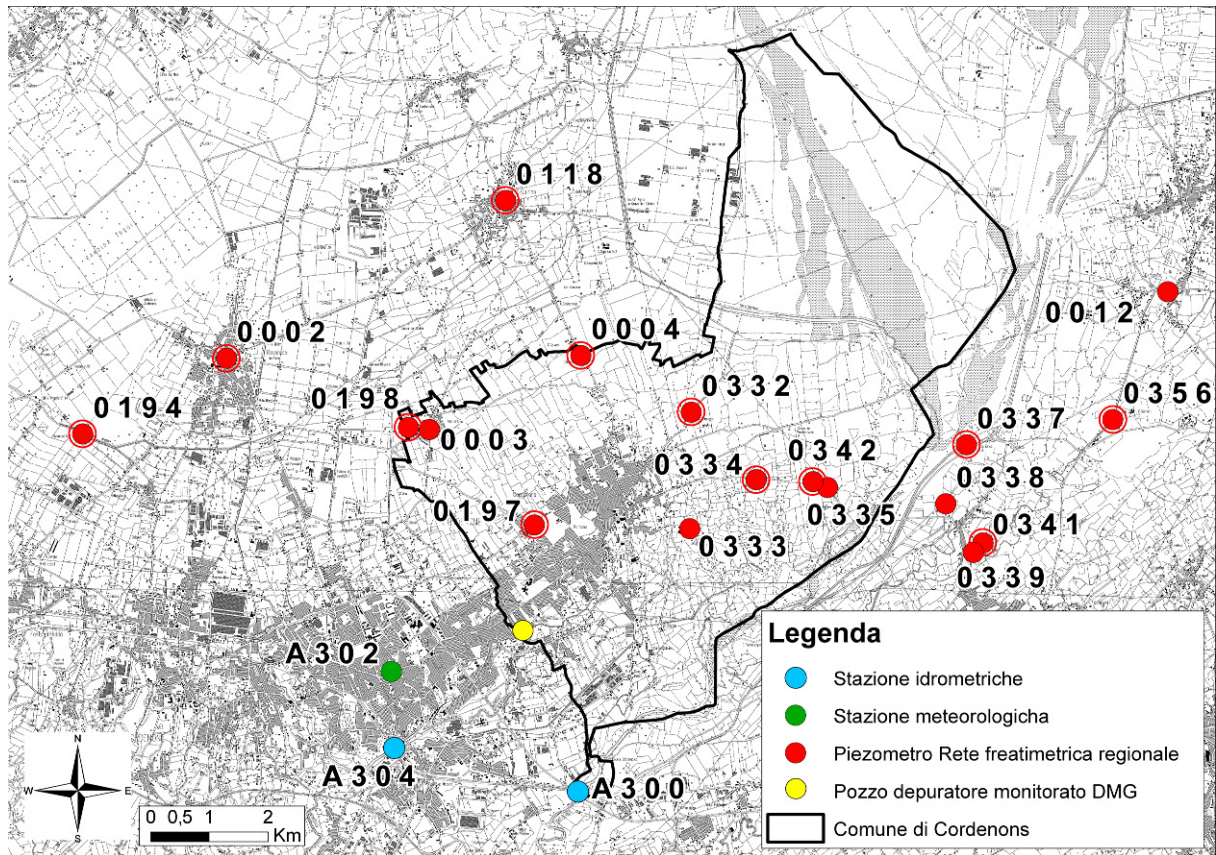
Considerando la scarsità di piezometri utilizzabili a fine di un monitoraggio freaticometrico in continuo (non emunti, senza pompa, accessibili,...) si è tenuto innanzitutto conto dei dati storici della Rete freaticometrica regionale.

**Tabella:** piezometri della Rete di monitoraggio freaticometrico regionale in prossimità o all'interno del territorio comunale di Cordenons, loro coordinate e quota.

Cod. Stazione	Comune	Località	Coord_Est	Coord_Nord	Quota (mslmm)
0002	ROVEREDO IN PIANO	PIAZZA ROMA	2335745	5097995	96.84
0003	CORDENONS	VILLA D'ARCO, VIA PORTOLANA	2339176	5096786	76.91
0004	CORDENONS	CASA BICCON	2341736	5098042	78.69
0012	S. GIORGIO DELLA RICH.	DOMANINS, EX LATTERIA	2351655	5099123	72.03
0118	S. QUIRINO	PIAZZA ROMA	2340463	5100672	109.86
0194	FONTANAFREDDA	FORCATE, VIA MARCONI	2333300	5096710	74.07
0197	CORDENONS	VIA MAESTRA	2340949	5095165	49.28
0198	CORDENONS	VILLA D'ARCO, CAMPO SPORTIVO	2338823	5096821	78.06
0332	CORDENONS	CASA COMUGNA	2343601	5097080	57.49
0333	CORDENONS	VILLA RINALDI, CENTRALE EDIPOWER	2343577	5095102	38.05
0334	CORDENONS	VINCHIARUZZO	2344701	5095935	44.65
0335	CORDENONS	CIARUOL 1	2345905	5095800	44.92
0337	ZOPPOLA	MURLIS, GUADO MEDUNA	2348254	5096526	50.05
0338	ZOPPOLA	MOLINO DI MURLIS	2347905	5095525	44.08
0339	ZOPPOLA	MURLIS, FURMIARS	2348532	5094862	42.86
0341	ZOPPOLA	MURLIS, EX IMPIANTO ITTIOGENICO	2348370	5094700	42.52
0342	CORDENONS	CIARUOL 2	2345660	5095900	45.04
0356	ARZENE	ARZENE, CASA GISMANI	2350726	5096955	57.7

La qualità e quantità dei dati storici disponibili nella Rete regionale è decisamente eterogenea, per cui, per le modellazioni, non si sono utilizzati il pozzo 0011 troppo influenzato dall'idrometria superficiale, il pozzo 0195 con solo 5 misure negli anni 1978 e 1979, il pozzo 0196 attivo solamente tra il 1978 ed il 1980.

Per qualità e/o continuità dei dati, ai nostri scopi risultano significativi i piezometri 0118, 0198, 0356, 0012 (che è spesso in secca ma ha una serie molto continua) e 0197 (che è spesso in secca ma ha una serie molto continua ed è situato all'interno del Comune). Sono stati presi in considerazione anche i pozzi della rete Edilpower 0332, 0333, 0335, 0337, 0338, 0339, 0341, 0342, che hanno dati "rumorosi" e parziali ma hanno ubicazione centrale rispetto alla zona di studio.



**Figura 12:** ubicazione delle stazioni considerate (piezometri della Rete freaticometrica regionale e pozzi, stazioni idrometriche e meteorologiche). Con un cerchietto sono evidenziati i punti acqua utilizzati per le modellazioni freaticometriche.

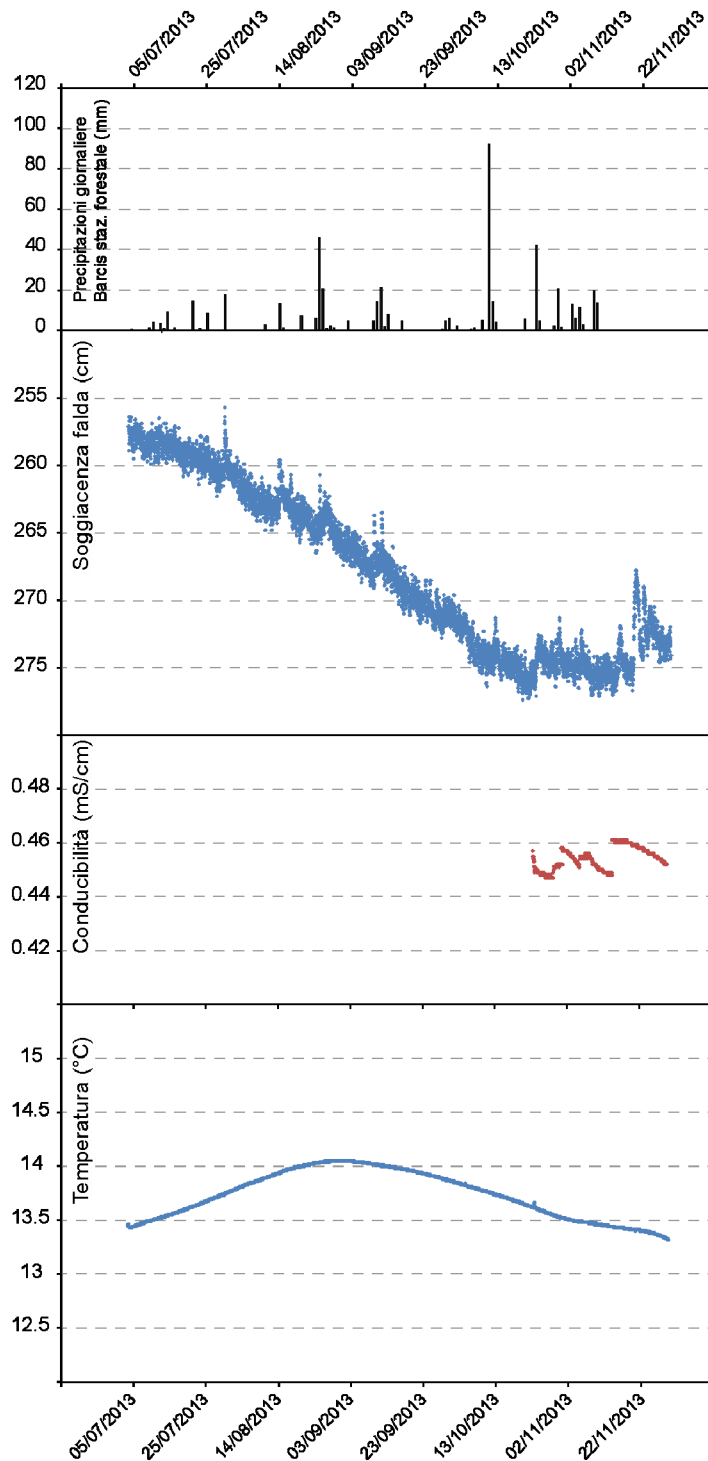
### 6.1 Andamento della falda nel periodo di osservazione

In data 03/07/2013 è stato posizionato nel piezometro ubicato nel piazzale del depuratore, un sensore CTD Diver per la rilevazione della profondità, della conducibilità e della temperatura delle acque di falda. Lo strumento misura e registra i dati ogni 30 minuti.

La falda mostra un debole ma continuo abbassamento (da 2,58 m di profondità a 2,75m) dall'installazione dello strumento fino alla metà del mese di ottobre. All'abbassamento segue un periodo di stabilità del livello da metà ottobre fino a fine novembre, quando la falda ha iniziato l'innalzamento invernale.

La temperatura delle acque di falda segue il trend stagionale con un debole rialzo (da 13,5°C a 14°C) durante il periodo estivo, seguito a settembre da un abbassamento progressivo fino al valore di 13,3 °C misurato a fine novembre. La conducibilità specifica media rilevata in ottobre e novembre è di 454 µS/cm.





**Figura 13:** precipitazioni giornaliere a Barcis e soggiacenza/conducibilità/temperatura della falda nel piezometro monitorato dal DMG presso il depuratore di Cordenons. Valori di conducibilità significativi sono stati misurati solamente dopo il cambio di strumento effettuato alla fine di ottobre.

## 6.2 Relazione fra andamento della falda e precipitazioni

I dati rilevati nelle stazioni piezometriche 0012, 0356, 0118, 0198, 0197 sono stati utilizzati per definire e visualizzare le relazioni tra livello della falda freatica nei pressi di Cordenons e le precipitazioni nel bacino idrografico desumibili dalle stazioni di Barcis (stazione di riferimento utile a valutare durata e intensità delle precipitazioni nel bacino montano) e di Pordenone.

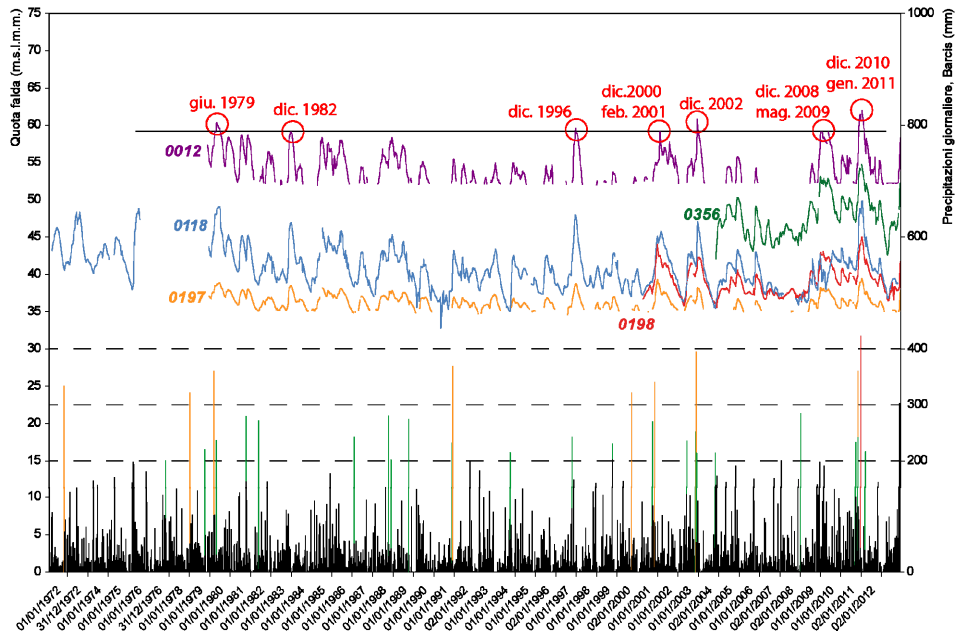
Le figure seguenti riportano i dati giornalieri e mensili rilevati tra il 1972 e la fine del 2012. Si nota una buona correlazione tra i valori delle precipitazioni misurati a Barcis e il livello freaticometrico nei pressi di Cordenons, il che conferma che è il bacino montano ad alimentare la falda freatica. La correlazione tra precipitazioni misurate a Pordenone e livello freaticometrico nei pressi di Cordenons è meno evidente dato che le precipitazioni in pianura sono inferiori a quelle sui rilievi.

Dato che i mesi di novembre e dicembre sono solitamente i più piovosi dell'anno, è in dicembre che si verificano i maggiori innalzamenti che raggiungono di norma l'apice fra la fine di dicembre ed i primi di gennaio. Le precipitazioni giornaliere a Barcis provocano un rialzo quasi immediato della falda nei pressi di Cordenons. Il rialzo, senza ulteriori precipitazioni, continua nel tempo fino a raggiungere il massimo circa un mese dopo. La lenta discesa è spesso impedita da ulteriori precipitazioni che prolungano la fase di impinguamento.

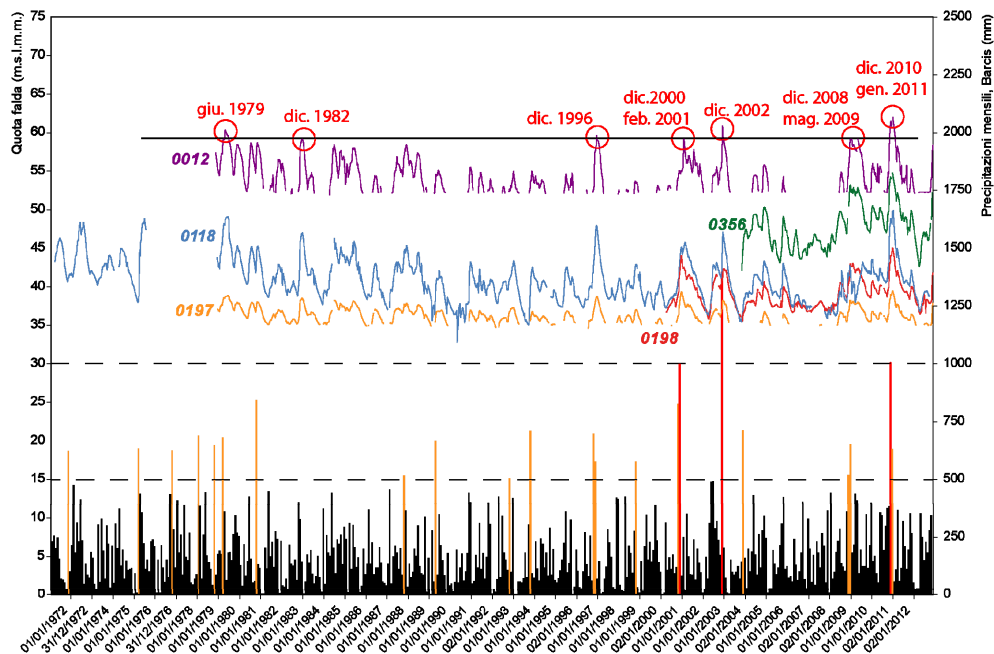
Precipitazioni mensili superiori a 1000 mm provocano rialzi notevoli della falda: ad esempio, nel dicembre 2000 e nel dicembre 2002 si sono verificati rialzi importanti anche se non dell'intensità di quelli più recenti del dicembre 2010 / gennaio 2011.

Anche precipitazioni meno intense possono provocare rialzi della falda di notevole ampiezza: nell'arco temporale considerato (dal 1972 al 2012) sono stati individuati almeno 7 livelli massimi della falda legati a precipitazioni intense, giornaliere o mensili. Alcuni picchi sono legati a precipitazioni giornaliere superiori a 300 mm e/o mensili superiori a 500 mm. Va tenuto conto tuttavia che non tutte le precipitazioni di questa entità provocano rialzi importanti, in quanto l'entità del rialzo dipende anche dallo stato di ricarica della falda precedente alle precipitazioni e i picchi possono essere legati anche a lunghi periodi piovosi (ad esempio il rialzo del 1982).

L'importante rialzo della falda, con valori da 9,78 a 4,04 m da monte a valle, avvenuto nei mesi di dicembre 2010 / gennaio 2011 è molto evidente. Il rialzo è associato a intense precipitazioni a Barcis in novembre (con precipitazioni superiori a 200 mm durante 3 giorni, superiori a 300 mm un giorno e superiori a 400 mm un altro giorno). Complessivamente, durante il mese di novembre 2010 le precipitazioni a Barcis hanno raggiunto i 1005,6 mm.

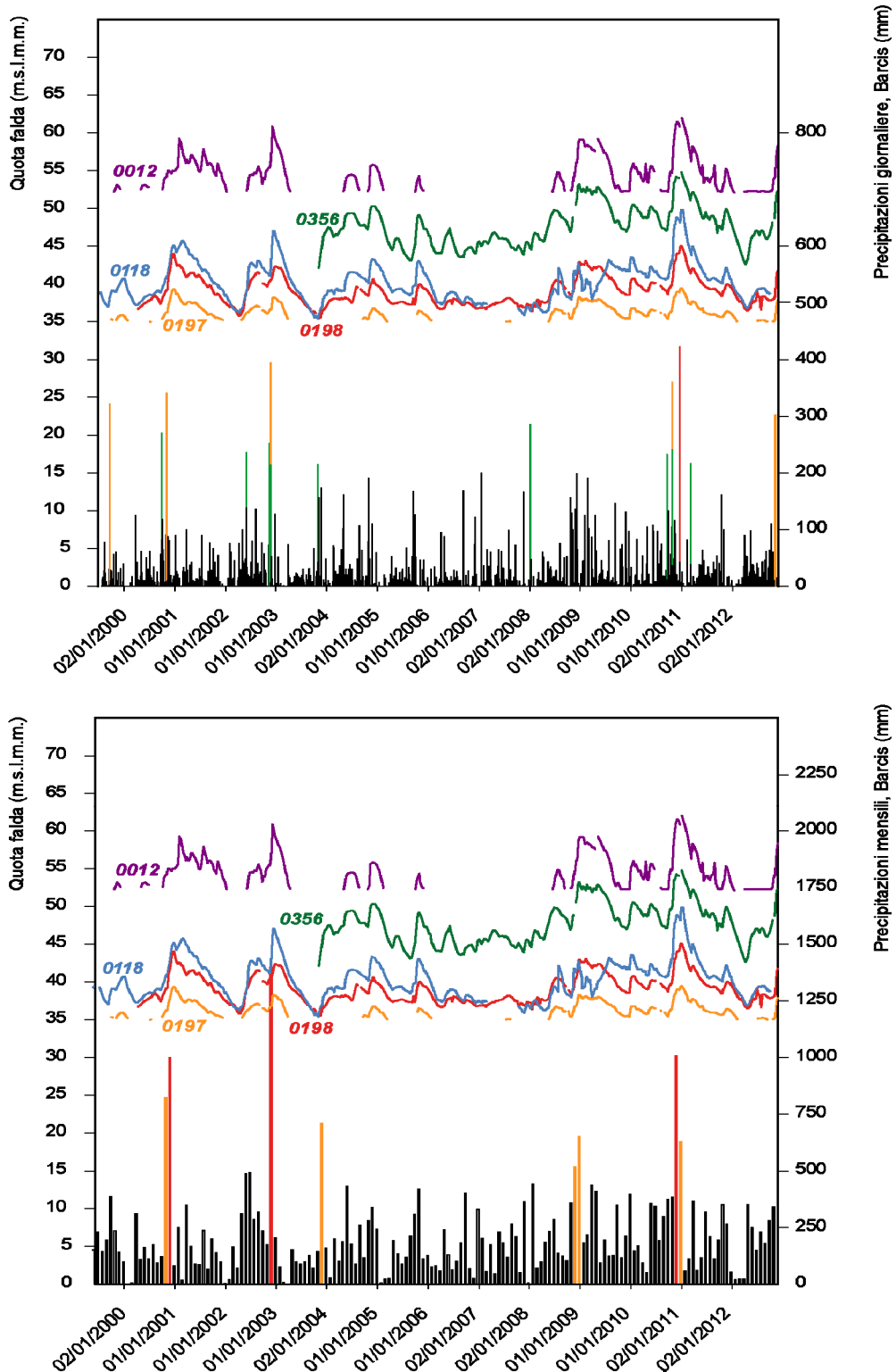


**Figura 14:** pozzi 2, 118, 197,198, 356 nel periodo 1972-2012. Precipitazioni giornaliere a Barcis e livello piezometrico nei pozzi della Rete freaticometrica regionale. In verde le precipitazioni giornaliere superiori a 200 mm, in arancione le precipitazioni superiori a 300 mm, in rosso le precipitazioni superiori a 400 mm. In evidenza i 7 episodi importanti riconosciuti nel periodo.

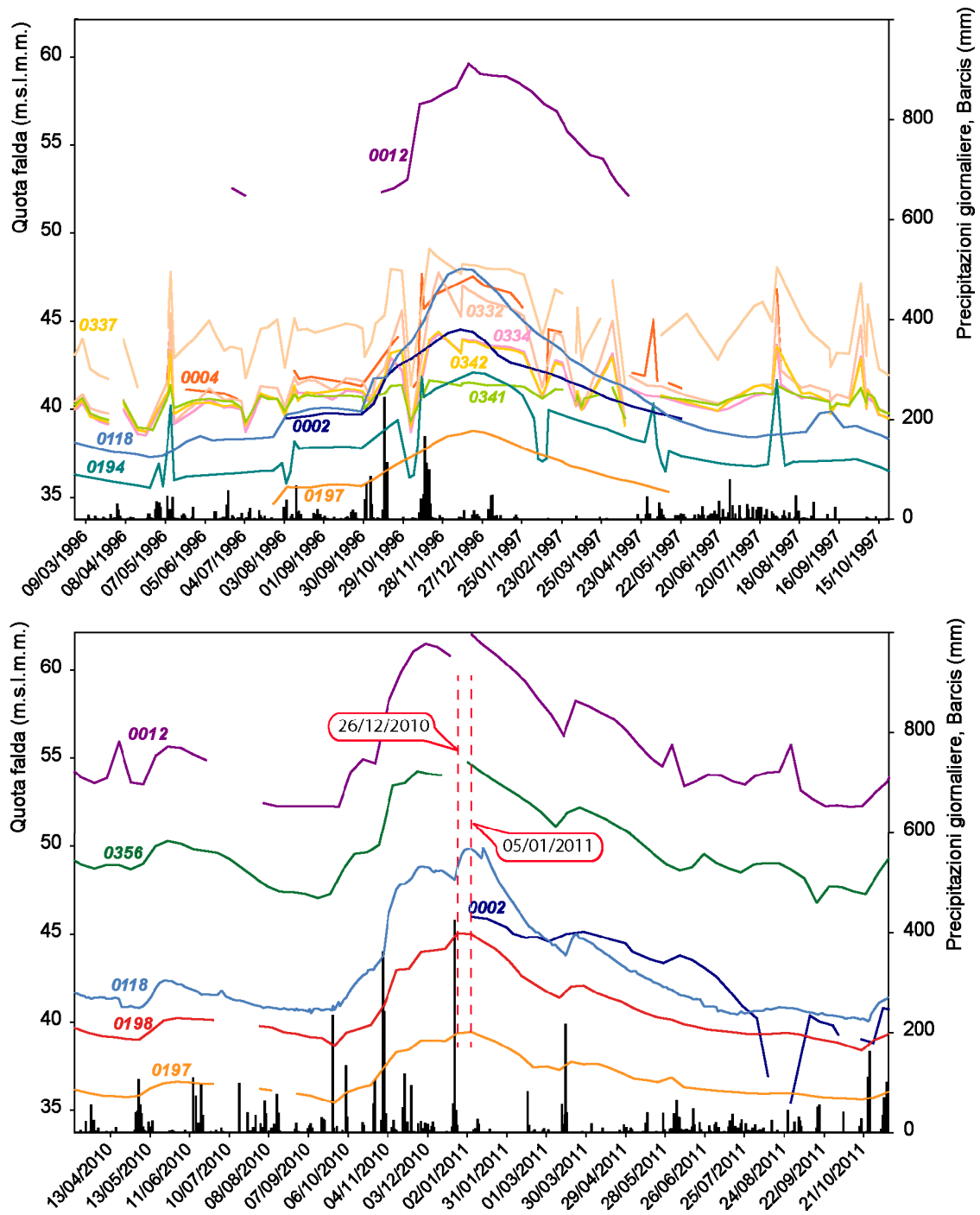


**Figura 15:** pozzi 2, 118, 197,198, 356 nel periodo 1972-2012. Precipitazioni cumulative mensili a Barcis e livello piezometrico nei piezometri selezionati della Rete freaticometrica regionale nei pressi di Cordenons. In arancione le precipitazioni mensili superiori a 500 mm, in rosso le precipitazioni cumulative superiori a 1000 mm. In evidenza i 7 episodi importanti riconosciuti nel periodo.

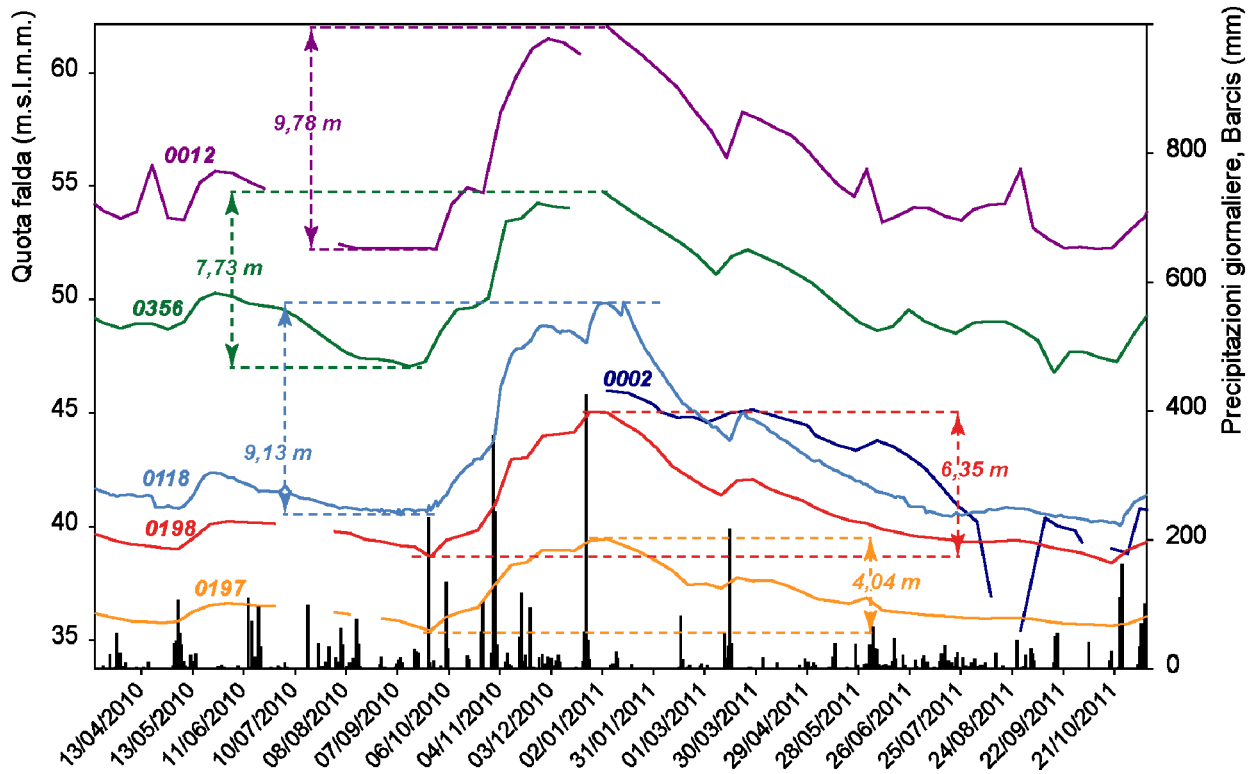




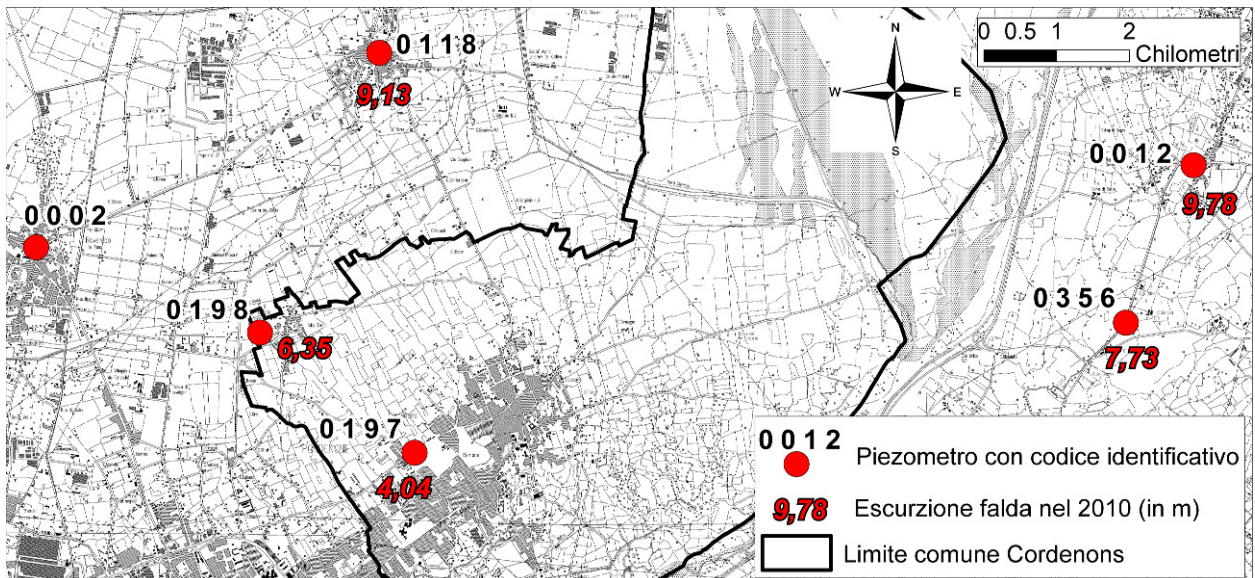
**Figura 16:** pozzi 2, 118, 197, 198, 356 nel periodo 2000-2012. Precipitazioni giornaliere (in alto) e precipitazioni mensili a Barcis / livello piezometrico nei pozzi della Rete freaticmetrica regionale nei pressi di Cordenons per il periodo 2000-2012.



**Figura 17:** pozzi 2, 4, 12, 118, 194, 197, 198, 332, 334, 337, 341, 342, 356 nel periodo 1996-1997 e pozzi 2, 12, 118, 197, 198, 356 nel periodo 2010-2011. Precipitazioni a Barcis / livello piezometrico nei pozzi della Rete freaticometrica regionale nei pressi di Cordenons. Si noti l'entità dei rialzi della falda nel dicembre 1996 e nel dicembre 2010 / gennaio 2011. Con questi valori massimi si sono realizzate le carte delle isofreatiche in regime di piena.



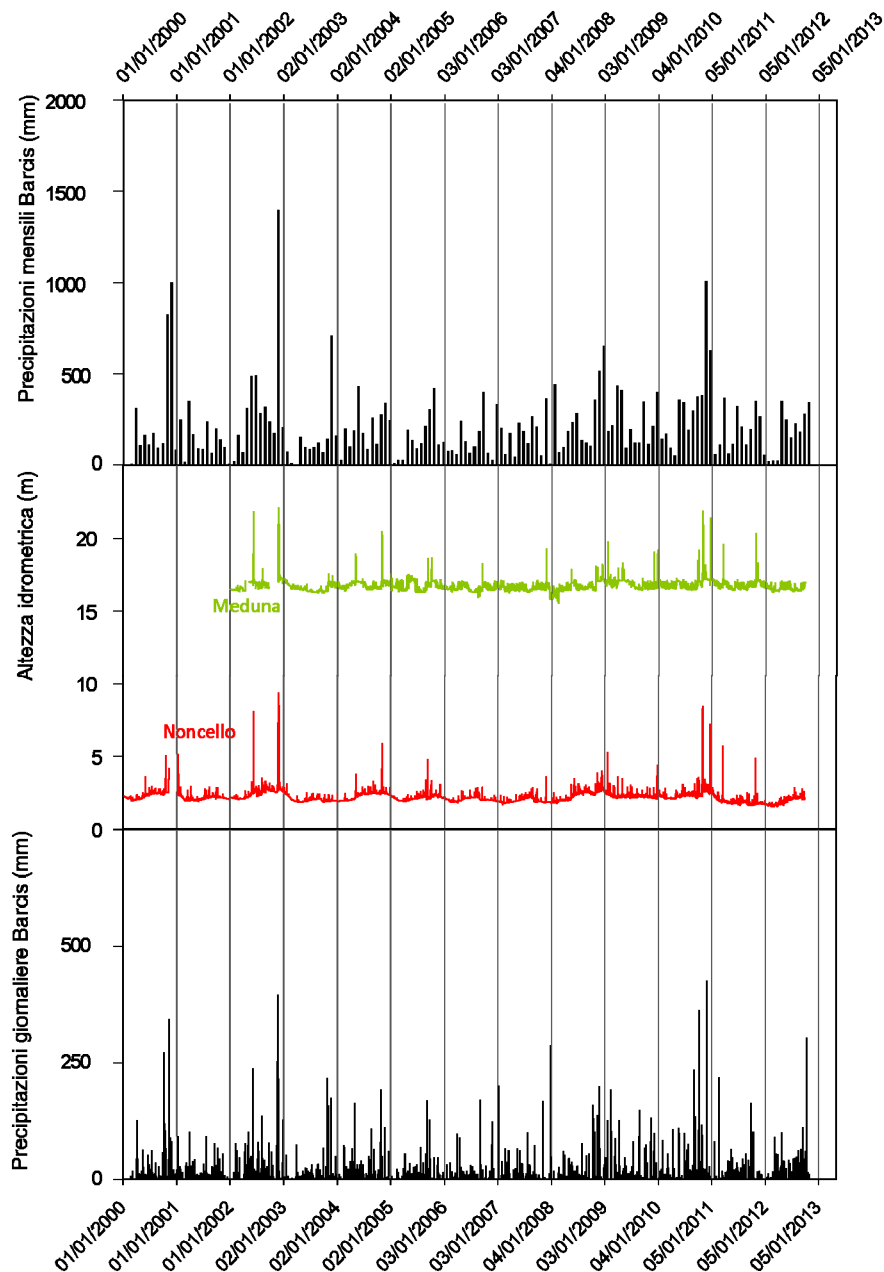
**Figura 18:** pozzi 12, 118, 197, 198, 356 nel periodo 2010-2011. Livello della falda con evidenza dell'escursione durante il 2010 tra il periodo di magra e la piena di dicembre.



**Figura 19:** entità dell'escursione della falda nell'anno 2010, maggiore nel settore settentrionale.

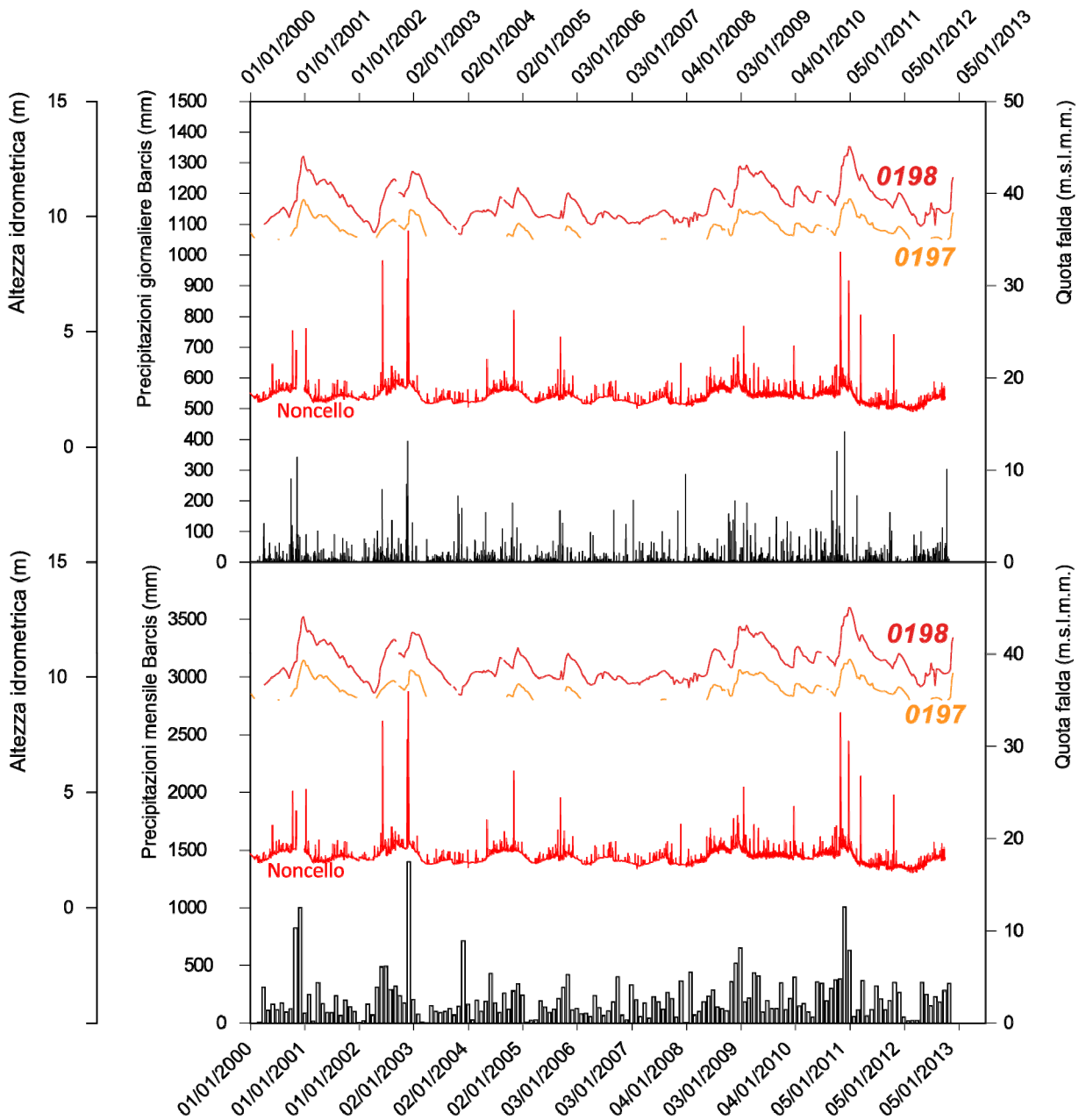
### 6.3 Precipitazioni, livelli dei fiumi e quota della falda

E' ovvio che la correlazione tra livello dei fiumi e precipitazioni sia più che buona: in caso di precipitazioni notevoli nel bacino di alimentazione, il rialzo del livello dei fiumi è immediato e seguito in breve tempo da un ritorno al livello di base. I fiumi tornano al loro livello di base in una - due settimane, la falda rimane alta per due o più mesi.



**Figura 20:** livello delle acque nel Noncello e nel Meduna e precipitazioni giornaliere e mensili a Barcis.

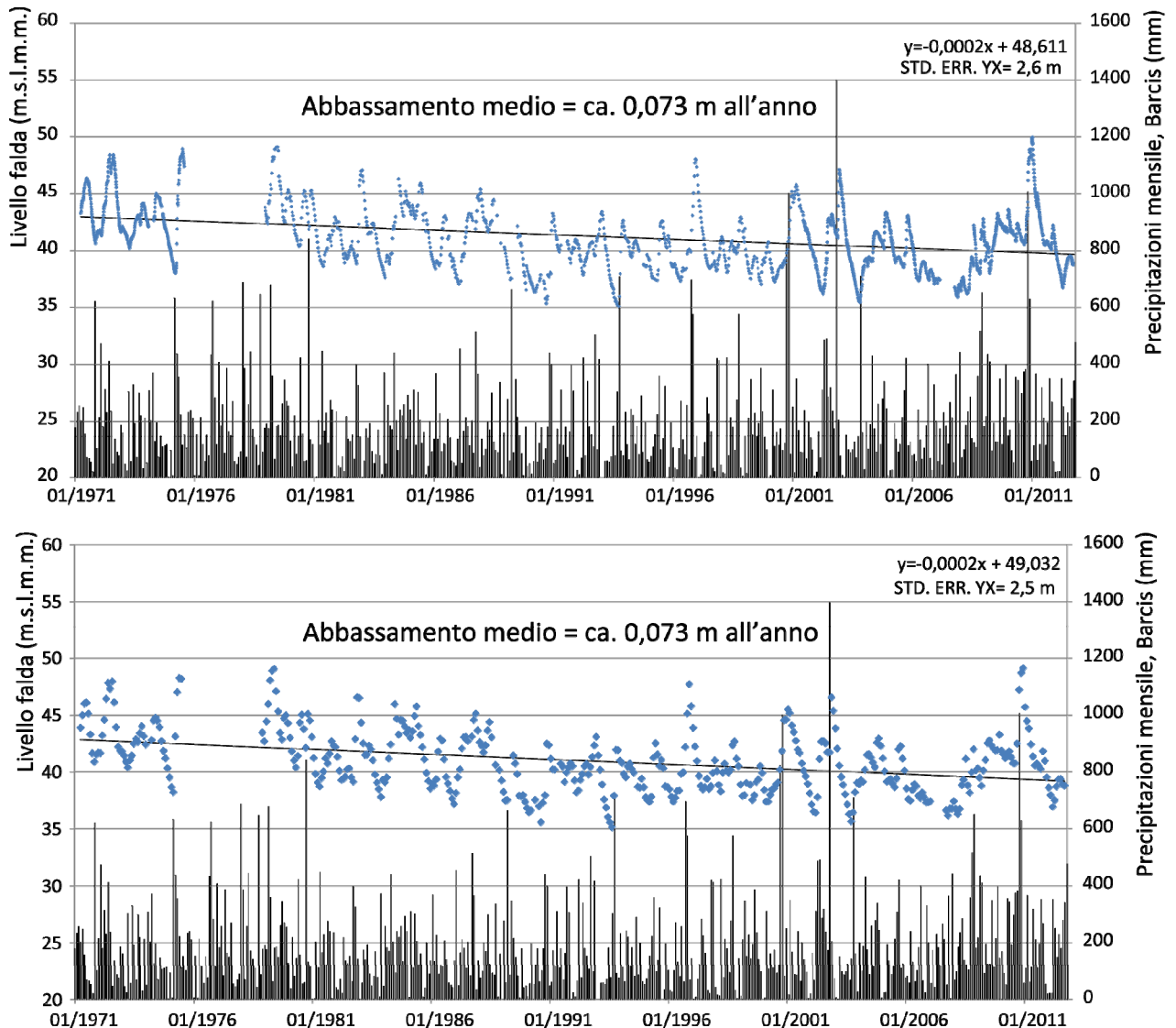




**Figura 21:** precipitazioni a Barcis (mensili e giornaliere), livello del Noncello e quota della falda nelle stazioni piezometriche 0197 e 0198.

## 6.4 Andamento della falda

La continuità della serie di dati (ininterrotti dal 1971 al 2012) e l'assenza di secca fanno del piezometro 0118 l'ideale per valutare l'entità dell'abbassamento progressivo della falda freatica, abbassamento che si può valutare in circa 0,073 m all'anno per gli ultimi 40 anni. Il che corrisponde ad un abbassamento di circa 3 metri (2,92 m nel periodo) dagli anni 70 ad oggi.

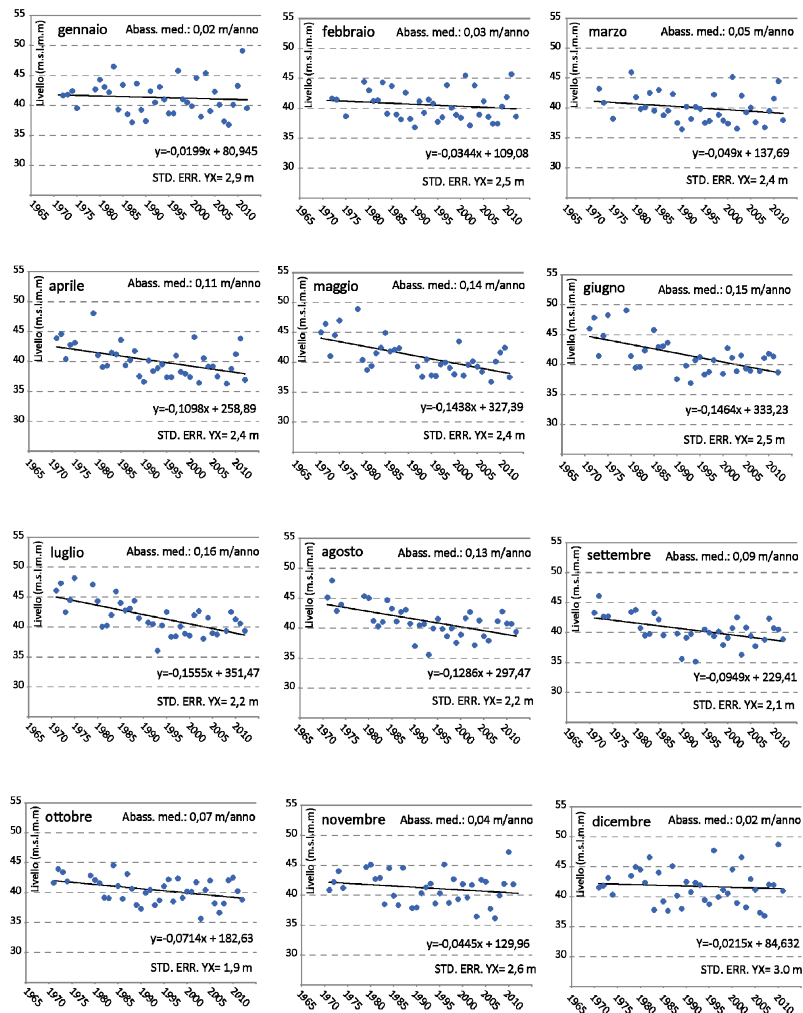


**Figura 22:** evoluzione quarantennale del livello della falda nel piezometro 0118 e precipitazioni mensili a Barcis. Nel grafico in alto i valori puntuali rilevati, in i valori medi mensili. La retta di regressione è rappresentata insieme alla sua equazione e al valore di errore standard. Il coefficiente in entrambi i casi è di 0,0002 corrispondente ad un abbassamento medio di 0,073 m/anno.

L'analisi degli abbassamenti mensili evidenzia come l'abbassamento sia meno marcato nei mesi invernali con valori medi di 4 cm da ottobre a marzo e di 12 cm da aprile a settembre.

**Tabella:** abbassamento della falda per i diversi mesi dell'anno nel periodo 1971 – 2012.

me	abbassamento medio	STD. ERR. YX	abbassamento nel periodo
gennaio	0,0199 m/anno	2,9 m	0,80
febbraio	0,0344	2,5	1,38
marzo	0,0490	2,4	1,96
aprile	0,1098	2,4	4,39
maggio	0,1438	2,4	5,75
giugno	0,1464	2,5	5,86
luglio	0,1555	2,2	6,22
agosto	0,1286	2,2	5,14
settembre	0,0949	2,1	3,80
ottobre	0,0714	1,9	2,86
novembre	0,0445	2,6	1,78
dicembre	0,0215	3,0	0,86



**Figura 23:** Medie mensili della quota (m.s.l.m.) nel piezometro 0118 dal 1971 al 2012. Le medie sono raggruppate per mesi e per ogni mese una retta di regressione è calcolata per il periodo 1971-2012.



## 6.5 Isofreatiche di piena e soggiacenza minima della falda

Le curve isofreatiche per il dicembre 1996 sono state ricavate tenendo in considerazione il massimo livello raggiunto nel periodo da una decina di piezometri della Rete freaticometrica regionale (periodo da 11 a 17 dicembre 1996).

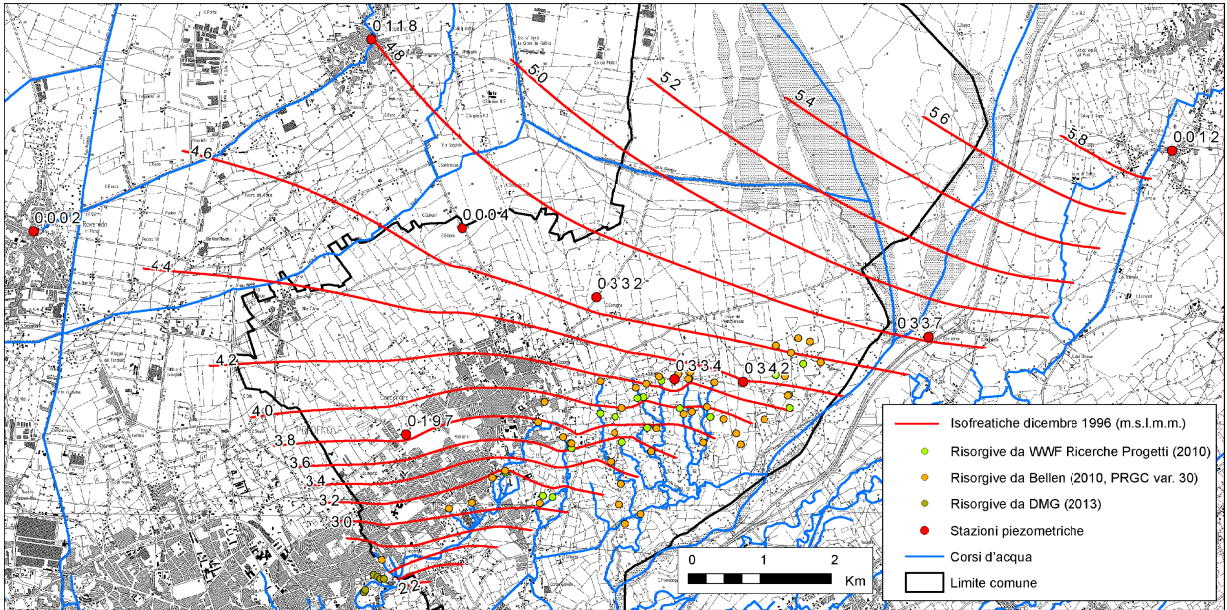
Per elaborare la Carta delle isofreatiche relative al gennaio 2011 sono stati utilizzati i dati rilevati il 5 gennaio 2011 nei 6 piezometri ubicati ai margini della zona di studio, tenendo in considerazione anche le quote delle risorgive (studio del WWF del 2010). Sono state inserite inoltre le segnalazioni di allagamento nelle cantine come indicativo del livello della falda. Entrambe le interpolazioni sono state realizzate usando l'algoritmo Natural Neighbor di ArcGis 10.

Dal confronto fra andamento e valore delle isofreatiche con i dati topografici laserscan si può valutare la soggiacenza, cioè la vicinanza della falda al piano campagna, e quindi riconoscere gli areali potenzialmente soggetti ad allagamento e ipotizzare i relativi tiranti.

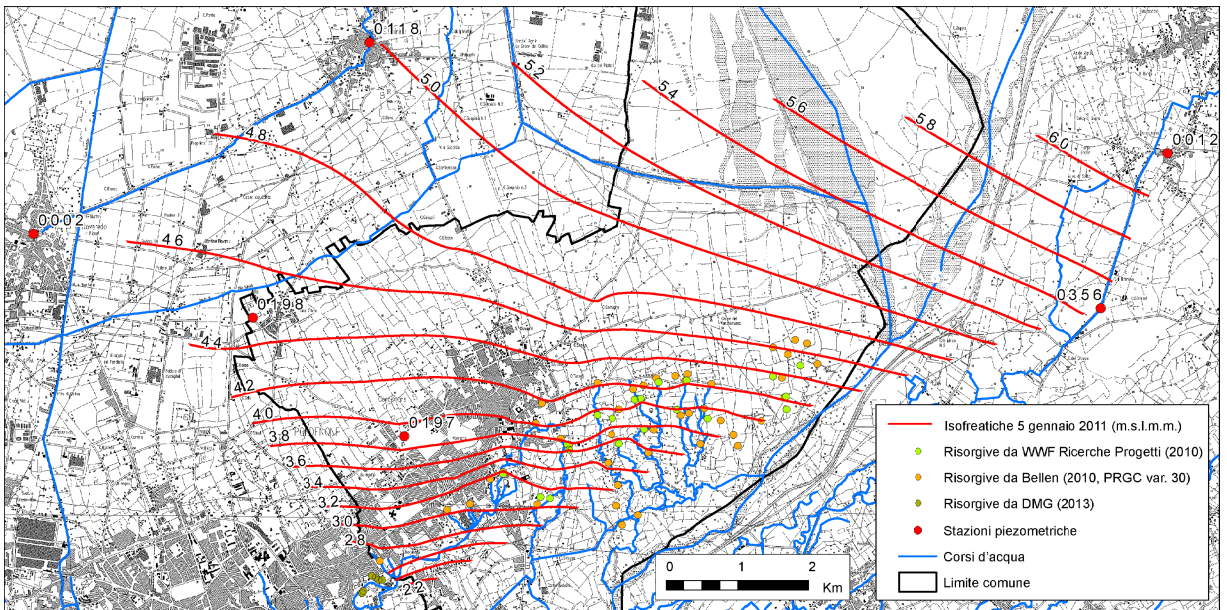
La zona di ridotta profondità della falda e quindi a maggiore rischio di allagamento degli scantinati (quasi tutte le segnalazioni di allagamento di scantinato vengono dalla zona a profondità della falda tra 0 e 2 m) si estende nell'area a sud dell'abitato lungo i fiumi, le rogge e immediatamente a Nord delle loro risorgive in una fascia orientata NE-SW.

La Carta della soggiacenza elaborata per il mese di dicembre 1996 rappresenta una situazione relativamente "normale" anche se di notevole intensità.

La Carta della soggiacenza elaborata per il mese di gennaio 2011 rappresenta invece una situazione "eccezionale".

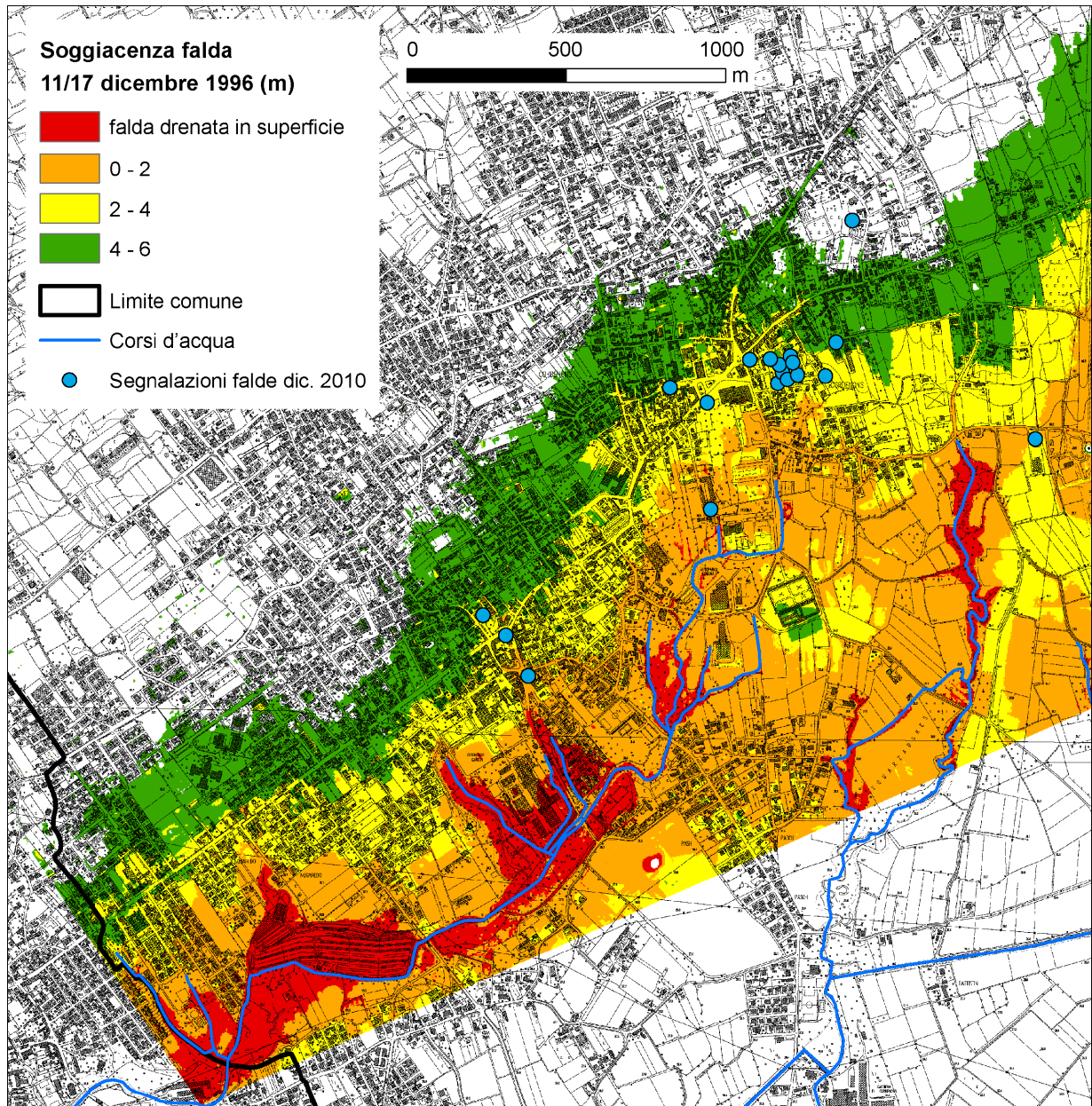


**Figura 24:** isofreatiche del massimo della falda di dicembre 1996 (periodo 11 - 17/12/2013).



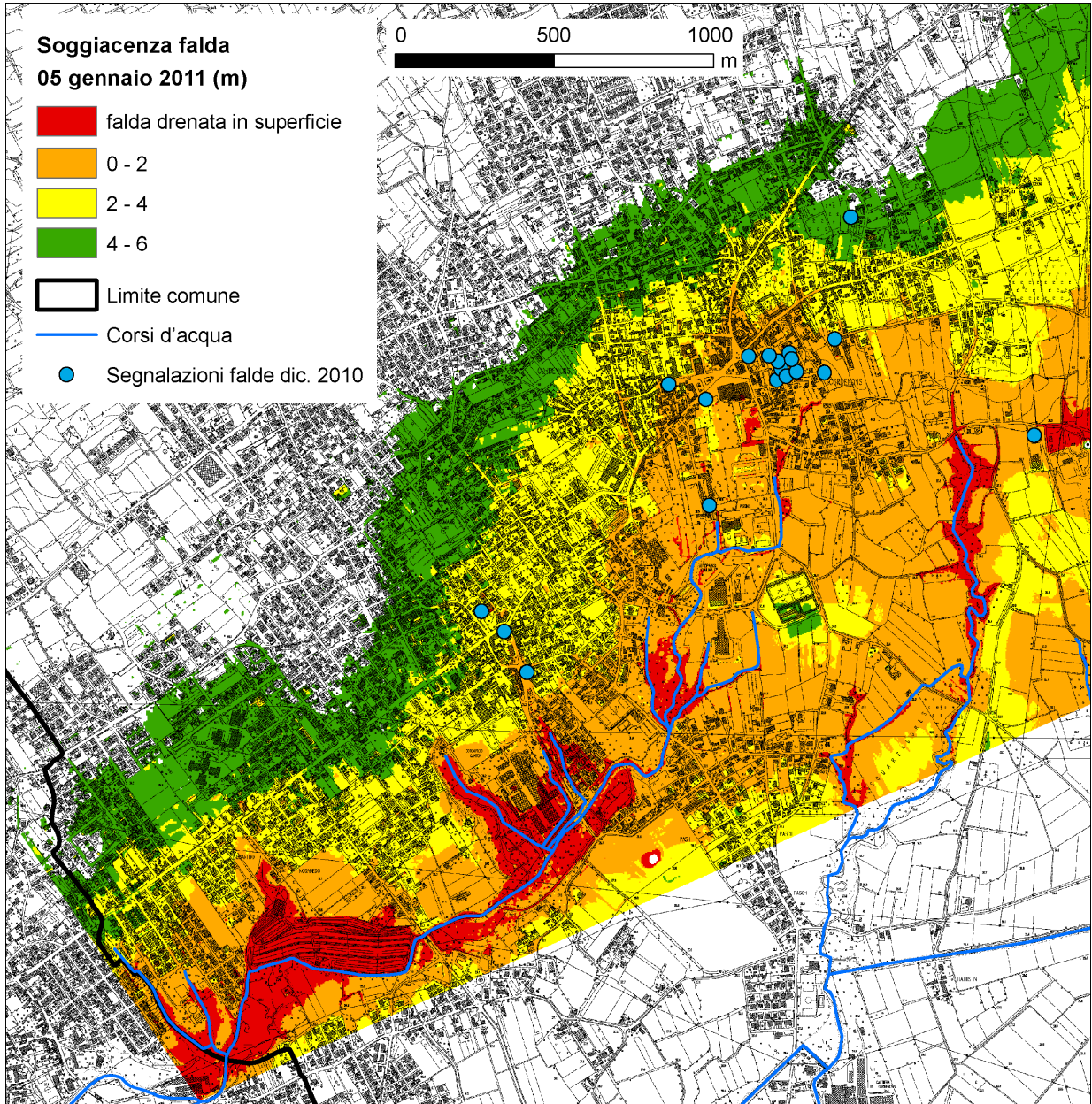
**Figura 25:** isofreatiche del massimo della falda del 5 gennaio 2011.





*Figura 26: soggiacenza della falda nel periodo tra l'11 e il 17 dicembre 1996.*





*Figura 27: soggiacenza della falda il 5 gennaio 2011.*

## 8 CONCLUSIONI

La città di Cordenons, ubicata a cavallo della Fascia delle Risorgive, presenta problematiche idrogeologiche legate alla situazione idraulica. Gli innalzamenti della falda freatica locale possono provocare allagamenti dei vani al di sotto del piano campagna in numerosi edifici in zone diverse della città.

Dall'analisi dei tre parametri significativi, le precipitazioni, l'oscillazione della falda freatica e la distribuzione dei sedimenti nel sottosuolo, si evince che la problematica trae origine dalle loro particolari combinazioni. Questi parametri hanno naturalmente maggiore o minore influenza relativa a seconda delle condizioni al contorno, della climatologia pregressa, dell'antropizzazione.

Per quanto riguarda gli eventi del 2010, le precipitazioni registrate alla stazione meteorologica di Barcis sono state pari a 1005,6 mm nel mese di novembre e a 629 mm in dicembre, con un picco giornaliero massimo di 423,4 mm raggiunto il 24 dicembre.

Questo tipo di evento si inserisce nel quadro storico meteorologico del bacino anche se con tempi di ritorno notevoli: precipitazioni giornaliere di oltre 400 mm si verificano con un periodo di ritorno di circa 40 anni.

Dall'analisi dei dati recenti, emerge che precipitazioni mensili di oltre 1000 mm hanno frequenza che sembra aumentare progressivamente (4 casi dal 1924 ad oggi, ma 3 casi dal 2000 ad oggi).

Nei periodi autunnali e invernali, in seguito a precipitazioni particolarmente intense, il livello piezometrico nell'area di Cordenons inizia ad innalzarsi rapidamente e raggiunge il picco massimo circa un mese dopo il colmo meteorico.

Le variazioni della permeabilità dei sedimenti nel sottosuolo sono uno dei fattori che più influenzano localmente il comportamento della falda. L'emersione è infatti spesso legata al passaggio da depositi più grossolani e quindi permeabili, a depositi più fini e quindi meno permeabili. Per compensare la diminuzione di permeabilità l'acqua aumenta il suo carico idraulico innalzando a monte il livello piezometrico. Anche se le condizioni di soggiacenza in questi punti non sempre sono tali da far prevedere l'allagamento, le condizioni litostratigrafiche hanno forte influenza sul comportamento idraulico.

La zona di ridotta profondità della falda, cioè quella in cui la falda raggiunge soggiacenza inferiore a 4 metri, è quella a maggior rischio di allagamenti negli scantinati.

Vanno comunque ricordati i limiti del modello preliminare utilizzato in questo studio, che potrebbe essere affinato disponendo di:

- una rete più fitta di piezometri ubicati nelle zone critiche;
- quote degli scantinati allagati (e non) e dell'altezza precisa dell'acqua all'interno degli scantinati allagati;
- quote precise delle risorgive "naturali" in varie condizioni di impingamento.

La soluzione del problema degli allagamenti nei vani costruiti al di sotto del piano campagna non risulta semplice, in quanto le cause sono legate a caratteristiche geologiche non modificabili e a situazioni idrogeologiche difficilmente controllabili.

Fra le cause innescanti il fenomeno vi sono, tralasciando le condizioni meteorologiche, la bassa soggiacenza della falda e l'eterogeneità nella distribuzione dei terreni più o meno permeabili nel sottosuolo. Mentre su quest'ultimo fattore non è possibile intervenire, per quanto riguarda il livello della falda sono attuabili provvedimenti di controllo della risalita.

Sono tuttavia possibili più filosofie di approccio alla prevenzione dei fenomeni di allagamento e/o alla limitazione dei danni alle proprietà per "acqua alta".

Almeno due sono le possibili soluzioni al problema: la prima, tesa alla prevenzione del fenomeno, consiste nella costruzione a monte di una serie di pozzi di emungimento dotati di pompe auto-innescanti, in modo tale da deprimere la falda, quando il livello raggiunge la soglia critica. Questo tipo di intervento dovrebbe essere preceduto da uno studio dettagliato sulle caratteristiche dell'acquifero, in particolare della sua permeabilità, in modo tale da individuare il numero e l'ubicazione ottimale dei punti in cui costruire le opere e da consentire la quantificazione dell'entità delle portate da emungere per provocare un abbassamento utile del livello della falda.

La seconda, che mira alla limitazione dei danni, suggerisce la messa in opera di una rete di piezometri di controllo continuo del livello della falda che, nell'eventualità di un innalzamento critico, metta in moto un sistema di allarme. In questo modo gli abitanti potrebbero evitare i danni alle loro proprietà mettendole al sicuro o attivando delle pompe auto-innescanti preventivamente installate negli scantinati. Ciò implica che tutti i locali che si trovano al di sotto del piano campagna debbano essere dotati di pompe auto-innescanti.

Seguendo questa filosofia, una soluzione poco onerosa potrebbe essere avviata monitorando, con trasferimento dei dati all'Amministrazione comunale (e alla Protezione civile) il piezometro regionale 0198 ubicato a Nord Est dell'abitato, pozzo di facile accesso e non sfruttato.

Si fa presente che il Comune di Pordenone ha problematiche analoghe, sempre legate all'innalzamento della falda: vista l'ubicazione del piezometro 198 al confine fra Comune di Cordenons e Comune di Pordenone, esso potrebbe essere usato come stazione "di allerta" da entrambi i Comuni. Il valore di soggiacenza per il quale dovrebbe scattare l'allarme è, nel pozzo 198, indicativamente di 35 m dal piano campagna, corrispondente ad una quota assoluta di circa 43 m s.l.m.

Le due soluzioni (pozzi di emungimento + pozzo spia) non si escludono a vicenda: applicate assieme potrebbero risolvere, se non il fenomeno degli allagamenti, il problema dei danni alle proprietà.

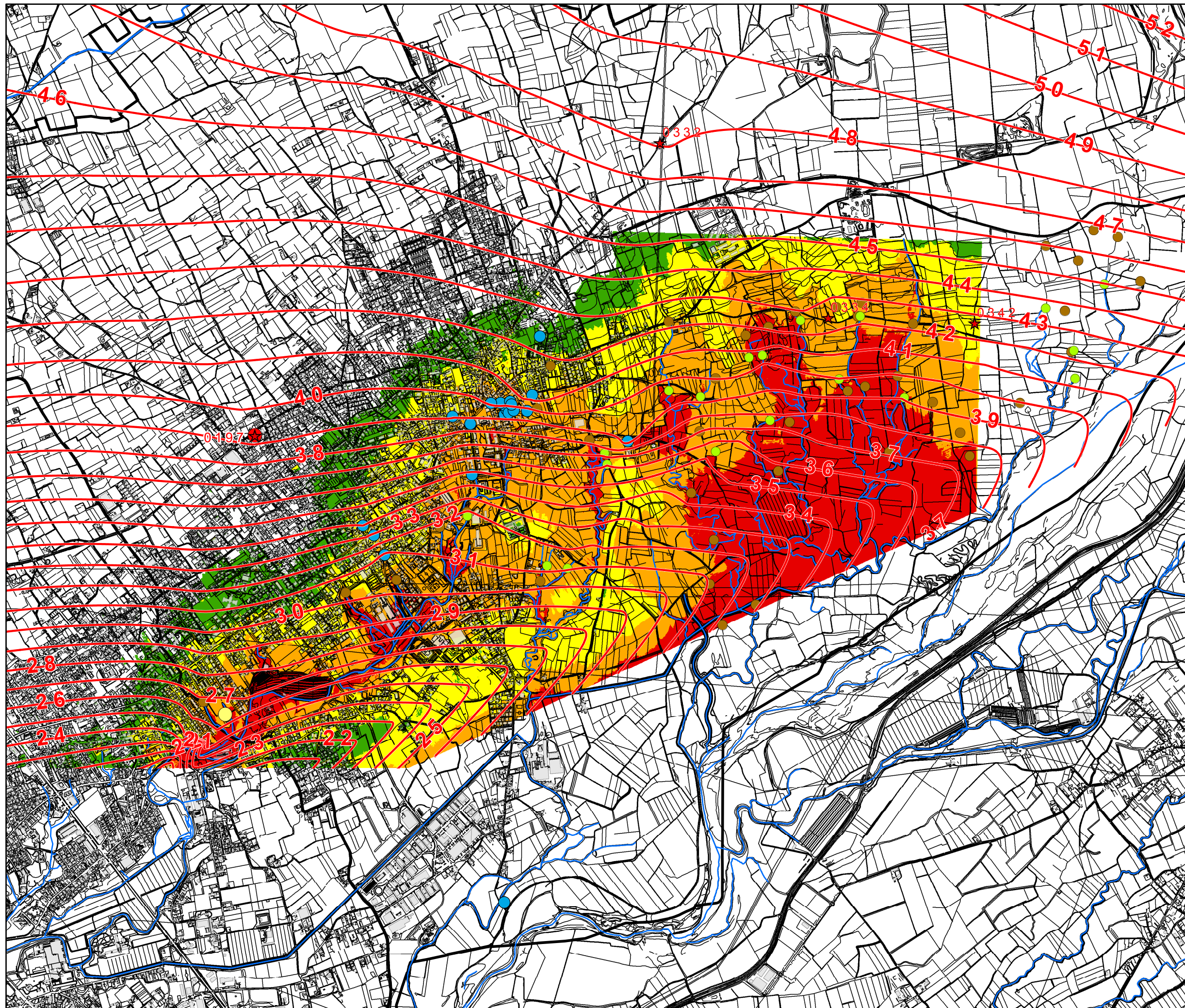
Va sottolineato peraltro che una configurazione del territorio come quella del Comune di Cordenons dovrebbe implicare ulteriori particolari cautele nella costruzione degli edifici dotati di piani sotterranei, magari da imporre per Regolamento comunale.

Il Responsabile scientifico  
Prof. Franco Cucchi

Trieste, dicembre 2013



Progetto di ricerca finalizzato all'elaborazione del modello idrogeologico del sottosuolo delle aree del territorio comunale poste in destra idrografica del Fiume Noncello interessate dai fenomeni di



**Legenda**

- Pozzo depuratore monitorato DMG
- ★ Stazioni piezometriche (dicembre 1996)
- ★ Stazioni piezometriche (gennaio 2011)
- Segnalazioni allagamenti (dicembre 2010)
- Risorgive da WWF Ricerche Progetti (2010)
- Risorgive da PRGC var. 30 (2010)
- Limite comune Cordenons
- Isofreatiche del 05/01/2011 (mslmm)

**Soggiacenza 05/01/2011**

- Falda drenata in superficie
- 0 - 2
- 2 - 4
- 4 - 6
- 6 - 42

