

# 11 – IL CAMPO POZZI SANTA CATERINA (a cura di Marco Giacopetti)

## 11.1 Modello idrogeologico numerico e perimetrazione preliminare delle aree di salvaguardia

Il campo pozzi in esame è ubicato nella porzione terminale della bassa valle del fiume Tenna entro la piana alluvionale del fiume Tenna (Fig.11.1). È stato realizzato un modello a grande scala prendendo in esame un'area

sufficientemente estesa (Fig.11.1), mentre a nord ed ovest il modello è stato tagliato in corrispondenza del passaggio tra la piana alluvionale e i depositi di versante a bassa permeabilità; la scelta è stata fatta allo scopo di individuare condizioni al contorno valide e allo stesso tempo di limitare l'effetto bordo.

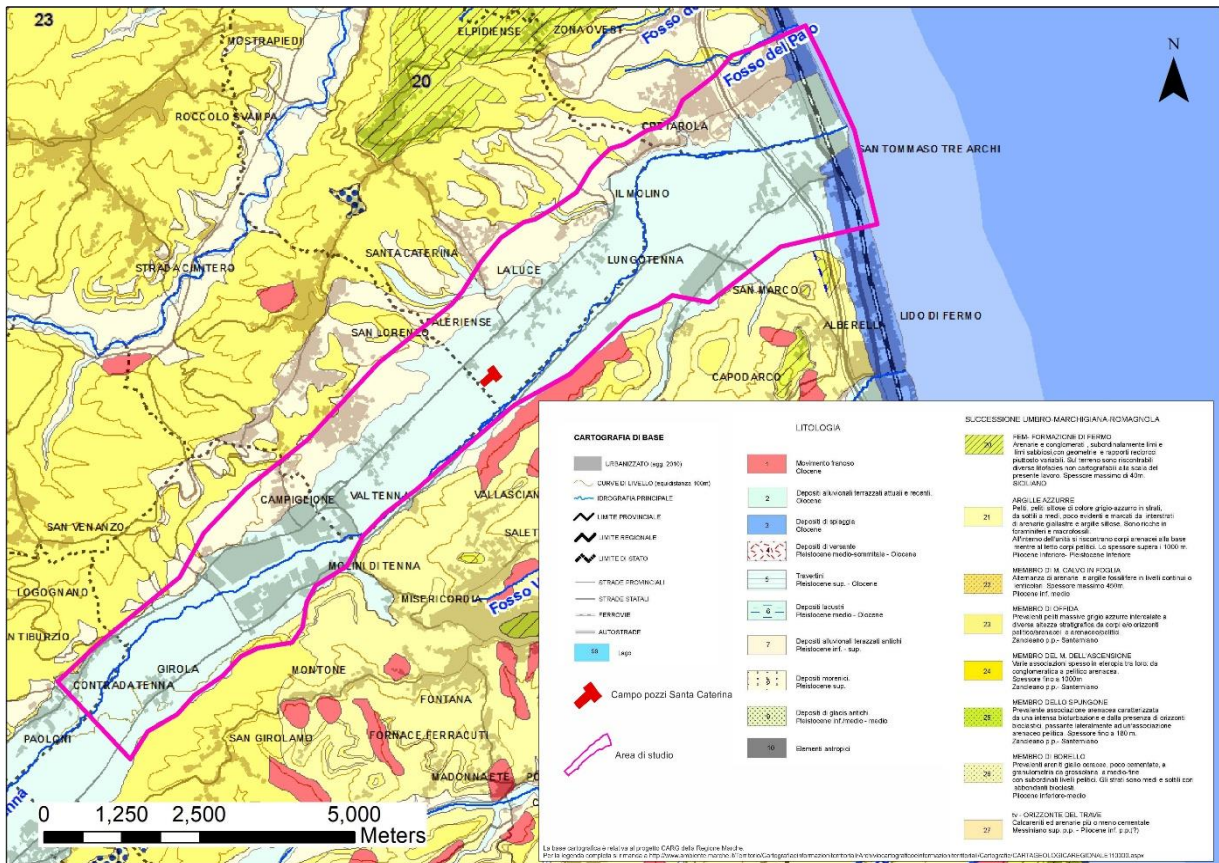


Fig.11.1 – Inquadramento dell'area oggetto di studio.

Nell'ambito del presente studio si è cercato di elaborare un modello concettuale dell'area di studio tenendo conto della grande eterogeneità che contraddistingue la piana alluvionale. In generale, dall'analisi e classificazione delle stratigrafie acquisite, la stratigrafia tipo dell'area di studio (Fig.11.2 e Fig.11.3) risulta caratterizzata da un terreno di copertura eterogeneo a spessore variabile, al di sopra di un'unità ghiaiosa sabbiosa e sabbioso ghiaiosa di medio-alto spessore, in cui si trovano intercalate a

diverse altezze lenti a geometria variabile di natura limoso argillosa-sabbiosa e argilloso limoso-sabbiosa, il tutto poggiante su un substrato argilloso sito a profondità via via maggiore verso la costa.

Le lenti a bassa permeabilità, fungenti da aquitard, intercalate all'interno dell'unità ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaiosa risultano caratterizzate da spessore variabile e non continue arealmente. In particolare queste risultano localizzate in corrispondenza dei 1,2,3 e 4 del

campo pozzi in esame per poi andarsi a chiudere lateralmente; indagini geofisiche realizzate sull'area (Piovesana & Pambianco, 1993) hanno evidenziato la presenza di due acquiferi, uno

superiore freatico ed uno inferiore semi-confinato. In ogni caso non si hanno evidenze della presenza di una doppia stratigrafia e si suppone che le due falde siano in comunicazione.

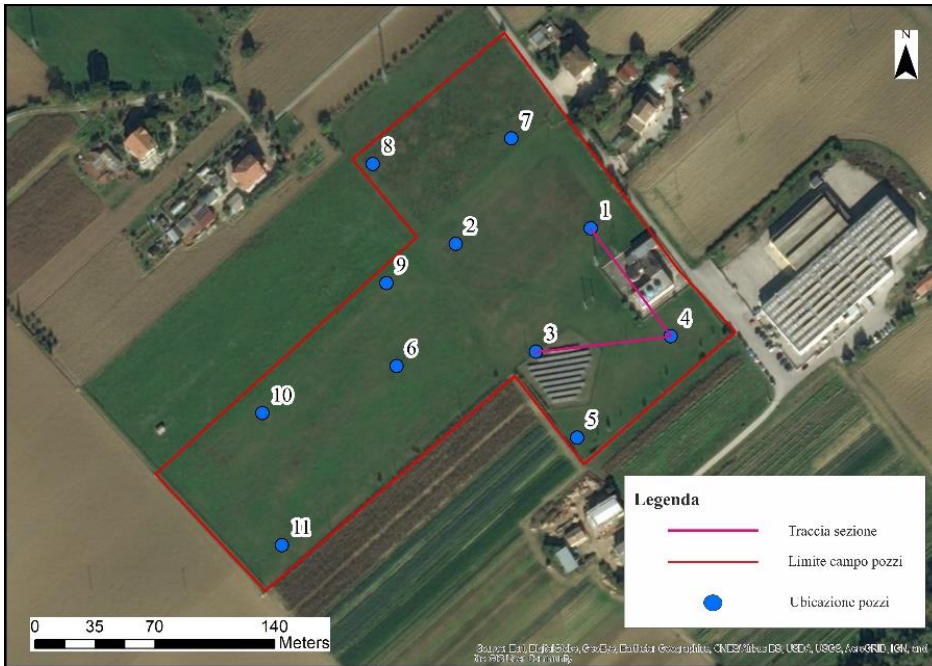


Fig.11.2 - Inquadramento di dettaglio dei campi pozzo in esame. In blu i pozzi analizzati.

Naturalmente l'acquifero produttivo è il secondo ovvero quello localizzato nel semi-confinato. Nel corso del 2015 l'Università di

Camerino ha condotto delle prove di portata sul campo pozzi in esame che hanno confermato la presenza di un acquifero semi-confinato (Fig.11.4).

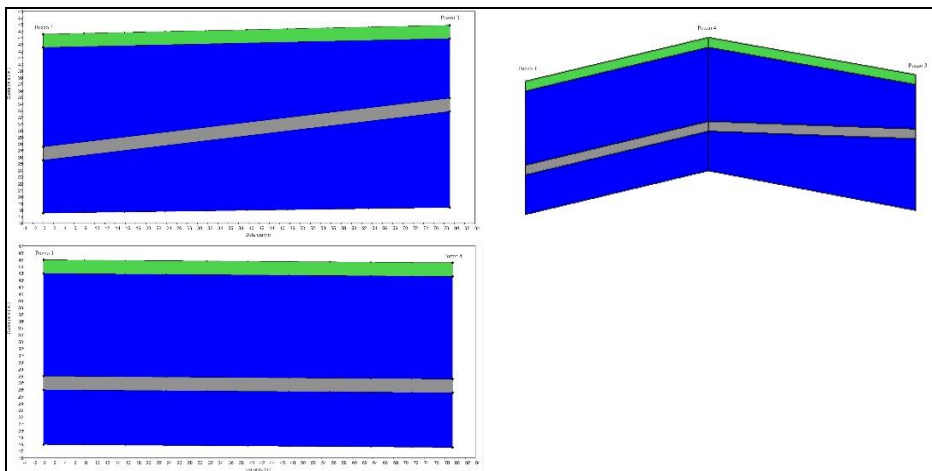


Fig.11.3 - Ricostruzione del modello geometrico in prossimità del campo pozzo in esame; in verde, terreno di copertura; in blu, ghiaia sabbiosa; in grigio, limo argilloso/argilla limosa; in blu, ghiaia/ghiaia sabbiosa.

In relazione a questi dati, e allo scopo di semplificare il problema, si è scelto di considerare il livello a bassa permeabilità continuo ed esteso a tutta la piana analizzata; questo livello è stato discretizzato in diversi sotto livelli allo scopo di creare una graduale transizione tra l'acquifero superficiale e quello profondo.

Il modello è stato discretizzato in FeFLOW attraverso l'introduzione di 13 layers e 14 slices

costituite complessivamente da 24,908 elementi e 14,602 nodi (Fig.11.5 a,b e c).

Le condizioni a contorno inserite riflettono il modello concettuale ipotizzato sull'area (Fig. 11.6):

- a nord e sud è stato considerato un limite di non flusso;
- ad est è stato introdotto un carico imposto;
- ad ovest è stata introdotta una ricarica da monte valutata attraverso la piezometria

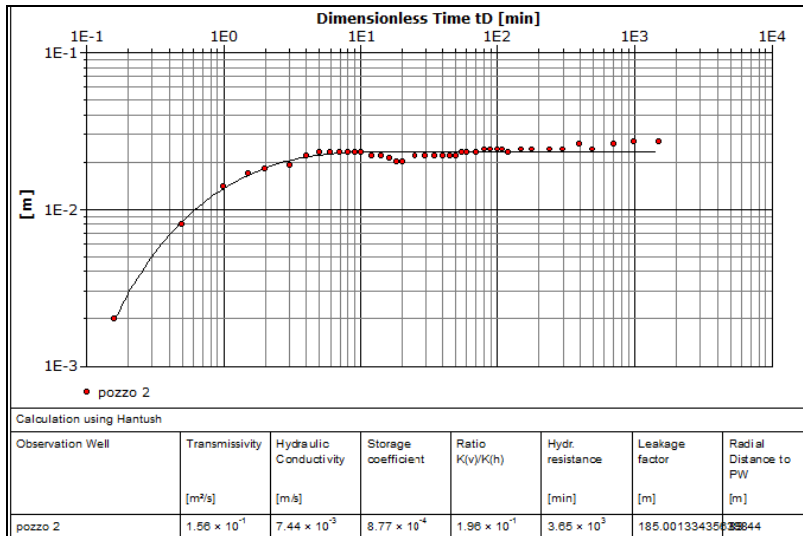


Fig.11.4 - Curva di interpretazione tempi-abbassamento registrata al pozzo di osservazione 6.

- presa a riferimento e differenti sezioni di Darcy;
- il fiume Chienti è stato inserito attraverso una condizione di Cauchy

utilizzando un appropriato coefficiente relativo al transfer rate allo scopo di simulare il corretto scambio tra falda e fiume;

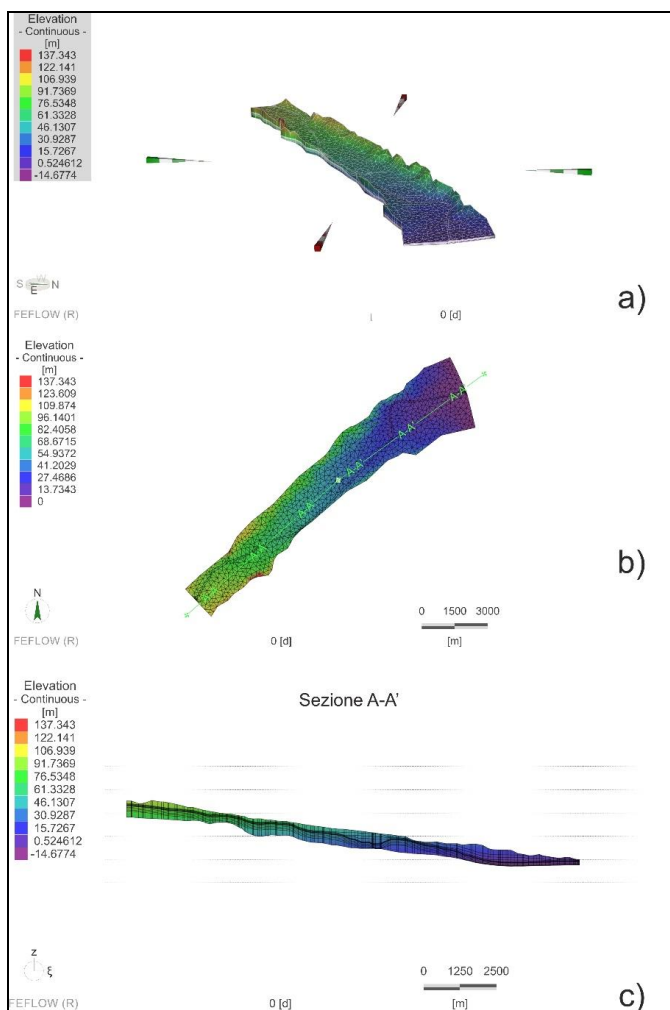


Fig.11.5 - Discretizzazione del modello numerico in FeFLOW; a) modello 3D (ingrandimento 15x); b) Mesh 2D relativa alla prima slice; c) sezione A-A' (ingrandimento 20x).



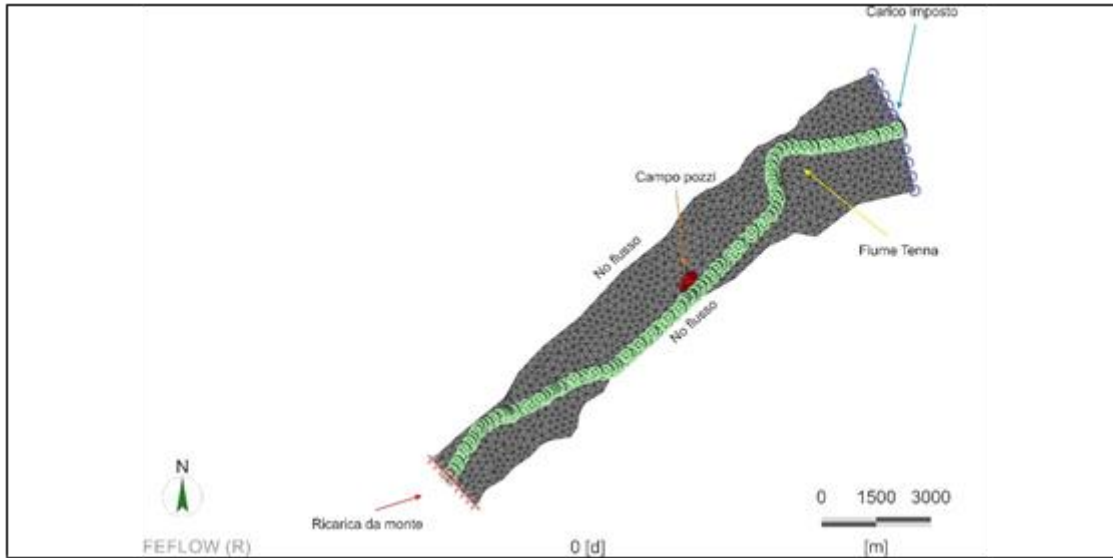


Fig. 11.6 – Condizioni a contorno introdotte nel modello.

I valori relativi alla conduttività sono stati oggetto di calibrazione. In particolare i range di variabilità stabiliti (Tab. 11.1), sono stati valutati sulla base dei risultati delle prove di portata effettuate e dei dati di bibliografia (Nanni, 1991; Orlandi, 2015).

Layer		K <sub>xx</sub> (m/s)			K <sub>yy</sub> (m/s)			K <sub>zz</sub> (m/s)			n <sub>e</sub>
		mi	rif	ma	mi	ri	ma	mi	rif	ma	
1	1sz	5e-1	1e-5	5e-1	5e-1	1e-5	5e-1	5e-1	1e-5	5e-1	0.2
	2sz	5e-1	1e-5	5e-1	5e-1	1e-5	5e-1	5e-1	1e-5	5e-1	0.2
2		1e-1	5e-1	1e-1	1e-1	5e-1	1e-1	1e-1	5e-1	1e-1	0.1
3		5e-1	1e-5	5e-1	5e-1	1e-5	5e-1	5e-1	1e-5	5e-1	0.0
4		5e-1	1e-5	5e-1	5e-1	1e-5	5e-1	5e-1	1e-5	5e-1	0.0
5		8e-1	3e-8	8e-1	8e-1	3e-8	8e-1	8e-1	3e-8	8e-1	0.0
6		5e-1	1e-5	5e-1	5e-1	1e-5	5e-1	5e-1	1e-5	5e-1	0.0
1		1e-1	5e-1	1e-1	1e-1	5e-1	1e-1	1e-1	5e-1	1e-1	0.1

Tab. 11.1 – Campi di variabilità per i parametri idrogeologici oggetto di calibrazione. K<sub>xx,yy,zz</sub> = conduttività idraulica per le differenti direzioni dello spazio, n<sub>e</sub> = porosità effettiva.

Il layer 1 è stato suddiviso in due zone (Fig.11.7): una zona (1sz) relativa ai depositi terrazzati ed un'altra (2sz) relativa alla piana alluvionale.

L'infiltrazione efficace è stata applicata omogeneamente all'intera area studiata, applicando un valore pari a 156 mm/a desunto dall'analisi di Orlandi (2015).

La valutazione delle streamlines è basata inoltre sul valore della porosità effettiva (Tab.11.1). Per la calibrazione è stata presa a riferimento la piezometria relativa a Nanni, (1991). Dalla calibrazione sono stati ottenuti valori positivi per la varianza e l'errore standard, entrambi al di sotto di 1, ed un buon coefficiente di correlazione pari a circa 0.99 (Tab.11.2 e Fig.11.8).

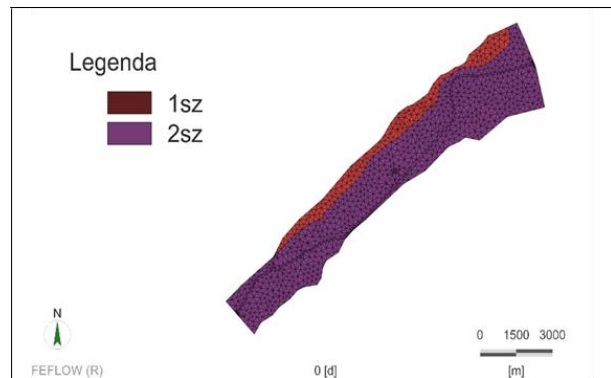


Fig.11.7 - Suddivisione del primo layer in due sottozone.

ME <sub>w</sub>	MAE <sub>w</sub>	S <sub>w</sub> <sup>2</sup>	S <sub>w</sub>	SS <sub>wr</sub>	C <sub>c</sub>
0.69	3.67	0.77	0.87	85	0.99

Tab. 11.2 - Indici statistici derivanti da PEST. ME<sub>w</sub>, media errori residui pesati; MAE<sub>w</sub>, media assoluta errori residui pesati; S<sub>w</sub><sup>2</sup>, coefficiente di varianza standard dei residui pesati; S<sub>w</sub>, errore standard dei residui pesati; SS<sub>wr</sub>, somma pesata dei quadrati degli scarti; C<sub>c</sub>, indice di correlazione

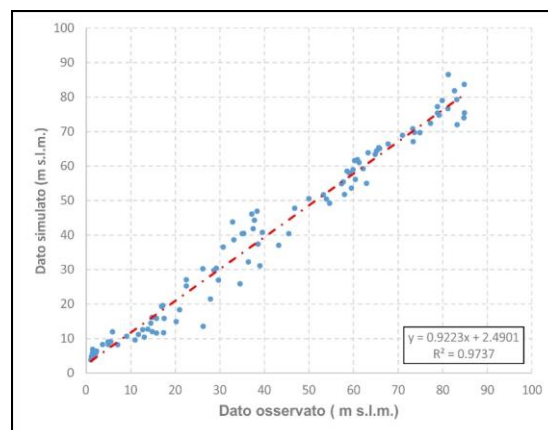


Fig. 11.8 – Confronto tra i valori simulati ed osservati.

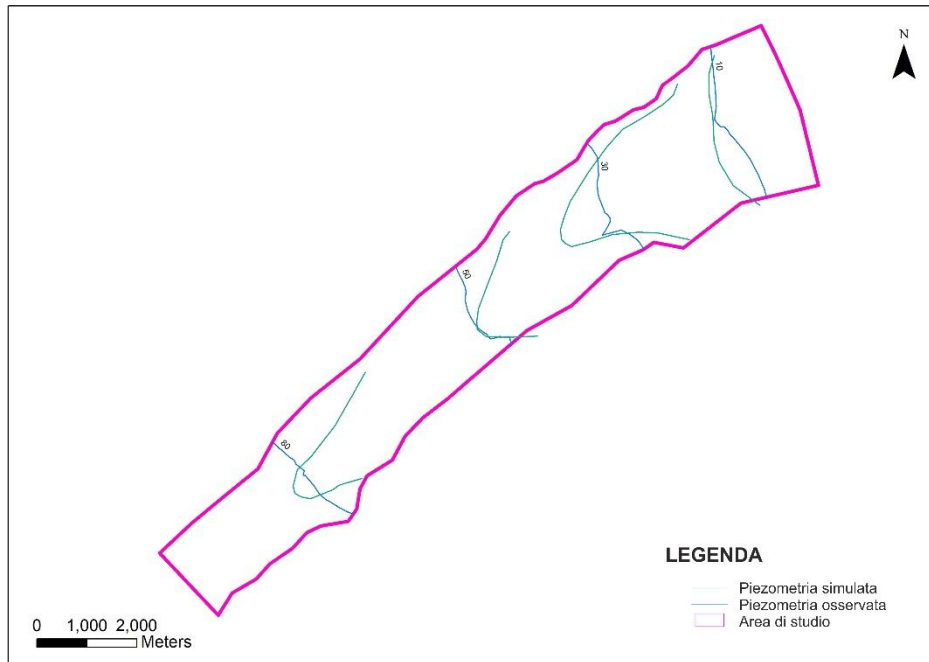


Fig.11.9 – Confronto tra piezometria simulata ed osservata.

Quindi sulla base del modello calibrato è stata eseguita una simulazione in regime stazionario volta alla definizione delle streamlines per il campo pozzi Santa Caterina, con l’inserimento dei pozzi in pompaggio.

Data	Portata media (l/s)
1-Feb-15	12.08
1-Mar-15	13.78
1-Apr-15	12.97
1-May-15	11.42
1-Jun-15	13.04
1-Jul-15	12.72
1-Aug-15	14.37
1-Sep-15	9.77
1-Oct-15	18.06
1-Nov-15	10.68
1-Dec-15	10.62
1-Jan-16	10.64
1-Feb-16	10.2
1-Mar-16	10.52
1-Apr-16	10.69
1-May-16	10.9
1-Jun-16	11.52
1-Jul-16	10.76
1-Aug-16	23.99
1-Sep-16	22.85
1-Oct-16	23.29
1-Nov-16	9.88
1-Dec-16	22.6
1-Jan-17	24.31
1-Feb-17	27.75
1-Mar-17	20.52
1-Apr-17	24.15
1-May-17	20.62
1-Jun-17	26.39
1-Jul-17	68.83
1-Aug-17	90.78
1-Sep-17	51.67

Tab.11.3 – Valori delle portate medie emunte dal campo pozzi di Santa Caterina

È stato simulato uno scenario caratterizzato da emungimento ripartito in egual misura tra il primo e secondo livello acquifero ed un altro scenario con emungimento localizzato solo in corrispondenza del secondo livello acquifero.

In Fig.11.10 e Fig.11.11 sono riportati i risultati ottenuti per le due aree analizzate, relativi ai due scenari suddetti.

Per i pozzi in pompaggio sono stati utilizzati i quantitativi (Tab.11.3), forniti dall’ente gestore. Per le simulazioni è stato adottato un quantitativo di emungimento annuale medio.

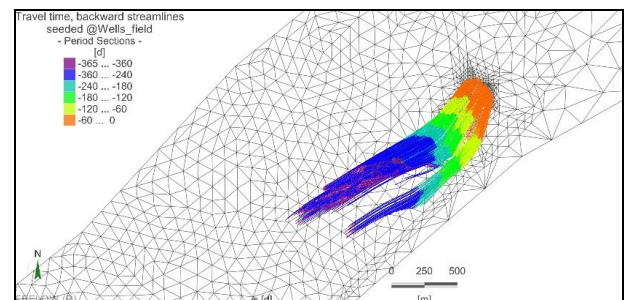


Fig.11.10 – Isocrone elaborate attraverso il modello in FeFLOW, emungimento localizzato interamente sul secondo livello acquifero.

La simulazione effettuata, basata su dati bibliografici, ha fornito prime informazioni preliminari sulla delimitazione delle aree di salvaguardia. Si specifica la necessità in futuro di realizzare modelli a scala locale parallelamente all’acquisizione di nuovi dati di dettaglio, allo scopo di affinare i risultati conseguiti e confermare le scelte progettuali e concettuali effettuate.

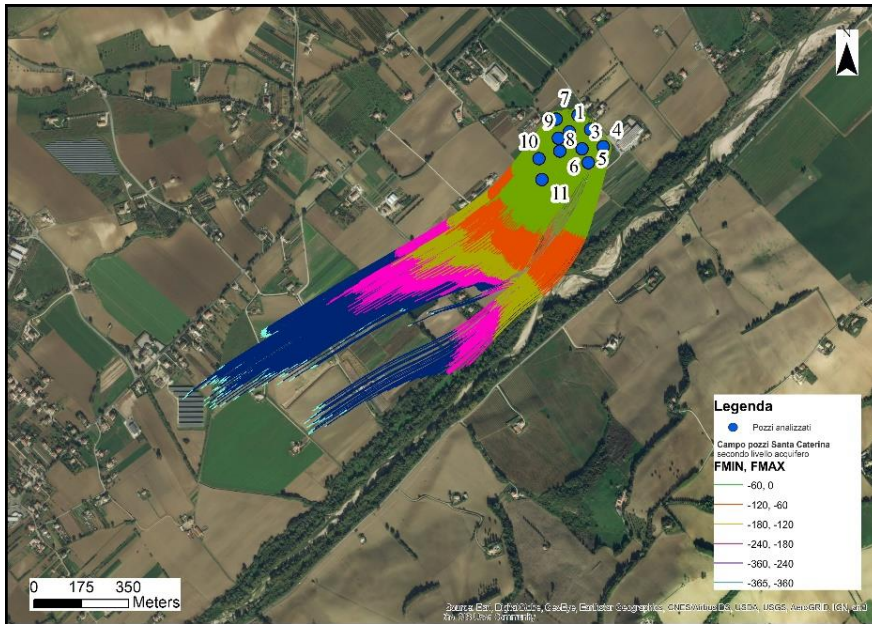


Fig.11.11 – Isochrone elaborate attraverso il modello in FeFLOW, emungimento localizzato interamente sul secondo livello acquifero.

Per la perimetrazione preliminare delle aree di salvaguardia (Fig11.12) è stato quindi scelto, come da normativa vigente, di utilizzare l'isocrona 60gg per la ZRR (Zona di Rispetto Ristretta) e l'isocrona

180gg per la ZRA (Zona Rispetto Allargata). La ZTA (Zona di Tutela Assoluta) è stata invece delimitata utilizzando il criterio geometrico con un buffer di 10m intorno ad ogni pozzo operante.

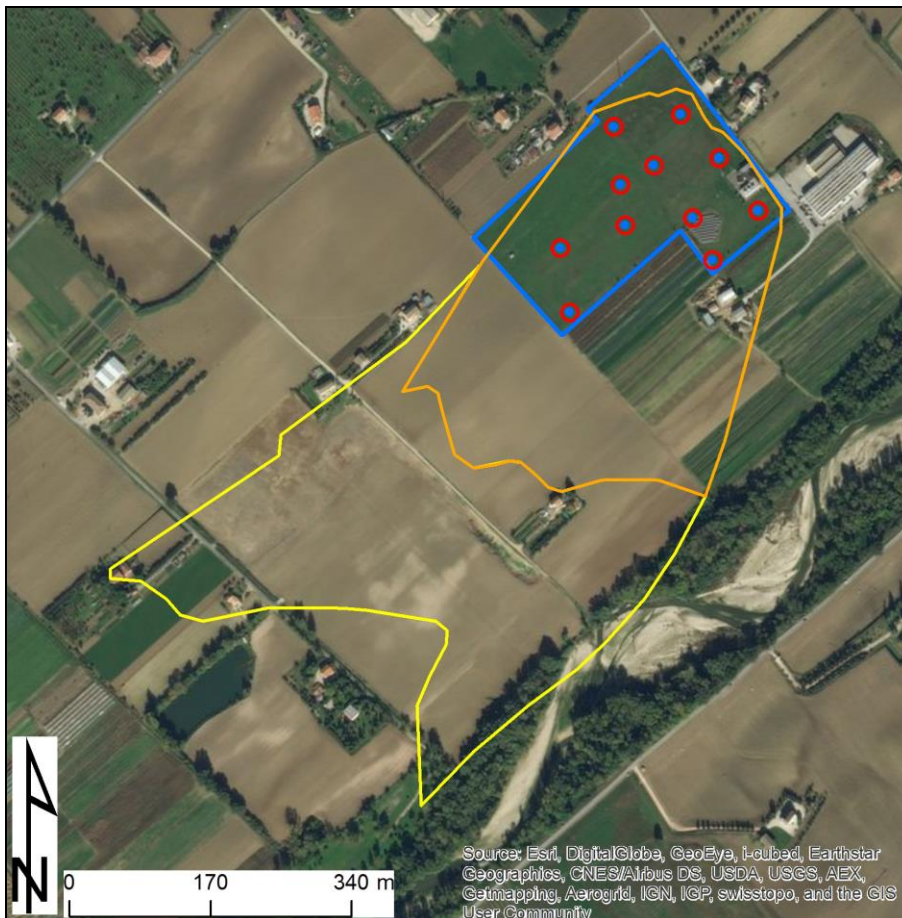


Fig.11.12 – Perimetrazione preliminare delle aree di salvaguardia del campo pozzi di Santa Caterina :in rosso le Zone di Tutela Assoluta (ZTA), in arancio la Zone di Rispetto Ristretta (ZRR), in giallo la Zone di Rispetto Allargata (ZRA), in azzurro i pozzi ed il perimetro dell'area del campo pozzi.