



COMUNE DI ORNAVASSO



PROVINCIA DI NOVARA



REGIONE PIEMONTE

DIMENSIONAMENTO DELLE FASCE DI RISPETTO POZZO IDROPOTABILE 'P'

Legge Regionale 30 aprile 1996, n°22

"Ricerca, uso e tutela delle acque sotterranee"

D.P.G.R. 29.07.2003 N° 10/r

"Disciplina dei procedimenti di concessione di derivazione di acqua pubblica (L.R. 29 dicembre 2000, n°61)"

D.P.G.R. 9 marzo 2015, n. 2/R

"abrogazione del regolamento regionale 14 marzo 2014, n. 1/r e revisione della disciplina dei procedimenti di concessione di derivazione di acqua pubblica di cui al regolamento regionale 29 luglio 2003, n. 10/R (L.R. 29 dicembre 2000, n. 61)"

D.L. 03.04.2006, n°152 e s.m.i

"Norma in materia ambientale"

Progettista

Studio Geologico EPIFANI dr. FULVIO

Via XX Settembre, 73 – 28041 ARONA (NO)

tel. 0322 241531 - fax 0322 48422

e-mail fulvio.epifani@tin.it

dott. geol. Fulvio Epifani



RELAZIONE IDROGEOLOGICA

Codice

0.26

Nome del file

Data

Giugno 2020

Scala

varie

Committente:



**ACQUA
NOVARA.VCO
S.p.A.**

revisione

oggetto

data

controllato

1

2

3

INDICE

1	PREMESSA.....	3
1.1	1.1 Normativa di riferimento	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
3	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA.....	5
3.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	5
4	CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICA DELLA CAPTAZIONE IDROPOTABILE	10
4.1	IDROGRAFIA SUPERFICIALE e FLUSSO SOTTERRANEO	10
5	CARATTERISTICHE TECNICO-STRATIGRAFICHE DEL POZZO	12
6	PROVE DI POMPAGGIO	14
7	VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' INTRINSECA.....	16
7.1	Descrizione del metodo GOD	16
7.1.1	Applicazione del metodo GOD al caso specifico e analisi dei risultati	18
7.2	Vulnerabilità complessiva.....	19
7.3	Considerazioni conclusive	23
8	DIMENSIONAMENTO DELLE AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI IDROPOTABILI	24
8.1	METODO DI CALCOLO CON PERSONAL COMPUTER	25
8.2	COMMENTO DEI DATI OTTENUTI.....	29
9	CENSIMENTO DEI CENTRI DI PERICOLO	32
10	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	35

ALLEGATI

COROGRAFIA – Estratto BDTRE2019 Sezione n°073010 scala 1: 10.000

COROGRAFIA – Estratto catastale FG.12 Map. 166 – Scala 1: 2.000

CARTA GEOLOGICA - Scala 1: 10.000

STRATIGRAFIA - Scala 1: 150

FASCE DI RISPETTO - Scala 1: 2.500

FASCE DI RISPETTO SU BASE BDTRE - Scala 1: 15.000

FASCE DI RISPETTO SU BASE CATASTALE - Scala 1: 7.500

FASCE DI RISPETTO SU BASE CATASTALE - Scala 1: 2.500

PLANIMETRIA ZONA DI TUTELA ASSOLUTA – Scala 1: 200

AREE DI SALVAGUARDIA SU RIPRESA AEREA con FASCE PAI - Scala 1: 10.000

UBICAZIONE CENTRI DI POTENZIALE PERICOLO - Scala 1: 10.000

1 PREMESSA

In Comune di Ornavasso, in loc. Gabbio, in fraz. Migliandone, è stato realizzato un pozzo a scopo idropotabile a servizio dell'acquedotto.

La presente indagine è di supporto alla definizione delle aree di salvaguardia di questa captazione su criteri temporali: attualmente infatti l'opera di derivazione presenta una fascia di rispetto geometrica, circolare con $R=200$ m.

Nella presente relazione vengono riportati i risultati delle indagini, mentre negli allegati sono forniti oltre alle informazioni di carattere geologico-geomorfologico, idrogeologico generale, la stratigrafia del pozzo, le caratteristiche idrogeologiche del sistema acquifero-captazione e la planimetria e le foto dei luoghi.

1.1 1.1 Normativa di riferimento

Il presente studio è svolto in ottemperanza a quanto previsto dalla normativa vigente in materia di acque sotterranee:

- D.P.G.R. 11 dicembre 2006, n°15/R Regolamento regionale recante: *“Disciplina delle aree acque destinate al consumo umano (L.R. 29 dicembre 2000, n°61);*
- Decreto Legislativo 3 Aprile 2006, n° 152, testo aggiornato *“Norme in materia ambientale”;*
- Legge Regionale n° 22 del 30.04.1996 *“Ricerca, uso e tutela delle acque sotterranee”;*
- D.P.G.R. - Regolamento Regionale 29 luglio 2003, n.10/R *“Disciplina dei procedimenti di concessione di derivazione di acqua pubblica” (L.R. 29 dicembre 2000, n.61);*
- D.P.G.R. 9 marzo 2015, n. 2/R Regolamento Regionale recante *“Abrogazione del regolamento regionale 14 marzo 2014 n.1/R e revisione della disciplina dei procedimenti di concessione di derivazione di acqua pubblica di cui al regolamento regionale 29 luglio 2003, n. 10/R (L.R. 29 dicembre 2000, n.61)”.*

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il pozzo idropotabile in esame è sito in Comune di Ornavasso, in fraz. Migliandone, loc. Gabbio, in prossimità della sponda idrografica destra del Rio Blet, immissario del Fiume Toce: come presentato nella “COROGRAFIA” il pozzo in esame rientra nella Sezione n° 073010 delle BDTRE2019 del Piemonte, in scala 1: 10.000 e nell'estratto catastale in scala 1: 2.000, **Fg. 12 Mappale n° 166**.

Il pozzo si colloca a circa 210 m s.l.m..

Nella seguente tabella sono riportate le coordinate di riferimento della captazione :

NOME	Codice univoco	Lat. WGS84	Long. WGS84	WGS84/UTM32N Est	WGS84/UTM32N Nord	Quota m s.l.m
P		45,9813224	8,3744193	451543,576906	5092162,520381	210

3 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il territorio comunale di Ornavasso è localizzato nella propaggine meridionale della Val d'Ossola ed è illustrato nel vertice Nord-orientale del foglio n. 30 "Varallo" della Carta Geologica d'Italia, in scala 1: 100.000.

Più in particolare, l'opera di presa in oggetto è sul conoide al piede del versante montuoso, dal quale scende il T. Blet.

L'area è molto articolata, in quanto lo sviluppo dell'alveo del corso d'acqua ha un andamento dettato dalla morfotettonica locale.

La Val d'Ossola ha una struttura geologica molto complessa, sulla quale si è impostata una morfologia altrettanto articolata, dominata dall'azione modellatrice dei grandi apparati glaciali, che durante il Quaternario, scendevano lungo le vallate dell'Ossola, costituendo sulle pendici montuose e nei fondovalle, morene laterali e di fondo, accumulando grandi sistemi morenici frontali, che oggi costituiscono le cerchie collinari osservabili allo sbocco nella Pianura Padana.

Alle varie fasi di modellamento glaciale, si sono quindi alternate e sovrapposte fasi fluvio-glaciali e infine fasi prettamente fluviali; questi ripetuti cicli morfologici hanno concorso al modellamento dell'intera vallata, sia con azioni di demolizione, che di costruzione.

L'ultima impronta che ha dato l'attuale aspetto della valle è stata la dinamica torrentizia e quella fluviale; il F. Toce, nella parte medio-bassa, ha svolto un'azione prevalentemente di deposizione e modellamento, cedendo gradualmente i materiali solidi presi in carico più a monte e costruendo la piana alluvionale che caratterizza l'intero fondovalle, da Domodossola alla foce del F. Toce nel Lago Maggiore; mentre la dinamica torrentizia ha fatto sentire i suoi effetti nel fondovalle soprattutto in corrispondenza della zona d'immissione di ciascun corso d'acqua montano nella valle principale, ove hanno "edificato" le conoidi di deiezione, più o meno ampie, dove, successivamente, si sono sviluppati i maggiori centri abitati.

Dal punto di vista geologico, il territorio comunale di Ornavasso, ricade nel sistema delle Alpi Meridionali, nell'ambito della "Serie Dioritico-Kinzigitica" (non lontano dal limite con la "Serie dei Laghi"), la quale fa parte della "Zona Ivrea-Verbanò" ed è costituita da paragneiss kinzigitici e micascisti muscovitici a granato e sillimanite, con intercalazioni di rocce basiche e di marmi, fra cui quelli di Candoglia, il cui filone si estende anche nel versante in destra orografica del F. Toce.

L'area indagata è localizzata nella propaggine meridionale della Val d'Ossola, essendo ubicata lungo il versante a monte del centro abitato di Ornavasso; in particolare, il versante montuoso a tergo dell'area dove è ubicato il pozzo, è drenato da una serie di impluvi e corsi d'acqua minori, che defluiscono verso la piana del Toce e raggiungono direttamente le sue sponde o alimentano i rii maggiori; molti dei suddetti rii minori montani, non solo non sono apprezzabili nella base cartografica BDTRE, ma non sono riportati neanche nella base catastale; i corsi d'acqua di maggiore importanza sono costituiti dal T. Blet, Val Buona, e altri senza nome e dal maggiore Riale San Carlo.

Caratteristica comune è che il loro corso è dominato dal sistema di faglie, o presunte faglie, e fratture che caratterizzano il territorio.

L'intero versante montuoso è caratterizzato dalla presenza del substrato roccioso subaffiorante e affiorante, caratterizzato da un evidente controllo strutturale, che influenza la morfologia del pendio e l'idrografia superficiale: scistosità e fratture ad essa parallele modellano il versante con un'alternanza di dorsali rocciose e incisioni più o meno profonde, talvolta a formare modeste trincee o vere e proprie forre.

Su questo complesso sistema di fratture, si sviluppa il pattern idrografico, caratterizzato sia da corsi d'acqua, che da semplici linee di ruscellamento, con incisioni quasi sempre impostate in roccia, che sfruttano come direttrici di deflusso preferenziali, le suddette linee di debolezza strutturale.

I litotipi presenti nella porzione esaminata del territorio del Comune di Ornavasso, sono stati distinti in due gruppi principali:

- Formazioni litoidi (Pre-Quaternario);
- Depositi di copertura (Quaternario).

I litotipi che rientrano nella porzione di territorio analizzato, appartenenti alla Zona Ivrea-Verbanese, sono così differenziati:

- Kinzigiti e dioriti: si tratta di rocce a tessitura scistosa molto marcata, definita dalla disposizione in letti subparalleli dei minerali ad abito lamellare (miche). Derivano dal metamorfismo in facies anfibolitica di elevata temperatura di sedimenti argillosi o argilloso-arenacei e rappresentano l'incassante delle rocce basiche e ultrabasiche presenti nel territorio comunale. I componenti essenziali sono quarzo, plagioclasio, biotite, muscovite e sillimanite; tra gli accessori prevalgono apatite, zirconio e minerali opachi (grafite e ilmenite). In funzione dell'aumentare del grado metamorfico che cresce da SE verso NW, la composizione mineralogica varia con la progressiva sostituzione della biotite e della muscovite con il granato. L'aspetto di

queste rocce, muta inoltre in corrispondenza degli affioramenti di anfiboliti e granuliti, dove sono evidenti fenomeni di disturbo e mobilitazione, si riconoscono alternanze di letti di minerali leucocrati e melanocrati e continue variazioni di grana e, talora, di composizione.

- Anfiboliti: costituiscono dei filoni di potenza variabile, irregolarmente distribuiti all'interno dell'area. Si caratterizzano per la grana medio-fine e per il tipico colore verde. La roccia può essere caratterizzata dalla formazione di livelli monomineralici principalmente a pirosseno e anfibolo che producono un netto layering composizionale.

I depositi superficiali, a copertura del substrato roccioso, sono così differenziati:

- Depositi torrentizi di conoide: si tratta di depositi formati dai corsi d'acqua, provenienti dai versanti, che allo sbocco nella piana alluvionale del F. Toce sono caratterizzati da una tipica struttura a “ventaglio” (conoidale), con deposizione di materiale più grossolano (ciottoli, ghiaie e sabbie grossolane) nella zona apicale e quello più fine (sabbie medie e sabbie fini) in quella distale. A volte questi conoidi sono frammiste a depositi detritici. Lo sviluppo e la forma dei conoidi alluvionali sono controllati da numerosi fattori come la grandezza del bacino di alimentazione, la quantità di sedimento trasportato nell'alveo, l'energia del rilievo e le condizioni di attività tettonica del rilievo montuoso retrostante. In particolare l'apertura del conoide dipende dalla maggiore o minore disponibilità di spazio del fondovalle, dalle cui caratteristiche dipende anche il maggior o minor sviluppo delle ali. La sedimentazione è determinata dalla capacità di trasporto del corso d'acqua che varia con la diminuzione della pendenza dell'alveo e della velocità di scorrimento delle acque. Anche l'aumento della larghezza del canale di flusso, specialmente se costituito da materiale permeabile, può determinare un calo di portata che può avvenire per infiltrazione sul conoide stesso, con scomparsa del corso d'acqua in superficie. I materiali trasportati tendono a depositarsi nelle depressioni a fianco dei dossi lasciati dalle piene precedenti, permettendo ai sedimenti di distribuirsi a ventaglio, con un sistema di canali che si ramificano a partire dal punto più alto del conoide, chiamato 'apice'. I processi di trasporto e sedimentazione attivi nei sistemi bacino-conoide sono costituiti da flussi fluido-gravitativi del tipo debris-flow, hyperconcentrated flow e water flood. Questi rappresentano la modalità principale con cui i conoidi si accrescono. In genere si manifestano con episodi di breve durata, bassa frequenza e alta intensità. Nelle zone apicali possono essere attivi fenomeni

- legati esclusivamente all'azione della gravità come i crolli, gli scivolamenti e i colamenti. I fenomeni di deposizione nell'ambiente di conoide torrentizio sono quindi prevalentemente connessi a episodi parossistici di trasporto di massa per cui il deposito risulta in genere mal selezionato, privo di organizzazione interna oppure caratterizzato da una grossolana gradazione inversa, con i materiali più grossolani nella parte alta del deposito perché tendono a galleggiare nella massa in movimento.
- Depositi alluvionali del F. Toce: caratterizzano l'ampia zona pianeggiante posta in sponda idrografica destra del F. Toce, compresa, indicativamente, tra la base dei rilievi montuosi e la sponda del fiume stesso. Si tratta di sedimenti di notevole spessore, di natura sabbiosa o sabbioso-limosa, con locali lenti torbose, la cui granulometria ridotta è risultato di un trasporto prolungato da parte del F. Toce, che giunge nel territorio di Ornavasso ad uno stadio già maturo.
 - Depositi morenici: Si tratta dei depositi prodotti dall'azione di erosione, trasporto e deposito dei ghiacciai quaternari würmiani, localizzati lungo la maggior parte dei versanti, in corrispondenza di aree a bassa acclività, oppure sotto forma di morene laterali appoggiate su versanti acclivi. Questo tipo di depositi è rappresentato da placche relitte, di diversa estensione. La struttura tipica di questi depositi è caotica, con presenza di elementi lapidei spigolosi eterometrici (fino a trovanti con volumi di alcuni metri cubi), immersi in una matrice da sabbiosa a limosa, con lenti irregolari di sabbie e sabbie fini sciolte.
 - Depositi detritici: si tratta di depositi aventi caratteristiche granulometriche e tessiturali simili, ma di varia origine, dati prevalentemente da depositi detritici di falda o frana, prodotti dall'azione della gravità, favorita soprattutto dall'azione di gelo e disgelo, che si presentano tipicamente alla base di pareti rocciose; si tratta di depositi caotici grossolani, costituiti da blocchi di dimensioni anche metriche, scarsamente colonizzate dalla vegetazione, con un accenno di gradazione granulometrica.
 - Depositi misti di versante e coltre eluviale: all'azione morfogenetica degli agenti atmosferici sono da attribuire le coltri detritiche eluviali; rappresentano il disfacimento chimico-fisico delle rocce e dei terreni e sono costituite da frammenti detritici di dimensioni varie, provenienti dalla roccia originaria, passanti verso la superficie ad un vero e proprio suolo ad elevata componente organica. Questi materiali ricoprono il substrato roccioso, con spessori variabili ma in genere limitati, da pochi decimetri fino ad un massimo di 1-2 m.

L'opera di presa insiste sul conoide alluvionale del T. Blet che risulta parzialmente frammista a depositi detritici, impostata fra l'abitato di Vadi e quello di Gabbio e costituita da due conoidi temporalmente successivi, il più antico con caratteristiche di conoide di deiezione e di frana, verso la località Vadi e il più recente alluvionale verso l'abitato di Gabbio (cfr. Isoli, 2017).

È proposta la "CARTA GEOLOGICA" in scala 1: 10.000 con evidenziati i litotipi e i depositi presenti in un intorno significativo dell'area del pozzo.

4 CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICA DELLA CAPTAZIONE IDROPOTABILE

4.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE e FLUSSO SOTTERRANEO

Da un punto di vista del reticolo idrografico superficiale, il territorio comunale è caratterizzato dalla presenza del Fiume Toce e da una serie di corsi d'acqua minori che interessano gli impluvi in corrispondenza del versante che cinge la valle. I corsi d'acqua minori sono per lo più a carattere torrentizio.

Il maggiore dei corsi d'acqua minori è il Riale San Carlo, affluente del Toce.

Il Fiume Toce svolge per lo più azione drenante nei confronti del fondovalle e raccoglie le acque provenienti dai versanti.

L'elemento idrologico e idrografico dominante nell'area di pertinenza del pozzo è costituito dal Rio Blet, la cui conoide si colloca fra l'abitato di Vadi e quello di Gabbio ed è evidentemente costituita da due conoidi temporalmente successivi.

Il pozzo si trova lungo la sponda idrografica destra a circa 10 metri di distanza.

Dal punto di vista idrogeologico i materiali del conoide sul quale insiste il pozzo sono caratterizzati da elevati coefficienti di permeabilità in quanto quasi privi di frazione fine; nello specifico il deposito grossolano di conoide risulta in realtà sostanzialmente sterile, mentre l'acquifero risulta costituito dai materiali a granulometria più fine (sabbia con ghiaietto) che caratterizzano i livelli stratigraficamente inferiori, a partire da circa -13 m fino al limite impermeabile inferiore rappresentato dal tetto del substrato roccioso.

Il substrato roccioso costituisce anche il limite quasi impermeabile laterale dell'acquifero che corrisponde al versante roccioso che definisce il fianco meridionale di questo tratto della valle del Toce, qui orientata circa W-E.

In realtà lungo le fratture del sistema substrato l'acqua di infiltrazione riesce a insinuarsi e a scorrere e di conseguenza a contribuire, seppur in minor modo, al bacino di accumulo del pozzo.

All'atto della perforazione il livello statico del pozzo era stato rilevato a circa 13 m da bocca pozzo, mentre all'atto dell'esecuzione delle prove di portata lo stesso livello corrispondeva a circa 15 m di profondità dal piano campagna, coincidente con la bocca dell'opera di captazione.

Non viene invece presentato l'andamento della falda sotterranea, non avendo a disposizione punti per la misura diretta. La situazione idrogeologica però permette di fare

delle considerazioni efficaci sulla zona in esame, basate sulla situazione geologica e morfologica.

La situazione idrica ipogea risulta più complessa rispetto a un acquifero in materiali sciolti: un certo quantitativo idrico locale proviene da monte rispetto alla posizione del pozzo, in corrispondenza del versante e della porzione disabitata del territorio comunale, fattore che garantisce una maggiore protezione degli acquiferi. Un ulteriore fattore di complicità è rappresentato dal sistema di fratture/faglie che controlla l'andamento dei corsi d'acqua e la morfologia locale.

L'apporto del sistema ipogeo del substrato è stato cautelativamente considerato nell'elaborazione delle aree di salvaguardia.

Nella "CARTA GEOLOGICA" è stata evidenziata la direzione prevalente della falda freatica in corrispondenza del pozzo: la direzione di flusso è all'incirca ipotizzabile SO-NE ovvero parallela all'andamento dell'alveo nelle immediate vicinanze dell'opera di presa.

5 CARATTERISTICHE TECNICO-STRATIGRAFICHE DEL POZZO

In questo paragrafo vengono prese in considerazione le principali caratteristiche tecnico-stratigrafiche del pozzo in esame (Schema tecnico stratigrafico in scala 1: 150 proposto a fine Relazione).

Il pozzo è stato realizzato nel marzo 2017 con metodo a perforazione a rotazione con tricono, a circolazione d'acqua.

La perforazione è stata effettuata dalla ditta Idrotecnica Mantovani srl, con sede operativa in via Segrino n.6, San Giuliano Milanese (MI).

Stratigrafia pozzo P

La perforazione per la ricerca di acque da sfruttare a scopo idropotabile è stata effettuata con un impianto a rotazione costituito da una perforatrice Fraste autocarrata montata su un camion. Il sistema di perforazione è avvenuto a distruzione, con circolazione d'acqua e tricono, e contemporaneo avanzamento di rivestimento provvisorio di diametro 178 mm successivamente rialesato per ottenere un diametro definitivo di 220 mm, e poi è stata posata la colonna definitiva.

La perforazione è stata interrotta alla profondità di 27 m da p.c., in corrispondenza del tetto del substrato roccioso.

La tubazione di rivestimento definitiva è costituita da un tubo in PVC del diametro di 6" (152 mm) e spessore di 8 mm.

Il pozzo definitivo presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

- diametro di perforazione: \varnothing 220 mm fino a 27 metri di profondità
- colonna definitiva \varnothing 6" e spessore 8 mm, in PVC, in parte cieco in parte fenestrato fino a 27,00 metri di profondità.

La colonna definitiva è così differenziata:

- 0,0 m ÷ 15,00 m da p.c. \Rightarrow tubo cieco;
- 15,00 m ÷ 27,00 m da p.c. \Rightarrow tubo fenestrato.

Il tratto fenestrato ha uno sviluppo complessivo pari a 12 m.

La sequenza litostratigrafica è così riassumibile:

- 0,00 m ÷ 1,50 m: terreno sabbioso, rimaneggiato, misto a terreno agrario;
- 1,50 m ÷ 13,00 m: ghiaia e ciottoli di origine metamorfica;

- 13,00 m ÷ 27,00 m (fondo pozzo): sabbia fine alternata a orizzonti di ghiaietto.

Al di sotto di questa profondità c'è substrato roccioso.

Il riempimento dell'intercapedine tra il foro di perforazione e la colonna definitiva è stato così differenziato:

- 0,00 m ÷ 15,00 m: cementazione eseguita con miscela binaria acqua-cemento, addizionata di bentonite per migliorare la fluidità della miscela.;
- 15,00 m ÷ 27,00 m: dreno siliceo (ghiaietto) selezionato, tipo "pisello", Ø0,5 mm.

L'ubicazione del pozzo è indicata nella carta catastale in scala 1: 2.000.

L'opera di captazione sarà attrezzata con una pompa sommersa definitiva di diametro 4" tipo GRUNDFOS SP 46-3-C, in Acciaio inossidabile DIN W.-Nr. 1.4301, con le seguenti caratteristiche tecniche principali:

Tecnico		Dati elettrici	
Velocità della pompa su cui sono basati i dati	2900 giri/min	Motore tipo	MS4000
Portata calcolata	24.15 m³/h	Applicazione motore	GRUNDFOS
Prevalenza della pompa	30.11 m	Potenza nominale - P2	4 kW
Stadi	3	Potenza (P2) richiesta dalla pompa	4 kW
Riduzione girante	C	Frequenza di rete	50 Hz
Tenuta meccanica del motore	HM/CER	Tensione nominale	3 x 380-400-415 V
Approvazioni sulla targhetta	CE, EAC	Corrente nominale	9.75-9.60-9.80 A
Tolleranza della curva	ISO9906:2012 3B	Corrente di avvio	460-500-530 %
Modello	B	cos phi - fattore di potenza	0.85-0.80-0.77
Valvola	YES	Velocità nominale	2850-2865-2875 giri/min
Versione motore	T40	Tipo di avviamento	DOL
Materiali		Classe di protezione (IEC 34-5)	IP68
Materiale pompa	Acciaio inox	Classe di isolamento (IEC 85)	F
Materiale pompa	EN 1.4301	Protez. motore	NESSUNO
Materiale pompa	AISI 304	Protezione termica	esterna
Girante	Acciaio inox	Sensore di temperatura incorporato	Si
Girante	EN 1.4301		
Girante	AISI 304		
Motore	Acciaio inox		
Motore	DIN W.-Nr. 1.4301		
Motore	AISI 304		

Il motore è del tipo incapsulato con schermo antisabbia, cuscinetti lubrificati dal liquido e membrana di compensazione a pressione.

6 PROVE DI POMPAGGIO

In questo paragrafo vengono prese in considerazione le prove di pompaggio effettuate nel pozzo a fine terebrazione, completamento e sviluppo, e riprese in occasione della stesura della relazione finale.

Le prove di portata sono state effettuate dai tecnici della ditta EuroGeo srl con sede in via Sentirone n.10 a Paderno Dugnano (MI).

La captazione attualmente è priva di pompa idrosommersa e in occasione della terebrazione del pozzo era stata dotata di una pompa elettrosommersa provvisoria da 6" mod. GRUNDFOSS SP 30/4, in grado di emungere una Q_{\max} circa 10 l/sec (650 l/min) con 16 m di prevalenza, posizionata alla profondità di 24 m da p.c.: in conseguenza a ciò, vengono ripresi i risultati di quanto scaturito dall'elaborazione dei dati di cantiere così come presentati nella Relazione Finale datata maggio 2020 a firma del Dott. Geol. C. Caselli.

Non viene ripresentato tutto l'iter ma un riassunto di quanto era stato fatto e dei suoi risultati.

Come ben descritto nella Relazione finale, le acque emunte, destinate ad uso idropotabile, saranno inviate alle infrastrutture di accumulo e rilancio da realizzarsi in prossimità dell'opera di emungimento, e quindi distribuite alla rete idrica del comune di Ornavasso.

I parametri di concessione sono stati definiti in funzione delle esigenze della rete acquedottistica e delle utenze da servire, nonché degli esiti delle prove effettuate sul pozzo e della effettiva produttività dell'opera.

Nella tabella che segue si riportano quindi i parametri di concessione richiesti secondo le definizioni di cui al DPGR 10/R/2003 e s.m.i.:

Portata massima	6 l/s
Portata media	1 l/s
Volume massimo	30.000 mc/anno

Sono state effettuate le prove di pompaggio a portata variabile (o a gradini), a portata costante (o in discesa) e a portata nulla (o in risalita).

Le prove di pozzo effettuate hanno permesso di caratterizzare l'acquifero, di ricavare i parametri idrogeologici e di verificare la produttività dell'opera di emungimento.

La falda freatica superficiale, grazie alla buona conducibilità idraulica dell'acquifero, è in grado di garantire le portate richieste per l'approvvigionamento idrico a scopo potabile

(portata max 6 l/s), mantenendosi anche con i massimi valori di prelievo nell'ambito della portata ottimale del pozzo.

PROVE DI POMPAGGIO E RISULTATI

Il livello statico all'inizio della prova era a 15,89 m dal boccapozzo.

È stata effettuata la prova di portata variabile (o a gradini): sono stati effettuati 5 gradini con portate crescenti fino a una portata massima di 8,5 l/sec, e sono stati registrati gli abbassamenti.

Questo tipo di prova consente di valutare le caratteristiche dell'insieme acquifero-pozzo, tramite l'acquisizione di dati necessari per costruire la curva caratteristica.

È stata ricavata la curva caratteristica del pozzo e indicata la portata critica, oltre la quale il moto turbolento supera nettamente il moto laminare causando il precoce invecchiamento del pozzo.

La portata critica è risultata pari a $Q=7,5$ l/sec, e la portata ottimale **$Q=6$ l/sec**.

È stata effettuata la prova di portata costante (o in discesa) e a portata nulla (o di risalita): il pozzo è stato sottoposto a un pompaggio alla portata costante di 6,12 l/sec per oltre 72 ore al termine delle quali è stata monitorata la risalita per ulteriori 15 ore.

Il valore della permeabilità è stato calcolato utilizzando il metodo di Cassan, ed è stato ottenuto il seguente risultato:

$$K= 0,000359 \text{ m/sec}$$

$$T= 0,00431 \text{ m}^2/\text{sec}$$

Si rammenta che lo spessore dell'acquifero è stato considerato pari a 12 m.

7 VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' INTRINSECA

Come previsto dalla normativa vigente (allegato A, Regolamento Regionale 15/R) la scelta del tempo di sicurezza per la delimitazione della Zona di Rispetto Allargata (ZRA) è effettuata in funzione della vulnerabilità intrinseca dell'acquiferocaptato e della presenza di limiti idrogeologici.

Al fine di scegliere l'isocrona con tempo di sicurezza più idoneo sono stati applicati due metodi:

- il **metodo GOD**, che rappresenta uno fra i metodi più accreditati a livello nazionale ed internazionale nella letteratura specialistica di settore, ma pur sempre qualitativo;
- il **metodo della vulnerabilità complessiva** che prende in esame la stratigrafia degli orizzonti incontrati durante la perforazione del pozzo.

7.1 Descrizione del metodo GOD

Il metodo GOD (acronimo di **G**roundwater confinement, **O**verlying strata, **D**epth to groundwater table) è stato inizialmente proposto da Foster nel 1987. Nel presente studio è stata utilizzata una versione più recente, messa a punto da Foster e Hirata nel 2002.

Tale metodo valuta la vulnerabilità intrinseca di un acquifero come il prodotto dei seguenti fattori:

- **G** = tipologia della falda (libera, confinata, semiconfinata...);
- **O** = tipo di acquifero, ed in particolare caratteristiche litologiche e grado di consolidazione delle rocce della zona non satura (per gli acquiferi non confinati) e dei livelli confinanti a tetto (per gli acquiferi confinati);
- **D** = soggiacenza della falda a superficie libera nel caso di acquifero non confinato o tetto dell'acquifero per gli acquiferi confinati.

Per quanto concerne il grado di confinamento (**G**), è possibile scegliere tra sei classi alle quali vengono attribuiti punteggi variabili tra 0 e 1.

Alle caratteristiche litologiche e allo stato di consolidazione delle rocce della zona non satura, per gli acquiferi non confinati, o degli strati confinanti, per gli acquiferi in pressione, (**O**) compete un punteggio variabile tra 0,4 e 1.

Alla soggiacenza della falda a superficie libera nel caso di acquifero non confinato, e alla profondità del tetto dell'acquifero, per gli acquiferi confinati (**D**), può essere assegnato, infine, un punteggio compreso tra 0,4 e 1.

La vulnerabilità intrinseca è valutata come il prodotto dei tre indici numerici corrispondenti ai parametri suddetti:

$$\text{Indice GOD} = G \cdot O \cdot D$$

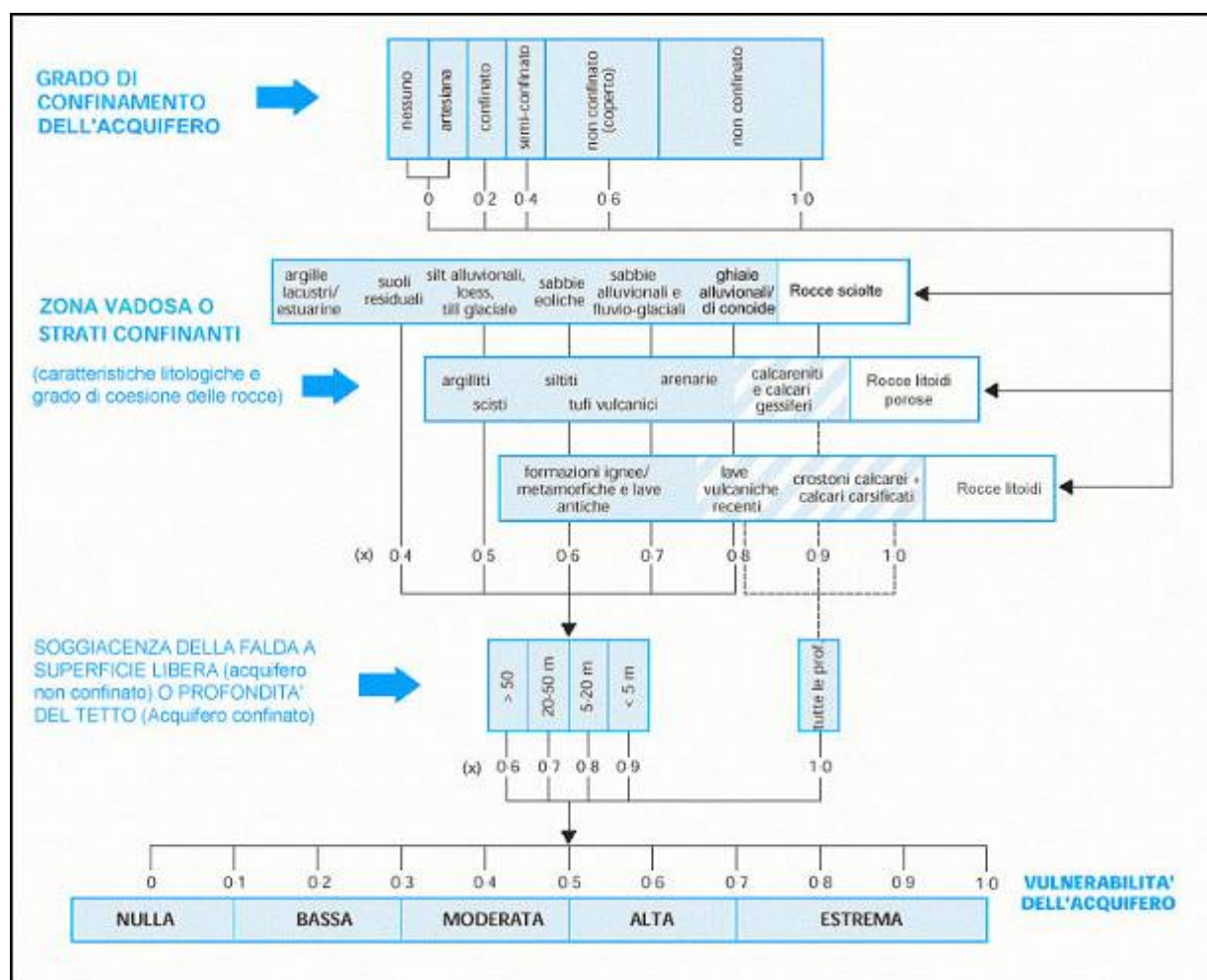


Fig. 1: il metodo empirico GOD per la valutazione della vulnerabilità intrinseca (da Foster & Hirata, 1987).

L'Indice GOD può essere compreso tra 0 e 1 e corrisponde a cinque gradi di vulnerabilità individuati dagli autori, a cui si aggiunge la classe vulnerabilità *inesistente* o *nulla* in caso si sia in mancanza di acquifero:

- 0÷0,1: vulnerabilità trascurabile;
- 0,1÷0,3: vulnerabilità bassa;
- 0,3÷0,5: vulnerabilità moderata;
- 0,5÷0,7: vulnerabilità alta;
- 0,7÷1: vulnerabilità elevata.

Di seguito vengono riportati i significati delle suddette classi di vulnerabilità.

Grado di Vulnerabilità	Definizione
Elevata	Vulnerabilità alla maggioranza degli inquinanti con rapido impatto in molti dei possibili scenari di inquinamento
Alta	Vulnerabilità a molti inquinanti (eccetto quelli fortemente adsorbiti o velocemente trasformati) con rapido impatto in tutti gli scenari di inquinamento
Moderata	Vulnerabilità a qualche inquinante ma solo quando rilasciati in maniera continua
Bassa	Vulnerabilità nel caso di inquinanti conservativi rilasciati e in maniera continua
Trascurabile	Sono presenti strati confinanti con flusso verticale non significativo

Tab. 1: significato delle classi di vulnerabilità del metodo GOD

7.1.1 Applicazione del metodo GOD al caso specifico e analisi dei risultati

Per il parametro **G** (tipologia della falda) è stato attribuito il valore 1, corrispondente a un acquifero confinato freatico.

Per quanto concerne il parametro **O** (caratteristiche litologiche e grado di consolidazione delle rocce della zona non satura), è stato attribuito un valore di 0,8, caratteristico di sequenze costituite da materiali alluvionali/di conoide (ghiaie e ciottoli, di natura metamorfica).

Il parametro **D** coincide con la soggiacenza della falda a superficie libera e, nel caso in esame, dove la soggiacenza è pari a 15,89 m, si rientra nella fascia 5÷20 metri da p.c. e viene attribuito un punteggio pari a 0,8.

Nella tabella seguente vengono riassunti i parametri considerati, i relativi punteggi e l'indice GOD calcolato.

		POZZO P
PARAMETRO	DESCRIZIONE	PUNTEGGIO
grado di confinamento dell'acquifero (G)	freatico	1
caratteristiche litologiche strati confinanti (O)	Ghiaie alluvionali/di conoide (ghiaie e ciottoli)	0,8
Soggiacenza della falda freatica (D)	5÷20 metri da p.c.	0,8
indice GOD		0,64

Tab. 2: sintesi dei parametri applicativi dell'indice di vulnerabilità GOD

Il valore trovato indica che gli acquiferi in cui si intestano i due pozzi presentano una CLASSE DI VULNERABILITÀ ALTA.

7.2 Vulnerabilità complessiva

La valutazione quantitativa della vulnerabilità di un acquifero costituisce un valido strumento per la pianificazione territoriale, in quanto consente di evidenziare, tramite opportune carte tematiche, le zone in cui è maggiore la facilità di contaminazione delle acque sotterranee da parte di un'eventuale fonte inquinante.

Infatti, secondo alcuni Autori tra cui Albinet e Margat (1970) la vulnerabilità di un acquifero è legata essenzialmente alla possibilità di penetrazione e di propagazione di un inquinante nell'acquifero stesso. Pertanto i fattori che si dovrebbero considerare in una corretta valutazione del grado di vulnerabilità degli acquiferi sono:

- possibilità di penetrazione di un eventuale inquinante, legata allo spessore, alla litologia e alla permeabilità del non saturo;
- possibilità di propagazione di un eventuale inquinante, legata alle caratteristiche idrodinamiche.

In realtà però le metodologie proposte dai vari Autori considerano separatamente l'uno o l'altro dei fattori suddetti o, con diverso peso, entrambi a seconda delle condizioni idrogeologiche e geologiche locali. La valutazione di seguito proposta considera entrambi i fattori, in modo tale da ottenere un *grado di vulnerabilità complessivo* dell'acquifero. Prima della sua determinazione occorre però considerare quelle che vengono definite vulnerabilità verticale e orizzontale.

La *vulnerabilità verticale* di un acquifero rappresenta la facilità con cui esso può essere raggiunto da un inquinante immesso dalla superficie del suolo. Si è perciò ipotizzato uno scarico inquinante, riversato nelle immediate vicinanze del pozzo, che potesse scendere in profondità sino all'acquifero captato:

- fino al livello statico per gli acquiferi freatici;
- fino alla profondità del tetto dell'orizzonte sede della falda, per gli acquiferi artesiani.

In alternativa a queste considerazioni e soprattutto in presenza di pozzi che mettono in comunicazione diverse falde è possibile scegliere come profondità di riferimento quella del primo filtro. Infatti, nel calcolo della vulnerabilità verticale si considera saturo il pacco di strati compreso tra la superficie topografica e il tratto filtrato, agendo così a favore della sicurezza.

In tale ipotesi si è quindi considerato che il potenziale inquinante abbia attraversato i terreni visualizzati nella stratigrafia dei piezometri (di seguito riportata), con i corrispondenti coefficienti di permeabilità ricavati dalla letteratura in modo cautelativo (rif. G. Castany "Traité pratique des eaux souterraines").

Di seguito viene proposto lo studio della vulnerabilità per la captazione in esame.

POZZO P

Nel caso in esame è stato considerato il limite superiore della falda freatica dell'acquifero captato posto a una profondità di 15,89 m: viene quindi considerato lo spessore della porzione sovrastante l'acquifero freatico captato.

L'acquifero si presenta confinato in quanto gli strati superiori sono costituiti da

Nella tabella sottostante vengono riportati gli spessori dei singoli strati sovrastanti l'acquifero:

SPESSORE (m)	GRANULOMETRIA	PERMEABILITÀ (m/sec)
1,5	TERRENO SABBIOSO, RIMANEGGIATO MISTO A TERRENO AGRARIO	1×10^{-4}
14,39	CHIAIA CON CIOTTOLI	1×10^{-2}

La **VULNERABILITÀ VERTICALE** così definita è legata alla litologia, allo spessore e alla permeabilità dei vari strati; il parametro più adatto a quantificarne il grado è rappresentato dal tempo di arrivo (Ta) di un eventuale inquinante dalla superficie del suolo all'acquifero. Esso è quantificabile mediante la seguente relazione:

$$Ta = \frac{S}{V}, \text{ dove:}$$

- Ta = tempo di arrivo espresso in anni;
- S = spessore dei singoli orizzonti stratigrafici, sovrastanti l'acquifero captato, in m;
- V = velocità di infiltrazione data dal prodotto $k \cdot i$, in cui k è il coefficiente di permeabilità del terreno, espresso in m/sec e i è il gradiente idraulico, assunto cautelativamente uguale a 1, supponendo in tal modo il terreno fra la superficie del suolo e l'acquifero freatico, saturo.

I risultati ottenuti, applicando la suddetta formula, sono riassunti nella tabella seguente:

SPESSORE (m)	PERMEABILITÀ (m/sec)	TEMPO DI ARRIVO (anni)
1,5	1×10^{-4}	0,000475647
14,39	1×10^{-2}	4,56304E-05
<i>Tempo di arrivo $\cong 0,00052122773$ anni</i>		

Il tempo do arrivo ricavato corrisponde a **0,19 giorni** e di conseguenza a **4,57 ore**.

Il calcolo effettuato è estremamente cautelativo, in quanto non considera alcun tipo di fattore riduttivo dell'inquinante, quale la naturale autodepurazione del terreno, il grado di diluizione dell'inquinante stesso nell'acqua, la distanza della fonte di inquinamento dal punto di captazione, e dimostra come i tempi d'arrivo ottenuti siano funzione della granulometria dei terreni in esame.

Confrontando i risultati con la tabella riportata di seguito, si nota come il grado di vulnerabilità verticale sia **MOLTO ELEVATO**.

TEMPO D'ARRIVO	GRADO DI VULNERABILITÀ
> 20 anni	Molto basso
20 ÷ 10 anni	Basso
10 ÷ 1 anno	Medio
1 anno ÷ 1 settimana	Alto
1 settimana ÷ 24 ore	Elevato
< 24 ore	<u>Molto elevato</u>

Per ciò che concerne la **VULNERABILITÀ ORIZZONTALE** di un acquifero, essa è intesa come la facilità con cui l'acquifero può diffondere un eventuale inquinante che l'abbia raggiunto. Il parametro che meglio quantifica la vulnerabilità orizzontale è rappresentato dalla velocità di deflusso delle acque sotterranee; più aumenta la velocità di deflusso sotterraneo più aumenta la velocità di propagazione di un eventuale inquinante e contemporaneamente diminuisce la capacità di autodepurazione dell'acquifero. La relazione che esprime la velocità di deflusso è la seguente:

$$V = \frac{k \times i \times 31.536}{n}$$

in cui:

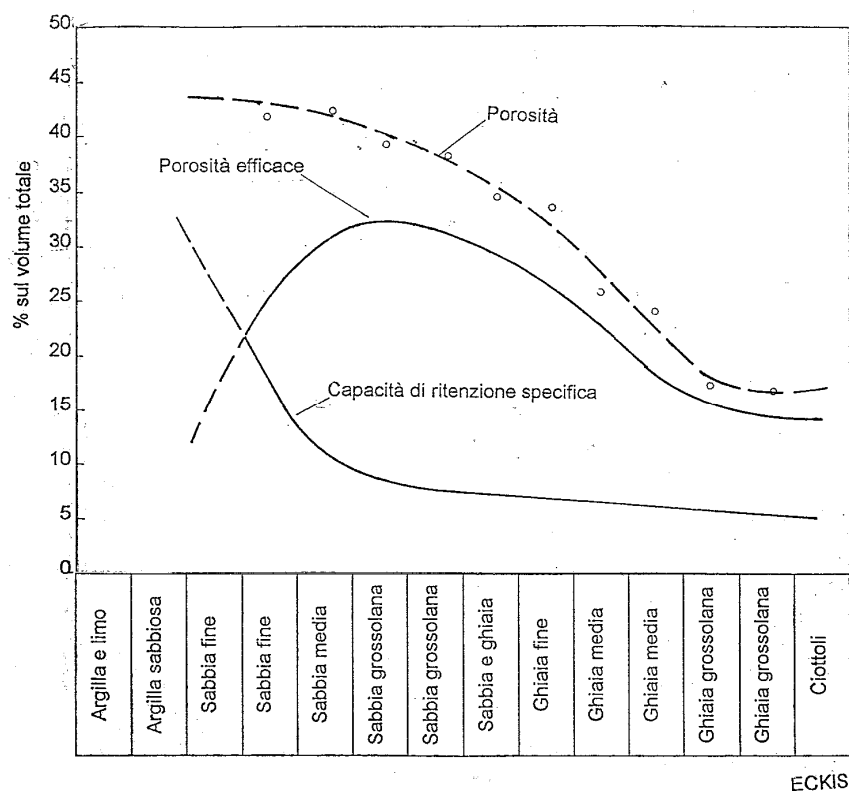
- V = velocità espressa in km/anno;
- k = permeabilità del mezzo acquifero espressa in m/sec;
- i = gradiente idraulico;
- n = porosità efficace.

L'analisi delle prove di portata eseguite sul pozzo in esame, descritte nel capitolo precedente, ha portato alla valutazione dei parametri idrogeologici (coefficiente di permeabilità desunto dai dati dalle prove di pompaggio utilizzando il Metodo di Cassan).

I parametri utilizzati sono riassunti nella seguente tabella:

GRADIENTE IDRAULICO i	POROSITÀ EFFICACE n	PERMEABILITÀ k (m/s)
0,007	0,29	0,000359

Il valore della porosità efficace (n) è stato ricavato dal diagramma di Eckis (allegato nella *DOCUMENTAZIONE TECNICA*) in base alla permeabilità e alla tipologia dei terreni sede dell'acquifero captato, ovvero il tipo di granulometria: esso è formato da un orizzonte di sabbia fine mista a orizzonti di ghiaietto, per i quali il valore di porosità efficace può essere assunto pari a 0,29.



Per il gradiente idraulico i infine, è stato utilizzato un valore rappresentativo della morfologia dei luoghi in prossimità del pozzo.

Utilizzando pertanto i dati sopra riportati, si ottiene la seguente velocità:

$$V = \frac{0,000359 \times 0,007 \times 31536}{0,29} = 0,2734 \text{ Km/anno}$$

Dalla tabella allegata è possibile vedere che il grado di vulnerabilità orizzontale corrispondente alla velocità trovata è **MEDIO**.

VELOCITÀ (Km/anno)	GRADO DI VULNERABILITÀ
< 0,001	Molto basso
0,001 ÷ 0,1	Basso
0,1 ÷ 1	<u>Medio</u>
1 ÷ 10	Alto
10 ÷ 100	Elevato
> 100	Molto elevato

Con i dati ottenuti si è passati al calcolo della *vulnerabilità complessiva* dell'acquifero, indicativa della suscettività di quest'ultimo a ricevere e a diffondere un inquinante. Tale vulnerabilità risulta direttamente proporzionale alla velocità di flusso e inversamente proporzionale al tempo di arrivo di un eventuale inquinante.

Essa viene quantizzata mediante la relazione:

$$V_c = \frac{V}{Ta} \text{ dove:}$$

- V_c = vulnerabilità complessiva dell'acquifero espressa in km/anno^2 ;
- V = velocità di deflusso delle acque sotterranee espressa in km/anno ;
- Ta = tempo d'arrivo di un inquinante in anni.

Nel caso in esame, si ottiene:

$$V_c = \frac{0,2734}{0,0005212} = 524,4859 \text{ km/anno}^2$$

La tabella successiva permette di definire che il grado di vulnerabilità complessivo dell'acquifero captato dal pozzo che risulta essere **ELEVATO**.

VULNERABILITÀ COMPLESSIVA (km/anno^2)	GRADO DI VULNERABILITÀ
< 0,001	Molto basso
0,001 ÷ 0,01	Basso
0,01 ÷ 0,1	Medio
0,1 ÷ 10	Alto
10 ÷ 1000	<u>Elevato</u>
> 1000	Molto elevato

7.3 Considerazioni conclusive

METODO GOD:

P → Vulnerabilità ALTA

METODO VULNERABILITA' COMPLESSIVA:

P → Vulnerabilità ELEVATA

In base al dato della vulnerabilità ottenuto l'area di salvaguardia secondari (o allargata) verrà calcolata su 365 giorni.

8 DIMENSIONAMENTO DELLE AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI IDROPOTABILI

La delimitazione di fasce di rispetto in un'area comporta la conseguente perimetrazione di zone nelle quali sono applicati vincoli d'uso del territorio al fine di garantire nel tempo la possibilità di un approvvigionamento idrico compatibile con le leggi e i regolamenti sanitari vigenti.

Questa perimetrazione, seppur necessaria, penalizza però l'uso pubblico e privato delle risorse del territorio; è d'obbligo pertanto che dette aree garantiscano effettivamente dal potenziale inquinamento, incidendo contemporaneamente nel minor modo possibile sull'economia del territorio.

Per questo motivo il criterio geometrico non risulta sicuramente il più idoneo: esso, infatti, considera marginalmente gli aspetti idrogeologici e delimita le varie zone attribuendo a esse forme circolari e concentriche poco realistiche.

L'operazione, seppur di facile esecuzione, non garantisce però dalla contaminazione (sottodimensionamento) e può penalizzare troppo un'area (sovradimensionamento); il criterio può venire riservato per una delimitazione in via provvisoria e per la delimitazione della fascia di rispetto assoluta, ossia di esclusiva pertinenza del pozzo.

Per quanto riguarda invece il criterio idrogeologico, occorre precisare che è quello più rigorosamente scientifico in quanto considera il rapporto esistente tra struttura idrogeologica e flusso delle acque sotterranee, ma in molti casi risulta poco realistico poiché non contempla la presenza di antropizzazione sul territorio.

In tal modo l'estensione delle fasce coinvolgerebbe una gran parte di territorio, limitando l'utilizzo delle risorse.

Il criterio cronologico infine sceglie una dimensione da attribuire alla zona di rispetto corrispondente al tempo impiegato dal flusso idrico per compiere un certo percorso (*"tempo di sicurezza"*); periodi di tempo elevati consentono una maggior diluizione-dispersione-depurazione dell'inquinante e permettono di predisporre interventi di disinquinamento.

Dovendo limitare delle aree coinvolte nella protezione degli acquiferi è a tutt'oggi necessario adottare quest'ultimo criterio, a partire comunque dagli aspetti più prettamente idrogeologici del problema.

Il metodo per seguire il percorso di una particella richiede la conoscenza della velocità del flusso delle acque sotterranee in ogni punto senza l'acquifero. Le velocità di flusso sono espresse in termini della Legge di Darcy, che può essere così scritta:

$$Q = k \cdot i \cdot A$$

dove Q è il tasso di flusso volumetrico, K è la conducibilità idraulica, i è il gradiente idraulico e A l'area di una sezione di flusso attraversata. Ma considerando anche l'acquifero, ovvero il caso reale, per il calcolo dei tempi di sicurezza è fondamentale conoscere la velocità reale di flusso u espressa dalla relazione:

$$u = \frac{k \cdot i}{n}$$

dove:

- u = velocità di deflusso in m/sec;
- k = coefficiente di permeabilità del mezzo in m/sec;
- i = gradiente idraulico (adimensionale);
- n = porosità efficace (adimensionale).

In questa valutazione risultano di maggior interesse le traiettorie corrispondenti al minimo tempo di percorrenza, che saranno assunte per la perimetrazione delle fasce di rispetto. La sola esistenza però delle zone di rispetto intorno ai pozzi, e i relativi vincoli d'uso del territorio, non garantisce la conservazione nel tempo della qualità delle acque sotterranee.

Il controllo della loro qualità dovrebbe pertanto essere coadiuvato da un'efficiente rete di sorveglianza (installazione di punti di controllo) per la salvaguardia degli impianti di captazione: tali interventi vengono definiti di "protezione dinamica", ma saranno comunque realizzati in un secondo tempo. Occorre in ogni caso tenerli in considerazione perché l'installazione di una rete di monitoraggio associata a controlli frequenti risulta più onerosa, ma determina una minor estensione delle zone di rispetto; controlli saltuari implicano invece un maggior coinvolgimento del territorio nella protezione idrogeologica.

Si propone di seguito il metodo di calcolo adottato per la definizione delle fasce di rispetto.

8.1 METODO DI CALCOLO CON PERSONAL COMPUTER

Il dimensionamento delle fasce, calibrato con criteri cronologici come da normativa vigente in materia di protezione delle acque sotterranee, è stato effettuato utilizzando un programma di calcolo su Personal Computer della Ground Water and Ecosystem Restoration Research, in uso presso Environmental Protection Agency (**E.P.A.**) e ormai

con largo utilizzo anche in Europa, denominato **WHPA (A modular Semi-Analytical Model for Wellhead Protection Areas)**. Questo programma di calcolo, di tipo semi analitico per la simulazione del flusso delle acque sotterranee per delineare le fasce di rispetto, è stato espressamente ideato per assistere lo Stato Federale e i tecnici locali americani nella determinazione delle aree di protezione della testa dei pozzi: si tratta di uno dei più qualificati e affidabili sistemi di determinazione delle aree di rispetto. La semplicità del programma, che si basa sulle caratteristiche dell'acquifero e su alcuni parametri idrogeologici di base, permette un grado di attendibilità estremamente elevato. Tale sistema è stato collaudato in modo molto approfondito negli Stati Uniti d'America in occasione dello studio dei numerosi fenomeni di inquinamento di falda avvenuti. Il programma WHPA, che comprende quattro moduli (RESSQC-MWCAP-GPTRAC-MONTEC), in generale, è comunque applicabile ad acquiferi omogenei bidimensionali, con flusso di acque sotterranee costanti.

Il modello che meglio si adatta alla situazione locale in esame è il modello RESSQC: è applicabile per definire le aree di salvaguardia su criteri cronologici per un sistema di uno o più pozzi tra loro interagenti in acquiferi omogenei, isotropi mostranti flussi delle acque sotterranee bidimensionali, costanti in un'area piana, e adatta per misurare tipi di acquiferi multipli (p.e. confinati, semi-confinati e liberi) in condizioni di equilibrio. Esso calcola la depressione indotta da uno o più pozzi e le deformazioni indotte sul campo di moto indisturbato. Il modello è in grado di simulare la presenza di barriere naturali o di corsi d'acqua che interferiscono con l'acquifero (nel caso in esame non sono presenti barriere idrogeologiche). Il programma, partendo dalla freatimetria statica utilizzando il gradiente idraulico dell'area, considera l'influenza che un emungimento d'acqua provoca nelle zone circostanti la captazione e tra più captazioni.

Imponendo il gradiente idraulico e la portata d'esercizio unitamente ad altri parametri intrinseci quali la trasmissività e lo spessore dell'acquifero è possibile circoscrivere le fasce di rispetto e le direzioni di flusso idriche (filetti idraulici).

Le fasce di rispetto basate su criteri temporali sono delineate considerando una serie di particelle (generalmente circa 20÷50) disposte in modo sequenziale lungo un perimetro di un piccolo cerchio che rappresenta il pozzo. Il percorso delle singole particelle è ricostruito a ritroso.

La stratigrafia registrata durante la perforazione e l'elaborazione dei dati registrati durante le prove di portata, si è stabilito che la falde in studio è di tipo freatico: si è quindi passati alla definizione delle fasce suddette.

Per lo scopo della presente indagine è importante stabilire:

1. la distanza dal pozzo in cui l'effetto del pompaggio è trascurabile (R raggio d'influenza del pozzo)
2. la distanza a valle del pozzo in cui si verifica la condizione di flusso nullo (X_s , punto di stagnazione)
3. la larghezza della zona, misurata trasversalmente all'asse del flusso, ove si verifica il fenomeno di richiamo di acqua della falda verso il pozzo (F, fronte di richiamo del pozzo).

La distanza tra il pozzo e il punto di stagnazione a valle è data dalla seguente relazione:

$$x_s = \frac{-Q}{2 \cdot \pi \cdot T \cdot i} \text{ dove } X_s \text{ è il PUNTO DI STAGNAZIONE}$$

la massima ampiezza della zona di cattura (con x tendente all'infinito) è data da:

$$F = 2 \cdot y = \frac{Q}{T \cdot i} \text{ dove F è il FRONTE DI RICHIAMO}$$

con i dati ottenuti poi si utilizza l'equazione dello spartiacque:

$$x = \frac{-y}{\tan\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot T \cdot i \cdot y}{Q}\right)} \text{ (o Equazione dello spartiacque)}$$

dove

x, y = coordinate cartesiane; l'origine è il pozzo

T= trasmissività (l^2/t) $\Rightarrow = k \cdot b$ con k= conducibilità idraulica media (l/t) e b= spessore dell'acquifero (l)

i= gradiente idraulico in condizioni pre-pompaggio (dimensionale)

Q= portata estratta dal pozzo (tasso di pompaggio) (l^3/t)

Dopo aver stabilito il tempo massimo richiesto e stabilita la velocità delle particelle, come sopra esposto, si circoscrivono le isocrone al tempo imposto ricostruendo a ritroso il percorso delle suddette particelle partendo dal punto di captazione con la sua portata di pertinenza.

I dati di ingresso per la delimitazione delle aree di salvaguardia sono suddivisibili in:

parametri statici

- coordinate pozzi
- portata
- trasmissività
- spessore acquifero

- presenza di barriere

parametri dinamici

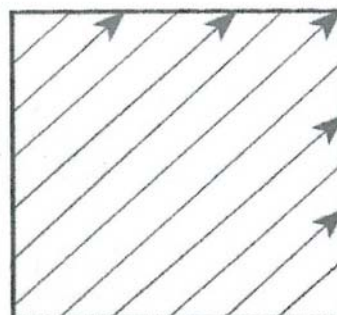
- porosità
- direzioni del flusso
- gradiente.

Caratteristiche del pompaggio
di un pozzo

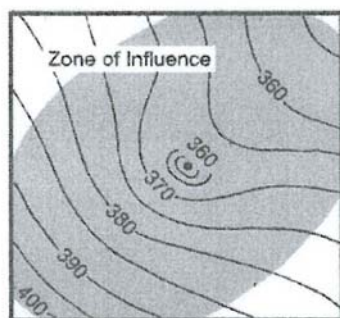
Falda con moto
proprio



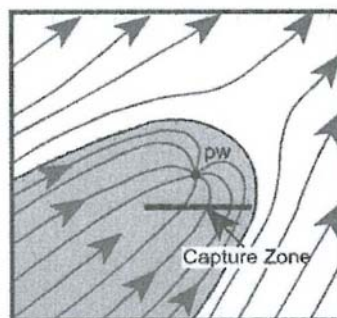
(a)



(b)



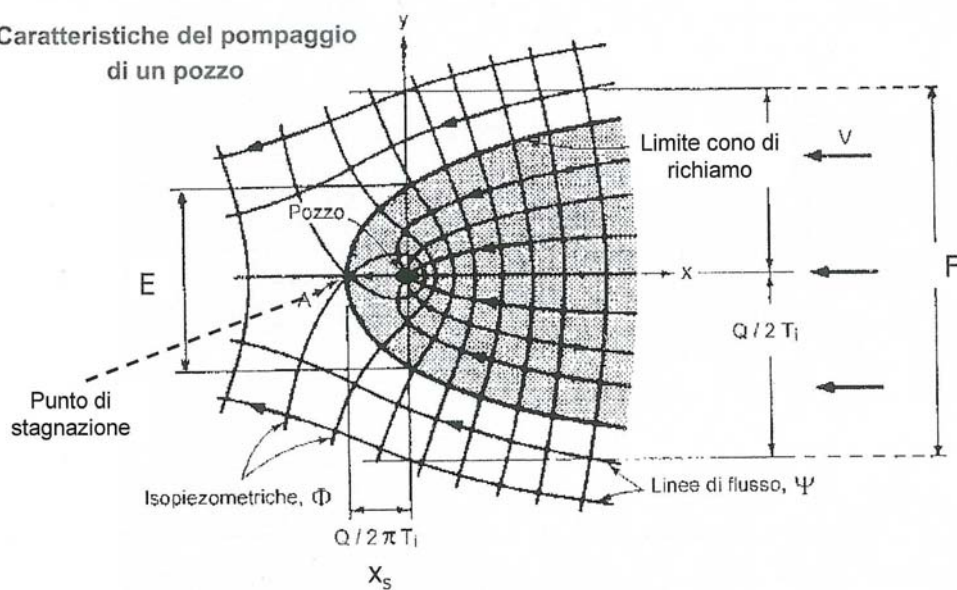
(c)



(d)

Falda con moto proprio

Caratteristiche del pompaggio
di un pozzo



8.2 COMMENTO DEI DATI OTTENUTI

Per i parametri idrogeologici pertinenti l'acquifero freatico captato, quali la trasmissività (T), il coefficiente di permeabilità (k), la porosità efficace (n), lo spessore dello stesso acquifero (H), valgono le considerazioni fatte nei capitoli precedenti relativi all'interpretazione delle prove di portata e al calcolo della vulnerabilità complessiva; di seguito, per comodità d'interpretazione, vengono riassunti i valori utilizzati:

PARAMETRI IDROGEOLOGICI	Pozzo P
Spessore acquifero (m)	12
Portata	6 l/s \equiv 518,4 m ³ /giorno
Trasmissività acquifero	372,38 m ² /giorno
Porosità efficace (-)	0,29
Gradiente idraulico	0,007
Direzione di flusso falda (°)	51,5°

Si è quindi passati alla delimitazione delle *fasce di rispetto*: in funzione dei risultati ottenuti circa la vulnerabilità degli acquiferi captati sono stati fissati i corrispondenti tempi di sicurezza T (isocrone 60 e 365 giorni) per il dimensionamento delle aree di salvaguardia, come indicato nella seguente tabella:

Pozzo	P
GRADO DI VULNERABILITÀ COMPLESSIVO	<i>Elevata</i>
FASCIA DI RISPETTO PRIMARIA "B" O RISTRETTA - ISOCRONA (giorni)	60
FASCIA DI RISPETTO SECONDARIA "C" O ALLARGATA - ISOCRONA (giorni)	365

La scelta dell'isocrona dei 365 giorni per la fascia di rispetto secondaria si attiene a quanto prescritto dalla normativa vigente, che prevede una tale scelta in funzione del grado di vulnerabilità complessiva locale che nel caso in esame è *elevata*; le isocrone a 60 giorni e a 365 giorni sono indicate nell'elaborato "FASCE DI RISPETTO" redatte in scala 1: 2.500, così come elaborate dal programma di calcolo, rappresentate con colorazioni diverse.

Entrambe le fasce, quella di rispetto Primaria o Ristretta "ZRR" presenta una forma subcircolare mentre quella di rispetto Secondaria o Allargata "ZRA" presenta una forma ellittica allungata.

Per quanto concerne la *Zona di Tutela Assoluta "ZTA"*, essa viene evidenziata nella "Planimetria ZONA TUTELA ASSOLUTA", in scala 1: 200: il pozzo non è ancora dotato della casetta di protezione né della delimitazione della Zona di Tutela Assoluta (ZTA).

Si sottolinea il fatto che la ZTA ha una forma rettangolare nella quale sono contenuti sia il locale pozzo sia il locale di accumulo e rilancio: si evince dalla planimetria come venga

rispettata la distanza necessaria per salvaguardare il passaggio carrabile di manutenzione previsto per legge lungo la sponda del torrente, pur mantenendo i 10 m di distanza dal pozzo. La medesima distanza è mantenuta anche nella altre direzione ad eccezione del lato opposto al corso d'acqua dove esistono solo 3 metri, a causa di una recinzione esistente legata a una proprietà non acquisibile.

In ogni caso il pozzo verrà a trovarsi in un locale chiuso, protetto intorno al quale verrà cementata una porzione dell'area.

Lo studio della vulnerabilità intrinseca ha indicato per il pozzo in esame un grado elevato, nel contempo non è possibile indicare una tipologia precisa di falda in quanto l'acquifero è costituito dai livelli fratturati di roccia: le fasce sono state definite con la fascia di rispetto Allargata basata su 365 giorni e la forma ottenuta è ellittica circolare.

Nell'ambito della definizione della aree di salvaguardia del pozzo si è scelto un criterio misto, che consiste nel tenere conto dell'acquifero contenuto nei depositi di conoide di raccordo tra il versante e la piana del Toce e dell'apporto proveniente da monte dal sistema di fratture che interessano il substrato roccioso e dal detrito alluvionale che caratterizza l'andamento del corso d'acqua Rio Blet e secondariamente tiene conto dell'apporto non quantificabile facilmente delle fratture del versante.

Sono state così elaborate le fasce attraverso metodo WHPA alle quali è stata sovrapposta una Zona di Protezione (ZP).

Dato che in ogni caso le prove di pompaggio hanno evidenziato come la portata massima utilizzabile, seppur in modo continuativo, fosse pari a $Q=6$ l/sec, l'apporto da monte non è alquanto 'ricco': si è deciso così di evidenziare una ZONA DI PROTEZIONE (ZP) che è stata fatta coincidere con il bacino del Rio Blet con sezione di chiusura in corrispondenza del pozzo.

Cautelativamente si è deciso di non introdurre barriere idrogeologiche ma di mantenere l'estensione della fascia ZRA così come scaturita dal programma.

Vengono ora analizzate le caratteristiche tecniche delle fasce di rispetto del pozzo: vengono riportate le tabelle con elencate le misure e le particelle catastali coinvolte.

POZZO P

Di seguito si riportano le tabelle riassuntive delle dimensioni di ciascuna fascia: si precisa che l'orientazione dell'asse Y è stata fatta coincidere con la direttrice di flusso principale, per una più facile consultazione delle dimensioni della fascia; l'asse X, di conseguenza, è perpendicolare all'asse Y.

- Dimensioni FASCIA RISPETTO PRIMARIA "ZRR" = 60 giorni – Area 0,0084 km²

Y (m)	X (m)
0,0	+41,3 ÷ -41,3
+50,0	+46,6 ÷ -46,6
+86,8 ÷ -25,5	0,0

- Dimensioni FASCIA RISPETTO SECONDARIA "ZRA" = 365 giorni - Area 0,045 km²

Y (m)	X (m)
0,0	+48,6 ÷ -48,6
+50,0	+68,8 ÷ -68,8
+100,0	+78,2 ÷ -78,2
+150,0	+83,4 ÷ -83,4
+200,0	+86,7 ÷ -86,7
+250,0	+84,7 ÷ -84,7
+300,0	+73,4 ÷ -73,4
+350,0	+8,8 ÷ -8,8
+350,5 ÷ -25,5	0,0

La ZTA presenta una superficie pari a circa 403 m².

Come operazione conclusiva, le fasce di rispetto, così come elaborate, sono state quindi trasferite su base catastale in scala 1: 2.500 (cfr. FASCE DI RISPETTO): è stato fatto il censimento delle particelle catastali ricadenti in ciascuna di esse, suddivise in *pro parte* e *tutto* in base alla porzione di mappale coinvolto. L'elenco è stato poi riportato nella tabella sottostante suddividendo in base alla fascia Primaria, Secondaria o ZTA:

	NUMERO PARTICELLE
ZTA <i>Zona Tutela Assoluta</i>	Fg. 12 <i>Pro parte</i> : Map. n°165-166. <i>Tutto</i> : nessuno.
FASCIA ZRR <i>Rispetto Primaria o Ristretta</i> (60 giorni)	Fg. 11 <i>Pro parte</i> : Mapp. n° 204. <i>Tutto</i> : nessuno. Fg. 12 <i>Pro parte</i> : Mapp. n° 165-166-253-254-403. <i>Tutto</i> : nessuno.
FASCIA ZRA <i>Rispetto Secondaria o Allargata</i> (365 giorni)	Fg. 11 <i>Pro parte</i> : Mapp. n°192-204-205-206-207-227. <i>Tutto</i> : nessuno. Fg. 12 <i>Pro parte</i> : Mapp. n° 253-254-403 <i>Tutto</i> : nessuno. Fg. 24 <i>Pro parte</i> : Mapp. n°56-67. <i>Tutto</i> : nessuno.

9 CENSIMENTO DEI CENTRI DI PERICOLO

La scelta dell'area di investigazione dei centri di pericolo è stata effettuata sulla base di quanto indicato dalla normativa vigente (allegato A, Regolamento Regionale 15/R), la quale indica che *“l'indagine sui centri di pericolo interessa un'area avente il raggio di almeno un chilometro a monte e ai lati della captazione rispetto alla direzione di deflusso sotterraneo e, comunque, sufficientemente ampia da ricomprendere l'intera area di salvaguardia; anche in questo caso nella valutazione preliminare sull'estensione dell'area da investigare sono comunque considerati gli eventuali limiti idrogeologici. L'indagine deve essere estesa almeno a 200 metri a valle della captazione”*.

In questo ambito è stato effettuato un censimento di tutte le attività, insediamenti e manufatti in grado di costituire direttamente o indirettamente fattori certi o potenziali di degrado della qualità delle acque, prendendo a riferimento la tabella di cui al punto 6 dell'allegato A.

Sono stati censiti i centri di pericolo all'interno dell'area prevista dalla normativa ed è stata evidenziata anche la fascia di rispetto delle captazioni idropotabili desunta dalla presente indagine.

Nella tabella seguente viene riportato l'elenco dei suddetti centri di pericolo con riferimento alla lista di controllo riportata nella tabella 6-allegato A del Regolamento Regionale 15/R, evidenziando con il carattere grassetto quelli interferenti con l'area di salvaguardia.

Di seguito viene riportata la tabella analitica dei centri di pericolo con i relativi rischi connessi, con riferimento alla lista di controllo riportata nella tabella 6-allegato A del Regolamento Regionale 15/R.

<i>Pozzi</i>	<i>Gruppo</i>	<i>Codice</i>	<i>Descrizione</i>
P	1	C	Aree soggette a spandimento agronomico di pesticidi e fertilizzanti e/o di liquami zootecnici
	2	A	Zone non servite da pubblica fognatura
	2	D	Reti e collettori fognari
	3	E	Aree destinate ad attività produttive, commerciali e artigianali
	3	M	Cimitero

Alcune baite, raramente utilizzate, poste lungo il versante e in corrispondenza degli alpeggi, non sono servite da pubblica fognatura: si trovano a distanza dalla captazione e

comunque in posizione laterale rispetto alla direzione di flusso della falda che alimenta il pozzo.

Inoltre sono presenti alcune baite remote costituite solo da un ricovero privo di locali tipo igienico sanitari.

In generale queste ultime sono riconoscibili in carta in quanto sono disposte in modo sparso lungo il versante e sono collegate alla piana tramite piccoli sentieri .

All'interno delle aree di salvaguardia del pozzo (ZRR-ZRA) non sono presenti centri di potenziale pericolo.

All'interno della ZP (coincidente con il bacino) sono presenti alcuni edifici (baite pressochè non utilizzate)

È stata inoltre riportata, limitatamente alla porzione di territorio in esame (aree con raggio 1 km), la carta dell'uso del suolo tratta dalla cartografia CORINE Land Cover 2006, compilata estesa a tutto il territorio nazionale. Secondo tale suddivisione le zone esaminate ricadono in:

- 311 - “Territori boscati e ambienti semi-naturali” (LIVELLO 1), “Zone boscate” (LIVELLO 2) e, nello specifico, come LIVELLO 3 “Boschi di latifoglie”,
- 331 - “Territori boscati e ambienti semi-naturali” (LIVELLO 1), “Zone aperte con vegetazione rada o assente” (LIVELLO 2) e, nello specifico, come LIVELLO 3 “Spiagge, dune e sabbie”,
- 243 - “Territori agricoli” (LIVELLO 1), “Zone agricole eterogenee” (LIVELLO 2) e, nello specifico, come LIVELLO 3, “Aree prevalentemente occupate da colture agrarie, con spazi naturali”.

Le zone occupate dalle aree di salvaguardia delle opere di captazione rientrano:

- ✓ **POZZO P** in TERRITORI AGRICOLI (243) , in particolare Zone Agricole eterogenee (Livello 2); *Aree prevalentemente occupate da colture agrarie, con spazi naturali (Livello 3)*

Le aree di salvaguardie del pozzo sono tutte a bosco e a prato, fattore che conferma la scelta di escludere queste aree dall'indagine del PUFF.

In allegato alla presente indagine vengono riportate la tavola dei centri di rischio su base BDTRE2019 in scala 1:10.000 per la captazione P “*UBICAZIONE DEI CENTRI DI POTENZIALE PERICOLO*” e la tavola su ripresa aerea con sovrapposte la aree di

ssalvanguardia, le fasce PAI, l'area con $R=1\text{km}$ dei centri rischio e il reticolo idrografico, in scala 1: 10.00.

Su quest'ultima tavola si evidenzia come il pozzo e le aree di salvanguardia siano esterne alle fasce PAI del F. Toce e siano caratterizzate per la gran parte da boschi e limitate aree a prato.

10 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In base all'indagine svolta è possibile riassumere lo stato attuale riscontrato:

- la captazione in oggetto è ubicata in loc. Gabbio, fraz. Migliandone in Comune di Ornavasso all'interno del mappale 166 del foglio 12;
- la captazione, secondo il sistema WGS84/UTM32N presenta le seguenti coordinate:

5092162,520381 N - 451543,576906 E

- la zona dove è ubicato il pozzo si presenta pianeggiante ed è caratterizzata dai depositi del conoide alluvionale del T. Blet che risulta parzialmente frammisto a depositi detritici, impostato fra l'abitato di Vadi e quello di Gabbio e costituita da due conoidi temporalmente successivi, il più antico con caratteristiche di conoide di deiezione e di frana, verso la località Vadi e il più recente alluvionale verso l'abitato di Gabbio;
- dal punto di vista idrogeologico i materiali del conoide sul quale insiste il pozzo sono caratterizzati da elevati coefficienti di permeabilità in quanto quasi privi di frazione fine; nello specifico il deposito grossolano di conoide risulta in realtà sostanzialmente sterile, mentre l'acquifero risulta costituito dai materiali a granulometria più fine (sabbia con ghiaietto) che caratterizzano i livelli stratigraficamente inferiori, a partire da circa -13 m fino al limite impermeabile inferiore rappresentato dal tetto del substrato roccioso. Il substrato roccioso costituisce anche il limite quasi impermeabile laterale dell'acquifero che corrisponde al versante roccioso che definisce il fianco meridionale di questo tratto della valle del Toce, qui orientata circa W-E: lungo le fratture del sistema substrato l'acqua di infiltrazione riesce a insinuarsi e a scorrere e di conseguenza a contribuire, seppur in minor modo, al bacino di accumulo del pozzo;
- la direzione di flusso in prossimità del pozzo è NO-SE, con un andamento regolare per la porzione di territorio analizzato e il gradiente idraulico medio dell'ordine di grandezza di 0,007;
- i parametri idraulici ricavati dal pozzo sono i seguenti:
 - Trasmissività = 0,00431 mq/s;
 - Permeabilità = 0,000359 m/s;
 - Livello statico = 15 metri.
- L'analisi della vulnerabilità ha indicato un grado elevato;
- Le aree di salvaguardia, in base ai risultati dell'indagine e in base allo stato idrogeologico generale sono state definite delimitando:

ZTA: Zona di tutela assoluta come da planimetrie

ZRR: Zona di rispetto ristretta a 60 gg

ZRA: Zona di rispetto allargata a 365 gg

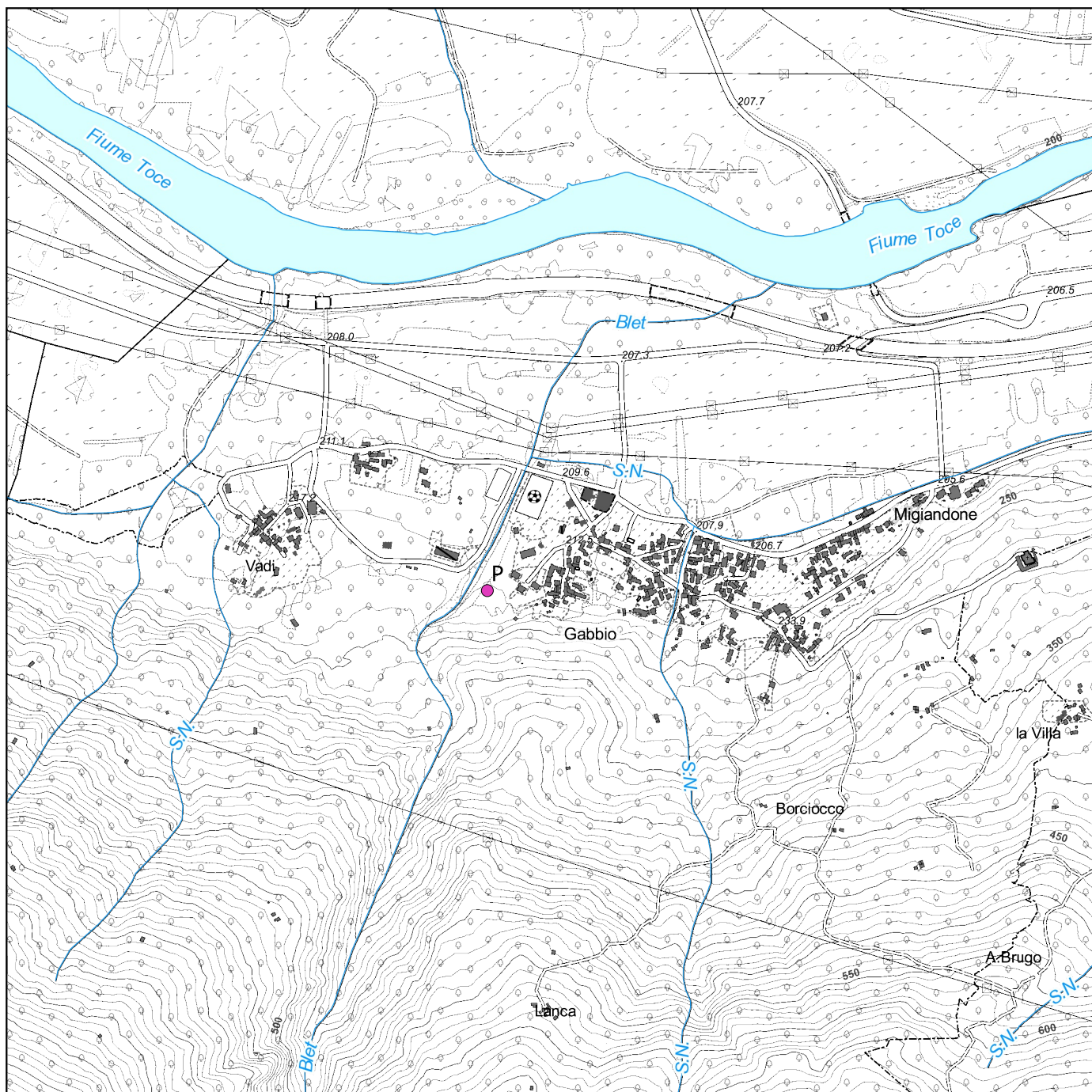
ZP: Zona di Protezione coincidente con il bacino del rio Blet con sezione di chiusura al pozzo.

Nelle zone ZTA, ZRR e ZRA valgono strettamente le indicazioni della normativa vigente (in particolare artt. 3-4-6 del regolamento n.15/R del 2006).

La ZR si indica come zona di attenzione entro la quale mantenere il rispetto di messa in sicurezza rispetto a scarichi, eventuale viabilità carreggiabile e tutti gli interventi che abbiano una potenziale ripercussione nell'ambiente idrico sotterraneo e superficiale.

Per tutte le zone valgono le prescrizioni della Legge Regionale 30 aprile 1996, n°22 "Ricerca, uso e tutela delle acque sotterranee" e DL n°152/2006 "Norma in materia ambientale".

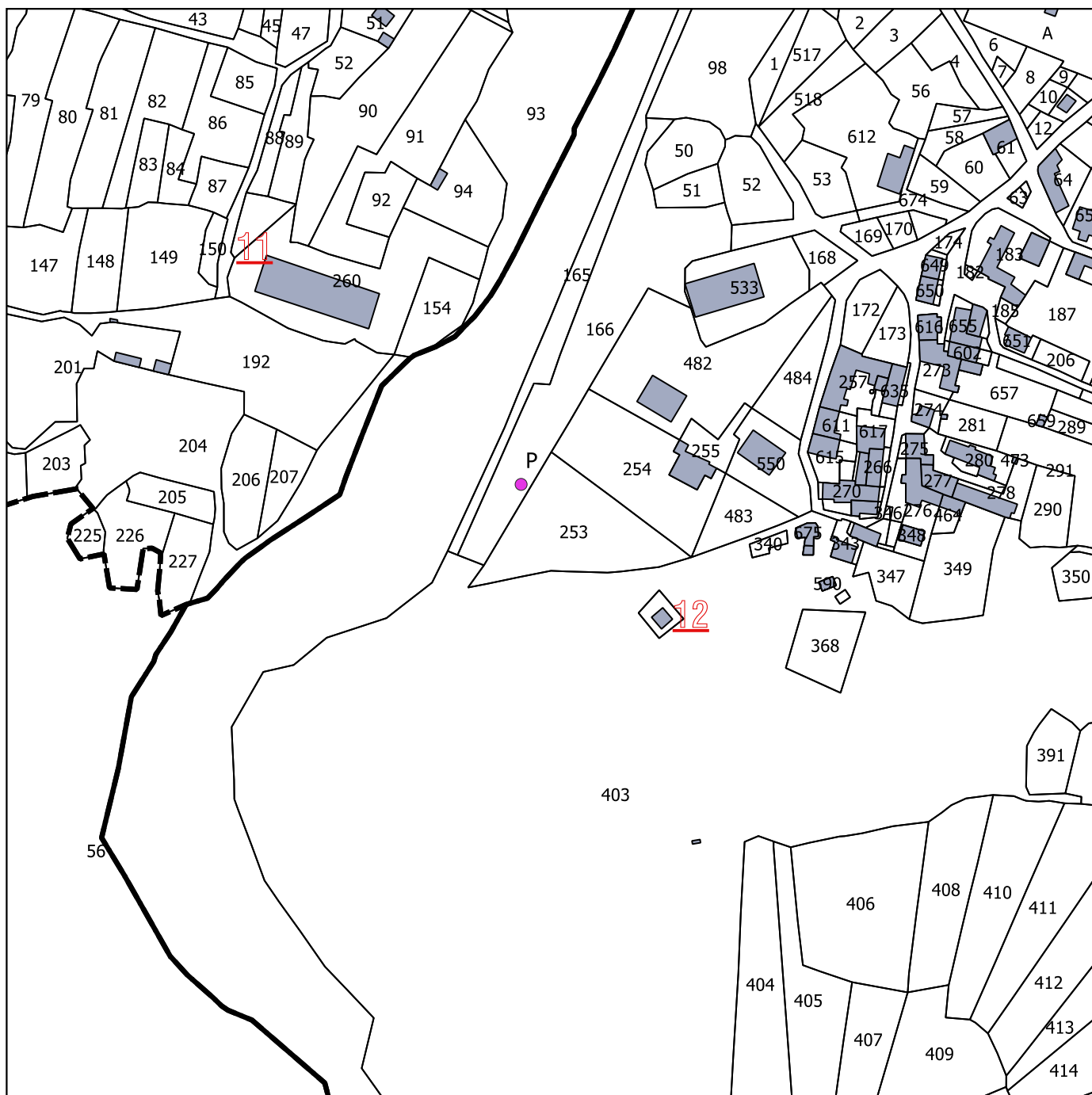
COROGRAFIA
Estratto BDTRE 2019
Sezione n° 073010
scala 1: 10.000



● POZZO_ubicazione

0 100 200 300 400 500 m

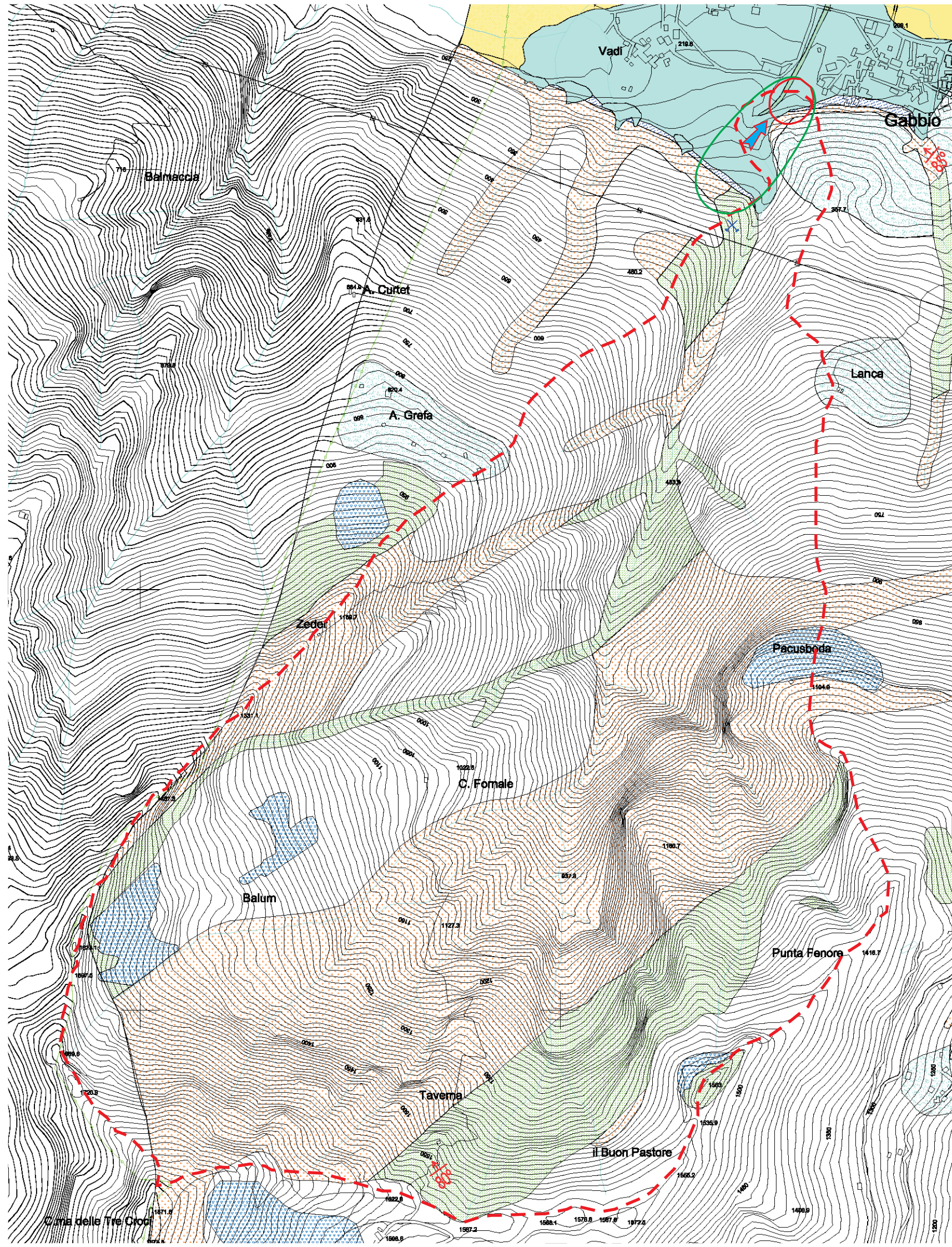
COROGRAFIA
Estratto CATASTALE
FG. 12 Map.n° 166
scala 1: 2.000



● POZZO ubicazione

0 20 40 60 80 100 m





LEGENDA GEOLOGICA



Principali giaciture



Miniera abbandonata

DEPOSITI SUPERFICIALI



Coperture detritico-eluviali in genere colonizzati



Depositi alluvionali torrentizi di fondovalle di tipo ghiaioso-ciottoloso



Depositi alluvionali torrentizi di conoide, di tipo ghiaioso ciottoloso (zona medio apicali) di tipo ghiaioso sabbioso (zona medio distale)



Depositi morenici di tipo detritico con trovanti e matrice sabbiosa o sabbiosa-limosa talora lentiformi



Detrito di falda non colonizzato



Detrito misti di versante colonizzato



Depositi alluvionali fluviali di tipo sabbioso ghiaioso e sabbioso limoso
a) di piana alluvionale b) di fondo alveo

SUBSTRATO ROCCIOSO

Zona Ivrea-Verbano



Kinzigiti



Anfiboliti e granuliti



Direzione di flusso falda in prossimità del pozzo



Zona di rispetto ristretta (Isocrona 60 giorni)







Zona di rispetto allargata (isocrona 365 giorni)



Zona di protezione (bacino idrografico)

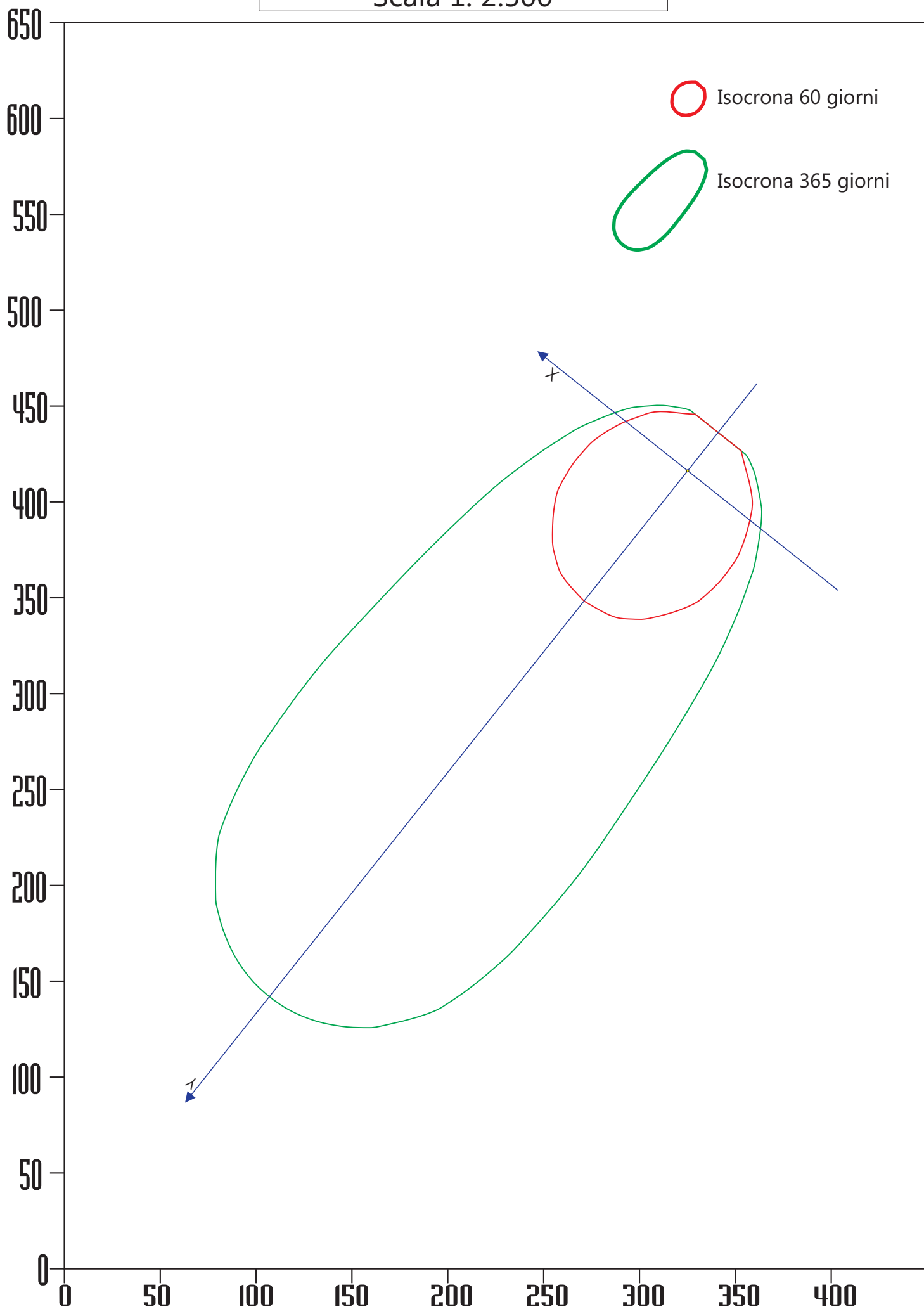
Committente: Acqua NOVARA.VCO	Sondaggio:
Riferimento: Loc. Migliandone - Ornavasso (VB)	Data: marzo 2017
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Tricono con circolazione ad acqua	

SCALA 1:150	STRATIGRAFIA	Pagina 1/1
-------------	---------------------	------------

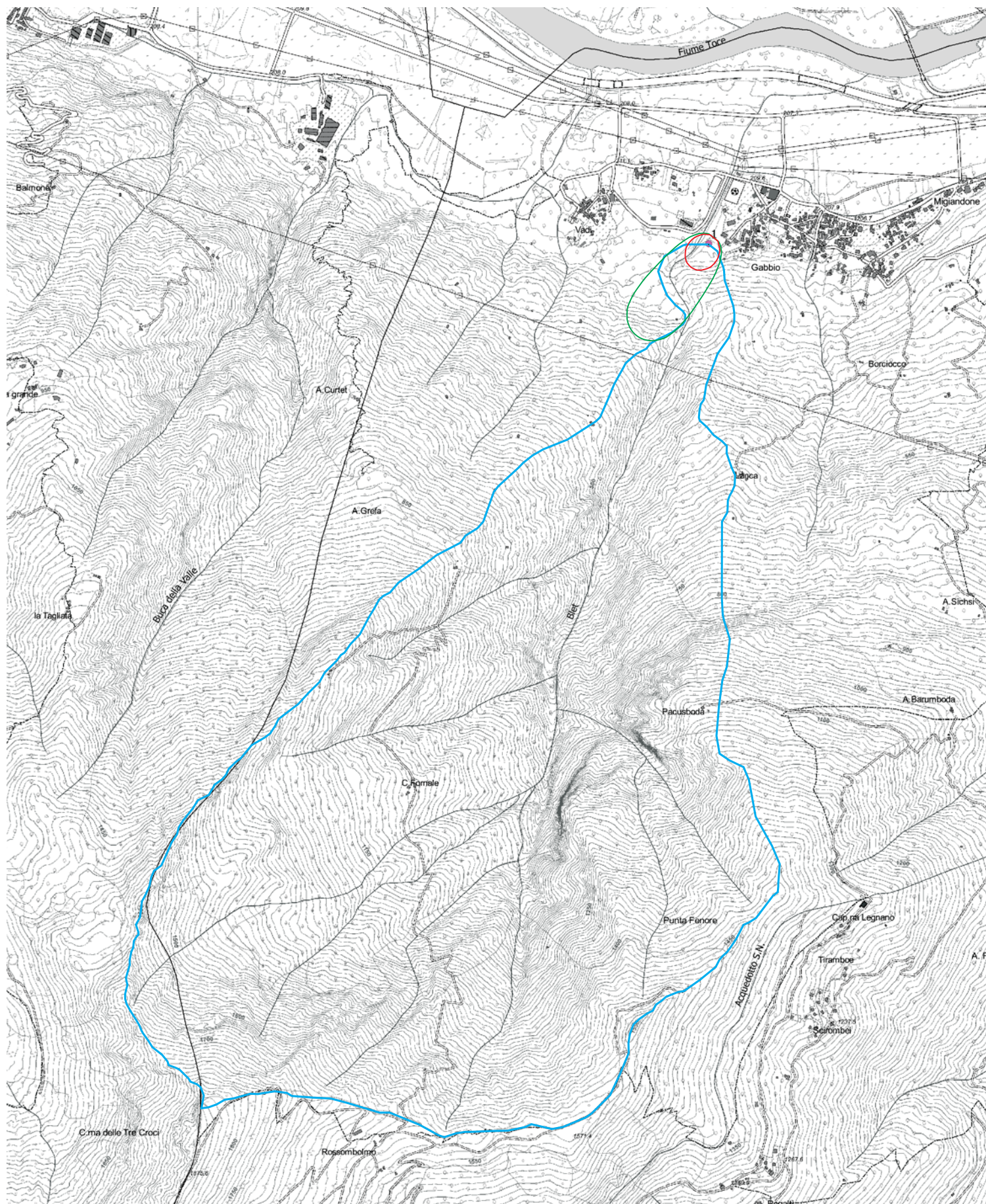
A	metri m	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	P m	POZZO	LR m	LF m	DATI TECNICI
1			1.5	1.5	Terreno sabbioso, rimaneggiato, misto a terreno agrario					tubo cieco in PVC (diam. 6")
2					Ghiaie e ciottoli di origine metamorfica					
3										
4										
5										
6										
7										
8								15,0		
9										
10										
11										
12										
13			13,0	11,5	Sabbie fini e miste a qualche orizzonte di ghiaietto				27,0	
14										tubo fenestrato in PVC (diam. 6")
15								15,0		
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
27			27,0	14,0		220		12,0		
							27,0			

FASCE DI RISPETTO



Scala 1: 2.500



FASCE DI RISPETTO SU BASE BDTRE
Scala 1: 15.000



LEGENDA

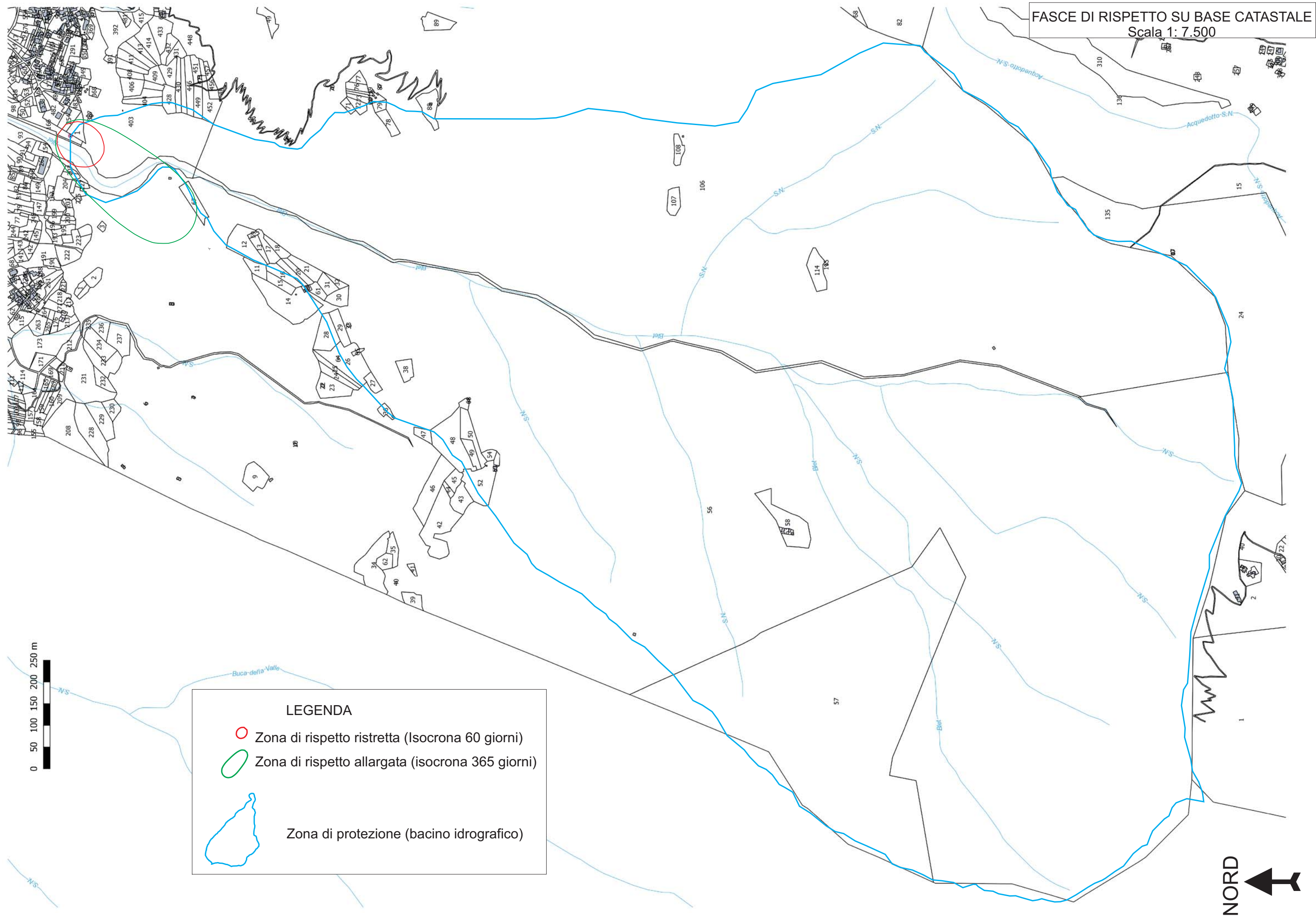
-  Zona di rispetto ristretta (Isocrona 60 giorni)
-  Zona di rispetto allargata (isocrona 365 giorni)



Zona di protezione (bacino idrografico)

0 100 200 300 400 500 m

FASCE DI RISPETTO SU BASE CATASTALE
Scala 1: 7.500



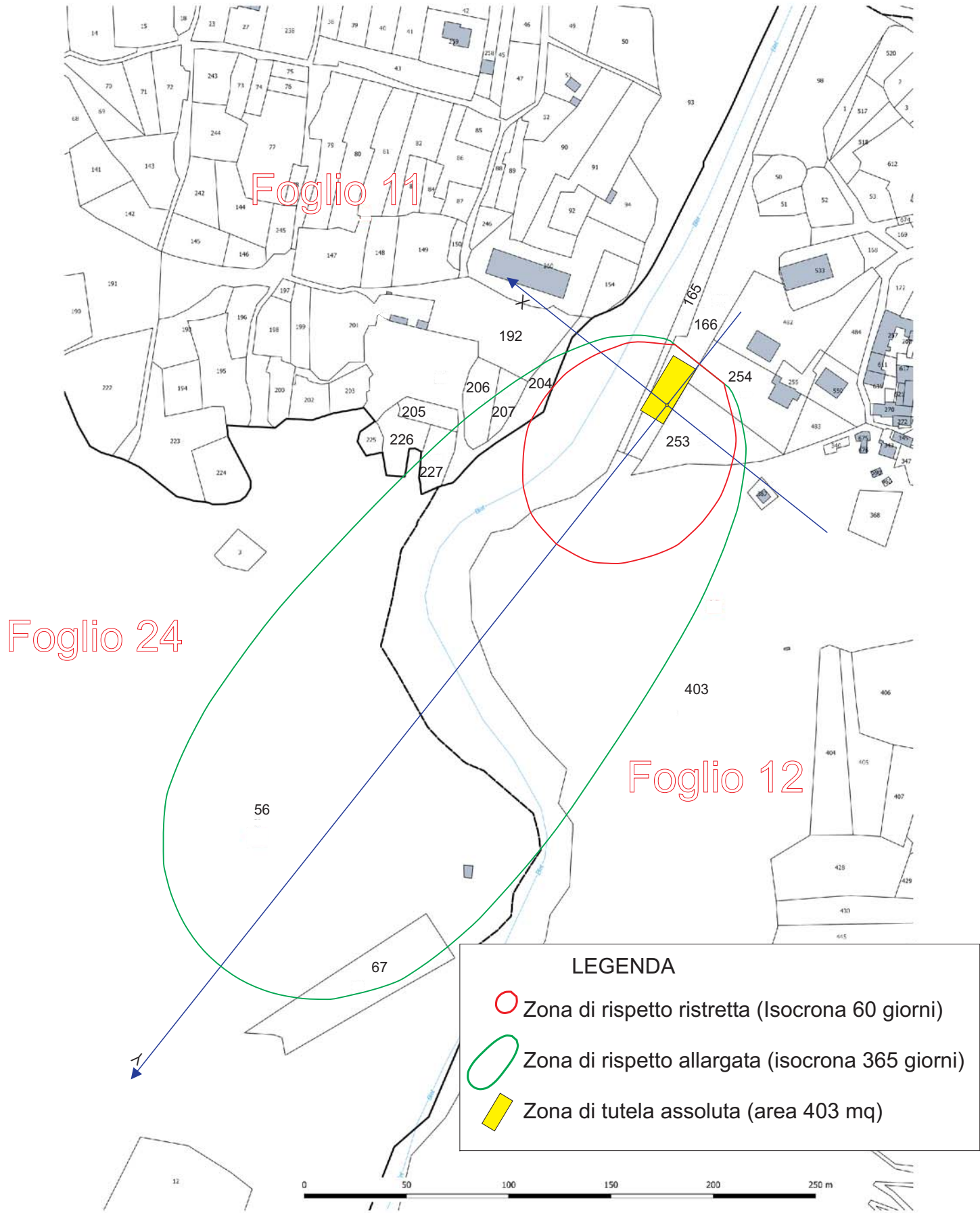
	NUMERO PARTICELLE
ZTA Zona Tutela Assoluta	Fg. 12 Pro parte: Map. n°166. Tutto: nessuno.
FASCIA ZRR Rispetto Primaria o Ristretta (60 giorni)	Fg. 11 Pro parte: Mapp. n° 204. Tutto: nessuno. Fg. 12 Pro parte: Mapp. n° 165-166-253-254-403. Tutto: nessuno.
FASCIA ZRA Rispetto Secondaria o Allargata (365 giorni)	Fg. 11 Pro parte: Mapp. n° 192-204-205-206-207-227. Tutto: nessuno. Fg. 12 Pro parte: Mapp. n° 253-254-403 Tutto: nessuno. Fg. 24 Pro parte: Mapp. n° 56-67. Tutto: nessuno.

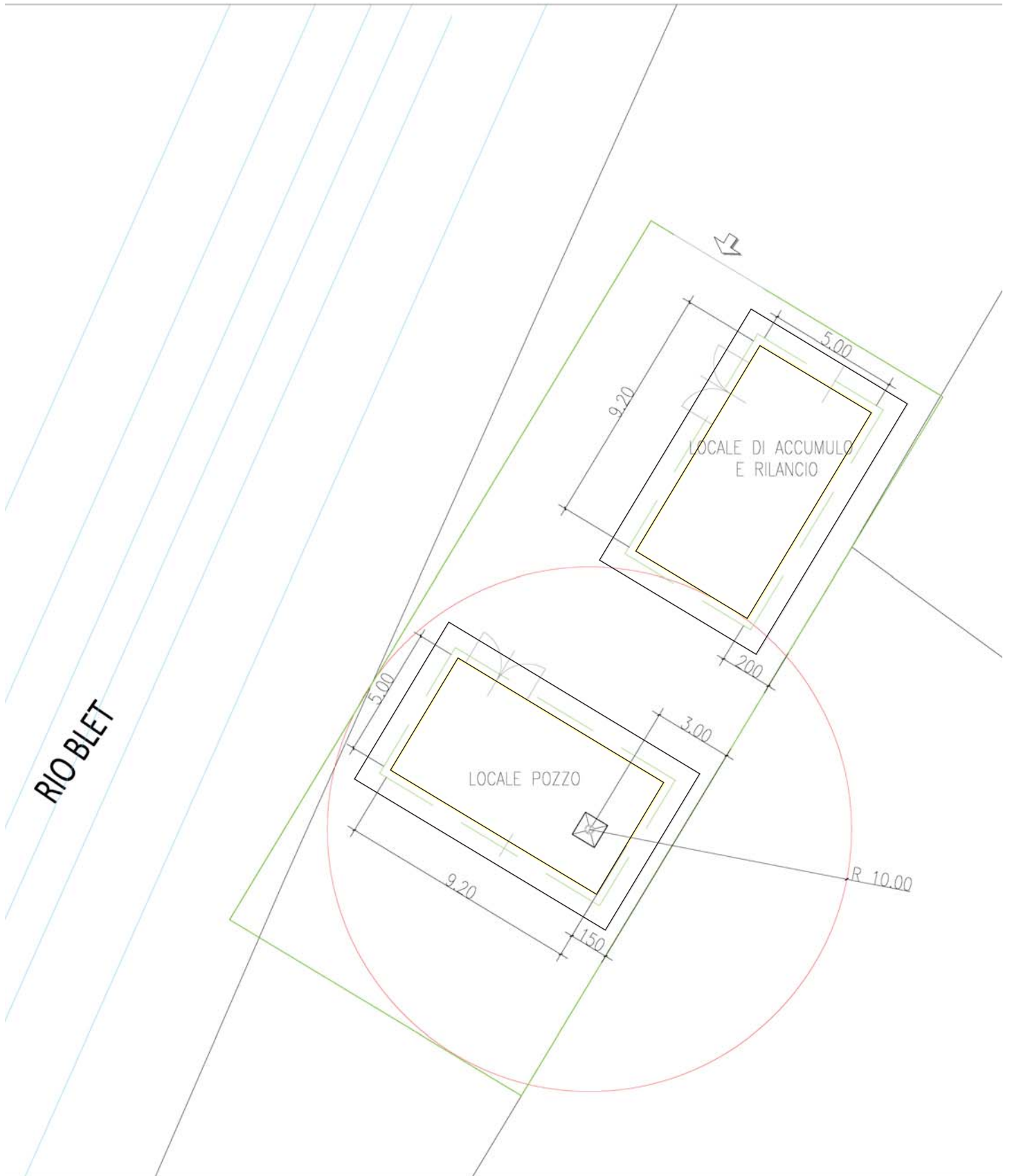
- Dimensioni FASCIA RISPETTO PRIMARIA “ZRR” = 60 giorni – Area 0,0084 km²

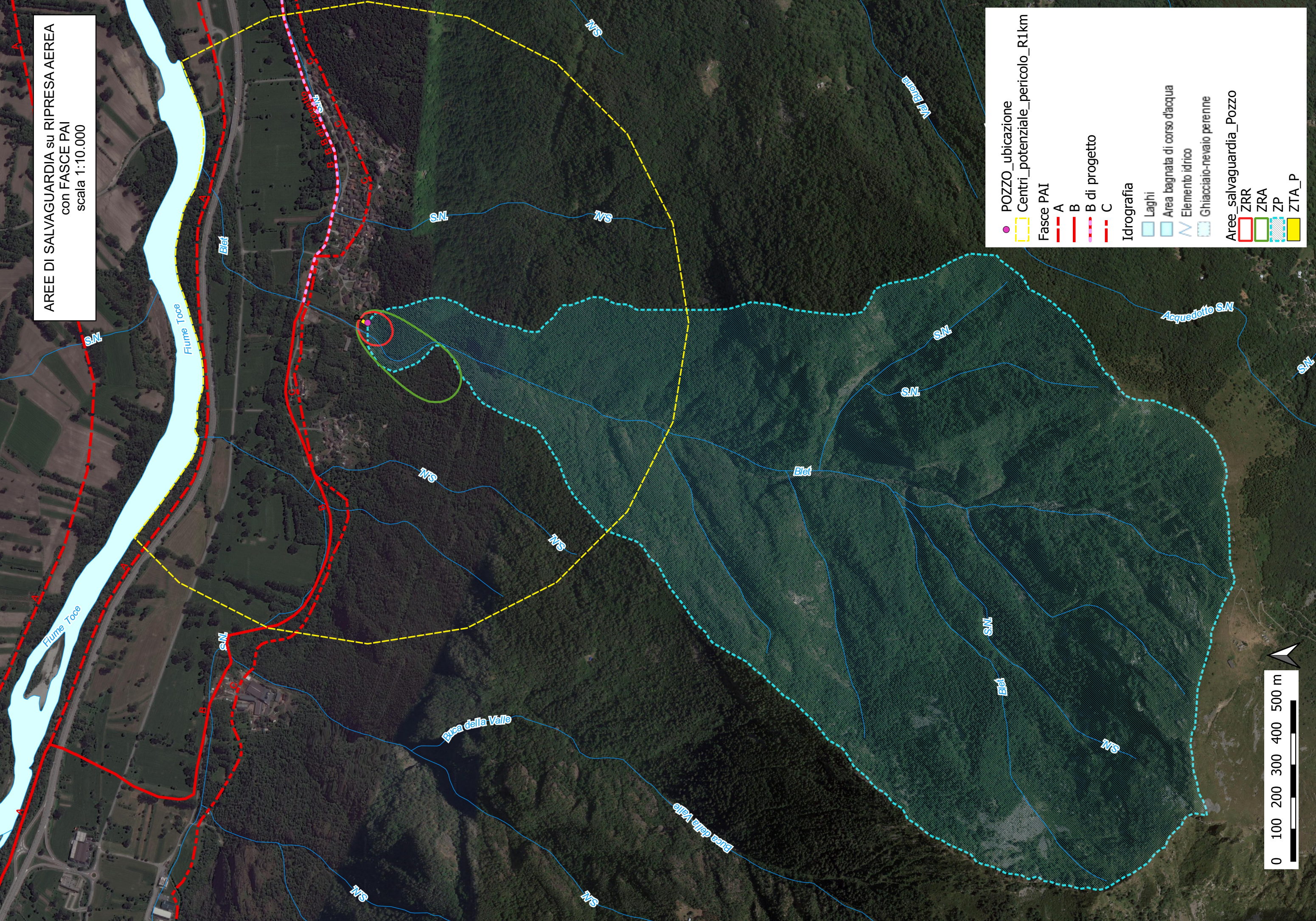
Y (m)	X (m)
0,0	+41,3 ÷ -41,3
+50,0	+46,6 ÷ -46,6
+86,8 ÷ -25,5	0,0

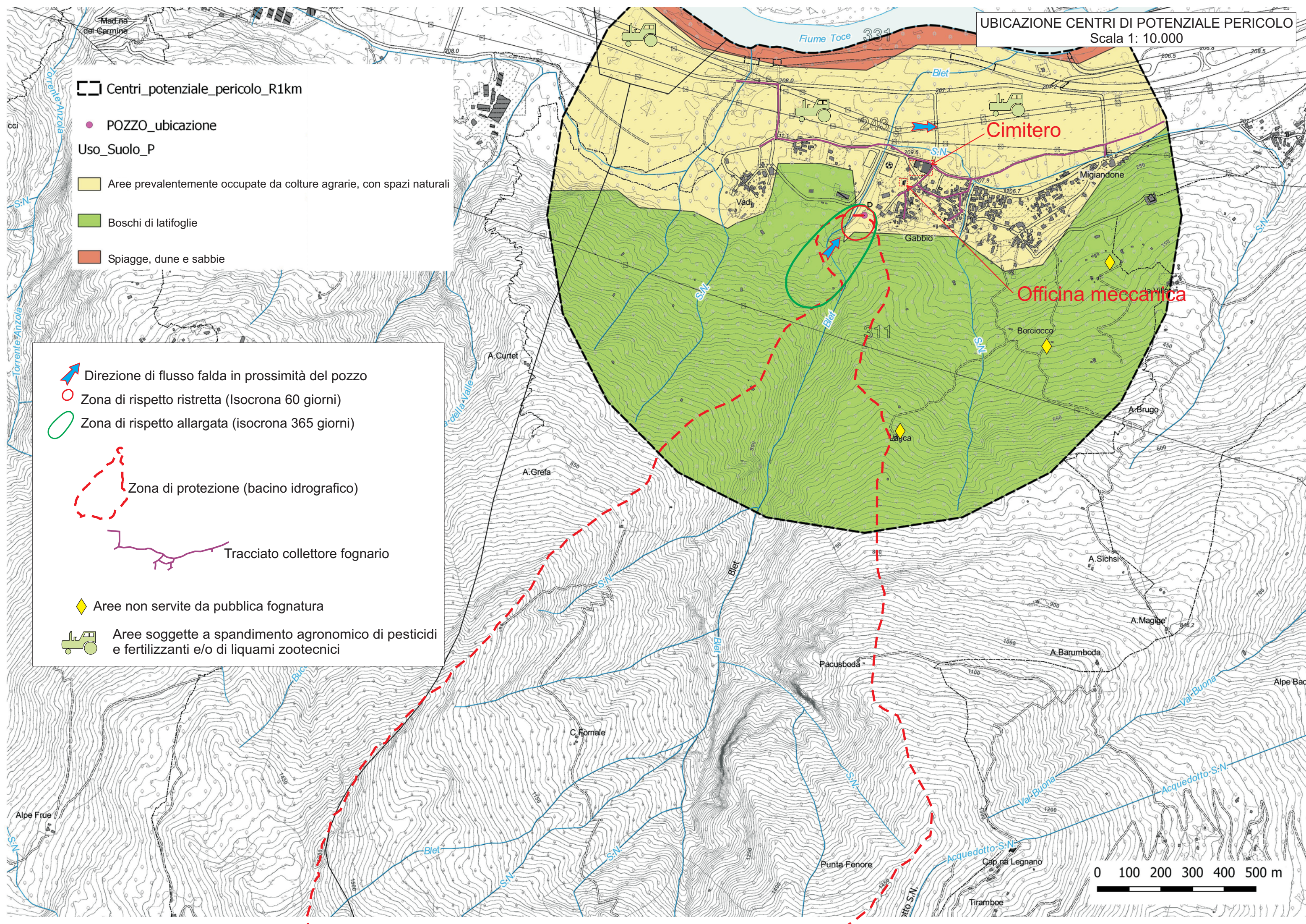
- Dimensioni FASCIA RISPETTO SECONDARIA “ZRA” = 365 giorni - Area 0,045 km²

Y (m)	X (m)
0,0	+48,6 ÷ -48,6
+50,0	+68,8 ÷ -68,8
+100,0	+78,2 ÷ -78,2
+150,0	+83,4 ÷ -83,4
+200,0	+86,7 ÷ -86,7
+250,0	+84,7 ÷ -84,7
+300,0	+73,4 ÷ -73,4
+350,0	+8,8 ÷ -8,8
+350,5÷-25,5	0,0









Centri_potenziale_pericolo_R1km

POZZO_ubicazione

Uso_Suolo_P

Aree prevalentemente occupate da colture agrarie, con spazi naturali

Boschi di latifoglie

Spiagge, dune e sabbie

Direzione di flusso falda in prossimità del pozzo

Zona di rispetto ristretta (Isocrona 60 giorni)

Zona di rispetto allargata (isocrona 365 giorni)

Zona di protezione (bacino idrografico)

Tracciato collettore fognario

Aree non servite da pubblica fognatura

Aree soggette a spandimento agronomico di pesticidi e fertilizzanti e/o di liquami zootecnici

0 100 200 300 400 500 m