

**IDROGEOLOGIA DEL SIN DI VENEZIA-PORTO MARGHERA E
MODELLAZIONE NUMERICA DI FLUSSO DELLE ACQUE
SOTTERRANEE**

Ver 1.0



Dicembre 2014

Prof. G.P. Beretta

IDROGEOLOGIA DEL SIN DI VENEZIA-PORTO MARGHERA E MODELLAZIONE NUMERICA DI FLUSSO DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Ver. 1.0

IDROGEOLOGIA DEL SIN DI VENEZIA-PORTO MARGHERA E MODELLAZIONE NUMERICA DI FLUSSO DELLE ACQUE SOTTERRANEE	1
1 Introduzione	3
1.1 Fonte dei dati	3
2 Definizione dell'area di studio	4
3 Geologia dell'area	6
4 Idrografia	12
4.1 Regimazione delle acque superficiali: idrovore	19
5 Idrogeologia dell'area	22
5.1 Area di media pianura	22
5.2 Area di bassa pianura	24
6 Reti di monitoraggio delle acque sotterranee	26
6.1 Cartografie piezometriche	29
7 Climatologia	36
7.1 Evapotraspirazione ed infiltrazione	38
7.1.1 Metodo Curve Number	38
7.1.2 Metodo di Thornthwaite-Mather	42
7.1.3 Metodo SWB	44
8 Zona lagunare	46
8.1 Interazione acque dolci-acque salate	47
9 Prelievi idrici	49
10 Reti tecnologiche	50
11 Pozzi artesiani	54
12 Strutture di messa in sicurezza e bonifica interferenti con le acque sotterranee	60
13 Modello numerico di flusso idrico sotterraneo	61
13.1 Discretizzazione dell'area	63
13.2 Ricostruzione della geologia superficiale e del sottosuolo	64
13.3 Parametri idrogeologici	65

13.4	Termini sorgente/pozzo	69
13.5	Limiti al contorno	70
13.6	Calibrazione del modello	71
13.7	Verifica del modello	74
13.7.1	Prima verifica del modello	74
13.7.2	Seconda verifica del modello	76
13.8	Bilancio idrogeologico	78
14	Scenari previsionali	82
14.1.1	Bilancio idrogeologico con presenza delle barriere impermeabili	83
14.1.2	Effetti delle barriere impermeabili sull'andamento piezometrico	85
15	Conclusioni	96
16	Bibliografia	99
16.1	Sitografia e basi informatizzate	103

1 Introduzione

Con ordine n. 32/2013 e comunicazione del 31 ottobre 2014, prot. N. 578/2013 la società Veneto Acque S.p.A. ha dato incarico al sottoscritto Prof. Giovanni Pietro Beretta per una consulenza ad alto contenuto professionale per studi idrogeologici finalizzati ad una prima valutazione dei dati derivanti dalla rete di monitoraggio delle acque sotterranee nel Sito di Interesse Nazionale di Venezia- Porto Marghera (SIN) e all'elaborazione dei dati per l'implementazione di un modello numerico di flusso idrico sotterraneo.

La presente relazione è strutturata in due parti:

Nella prima parte è stata effettuata l'acquisizione, l'analisi critica, la revisione e l'elaborazione dei numerosi dati riguardanti l'idrogeologia dell'area di studio, di estensione maggiore rispetto al Sito di Interesse Nazionale (SIN) di Venezia-Porto Marghera – Capp 2-12.

Nella seconda parte è stato utilizzato un codice numerico per implementare un modello di flusso preliminare e rappresentativo sia delle attuali modalità di ricarica e afflusso-deflusso delle acque sotterranee, sia per la valutazione dell'efficacia degli interventi in atto e in previsione finalizzati ad impedire un afflusso di contaminanti alla laguna di Venezia provenienti dall'area industriale– Capp 13-14.

Inoltre alcune delle risultanze dello studio potranno essere utilizzate anche per l'ottimizzazione del monitoraggio delle acque sotterranee attualmente in corso.

Lo studio è stato svolto con la collaborazione di Regione del Veneto – Dipartimento Coordinamento Operativo Recupero Ambientale–Territoriale, Sezione Progetto Venezia per quanto riguarda l'acquisizione dei dati disponibili e di campo e del dr. Jacopo Terrenghi per la parte relativa alla modellazione.

1.1 Fonte dei dati

Lo scopo dell'indagine è la valutazione dell'efficienza e dell'efficacia degli interventi di bonifica e messa in sicurezza, realizzati e di futura realizzazione, nell'area del SIN di Venezia-Porto Marghera.

Sono state indagate le acque sotterranee e superficiali per poter studiare e riprodurre, attraverso un modello numerico di flusso, le diverse voci del bilancio idrico, valutando e misurando le fluttuazioni della falda, le direzioni del flusso idrico sotterraneo, le oscillazioni della marea, le precipitazioni e altri parametri utili per definire il rapporto esistente tra le condizioni naturali e quelle indotte dagli interventi antropici.

Per comprendere e riprodurre il più fedelmente possibile l'assetto idrogeologico dell'area studiata è stato necessario acquisire numerosi dati da Enti. Tra queste le principali sono la Regione del Veneto con il relativo Geoportale, la Provincia di Venezia, l'ARPA Veneto e i Consorzi di bonifica; nella bibliografia sono riportati tutti i riferimenti dei lavori consultati.

2 Definizione dell'area di studio

È stato necessario studiare un territorio di maggiore superficie rispetto a quello di interesse diretto (SIN di Venezia-Porto Marghera), con estensione verso le zone di provenienza della falda.

L'area di studio ha una forma di un rettangolo, inclinato di 47° circa rispetto al nord e con una estensione in senso NW-SE; i vertici hanno le seguenti coordinate Gauss-Boaga con sistema di riferimento Monte Mario 2 (Tab. 2.1).

I lati misurano 20900 m e 16100 m, per una superficie complessiva di 336490000 m² (336.49 km²).

	X	Y
Vertice 1	2288148.61662	5041121.80991
Vertice 2	2299128.79021	5052896.60451
Vertice 3	2303433.90898	5026868.04418
Vertice 4	2314414.08258	5038642.83878

Tabella 2.1: Vertici del rettangolo che definiscono l'area di studio

L'area si estende tra le quote di circa 13 m s.l.m. fino a qualche metro al di sotto del livello della laguna. La pendenza massima è pari al 1‰ e generalmente orientata verso SE, con la diminuzione delle quote dall'entroterra verso il mare (Fig. 2.1). Occasionalmente tale andamento è interrotto o da aree rilevate costiere poste longitudinalmente alla linea di costa o da dossi con dislivelli di 2-3 m con direzione NW-SE. Gli interventi di bonifica idraulica hanno permesso lo sfruttamento di aree che giacciono al di sotto del livello medio del mare.

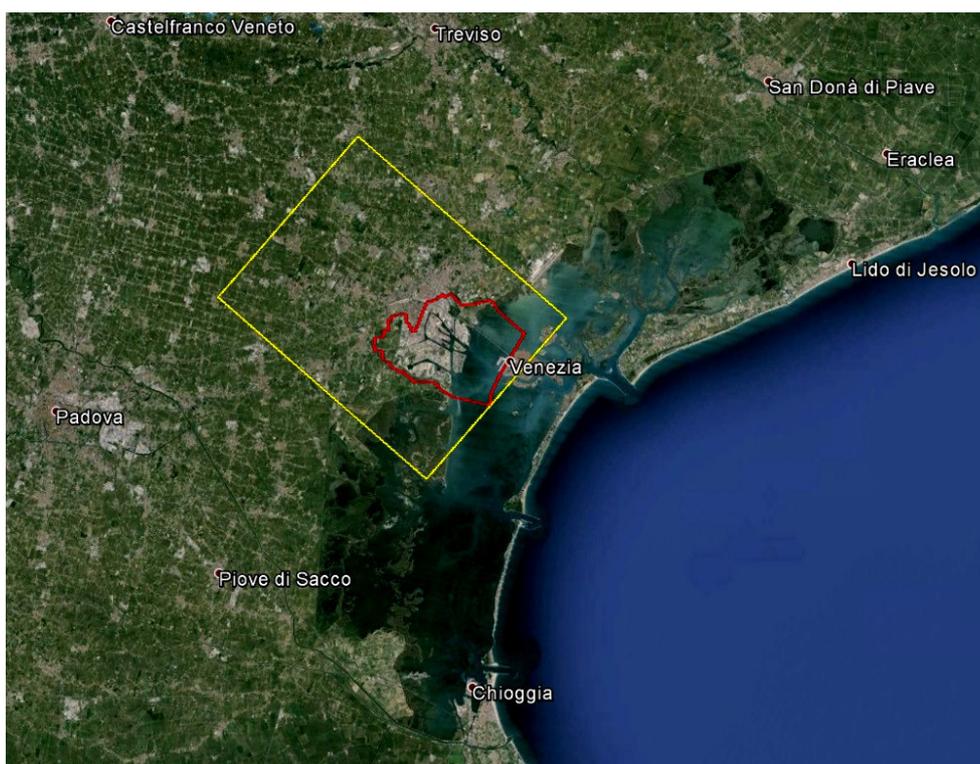


Figura 2.1: In giallo l'area di studio e in rosso l'area del SIN di Venezia-Porto Marghera (Google Earth)

L'area interna al SIN è stata suddivisa dal Magistrato alle Acque come indicato in Fig. 2.2.

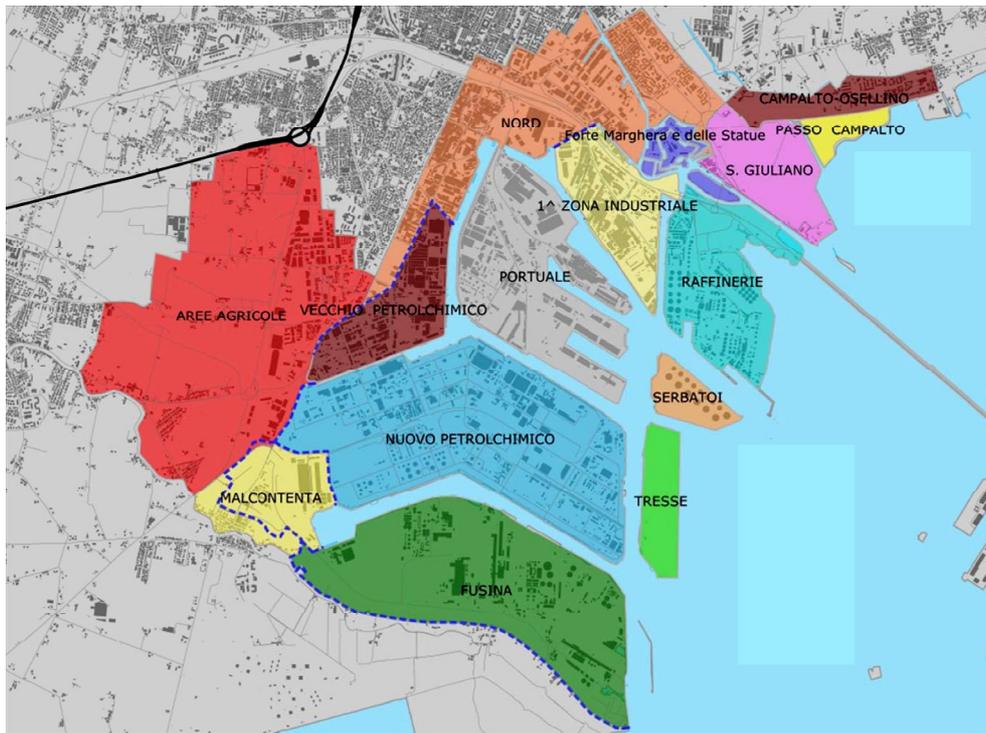


Figura 2.2: Suddivisione dell'area del SIN (Magistrato alle Acque, 2011)

3 Geologia dell'area

La pianura veneto-friulana costituisce l'avampaese fra gli Appennini e le Alpi meridionali orientali, formatosi in seguito al riempimento di età terziaria e quaternaria di un bacino deposizionale che è situato all'estremità nord-orientale della microplacca adriatica (Provincia di Venezia, 2011).

La chiusura dello stretto di Gibilterra, avvenuta nel Messiniano, portò all'abbassamento del livello del Mediterraneo di parecchie centinaia di metri influenzando la topografia dell'area determinando l'erosione fluviale e la riorganizzazione del reticolo fluviale, favorendo la formazione dei megafan alluvionali in età tardo pleistocenica e olocenica dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave, Brenta e Adige che hanno dato origine all'attuale pianura veneta (Provincia di Venezia, 2011).

Nonostante la posizione al limite della placca, individua un'evoluzione tettonica attiva che influisce sulla morfologia superficiale e l'evoluzione della rete fluviale non ha risentito di fenomeni legati a questa. Ciò è stato determinato dalla ingente portata solida favorita dall'erosione dei bacini montani (Bondesan & Meneghel 2004).

Dalle analisi dei dati stratigrafici, pedologici, mineralogici e geomorfologici è stato possibile riconoscere nella pianura veneta megafan. Quest'ultimi sono sistemi sedimentari allungati verso il mare, con morfologia planare a ventaglio e simile a un cono appiattito se visto in tre dimensioni (Provincia di Venezia, 2008). Si differenziano dai classici conoidi alluvionali per la granulometria: i sedimenti dei megafan risultano selezionati, e passano da ghiaie a sabbie, a limi e ad argille, mentre i conoidi alluvionali sono caratterizzati unicamente da sedimenti grossolani, quindi si possono definire conoidi solo le parti prossimali di questi sistemi alluvionali ma non l'intera struttura (Provincia di Venezia, 2011).

I principali fiumi che scorrono in questa zona (Brenta, Piave e Tagliamento) variano il proprio tracciato passando, dallo sbocco vallivo al mare, da braided ad anastomosati e a meandriformi: questo implica una diminuzione dell'energia del fiume e di conseguenza una riduzione della capacità di trasporto e della successione di deposizione, che varia da sedimenti grossolani a monte, a fini nel tratto terminale.

Il tratto terminale è caratterizzato da depositi di esondazione limoso-argillosi e da corpi di canale sabbiosi o, più raramente, ghiaiosi (Provincia di Venezia, 2011). Nella bassa pianura le alluvioni fluviali si intercalano con sedimenti di origine marina, lacustre e palustre, mentre nell'alta i materiali sono pressoché interamente di deposito fluviale o fluvioglaciale. Infatti agli eventi alluvionali si intercalano periodicamente trasgressioni e regressioni marine, che si identificano con i gli ambienti lacustri e palustri, che nella parte bassa della pianura sostituiscono completamente le alluvioni (Bondesan & Meneghel 2004).

Durante l'ultimo massimo glaciale (LGM) ci fu un rapido sviluppo dei megafan favorito dalla ingente produzione di detriti dell'ambiente glaciale e periglaciale, associato al movimento glaciale che ha garantito il trasporto a valle dei sedimenti (Bondesan & Meneghel 2004).

Come riportato in Bondesan & Meneghel (2004), lo spessore dei sedimenti depositi durante il LGM è in genere superiore a 15 m su tutta la pianura e può raggiungere un massimo di 25-30 m, come documentato nel megafan del Brenta nella zona di Mestre e Marghera (unità di Mestre).

Bisogna considerare che un sistema fluviale è attivo solo in una limitata fascia, quindi solo una piccola parte risulta interessata da nuove sedimentazioni e perciò si ha una differenziazione interna al megafan. Si trovano frequenti livelli torbosi e limosi organici di spessore pluricentrico che testimoniano dei momenti di stasi sedimentaria e sono abbandonati i terreni soggetti alla pedogenesi e alla formazione di bacini idrografici minori, come quelli dei fiumi di risorgiva o dei corsi a carattere temporaneo dell'alta pianura (Bondesan & Meneghel, 2004). Inoltre sono riconoscibili fasi di aggradazione e fasi di erosione, spesso collegate a cicli climatici e glacio-eustatici. Queste fasi possono anche coesistere all'interno dello stesso sistema. Considerando il sistema del Fiume Brenta si identificano dossi formati dai fiumi nel settore attivo, mentre i corsi di risorgiva incidono.

Tale dinamica rende possibile l'esistenza di settori, talvolta tra loro adiacenti, con caratteristiche idrologiche, pedologiche e geomorfologiche anche molto diverse all'interno dello stesso megafan.

È possibile trovare suoli su sedimenti fluviali e in parte lagunari, a tessiture limoso fini o limoso grossolane, a drenaggio mediocre o lento. La maggior parte di questi sono riconoscibili attraverso superfici decarbonatate, con formazione di orizzonti calcici poco sviluppati.

In tutta l'area è riconoscibile il cosiddetto "Caranto", un paleosuolo costituito da argilla sovraconsolidata posto alla sommità della serie pleistocenica (Gatto & Previatello, 1976). Questo livello divide i depositi lagunari dalla sottostante serie alluvionale. È mediamente spesso 1-2 m ed è facilmente riconoscibile dalle

colorazioni screziate dall'ocra al grigio e dai comuni noduli carbonatici duri con diametro da pochi millimetri a 1-2 cm (Bondesan & Meneghel 2004).

Nella Fig 3.1 viene illustrata la base dei depositi posteriori all'ultimo massimo glaciale - LGM (15.000 a.C. circa-attuale) che corrisponde ad una discontinuità stratigrafica in testa ai depositi alluvionali pleistocenici che viene generalmente sottolineata dalla presenza del "Caranto".

Come si osserva tali depositi possono essere in affioramento immediatamente a monte di Porto Marghera, mentre all'altezza del limite del SIN sono posti a tra 0 e -3 m s.l.m.

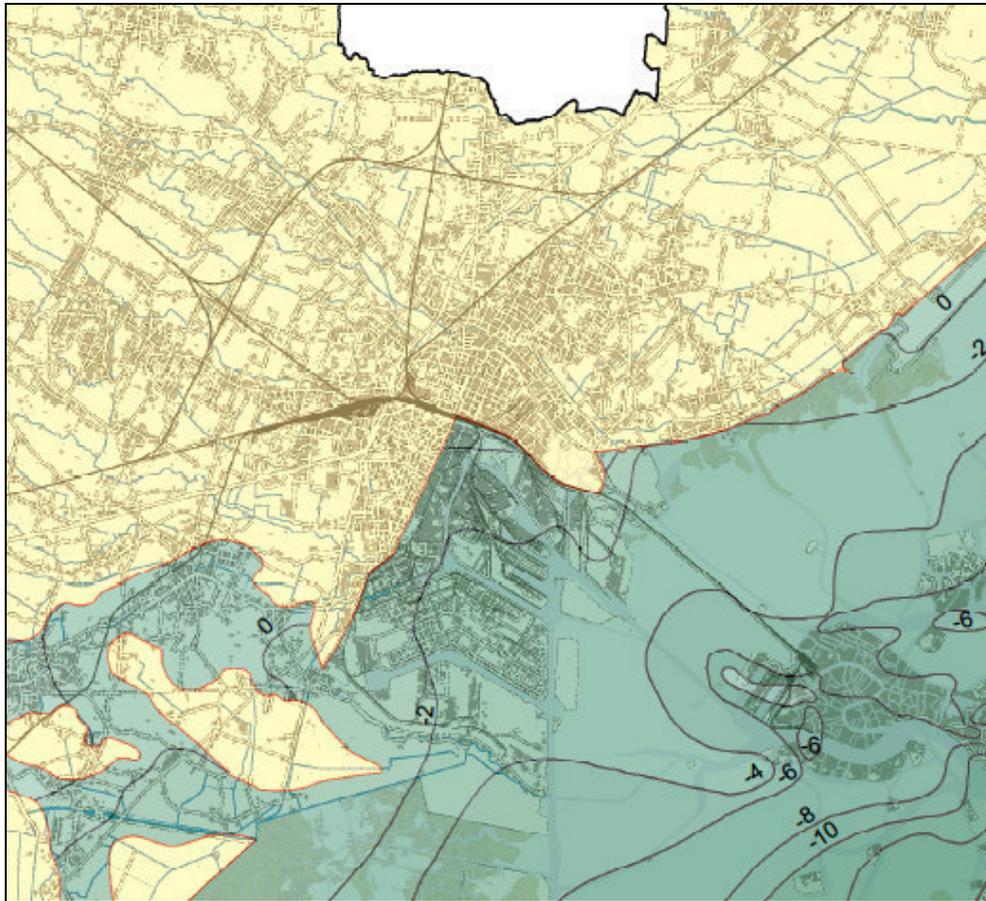


Figura 3.1: Carta della quota della base dei depositi LGM riferita al livello medio marino (in giallo le aree di affioramento dei depositi e in rosso il limite stratigrafico tra depositi LGM e post LGM)

I dossi tardo-Pleistocenici del Brenta, formatesi precedentemente alla pedogenesi, interrompono la continuità laterale del Caranto (Bondesan & Meneghel 2004).

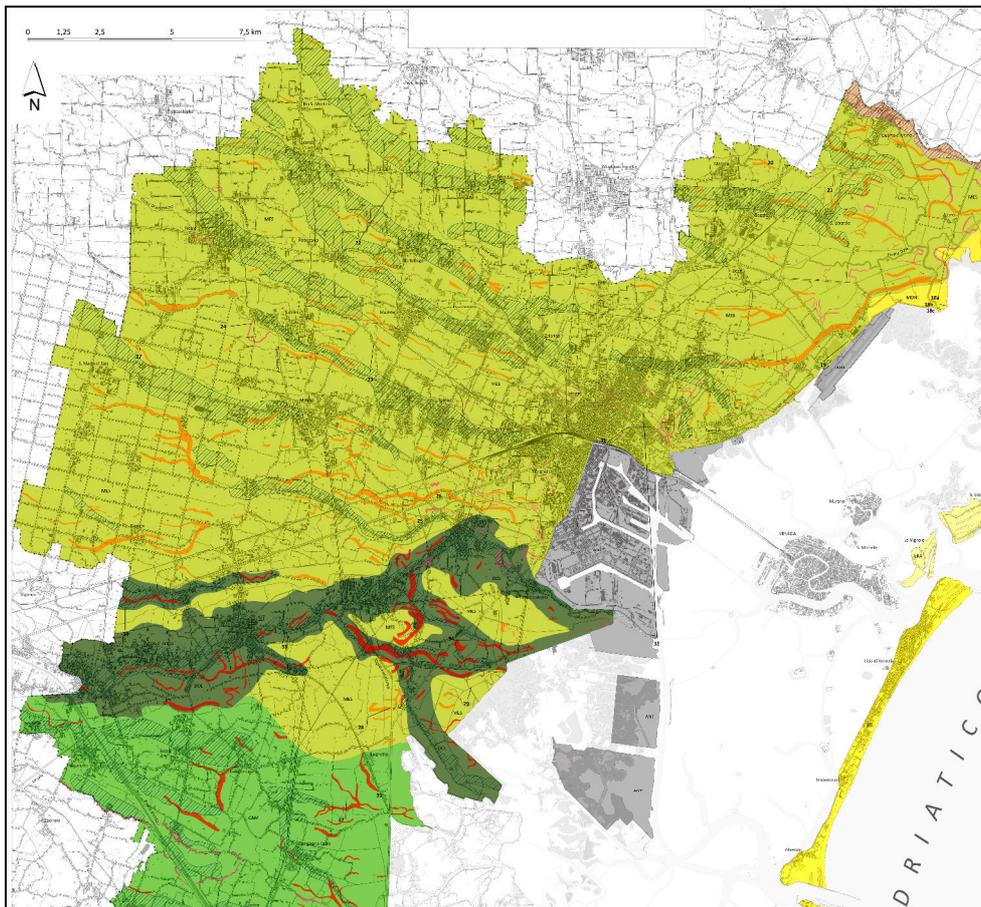


Figura 3.2: Stralcio della carta geologica (tratto da Bondesan et al. 2008)

Nell'area oggetto di studio, come si vede in Fig. 3.2, affiorano l'unità di Mestre, di Dolo e di Marghera.

L'unità di Mestre è formata da depositi alluvionali costituiti da limi, sabbie e argille. In superficie le sabbie medio-fini con variabili percentuali di limo, rappresentano facies di canale attivo, di argine naturale e ventaglio di rota, sono concentrate in corrispondenza dei dossi, dove costituiscono corpi lentiformi scarsamente interconnessi che giungono a spessori massimi di 2-4 m; in profondità, i corpi di canale possono essere coalescenti tra loro e produrre sequenze sabbiose spesse fino a 10-20 m. Solitamente si estendono da qualche centinaio di metri a circa 2-3 km. Gli abbondanti depositi limosi e argillosi di esondazione contengono comuni lenti di torba e orizzonti variamente organici di ambiente palustre, spessi al massimo pochi decimetri ma lateralmente continui (Provincia di Venezia, 2011).

L'unità di Dolo è costituita da materiali di origine alluvionale depositi durante l'ultimo millennio, a seguito dell'avulsione del Brenta all'altezza di Ponte di Brenta in Provincia di Padova, percorso poi ereditato dal Naviglio Brenta (Fabbri et al, 2013).

L'unità di Marghera unità è costituita da depositi di origine antropica eterogenei, principalmente sabbioso-limosi. Questi sono materiali di riporto, con abbondanti resti provenienti dal disfacimento di materiale di costruzione e archeologico.

Numerose sono le tracce paleoidrografiche dell'area. Sono presenti solo tracce singole a sinuosità variabile, larghe da pochi metri a qualche decina di metri, generalmente con estensione lineare inferiore al chilometro. Queste tracce, localmente anche molto fitte, paiono attribuibili principalmente all'attività della rete idrografica minore, che trae origine dal drenaggio locale delle acque superficiali. Attualmente lo scolo delle acque è strettamente controllato dal reticolo idrografico artificiale e dunque tali tracce rappresentano elementi relitti (Bondesan & Meneghel 2004).

In generale l'intervento umano ha modificato la geomorfologia, incidendo su direzione e morfologia degli alvei, sull'assetto costiero e sull'estensione delle lagune (Provincia di Venezia, 2011).

La geologia dell'area è stata ricostruita nel dettaglio attraverso il database stratigrafico della Provincia di Venezia, che consiste in una serie di tabelle collegate tra loro tramite un codice identificativo univoco che caratterizza ogni singolo punto di indagine. L'esatta posizione di ogni sondaggio si può ricavare dalle

relative coordinate e sono visibili nella Tav. 1 allegata. Il database è costituito da n.10096 prove. Per il presente studio ne sono state utilizzate n.5472, che sono state poste in prossimità o all'interno dell'area. Nel database sono descritti tutti i sondaggi e le loro caratteristiche litostratigrafiche riportando i seguenti dati: numero dello strato, profondità del tetto, del letto e dello spessore di ogni livello, descrizione geologico-stratigrafica dello strato, litotipi costituenti i livelli, permeabilità stimata di ogni livello, presenza di torba, di "Caranto" e di fossili e contenuto organico.

Per ridurre notevolmente i tempi di elaborazione delle stratigrafie sono state utilizzate a livello operativo delle macro per l'analisi e la semplificazione dei dati. Le macro sono costituite da programmi compilati dall'utente per eseguire in modo automatico semplici elaborazioni, soprattutto all'interno dei fogli di calcolo. Nel caso in esame sono state utilizzate le macro per identificare gli strati, per attribuire ad ognuno di questi la litologia appropriata e per calcolare le conducibilità idrauliche equivalenti.

Come si evince dalle figure seguenti tratte da Bondesan et al. (2008) la geologia superficiale dell'area è molto variabile. In tutti i sondaggi si può identificare un'alternanza tra materiali più fini (limi e argille) e materiali relativamente più grossolani (sabbie). Nella parte settentrionale della zona di studio, ad esempio nella sezione 22, si nota che le correlazioni stratigrafiche tra i vari sondaggi possono indurre a interpretare le lenti grossolane come paleoalvei. La geometria di queste strutture è chiara e si possono notare delle migrazioni di canali. E' ad esempio il caso della lente sabbiosa che si estende dal fiume Dese e il sondaggio numero 12657. Nella zona centrale dell'area, le granulometrie risultano più grossolane e i livelli sono più continui e più spessi (sezione 23, Fig. 3.3). Si potrebbe identificare in questa posizione un paleoalveo di dimensioni maggiori rispetto a quello ubicato a nord. Verso sud (sezione 25, Fig. 3.4) gli strati argillosi risultano nuovamente intercalati a quelli più fini, ma si possono riconoscere delle strutture più continue rispetto a quelle settentrionali, sia per gli strati grossolani che per quelli più fini.

Nella fascia orientale, in zona di Porto Marghera, i sondaggi si infittiscono e le correlazioni sono più precise nonostante rimangano alcune incertezze. Si riconosce l'unità di Marghera soprastante ai livelli più fini dell'unità di Mestre, occasionalmente la granulometria risulta più grossolana. Gli strati sabbiosi sono di spessore maggiore ma come visto in precedenza risultano sempre limitati lateralmente da strati argilloso-limosi.

Le sezioni 24 e 31 (figure 3.5 e 3.6), che diversamente da quelle precedenti realizzate con direzione N-S, hanno direzione E-O e rappresentano gli strati sabbiosi variare continuamente di spessore: si passa da valori di 2-4 m fino a 12-14 m.

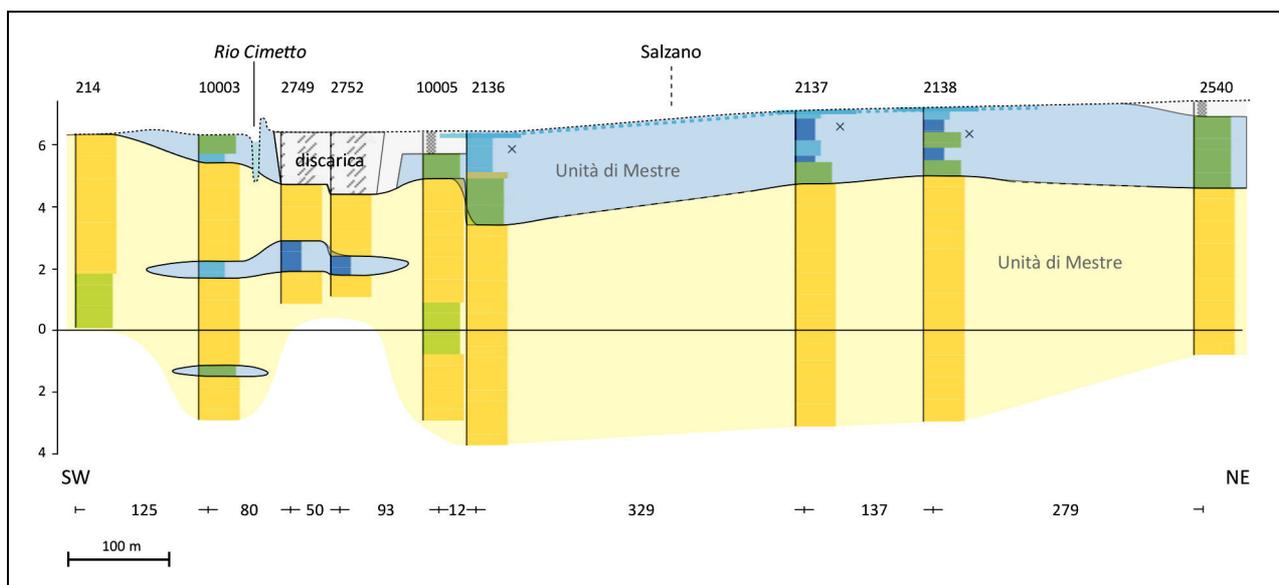


Figura 3.3: Sezione 23 – Lüneo, tratta da Bondesan et al. (2008)

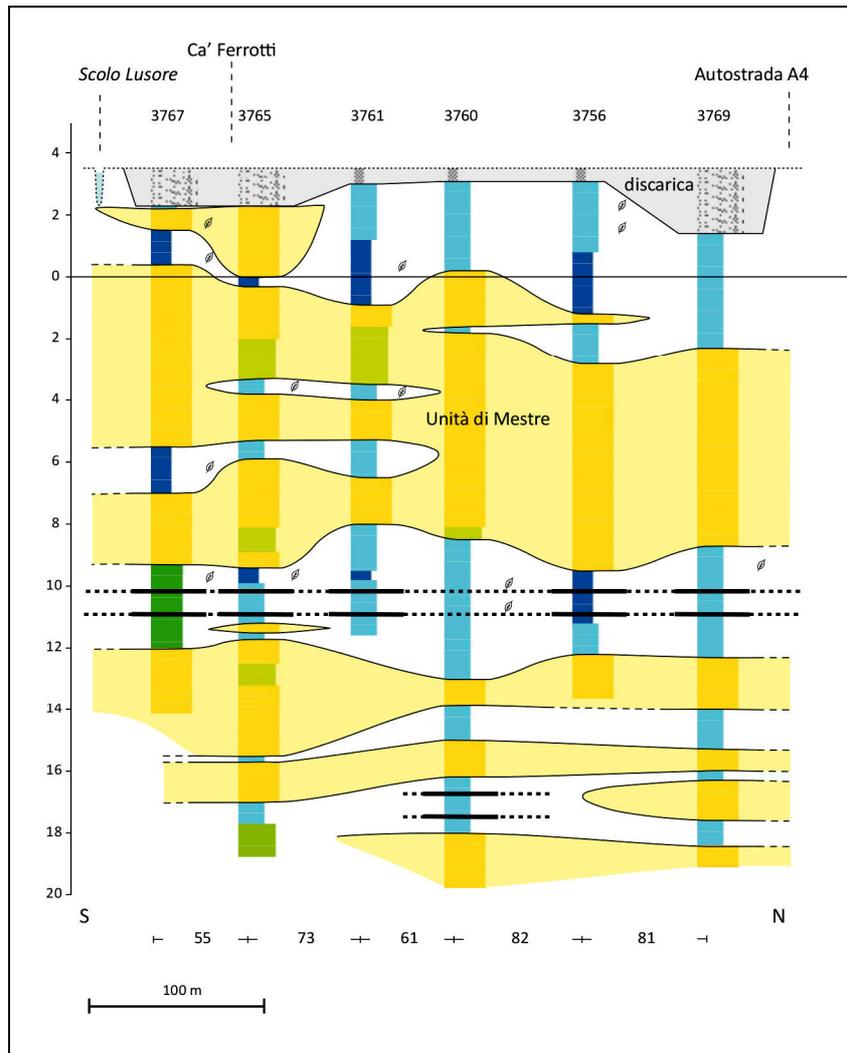


Figura 3.4: Sezione 25 – Canale Lusore, tratta da Bondesan et al. (2008)

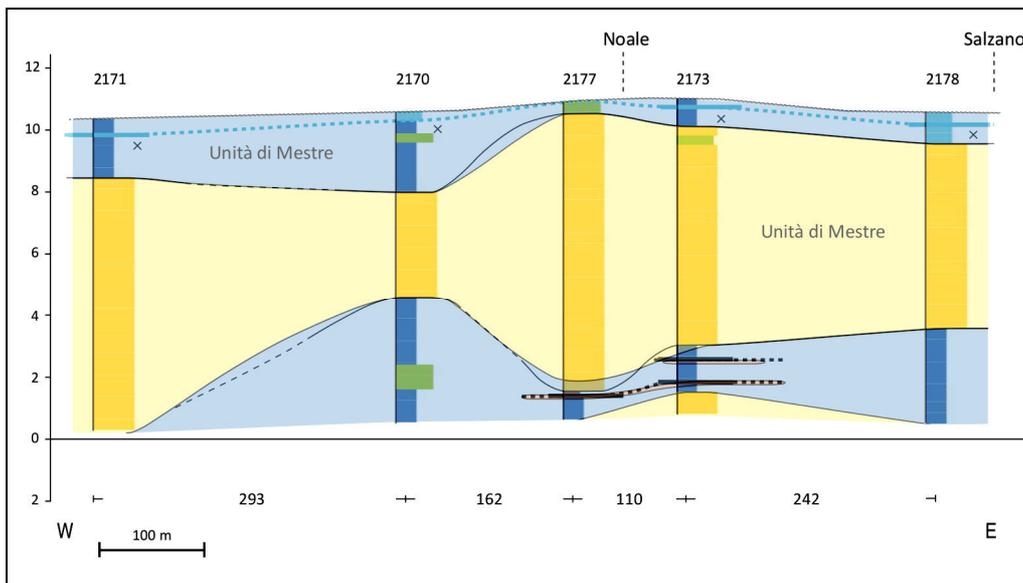


Figura 3.5: Sezione 24 – Musone Vecchio, tratta da Bondesan et al. (2008)

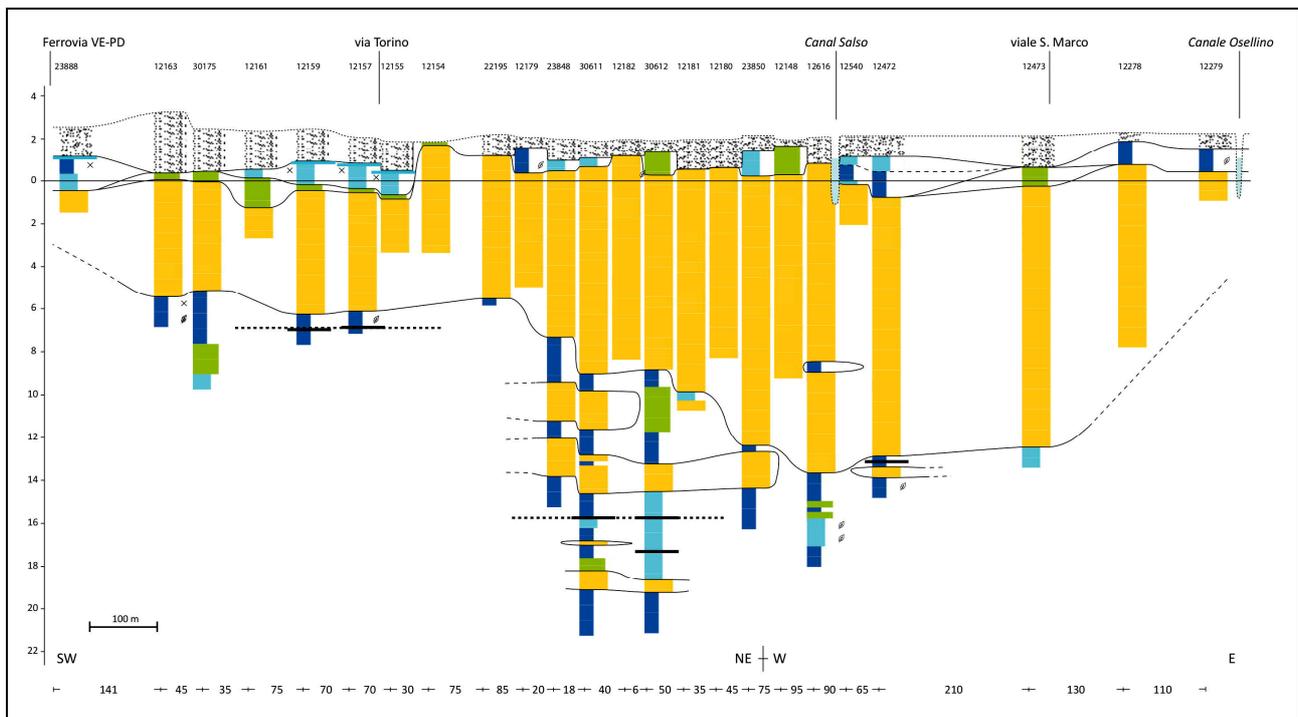


Figura 3.6: Sezione 31 – Mestre, tratta da Bondesan et al. (2008)

All'interno della zona lagunare sono presenti alcuni sondaggi da cui è stato possibile ricostruire la stratigrafia sotto al centro storico. È stata identificata una successione di argille e limi chiari con sabbia, di origine continentale, e argille nerastre conchigliifere e limi scuri di origine lagunare. (Fig. 3.7)

È stato possibile identificare depositi provenienti da facies di canale alluvionale al di sotto del centro storico di Venezia, attribuibili a un paleoalveo del Brenta.

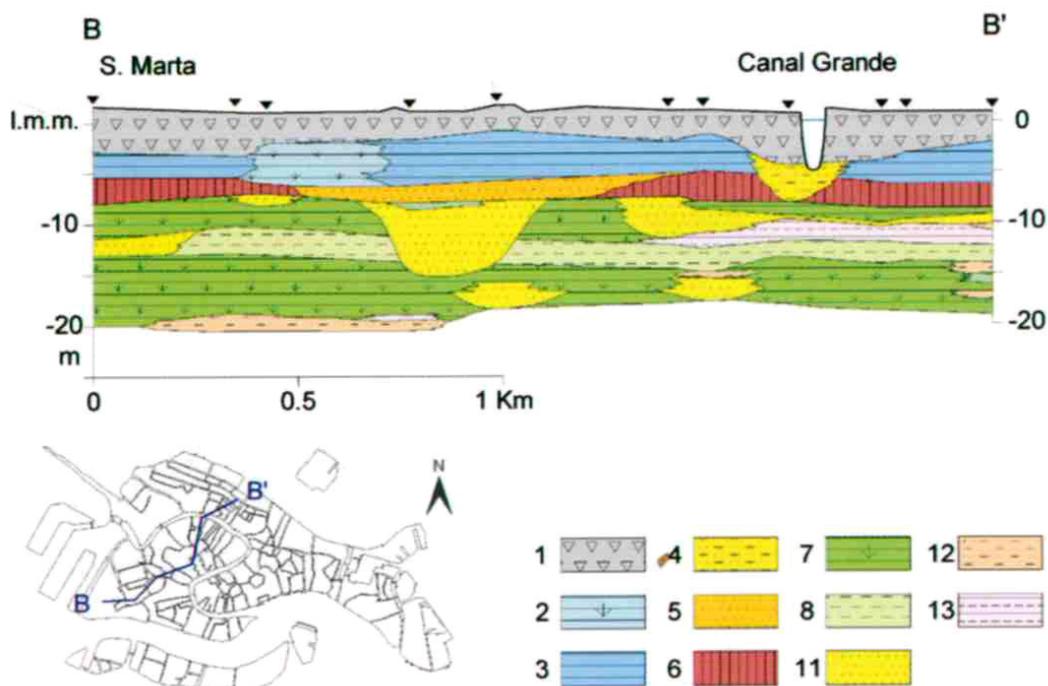


Figura 3.7: Stratigrafia sottostante al centro storico di Venezia. Le unità sono: 1 deposito antropico: coltre superficiale di copertura; depositi di ambiente lagunare; 2 argilla e argilla limosa con sostanza organica; 3 argilla con resti di molluschi; 4 limo sabbioso; 5 sabbia fine di canale di mare; depositi di ambiente continentale; 6 argilla limosa-sabbiosa ocracea, sovraconsolidata (caranto); 7 argilla e argilla limosa con torba; 8 alternanze di limo sabbioso e limo argilloso; 11 sabbia media e fine di canale alluvionale; 12 limo sabbioso; 13 limo sabbioso e argilla (Zezza, 2008)

4 Idrografia

Il territorio provinciale veneziano è attraversato da una rete idrografica di notevole estensione. In Fig. 4.1 è rappresentato uno stralcio della zona in cui è ubicata l'area di studio.

L'area è intensamente occupata dal reticolo idrico di seguito descritto.

Il fiume Brenta attraversa un breve tratto (25 km) del territorio provinciale, ma rimane di fondamentale importanza perché da questo fiume si diramano corsi d'acqua minori e canali che dividono il territorio.

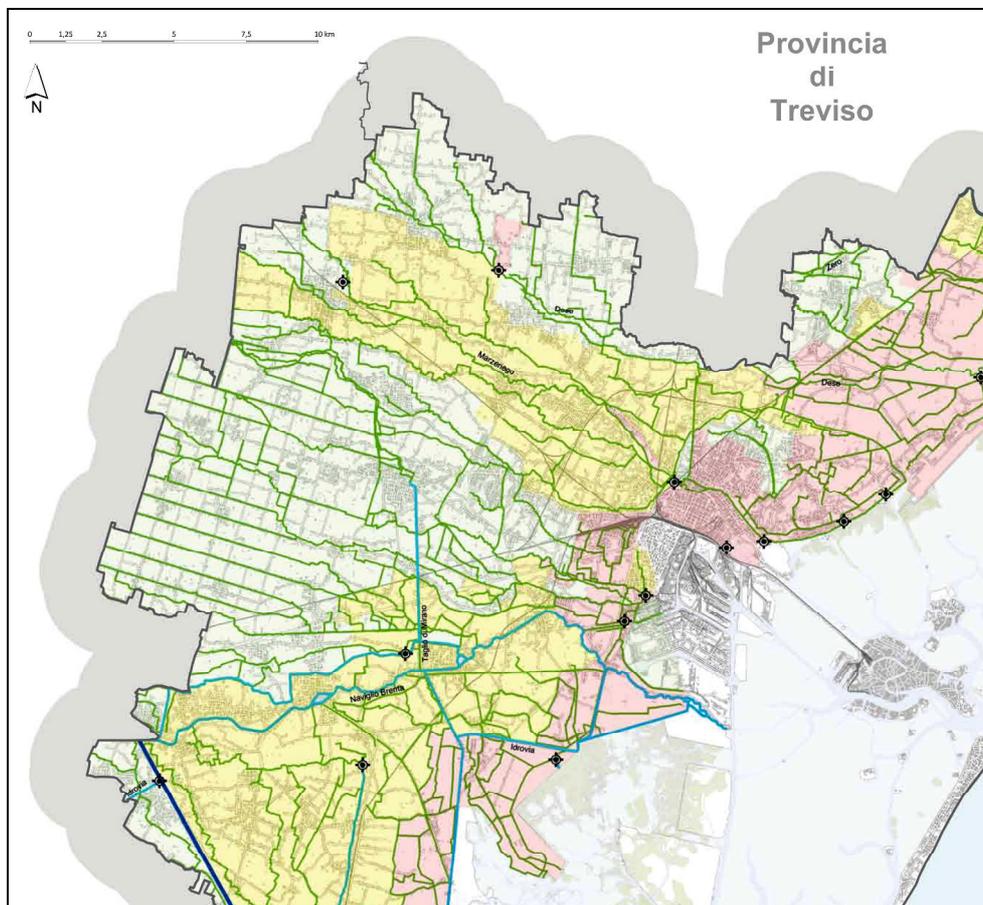


Figura 4.1: Stralcio della carta "Idrografia e Bonifica idraulica" (Vitturi, 2011)

Sono presenti altri fiumi di minori dimensione:

- fiume Dese, che si sviluppa arginato per 42 km e funge da recapito per le acque delle idrovore Cattal e Zuccarello;
- fiume Marzenego, anche questo interamente arginato si estende per più di 24 km, nella zona di Mestre si separa in due canali che si riuniscono poco a valle nel canale Osellino, il quale raccoglie le acque provenienti dalle idrovore Campalto e Tessera per poi sfociare in laguna;
- canale Scolmatore del fiume Marzenego riceve come affluenti il Rio Storto, lo Scolo Ruviego, lo Scolo Dosa e il Rio Cimetto. Tutta la superficie del bacino dello scolmatore è diventata, con la messa in esercizio dell'impianto idrovoro, a scolo meccanico alternato;
- Fiumicello Muson Vecchio, anche lui arginato, confluisce nel Canale Taglio di Mirano.

Il reticolo idrografico attuale è il risultato di numerose opere idrauliche iniziate dai Veneziani nel XV secolo e che continuano tuttora (Provincia di Venezia, 2011).

In particolare le principali opere che interessano le acque superficiali sono:

- Naviglio Brenta, che trae origine dalla sistemazione di un vecchio ramo del Fiume Brenta che sfociava in Laguna;

- Taglio di Mirano, costruito agli inizi del XVIII secolo che convoglia presso Mirano le acque del Muson Vecchio nel Naviglio Brenta, l'idrovia Padova-Venezia, che intercetta alcuni canali di bonifica creando degli scompensi idraulici;
- canale Novissimo, la cui portata principalmente collegata a una deviazione del Naviglio Brenta nei pressi di Mira (Provincia di Venezia, 2011).

La rete idrografica è classificabile in base al regime di deflusso delle acque che può essere naturale, meccanico o misto. Si possono individuare e suddividere così i corsi d'acqua:

a) a deflusso naturale:

- Dese
- Zero
- Marzenego-Osellino
- Lusore
- Muson vecchio
- Tergola
- Scolo Soresina
- Scolo Fiumazzo
- Canale Montalbano

b) a deflusso controllato (meccanico o misto):

- Naviglio Brenta
- Canale di Mirano
- Taglio Nuovissimo

L'area oggetto di studio si trova quasi completamente in una zona depressa e quindi sono presenti molti manufatti idraulici. In particolare lo scolo è solo meccanico tra Mestre e il Sile mentre è misto nel territorio compreso tra Mestre e Scorzè.

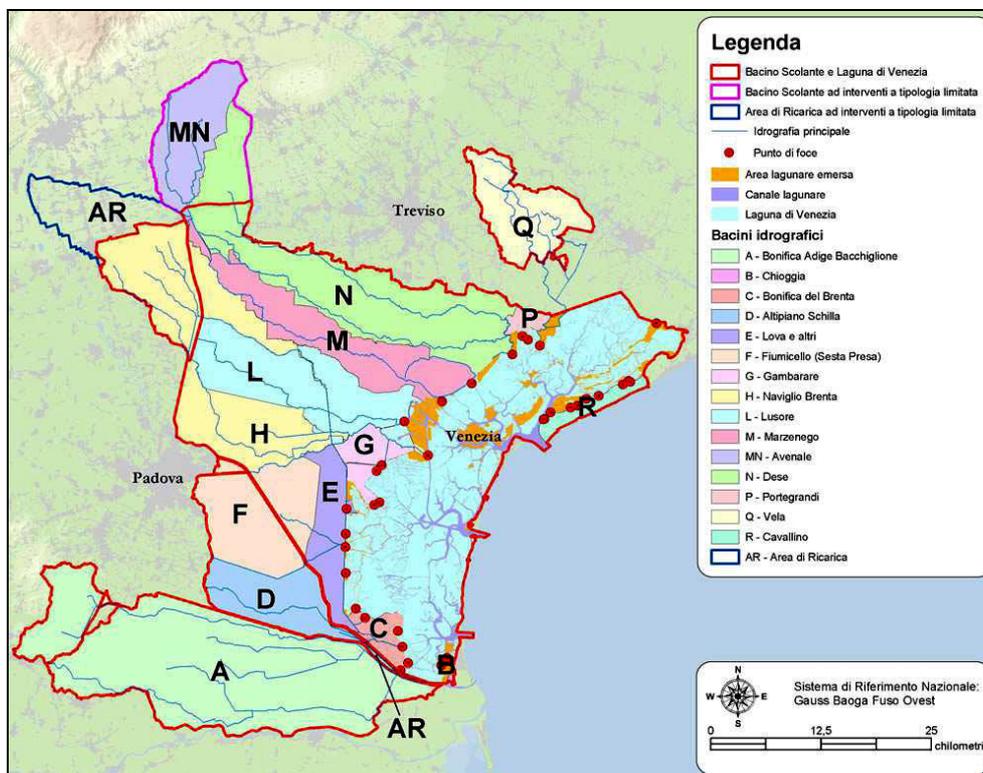


Figura 4.2: Bacino Scolante nella Laguna di Venezia (Fonte ARPAV)

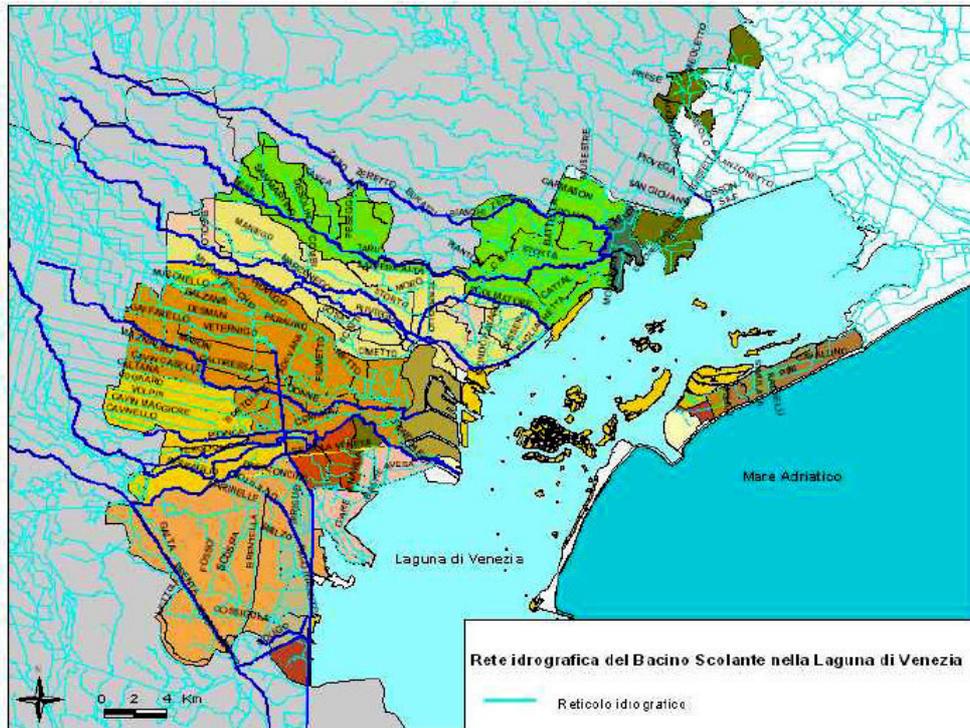


Figura 4.3: Rete idrica del bacino scolante della laguna di Venezia

La Regione del Veneto ha prodotto un accurato database che raccoglie tutti i corsi d'acqua superficiali; per le successive modellazioni sono stati esclusi (per ragioni di scala di elaborazione) i fossi, gli scolmatori, gli scarichi, gli sfioratori, le inalveazioni, i deviatori, gli allacciamenti, le fosse, le derivazioni, gli allacciamenti, i collettori, le diramazioni e gli elementi non classificati.

Inoltre sono ritenuti di minor importanza o di limitata influenza sul modello e quindi non considerati in questa fase il rio Moro, il canale sant'Anna, i canali scolmatori (primario e secondario) dell'Idrovora di Dogaletto, il rio Draganziolo, rio Maniego, rio Tasca e fiume Zero. Anche il canale Osellino non è stato considerato perché il dettaglio del modello in questa fase non richiede il suo inserimento e sarà eventualmente considerato successivamente con ulteriore modellazione più dettagliata. La parte terminale del fiume Marzenego – Osellino Foce non è stato considerato per lo stesso motivo.

Sono stati conservati gli scoli Lusore, Ruviego e Dose per le loro dimensioni significative.

Di seguito è riportata una tabella riassuntiva dei corsi d'acqua considerati nelle successive elaborazioni (Tab. 4.1).

La larghezza degli alvei dei corsi d'acqua è stata valutata con le immagini da satellite tratte da Google Earth. Il livello idrometrico è stato valutato sia dal DTM a 5 m della Provincia di Venezia, dalle relazioni con il livello della falda e dai dati pervenuti dalle reti di monitoraggio del Magistrato alle Acque di Venezia (MAV) e della Regione Veneto.

La rete del MAV conta, in tutta la provincia veneziana, n.14 stazioni di misura, ubicate in prossimità delle foci dei fiumi. Per la realizzazione del modello ne sono state considerate solo una piccola parte perché sono le uniche posizionate all'interno dell'area interessata e le uniche di cui si disponeva dei dati. Quelle utilizzate sono Osellino-Tessera, Osellino-Rotte, Lusore, Bondante e Dese a Dese.

Le misure effettuate hanno frequenza oraria e hanno diversi punti di riferimento come riferito alla consegna dei dati:

- per il Dese a Dese, a causa del malfunzionamento del sensore, viene fornito il livello sul medio mare ricavato dal modello idrologico del bacino scolante;
- per le restanti foci il livello è stato riportato sul medio mare sottraendo gli offset ricavati dalla livellazione eseguita nel 2004 (unica disponibile) e nella livellazione non era stato considerato lo Zero a Mogliano.

Tipo corso	Nome corso	Larghezza (m)	Settore
FIUME	DESE	15	Destra
NAVIGLIO	BRENTA	25	Sinistra
SCOLO	LUSORE	10	Sinistra
TIPO	BONDANTE (SCARICATORE DI MALCONTENTA O CANALE NUOVO)	13	Sinistra
CANALE	DELLA RANA	26	Sinistra
CANALE	SCOLMATORE	10	Destra
CANALE	MENEGON FIUME VECCHIO	13	Sinistra
FIUME	MARZENEGO	10	Destra
FIUME	MARZENEGO - OSELLINO FOCE 1	23	Destra
IDROVIA	PADOVA - VENEZIA	55	Sinistra
RIO	STORTO	4	Destra
SCOLO	RUVIEGO	5	Destra
RIO	CIMETTO	3	Destra
CANALE	TAGLIO DI MIRANO	13	Sinistra
RIO	SERRAGLIO	9	Sinistra
CANALE	MUSON VECCHIO	12	Sinistra
RIO	VETERNIGO	5	Sinistra
CANALE	BALZANA	5	Sinistra
SCOLO	DOSA	3	Destra

Tabella 4.1: Corsi d'acqua considerati nell'area di studio per l'implementazione del modello numerico di flusso

La rete di monitoraggio della Regione Veneto, invece, è costituita da n.12 stazioni di misura che controllano l'area più a monte rispetto a quella sorvegliata dalla rete del MAV. I dati sono giornalieri e riferiti a un livello di riferimento la cui quota non è nota. Questi dati sono stati utilizzati per verificare l'andamento dei fiumi nel tempo.

Solo n.6 stazioni sono in prossimità dell'area modellata. Di queste, una (Marzenego a Monte di Mestre) non è stata considerata perché i dati erano assenti per il periodo studiato, mentre non sono distinguibili tra loro le due stazioni che monitorano il canale Botte del Serraglio a Mira perché è disponibile un solo dato da entrambe le stazioni. La Tab. 4.2 riassume i dettagli delle stazioni della rete regionale considerate.

Codice Stazione	Nome Stazione	Comune	Tipo
A5i	Canale Taglio a Marano	Mira	Idrologica correntometrica
A2ib	Botte del Serraglio di Mira	Mira	Idrologica correntometrica
A3i	Pionca a Mirano	Mirano	Idrologica correntometrica
A2ia	Botte del Serraglio di Mira	Mira	Idrologica correntometrica
A7i	Naviglio Brenta a Malcontenta	Venezia	Idrologica correntometrica

Tabella 4.2: Stazioni di misura delle portate e dei livelli dei fiumi

La Fig. 4.4 mostra le variazioni del livello idrometrico e di portata del canale Taglio di Mirano in cui sono evidenti i minimi estivi e i massimi primaverili.

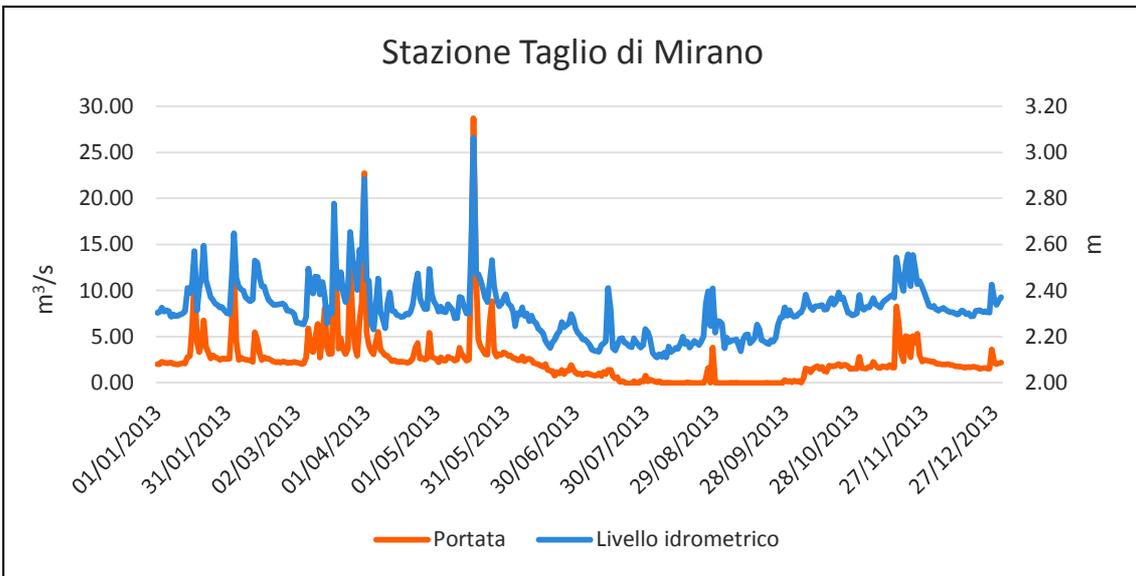


Figura 4.4: Andamento delle portate e del livello idrometrico nell'anno 2013

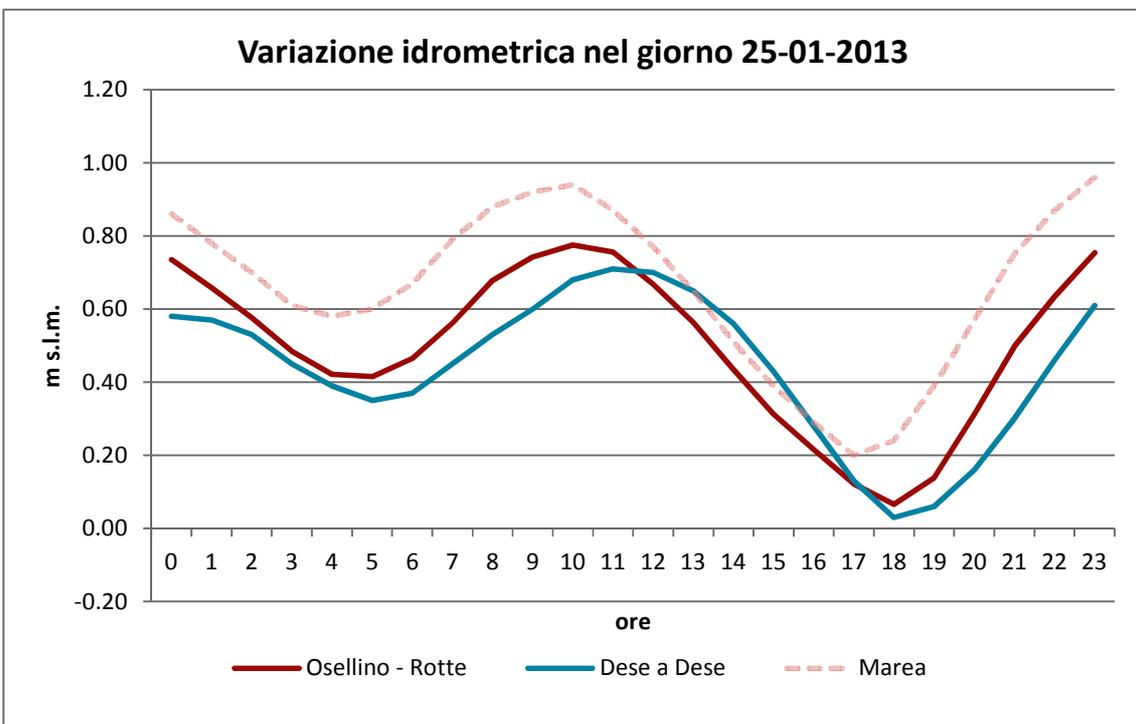


Figura 4.5: Variazione del livello idrometrico alle foci dei canali Osellino-Rotte e Dese

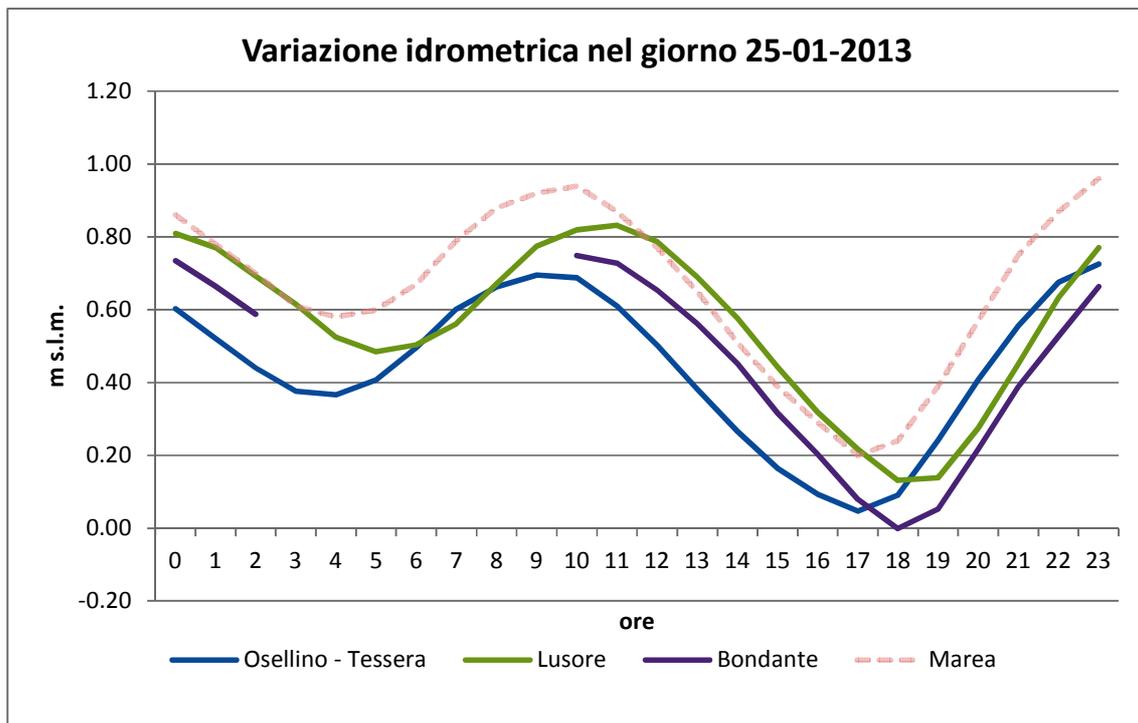


Figura 4.6: Variazione del livello idrometrico alle foci dei canali Osellino-Tessera, Lusore e Bondante

Come visibile dai grafici delle due figure precedenti, i livelli dei fiumi presso le foci nel giorno 25 gennaio 2013 risultano mediamente tutti inferiori al livello idrometrico lagunare. L'andamento sinusoidale lagunare è mantenuto anche dalle foci dei fiumi, in alcuni casi con un ritardo di qualche ora. Questo provoca che il Fiume Lusore nelle fasi di transizione da alta a bassa marea abbia un battente idrico che è leggermente superiore a quello lagunare.

Un livello idrometrico degli alvei fluviali rispetto a quello registrato in laguna implica che la direzione del flusso delle acque superficiali è verso l'entroterra. L'esistenza di tale flusso è testimoniato anche dall'esistenza di valori di portate negativi (Fig 4.7).

4.1 Regimazione delle acque superficiali: idrovore

Il territorio di studio è interessato dal Consorzio di bonifica Acque Risorgive (Fig 4.1.1) che occupa una superficie di 100.430 ha, con un'estensione della rete di bonifica di 1.687 km e con densità media di 1.68 km/km²; gli impianti idrovori presenti sono complessivamente n.15, per una portata potenzialmente sollevata di circa 130 m³/s.

Nella relazione del Consorzio Dese-Sile. 2011 viene sottolineato che *“l'aspetto di rilevanza maggiore per la difesa idraulica del comprensorio è costituito dalla presenza di corsi d'acqua di notevole lunghezza e al tempo stesso di debole pendenza, intersecati lungo il loro percorso da centri abitati di notevole densità, dotati di scarichi fognari spesso a quote inadeguate e quindi facilmente soggetti a rigurgiti che favoriscono le esondazioni.”*

Alcuni corsi d'acqua sono utilizzati per la bonifica idraulica, in quanto le aree attraversate risultano avere una quota inferiore al livello medio del mare (l.m.m.).

Con lo studio curato da Vitturi (2011) è stato possibile identificare diverse idrovore esterne al SIN di Porto Marghera. Le idrovore estraggono acqua da un canale che drena anche la falda e la scarica in un altro canale, solitamente collegato alla laguna. Ciò per non provocare allagamenti, essendo le aree poste al di sotto del livello del mare. Le idrovore possono essere formate da più pompe affiancate che entrano in azione in momenti differenti, quando il corso d'acqua drenante raggiunge un determinato livello idrometrico per abbassarlo. Il livello idrico fluttua quindi tra uno massimo e un minimo. Le idrovore possono entrare in funzione anche in più volte al giorno modificando la portata complessivamente drenata. Nell'area studiata n.7 idrovore influiscono sull'andamento del livello delle acque sotterranee. In Tab. 4.1.1 e in Fig. 4.1.1 sono riassunte le principali caratteristiche, l'ubicazione, l'area di influenza e il tipo delle idrovore.

Idrovora	Volume scaricato (m ³)*	Massimo volume di pompaggio (l/s)	Bacino a monte (ha)**	N. pompe
Dogaletto	10566540	23300	3396 (1503)	9
Malcontenta	5933220	25000	1694 (1161)	7
Cà Emiliani	785200	30000	991 (217)	6
Canal Salso (Via Torino)	472320	3850	261	3
San Giuliano	703728	4010	214	4
Campalto	6420305	20000	1733	7
Tessera	18732600	32500	7311 (7311)	6

* Volume calcolato tra ottobre 2011 e settembre 2012

** Tra parentesi l'area soggetta a scolo alternato, cioè l'area dove le acque defluiscono per gravità in condizioni di magra e meccanicamente in condizioni di piena

Tabella 4.1.1: Principali Caratteristiche delle Idrovore (Arpav et al, 2013)

I livelli ai quali iniziano a pompare acqua variano a seconda dell'idrovora e del tipo di pompa. Con maggiore dettaglio è stato possibile recuperare i dati relativi a solo due idrovore: Dogaletto e Malcontenta. Dell'idrovora di Cà Emiliani sono stati reperiti solo i livelli minimi di attacco e stacco delle pompe. Questi dati sono riportati nelle tabelle seguenti.

Impianto idrovoro Malcontenta - via Padana, 8 Malcontenta (VE)				
Pompa	Tipologia	Portata [l/s]	Quota attacco [m]	Quota stacco [m]
POMPA A1	Asse verticale a pale variabili	3000-6000	-0.89	-1.09
POMPA A2	Asse verticale a pale variabili	3000-6000	-0.89	-1.09
POMPA B1	Asse verticale	1000	-1.19	-1.27
POMPA B2	Asse verticale	1000	-1.19	-1.27
POMPA B3	Asse verticale	1000	-1.19	-1.27
POMPA C1	Sommersibile	5000	-0.99	-1.17
POMPA C2	Sommersibile	5000	-0.99	-1.17

Tabella 4.1.2: Caratteristiche dell'idrovora di Malcontenta

Impianto idrovoro Dogaletto - via Argine Dx Idrovia, 30 Mira (VE)				
Pompa	Tipologia	Portata [l/s]	Quota attacco [m]	Quota stacco [m]
POMPA A1	Asse verticale	4000	-2.07	-2.67
POMPA A2	Asse verticale	4000	-2.07	-2.67
POMPA A3	Asse verticale	4000	-2.07	-2.67
POMPA A4	Asse verticale	4000	-2.07	-2.67
POMPA B1	Asse verticale a pale variabili	1000-2000	-2.07	-2.67
POMPA B2	Asse verticale a pale variabili	1000-2000	-2.07	-2.67
POMPA 3/C1	Asse orizzontale centrifuga	2500	-2.07	-2.77
POMPA diesel/elettrica C2	Asse orizzontale centrifuga	3500	-2.07	-2.77
POMPA 4	Asse verticale	1300	-2.07	-2.67

Tabella 4.1.3: Caratteristiche dell'idrovora di Dogaletto

Impianto idrovoro Cà Emiliani		
Livello di bonifica	Fondo vasca	Massimo livello accettato
-1.50 m s.l.m.	-8.50 s.l.m.	+9.40 dal fondo vasca pari a +0.90 m s.l.m

Tabella 4.1.4: Caratteristiche dell'idrovora di Cà Emiliani

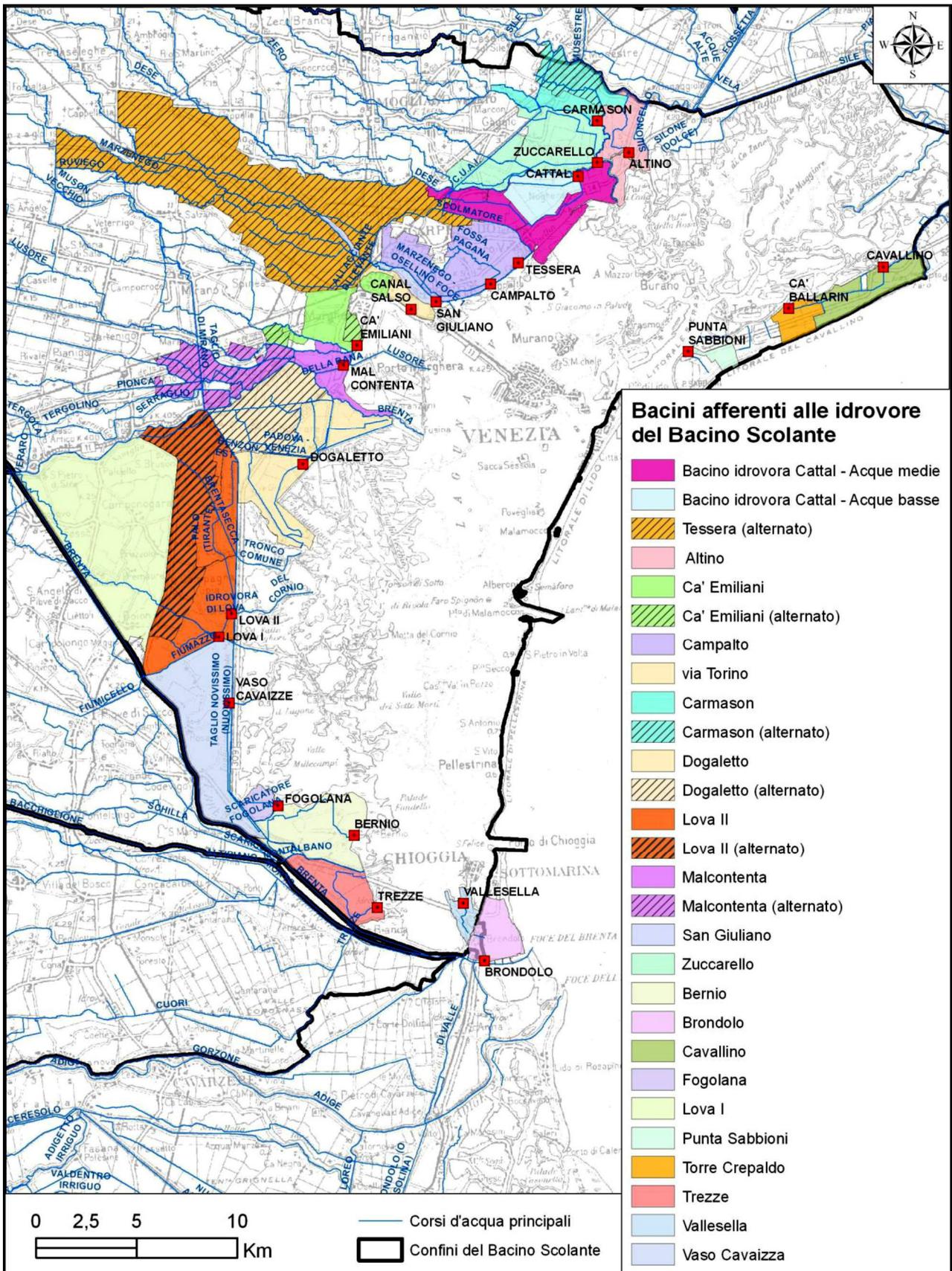


Figura 4.1.1: Ubicazione delle idrovore e relative aree di influenza, tratta da Arpav et al. (2013)

5 Idrogeologia dell'area

La struttura idrogeologica generale della Pianura Veneta si può considerare suddivisa in tre fasce (Provincia di Venezia, 2000):

1. Alta Pianura (acquifero indifferenziato – area di ricarica)
2. Media Pianura (fascia delle falde artesiane)
3. Bassa Pianura (falde a debole potenzialità).

L'alta pianura si estende dai rilievi montuosi verso sud per una decina di chilometri circa ed è costituita dalla parte più grossolana dei megafan che si sovrappongono e formano un unico corpo geologico indifferenziato e omogeneo, quindi molto permeabile. Continuando verso sud, si ha un passaggio rapido alla media costituita da un'alternanza di livelli ghiaiosi, provenienti dalla prima fascia, con letti di depositi fini impermeabili. I primi si assottigliano verso sud, lasciando più spessore al materiale impermeabile che, al contrario, si inspessisce. La bassa pianura è costituita da potenti spessori di limi e argille con intercalazioni di livelli sabbiosi (Bondesan & Meneghel 2004).

Questa struttura, riassunta in Fig. 5.1, individua un livello di falda profondo decine di metri a ridosso dei rilievi montuosi, e, continuando verso sud, il livello tende a diminuire la sua profondità fino, ad affiorare nella fascia delle risorgive. Questa fascia segna il limite tra la prima e la seconda zona.

La seconda zona è costituita da falde sovrapposte in pressione, tutte collegate con la falda freatica della prima fascia.

L'assenza di imponenti livelli ghiaiosi nella terza fascia impedisce la formazione di falde molto produttive, almeno nella parte più superficiale del sottosuolo (Bondesan & Meneghel 2004).

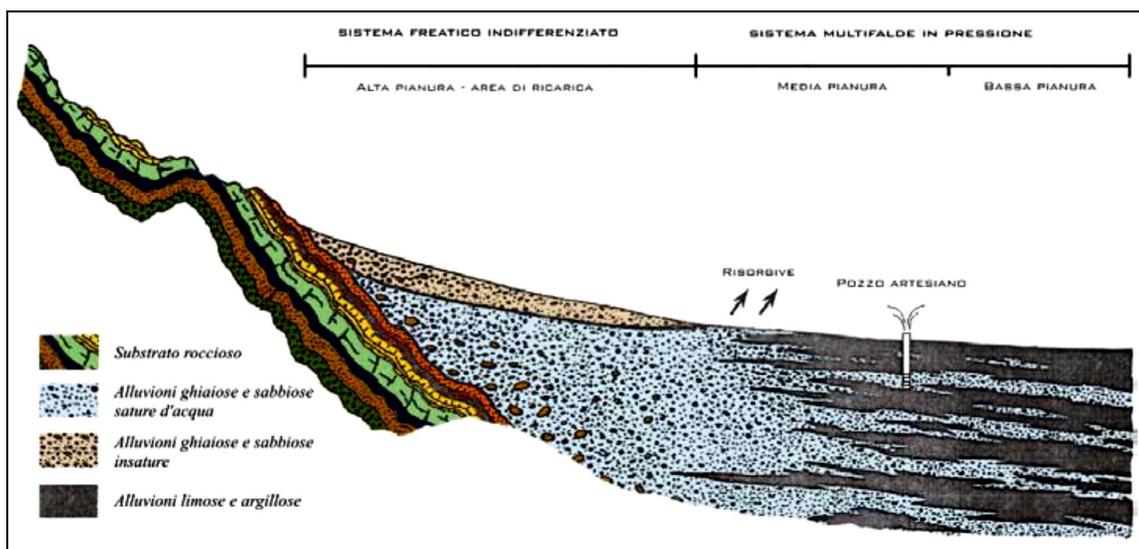


Figura 5.1: Schema dei rapporti stratigrafici nell'area della pianura veneta da N a S

5.1 Area di media pianura

Viene di seguito considerata l'area di media pianura in quanto una parte di essa interessa la zona di più a monte della successiva modellazione numerica.

L'idrogeologia dell'area centrale della Provincia di Venezia è caratterizzata da una falda freatica, la cui superficie è posta appena al di sotto del piano campagna e di varie falde confinate in pressione in sabbie, che diminuiscono in spessore, potenzialità e numero procedendo verso sud (Bondesan & Meneghel 2004). L'acquifero freatico può essere ricondotto ai corpi sabbiosi individuati precedentemente.

La prima è considerata di scarso interesse per la bassa qualità delle acque e per il modesto grado di protezione dell'acquifero a causa dell'elevato contatto con le attività antropiche, da quelle ingegneristiche di occupazione del suolo a quelle agricole (Provincia di Venezia, 2011).

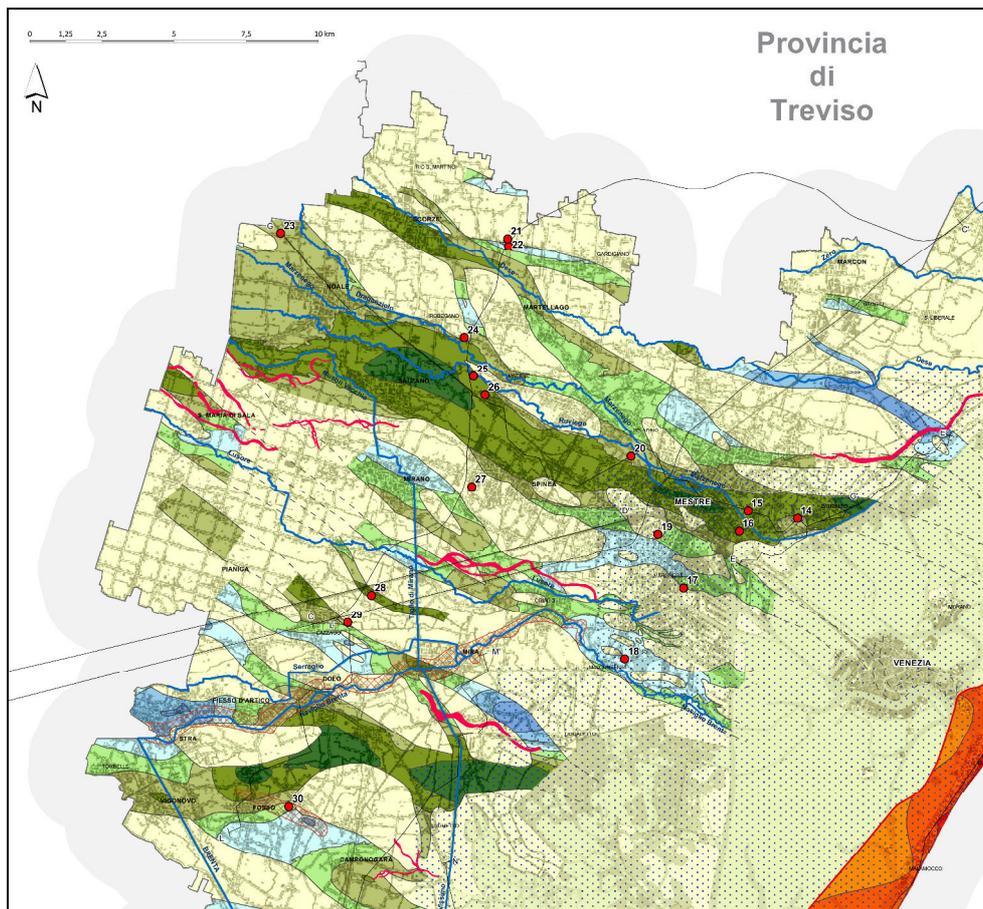


Figura 5.2: Stralcio della carta degli acquiferi superficiali (Fabbri et al, 2013); l'area di interesse è nel riquadro rosso

La sezione in Fig. 5.3 mostra una ricostruzione geologica dell'area della pianura.

Si possono distinguere diversi tipi di acquifero a seconda della profondità. A monte dell'area di studio si può identificare una successione di acquiferi di svariati metri.

Le acque sotterranee mostrano una direzione di flusso NO-SE nonostante il livello piezometrico risulti diverso da falda a falda con un gradiente che varia tra 0.06% e 0.21% (Provincia di Venezia, 2011).

La portata entrante da monte è stata stimata complessivamente in 442 Mm³/anno e nella sezione a valle un volume di uscite pari a circa 170 Mm³/anno; le portate artificialmente estratte tramite pozzi ammontano a circa 260 Mm³/anno, di cui il 55.7% prelevato da pozzi privati e il 44.3% da acquedotti. (Cambruzzi et al, 2010b)

E' stato osservato un sostanziale equilibrio tra la risorsa al momento disponibile ed i quantitativi di acqua richiesti, con prevalenza di estrazioni soprattutto dal primo e dal nono acquifero, mentre le falde meno sfruttate sono la seconda e la terza.

Allontanandosi dall'Alta Pianura si ha una diminuzione della prevalenza ed un peggioramento della qualità delle acque; avvicinandosi alla laguna infatti le acque si arricchiscono in Ferro e Ammoniaca e aumenta la conducibilità elettrolitica.

I valori di fondo naturale delle acque sotterranee è in funzione di elementi di origine geologica quali Alluminio, Ferro, Manganese, Arsenico e Ammoniaca che rendono talora l'acqua non potabile.

È da sottolineare che questa "contaminazione" è di origine naturale e non antropica, e, molto probabilmente, è collegata a condizioni ridotte negli acquiferi e al materiale argilloso e alla presenza di torbe per quanto concerne l'ammoniaca. Per questi motivi non ha una distribuzione costante ma è a "macchia di leopardo" (Provincia di Venezia, 2011).

Infatti la composizione media dei fillosilicati, ricavata dalle analisi chimico-mineralogiche, comprende illite, clorite, caolinite e montmorillonite che giustifica gli alti valori di Ferro, Arsenico e Manganese (Provincia di Venezia, 2011).

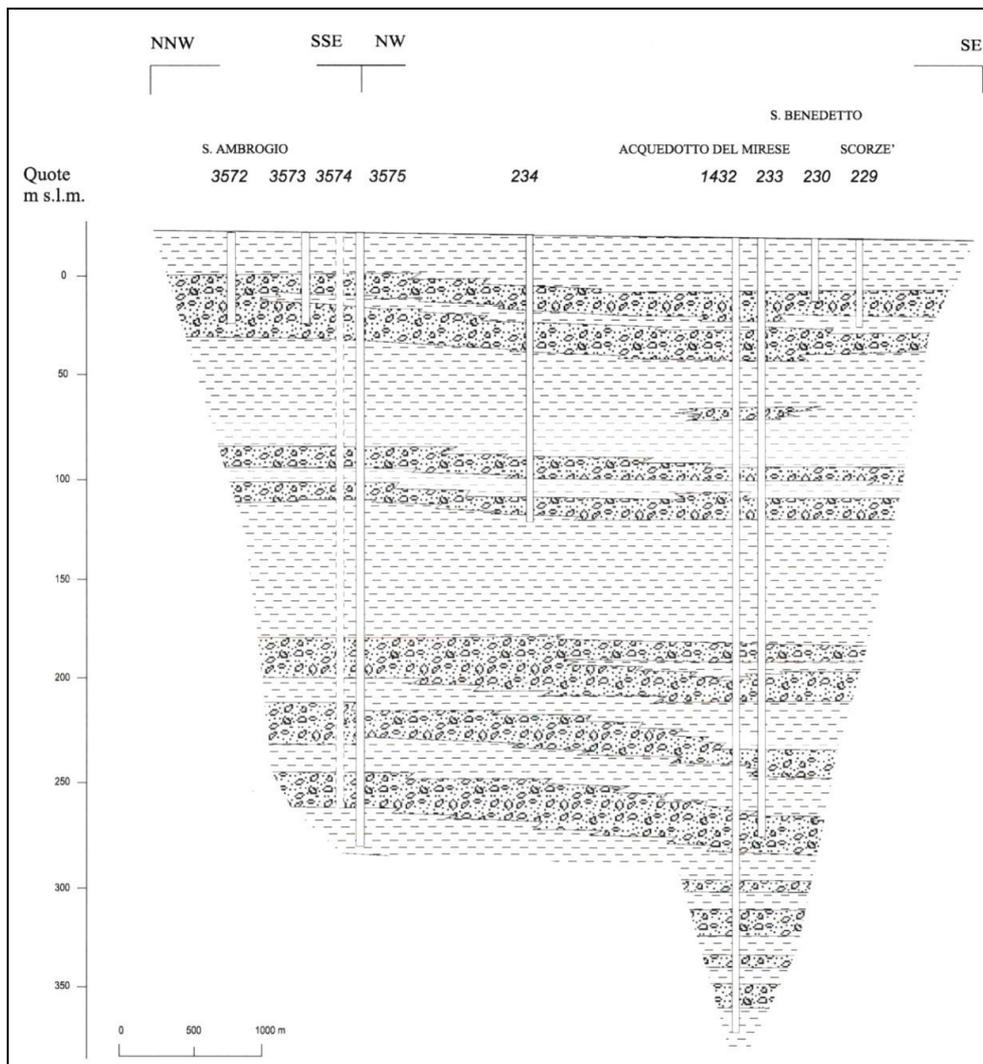


Figura 5.3: Ricostruzione del sottosuolo da S. Ambrogio a Scorzè passante per Mira. Si possono identificare alle varie profondità gli acquiferi descritti nel testo (Provincia di Venezia, 2000)

5.2 Area di bassa pianura

La zona di bassa pianura è interessata da corpi geologici di medio-bassa permeabilità che ospitano acque sotterranee in quanto quasi completamente saturi.

Secondo le sezioni stratigrafiche di Bondesan et al (2008), è possibile identificare delle fasce sabbiose, costituiti dalla coalescenza di più canali che scorrevano in quest'area, che corrispondono alle principali vie di deflusso. I corpi possono chiudersi nettamente a favore di materiali fini o mantenere una continuità con spessori minori di 5 m.

Nella parte centrale della Provincia di Venezia si identificano 4 grandi fasce di sedimenti più grossolani che scorrono parallele tra loro. Occasionalmente delle interconnessioni tra questi sono identificabili con dei corpi sabbiosi minori. I principali corpi sono:

- Complesso di Noale/Scorzè – Mestre: si ritrova da Noale, passa per Martellago, Salzano, Spinea, per il centro di Mestre fino alla zona aeroportuale e portuale;
- Complesso di S. Maria di Sala – Malcontenta: si trova da S. Maria di Sala e Mirano, passa per Oriago e si addentra in laguna da Fusina;
- Complesso del Mirese: Si ritrova da Pianiga, passa per Vigonovo, Dolo fino a Dogaletto;
- Complesso di Campolongo Maggiore: si ritrova da Campolongo a Lova.

Nell'area di studio si intercettano solo i primi due complessi.

Il primo può raggiungere una larghezza massima di circa 5.5 km, ma mediamente, il corpo principale, assume larghezza media di 2-3 km e si diramano più corpi secondari. La profondità del tetto dell'acquifero

varia tra -1 e -7 m dal piano campagna. Gli strati sabbiosi possono chiudersi in 200-300 m o unirsi e prolungarsi in corpi minori.

Il secondo raggiunge la larghezza di 3 km, ma in media il corpo principale ha una larghezza di 600 m. Il tetto dell'acquifero è stato rinvenuto tra 5 e 11 m dal piano campagna. A causa degli esigui dati reperiti il tratto più interno della provincia risulta frammentato mentre nella zona di Fusina, dove i dati sono più cospicui, risulta più dettagliato.

Essendo l'area di Porto Marghera di particolare interesse ambientale, è stata indagata in maniera più approfondita e sono stati identificati quattro corpi sabbiosi: due appartenenti al complesso di Noale/Scorzè – Mestre (1 e 2) e due del complesso di S. Maria di Sala – Malcontenta (3 e 4).

- Corpo di viale San Marco, il tetto è superficiale e spesso è eroso, mentre il letto raggiunge i 18 m di profondità. In tutto l'acquifero è possibile trovare ghiaia da media a fine che caratterizza tutto l'acquifero.
- Corpo dell'area portuale largo circa 400 m e di spessore compreso fra -3 e -18 m s.l.m.; è spesso collegato con quello poco a nord di Viale San Marco.
- Corpo di Malcontenta: sono dei corpi sabbiosi sovrapposti con strato a bassa permeabilità; la larghezza massima di 800 m e profondità compresa tra -10 m e -30 m dal piano campagna. Verso est si suddivide in due copri distinti nella penisola del Nuovo petrolchimico.
- Corpo di Fusina, ubicato nelle vicinanze del Naviglio Brenta ha la profondità del tetto fra -2 e -13 m s.l.m.

Dalle sezioni realizzate da Fabbri et al. (2013) si nota come gli acquiferi variano lateralmente sia in spessore che in continuità. È evidente, dalla sezione GG', la continuità dei corpi sabbiosi da monte a valle, nonostante lo spessore di questi vari continuamente.

Dalla sezione EE' si evince che ai bordi dell'acquifero principale di San Marco sono presenti degli acquiferi minori.

Sotto al centro storico veneziano i depositi a granulometria più grossolani, appartenenti al paleoalveo del Brenta, sono riconoscibili come prolungamento dei corpi sabbiosi dell'area di Porto Marghera (Zezza, 2008). I valori di permeabilità sono abbastanza uniformi ed omogenei nei 4 corpi acquiferi identificati. Valori leggermente superiori si registrano andando verso nord soprattutto nel corpo di Viale San Marco che, probabilmente grazie al livello con ghiaia, raggiunge valori maggiori di 5×10^{-3} m/s.

6 Reti di monitoraggio delle acque sotterranee

Diverse reti di monitoraggio erano attive sul territorio provinciale:

1. Rete Piezometrica dell'Ufficio Idrografico (ex rete Magistrato alle acque): attiva dal 1926 e in parte dismessa negli anni 80 misurava il livello freaticometrico ogni 3 giorni. Tre pozzi di questa rete fanno parte tutt'oggi della rete di monitoraggio provinciale.
2. Rete Piezometrica della Regione Veneto: istituita nel 1983 e revisionata nel 1995, conta circa n.350 pozzi, n. 41 in Provincia di Venezia, di cui n.23 falda freatica e n.18 in falde in pressione.
3. Rete piezometrica del C.N.R.-ISMAR (Istituto di Scienze Marine), ex C.N.R. - I.S.D.G.M. (Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse) di Venezia: realizzata nel 1990 ricostituendo la vecchia rete del C.N.R. del 1970. Conta 117 punti di misura per il controllo della pressione di strato nell'acquifero multifalda.
4. Pozzi pubblici ("fontane") monitorate dall'USLL 13: n.41 fontane comunali venivano sottoposte ad analisi.
5. ARPAV (ex Provincia di Venezia): monitora sia la falda superficiale che quelle profonde. Conta oltre n.80 pozzi, n.12 dei quali superficiali. Alcuni pozzi appartengono ad altre reti in modo da poter confrontare ed ampliare i dati all'occorrenza. Le misure del livello sono trimestrale e interessano tutti i pozzi mentre le analisi per la qualità sono semestrali e interessano unicamente i pozzi in pressione.
6. Rete superficiale della Provincia di Venezia: dal 2009, per 4 anni sono stati monitorati n.40 piezometri superficiali. Sono stati utilizzati sia pozzi presenti in altre reti, sia nuovi pozzi.
7. Esistono altri dati legati ai pozzi di uso acquedottistico.
8. La falda in zona di Porto Marghera, da dicembre 2012, è monitorata attraverso una rete di n.58 piezometri che registrano il dato di soggiacenza in automatico ogni 10 minuti. La distribuzione dei punti di controllo è riportata in Fig. 6.1. Le caratteristiche principali dei piezometri sono riportate nella seguente Tab. 6.1.

Purtroppo alcuni punti di quest'ultima rete di monitoraggio sono risultati di recente non utilizzabili, a causa di atti vandalici che ne hanno compromesso la disponibilità; sarà quindi necessario provvedere al loro ripristino, nonché all'integrazione di misure e all'installazione di sonde nei punti risultati carenti di informazioni piezometriche.

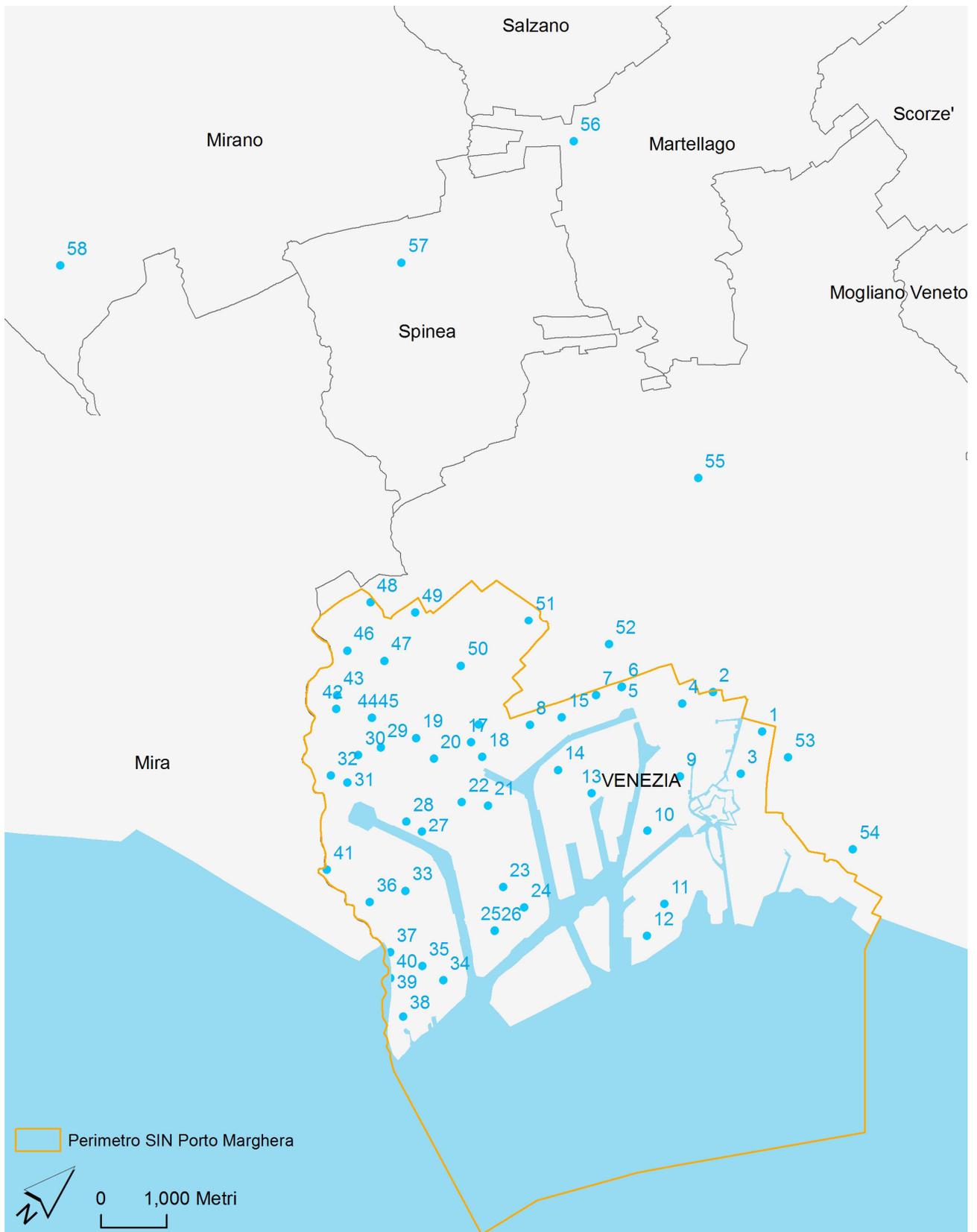


Figura 6.1: Disposizione dei punti di monitoraggio della falda superficiale nel SIN

ID	ID Pozzo	X	Y	Tetto filtri	Base filtri	p.c	b.p	Prof.	Livello
1	11	2305676.531	5040618.714	-5.176	-8.176	1.824	1.602	10.00	5
2	48	2304720.844	5040483.866	0.042	-7.458	2.042	1.946	6.94	4
3	16	2305924.100	5039941.278	-5.319	-8.319	1.681	1.533	10.00	5
4	42	2304535.161	5040021.043	1.138	-7.362	2.138	2.008	9.50	3
5	37	2303720.610	5039520.226	-1.345	-5.345	2.655	2.615	8.00	4
6	38	2303723.143	5039526.386	-10.845	-12.345	2.655	2.578	15.00	8
7	39	2303549.218	5039154.446	-2.623	-7.623	2.377	2.357	10.00	5
8	40	2303194.715	5038108.211	-5.738	-9.038	2.462	2.732	11.50	5
9	10	2305324.152	5039239.737	2.004	-4.296	3.004	2.875	7.80	2
10	17	2305598.838	5038303.918	-4.801	-6.801	2.199	2.078	11.70	4
11	66	2306593.770	5037733.494	-4.923	-9.923	2.077	2.514	12.00	5
12	62	2306769.712	5037203.987	-9.484	-15.484	2.516	2.387	13.30	7
13	30	2304596.337	5038082.434	1.552	-14.848	2.552	2.497	17.90	4
14	20	2303989.147	5037951.863	-11.314	-17.314	2.686	2.456	20.00	8
15	8	2303443.702	5038541.116	-2.844	-8.844	2.156	2.086	11.00	4
16	25	2302658.616	5037544.380	1.342	-11.158	2.342	2.431	14.00	4
17	26	2302777.861	5037276.724	1.332	-9.168	2.332	2.379	12.00	3
18	24	2303056.118	5037245.082	1.354	-12.146	2.354	2.283	15.00	4
19	14	2302164.182	5036710.640	-16.249	-17.749	2.251	2.389	20.00	8
20	90	2302579.179	5036691.284	-4.295	-7.295	2.705	2.751	10.00	3
21	54	2303661.599	5036806.896	-18.426	-21.426	2.574	2.867	25.00	9
22	52	2303352.907	5036550.648	-6.281	-10.281	2.219	2.307	13	5
23	21	2304736.382	5036116.487	-16.178	-21.178	2.822	2.946	25.00	8
24	15	2305184.502	5036139.751	-15.377	-17.377	2.623	2.586	20.00	8
25	22	2305132.579	5035570.505	-5.766	-10.266	2.334	2.688	12.60	4
26	23	2305140.302	5035564.572	-13.466	-19.266	2.334	2.447	21.60	4
27	98	2303272.617	5035793.088	-6.797	-9.797	2.203	2.424	11.90	4
28	55	2302998.744	5035731.232	-13.744	-16.744	2.256	2.583	25.50	8
29	88	2301904.060	5036222.000	-1.943	-6.693	2.597	2.422	11.50	3
30	94	2301753.447	5035890.754	-3.033	-8.033	1.987	1.847	10.00	4
31	41	2301953.343	5035482.594	-6.999	-24.999	2.001	1.830	27.00	8
32	80	2301700.416	5035372.657	-2.461	-6.461	2.779	2.928	10.00	3
33	13	2303768.908	5034993.925	2.189	-18.811	3.189	3.102	22.50	5
34	43	2305159.546	5034482.885	-4.743	-9.243	2.757	2.907	12.00	4
35	9	2304782.711	5034398.926	-14.707	-17.707	2.293	2.393	23.00	8
36	34	2303527.434	5034478.070	-14.860	-16.860	2.140	2.217	19.00	8
37	32	2304297.115	5034183.874	-0.447	-14.947	2.523	2.736	17	4
38	29	2305151.886	5033656.811	1.204	-10.796	2.204	2.087	13.50	3
39	31	2304587.097	5033912.683	-2.461	-5.461	2.279	2.135	7.74	3
40	35	2304585.744	5033914.101	-7.541	-16.841	2.279	2.074	19.12	7
41	49	2302721.745	5034339.320	1.623	-8.527	3.033	3.000	11.56	3
42	6	2301011.603	5036125.349	-12.032	-17.032	1.108	0.963	18.14	8
43	3	2300864.794	5036277.459	-4.173	-7.173	1.037	1.576	8.21	5
44	1	2301480.930	5036426.795	-2.187	-9.187	0.443	0.440	9.63	4
45	7	2301481.955	5036428.887	-14.097	-19.097	0.443	1.182	19.54	9
46	5	2300474.595	5036855.948	-5.555	-7.555	2.245	2.082	10.00	5
47	4	2300975.261	5037163.965	1.576	-4.104	1.736	1.723	7.60	3
48	2	2300169.244	5037622.641	-9.313	-12.313	2.187	1.987	14.50	8
49	51	2300748.365	5038015.123	-5.055	-5.555	1.535	1.999	7.89	5
50	74	2301820.774	5037961.438	-2.903	-4.403	3.097	2.937	6.90	4
51	50	2302011.434	5039190.049	0.695	-8.805	1.695	1.588	11.00	4
52	45	2303111.366	5039825.035	-3.839	-6.839	2.161	1.991	9.50	5
53	46	2306231.699	5040638.168	-1.316	-13.316	1.684	1.504	15.50	5
54	47	2307938.331	5040391.264	-1.400	-7.400	1.600	1.531	9.50	4
55	103	2302172.672	5042557.234	0.501	-5.499	3.501	3.302	20.00	4
56	104	2297099.846	5044704.615	2.139	-1.861	8.139	8.162	10.00	5
57	105	2296680.257	5041521.192	3.054	-5.946	6.054	5.838	12.00	5
58	106	2293177.040	5037702.599	1.772	-7.228	4.772	4.560	12.00	5

Tabella 6.1: Piezometri della rete di monitoraggio con ubicazione (coordinate Gauss Boaga), tetto e base dei filtri, piano campagna, bocca pozzo, profondità (in m s.l.m.) e livello su cui è posizionato il centro dei filtri.

6.1 Cartografie piezometriche

Nonostante alcune difficoltà connesse sia alla disponibilità dei dati sia alla complessità del sistema di flusso nell'area di studio, condizionato a monte dalla ricarica meteorica, al centro dai livelli delle bonifiche idrauliche e a valle dalla laguna, con variazioni di livello ad una scala temporale molto breve e talora poco nota in alcuni settori, si è cercato di definire un andamento piezometrico "medio" per lo meno indicativo delle modalità di deflusso delle acque nel sottosuolo nei corpi geologici degli orizzonti più superficiali.

Per la ricostruzione delle piezometrie indicative nell'intervallo di tempo tra gennaio 2013 e gennaio 2014 sono stati utilizzati i dati provenienti dai database di:

- ARPAV: con i dati piezometrici delle provincie di Venezia, Padova e Treviso. Questi dati sono relativi a n.219 pozzi e le misure ricoprono una superficie ben più ampia dell'area del modello ma sono occasionali.
- ISPRA Ambiente: con i dati dei mareografi della laguna veneta. Sono state utilizzate solamente le stazioni di Marghera e di Punta della Salute.
- Regione del Veneto: con i dati provenienti dalla rete di monitoraggio di Porto Marghera.
- Consorzio Acque Risorgive: con i dati relativi alle idrovore di Malcontenta, Dogaletto e Lova.
- Dati dal reticolo idrografico: sono state stimate le misure idrometriche ipotizzando due differenti gradienti idraulici: 0.1‰ per i corsi d'acqua la cui quota è inferiore a 3 m s.l.m. e per quelli artificiali e 0.7‰ ai restanti. In totale sono stati calcolate le quote per 29 punti.

I dati di Regione del Veneto non permettono una stima precisa del livello piezometrico nell'intera area considerata per il modello, per questo sono stati integrati con i restanti. In base al numero delle misure si sono scelti i periodi per la realizzazione delle piezometrie. A causa degli esigui valori giornalieri dei dati di ARPAV si è optato per l'unione dei dati di più giorni; in particolare sono stati uniti i quattro giorni precedenti e i quattro successivi al giorno prescelto, per un totale di nove giorni. Di alcuni pozzi non era disponibile la quota topografica di riferimento e in questi casi si è considerato il piano campagna. Dove non fosse disponibile la quota del piano campagna, si è provveduto a recuperare la misura dal DTM a 5 m della Regione del Veneto.

Sono state quindi selezionati i giorni per le ricostruzioni piezometriche in base al numero dei dati disponibili.

Si è quindi optato per le ricostruzioni dei giorni:

- 25 gennaio 2013
- 21 febbraio 2013
- 24 marzo 2013
- 15 aprile 2013
- 23 giugno 2013
- 26 luglio 2013
- 2 settembre 2013
- 3 novembre 2013

Per le idrovore si è considerato il livello minimo del pescaggio più basso a cui è stata sommata anche metà della prevalenza.

Le Figg. 6.1.1, 6.1.2 e 6.1.3 mostrano alcune ricostruzioni piezometriche realizzate.

Dalle ricostruzioni eseguite, si può notare che nell'area di studio la piezometria varia tra circa 11 m s.l.m. e - 2 m al di sotto del livello del mare. La maggior parte dei fiumi risulta drenare la falda, ma lo stesso fiume può modificare nel tempo il suo comportamento, come in corrispondenza di periodi di piena. La parte prossimale alla laguna può subire notevoli variazioni del livello. Confrontando le piezometrie, nella zona di Mestre si nota che aumenta l'area il cui livello della falda è inferiore al livello del mare. Nella zona di Porto Marghera invece la piezometria risulta più irregolare essendo presenti numerosi elementi antropici che perturbano il deflusso naturale delle acque sotterranee.

Confrontando le quote della falda con quelle del piano campagna in tutti e tre i casi si può riscontrare un'area in cui la falda superficiale risulta talora in pressione (riquadro azzurro nelle Figg. 6.1.4, 6.1.5 e 6.1.6.



Figura 6.1.1: Ricostruzione piezometrica del 25 gennaio 2013 (m s.l.m.)

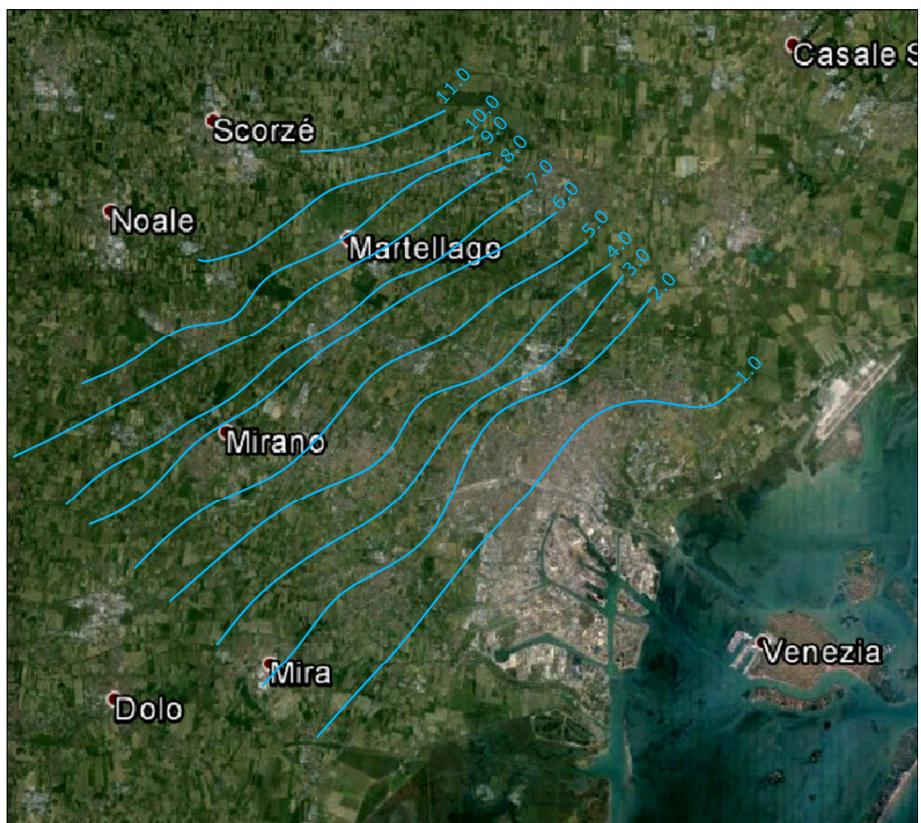


Figura 6.1.2: Ricostruzione piezometrica del 24 marzo 2013 (m s.l.m.)



Figura 6.1.3: Ricostruzione piezometrica del 9 settembre 2013 (m s.l.m.)

Va tuttavia rilevato che in alcune zone la falda può essere affiorante o subaffiorante, come si è verificato in alcuni periodi a causa di elevate e continue precipitazioni. Tuttavia tale situazione può essere condizionata nelle elaborazioni anche dal diverso dettaglio che hanno le quote topografiche disponibili (DTM a 5 m) rispetto alle quote piezometriche ricostruite sulla base dei dati puntuali di monitoraggio, vista la modestissima soggiacenza del livello della falda.

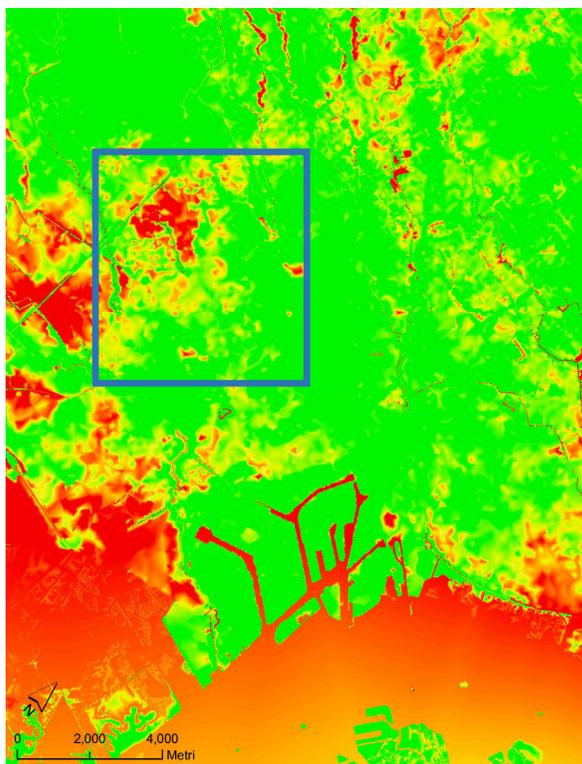


Fig 6.1.4: Soggiacenza calcolata dalla ricostruzione piezometrica del 25 gennaio 2013. Dal punto di vista qualitativo la scala dal rosso, al giallo, al verde indica rispettivamente dove la soggiacenza è negativa, a zero e positiva.

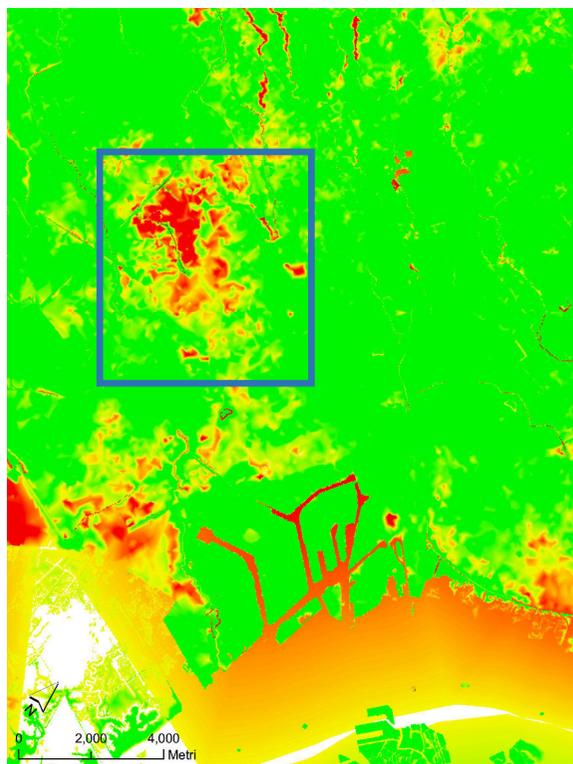


Fig 6.1.5: Soggiacenza calcolata dalla ricostruzione piezometrica del 24 marzo 2013. Dal punto di vista qualitativo la scala dal rosso, al giallo, al verde indica rispettivamente dove la soggiacenza è negativa, a zero e positiva.

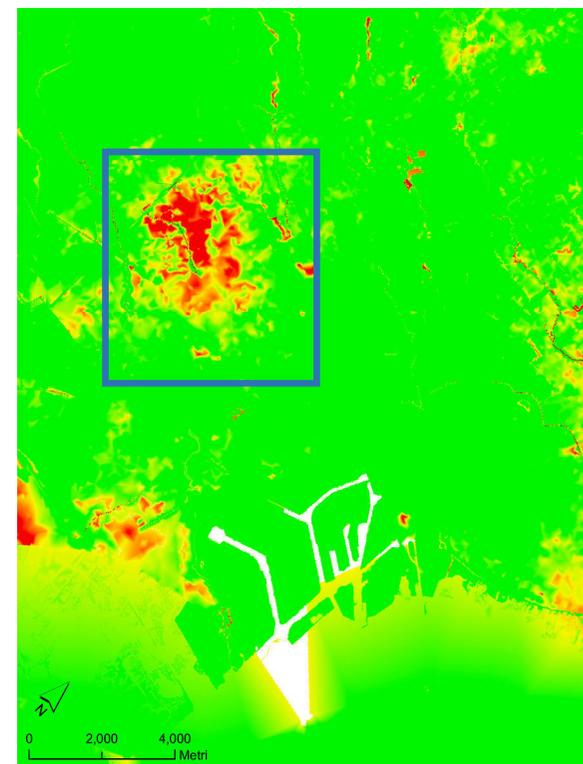


Fig 6.1.6: Soggiacenza calcolata dalla ricostruzione piezometrica del 2 settembre 2013. Dal punto di vista qualitativo la scala dal rosso, al giallo, al verde indica rispettivamente dove la soggiacenza è negativa, a zero e positiva.

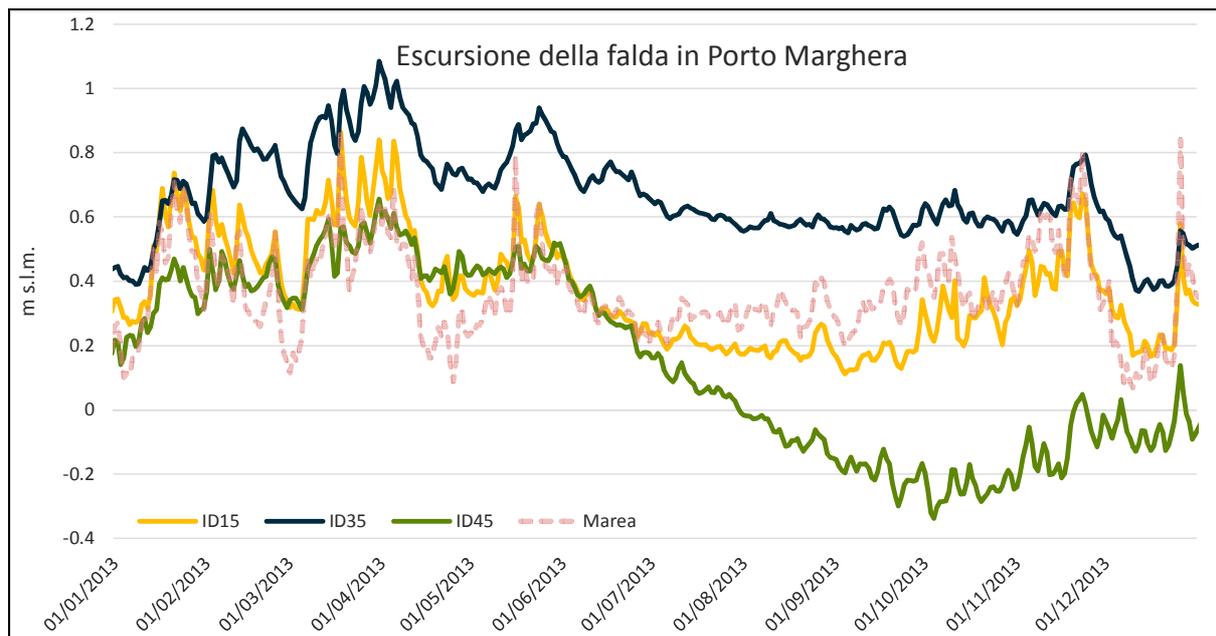


Figura 6.1.7: Escursione del livello della falda nella zona di Porto Marghera

Nell'area di Porto Marghera il livello della falda è notevolmente influenzata dalla marea. Nel periodo tra 1 marzo 2013 e il 1 maggio 2013 si nota come dei livelli alti della marea generano, come atteso, dei picchi nelle registrazioni dei piezometri, innalzando la quota piezometrica al di sopra del livello del mare, mentre con le condizioni normali risulta inferiore. In alcuni periodi (ottobre – dicembre) l'influenza della marea sulla falda diminuisce, probabilmente per l'effetto degli emungimenti (ID21-ID23). L'efficacia delle idrovore è visibile confrontando ID45 e ID15: nel periodo primaverile ed estivo, durante la fase di crescita delle coltivazioni, i picchi e l'escursione della falda sono sempre minori nel piezometro in prossimità dell'idrovora (ID 45), mentre nel periodo autunnale e invernale la differenza della falda tra i due piezometri è superiore. Osservando la Fig. 6.1.7 si evince che questo comportamento è proprio di tutte le idrovore, anche se con effetti diversi. Infatti le idrovore che influenzano i piezometri ID1 e ID4, rispettivamente San Giuliano e Canal Salso, drenano i terreni più superficiali rispetto all'idrovora Malcontenta che influisce sui piezometri ID45 e ID47.

Un periodo con pompaggio superiore può essere identificato tra il 26 maggio 2013 e il 14 novembre 2013. I piezometri della zona a monte hanno un carico idraulico praticamente costante che, come riportato in Fabbri (2013), è influenzato unicamente dalle precipitazioni: la falda mantiene un livello che viene lievemente perturbato dall'infiltrazione.

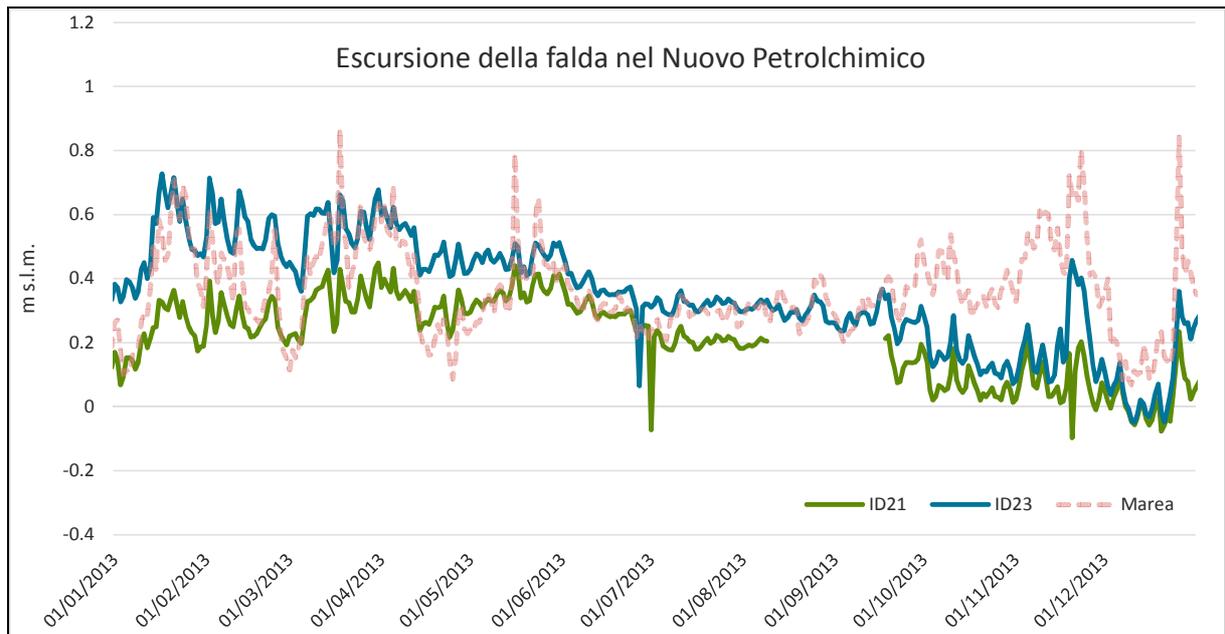


Figura 6.1.8: Escursione del livello della falda nel Nuovo Petrolchimico

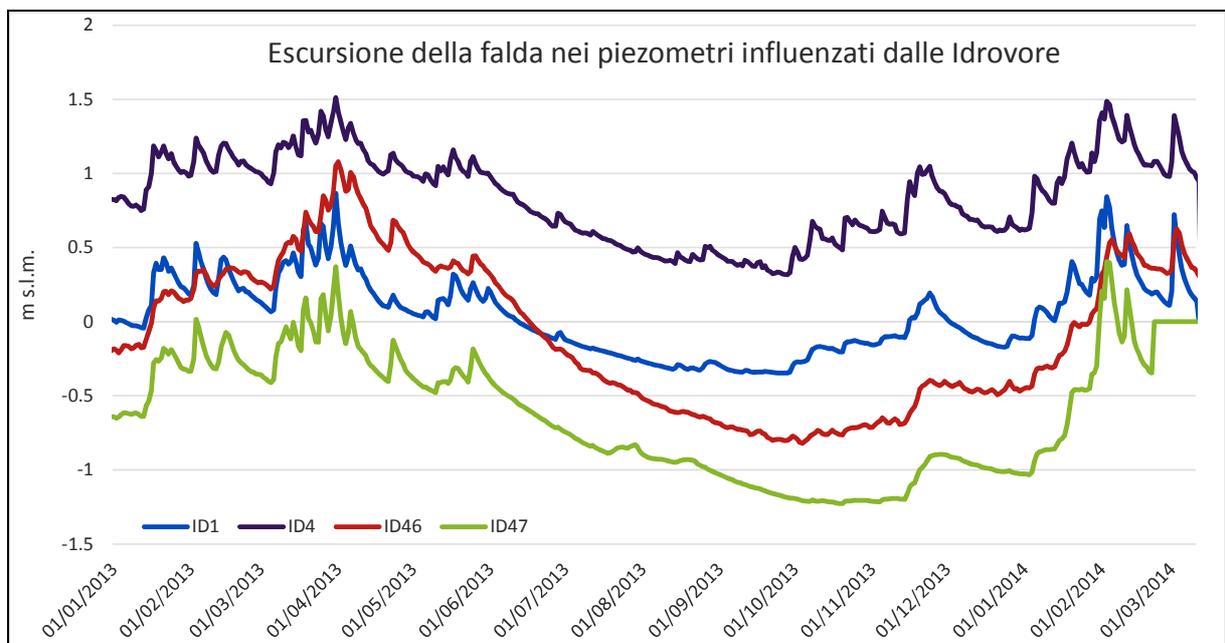


Figura 6.1.9: Escursione del livello della falda nei piezometri influenzati dalla idrovore

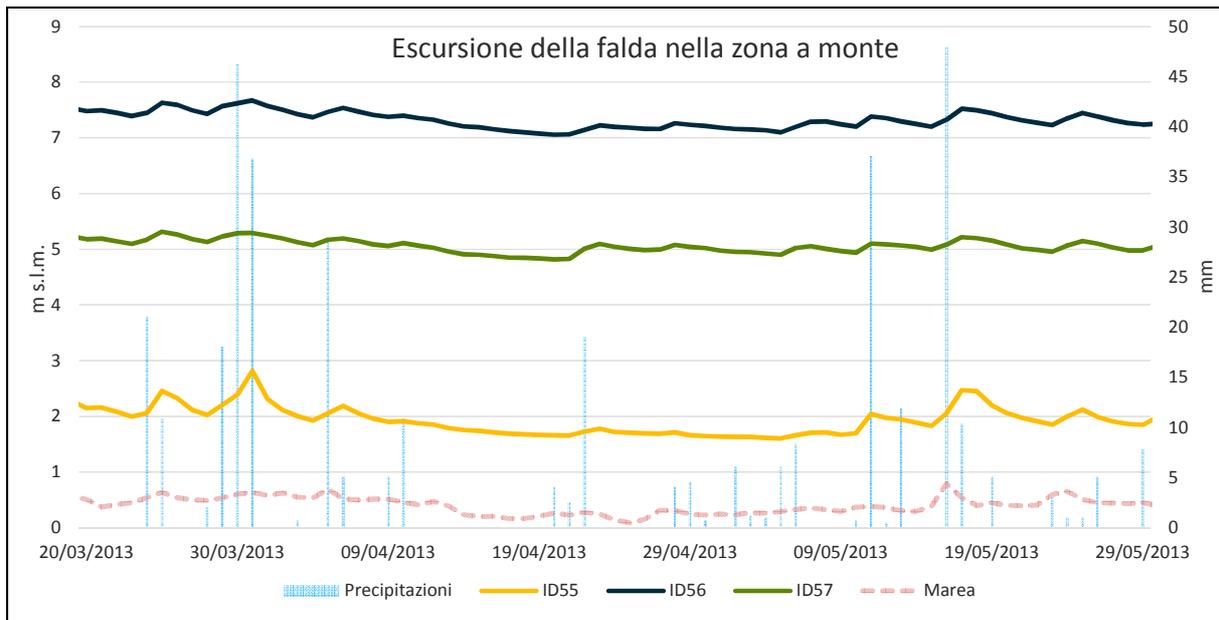


Figura 6.1.10: Escursione del livello della falda nella zona a monte del SIN

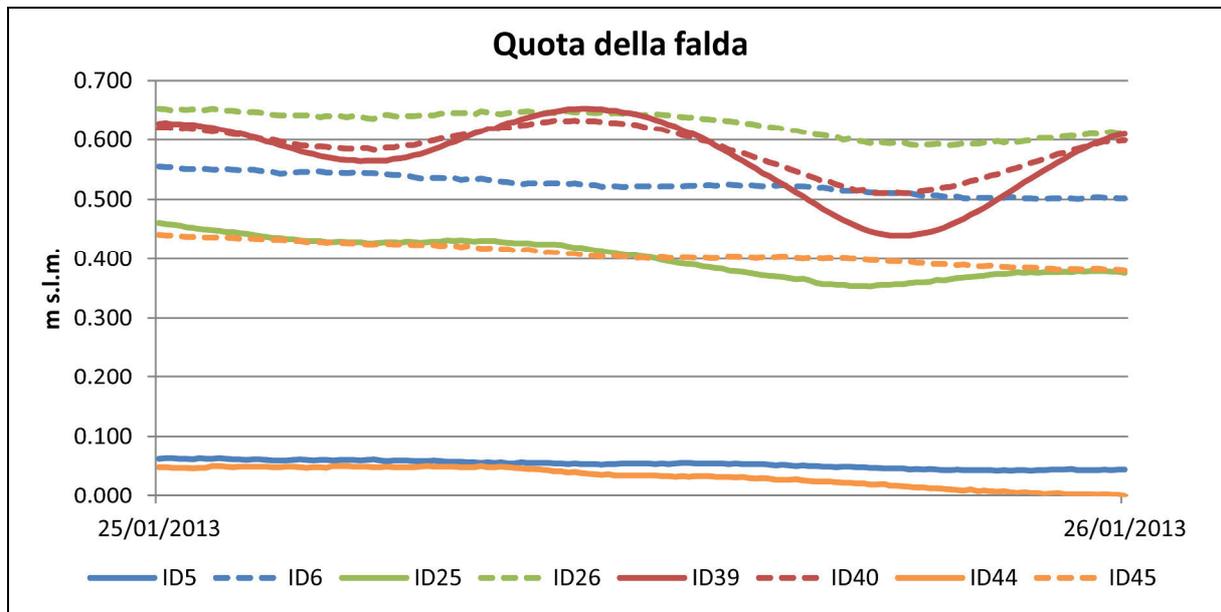


Figura 7.1.11: Quota della falda nel giorno 25 gennaio 2013: con lo stesso colore sono rappresentati i piezometri vicini tra loro ma che hanno i filtri posizionati a quote diverse

Sono quattro i casi in cui sono state appositamente predisposte due sonde a pochi metri di distanza ma a profondità diverse: ID5 e ID6, ID25 e ID56, ID39 e ID40 e ID44 e ID45. Dalla figura 6.1.11 si nota che l'andamento in piezometri vicini è molto simile, con una differenza dei valori misurati quasi costante e con massimi di 50-60 cm.

Si possono identificare due casi differenti: il primo in cui le quote sono molto simili tra loro (ID39-ID40) e il secondo in cui la differenza rimane sempre quasi costante (ID5-ID6, ID25-ID26 e ID44-ID45). Il piezometro che ha filtri più profondi (in tutte le coppie quelli tratteggiati) ha un livello quasi sempre più elevato.

7 Climatologia

Per le finalità dello studio sono state monitorate le precipitazioni e le temperature dal 1 gennaio 2013 al 31 dicembre 2013.

Le stazioni pluviografiche di cui si sono acquisiti i dati sono: Gazzera, Cà Emiliani, Favaro Veneto, Bissuola, Mira e Scorzè. Inoltre sono stati reperiti i dati della stazione termo-pluviografica di Tessera. Ad eccezione dell'ultima, le stazioni ricadono all'interno dell'area e costituiscono la rete di monitoraggio pluviometrica del Comune di Venezia. I valori della stazione di Tessera sono stati recuperati dal sito internet www.tutempo.net.

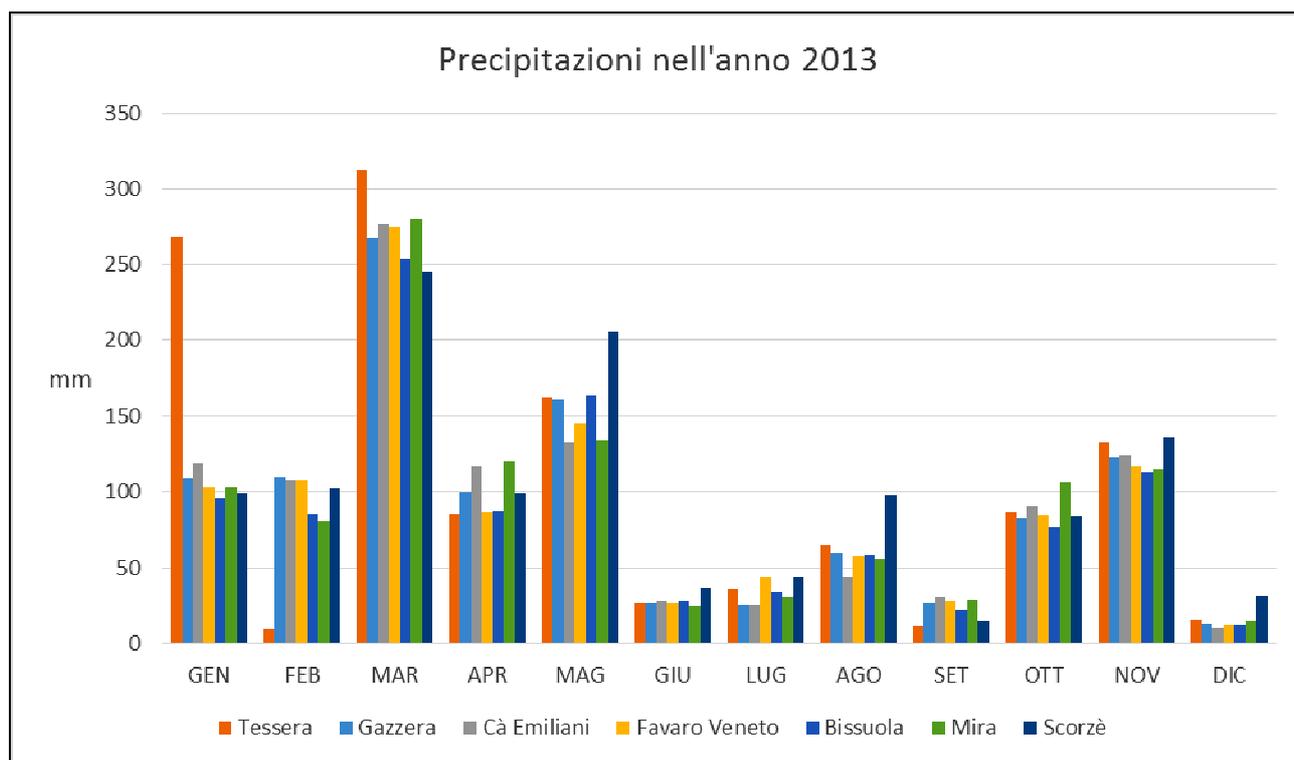


Figura 7.1: Precipitazioni mensili registrate (mm)

	Tessera	Gazzera	Cà Emiliani	Favaro Veneto	Bissuola	Mira	Scorzè
GEN	267.716	108.78	119.36	103.29	95.38	103.25	98.76
FEB	10.16	110.15	107.1	107.8	85.21	80.57	102.29
MAR	312.166	266.86	276.69	274.42	253.71	279.96	245.55
APR	85.852	99.83	116.86	86.67	87.16	120.08	98.87
MAG	162.306	161.36	132.25	145.19	163.88	134.11	206.01
GIU	26.67	26.63	28.18	26.61	28.49	25.4	36.49
LUG	36.322	26.1	25.92	44.61	34.38	30.75	44.77
AGO	65.786	59.32	44.53	57.84	58.72	56.23	98.07
SET	11.684	26.83	31.07	28.34	22.43	29.73	14.68
OTT	86.868	82.87	90.24	85.14	76.89	106.52	83.57
NOV	132.334	122.86	124.21	116.42	113.41	115.41	136.39
DIC	16.002	13.08	11.03	12.42	12.67	14.88	31.49

Tabella 7.1: Valori di precipitazioni mensili registrati (mm)

Ad eccezione di due picchi del pluviometro di Tesserà (positivo a Gennaio e negativo a Febbraio) Le precipitazioni sembrano essere omogenee nell'area. Il basso valore di Febbraio 2013 del pluviometro di Tesserà può essere dovuto a dei dati non disponibili.

Dall'andamento delle precipitazioni nel tempo (Fig 7.1) si identificano dei picchi primaverili e dei minimi estivi. Il valore massimo registrato è 312.166 mm in marzo a Tesserà mentre il minimo (escluso il valore di febbraio di Tesserà) è 11.03 in Dicembre a Cà Emiliani.

La Fig 7.2 indica l'andamento delle temperature durante il periodo considerato presso la stazione di Tesserà. L'andamento è sinusoidale con massimi estivi (34.7°C) e minimi invernali (-3°C).

L'umidità relativa è massima in inverno e minima d'estate.

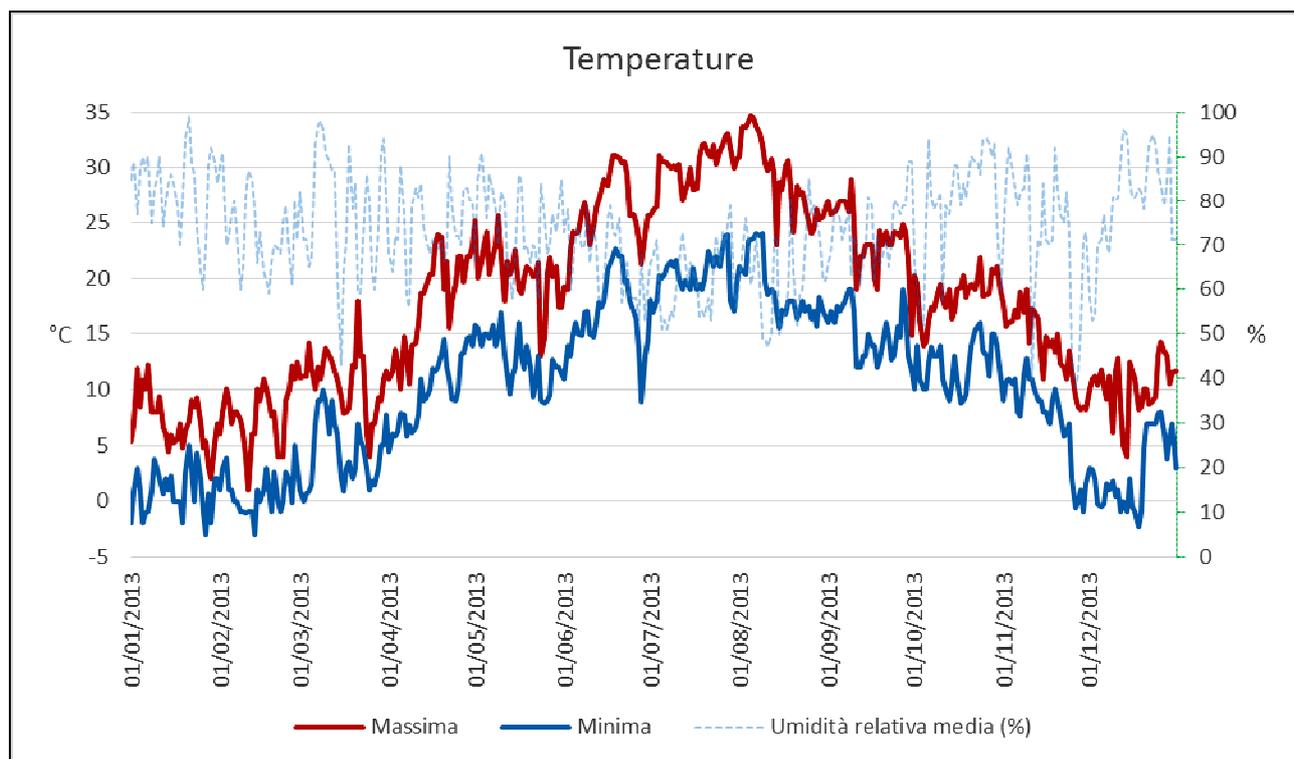


Figura 7.2: Andamento della temperatura massima e minima e dell'umidità relativa

Va sottolineato che dai dati storici disponibili si è riscontrato che le precipitazioni dell'anno 2013 sono tra le più abbondanti degli ultimi 40 anni, soprattutto nel mese di marzo (Fig. 7.3)

Sono in quest'ultimo mese sono stati anche riscontrati allagamenti nelle aree di monte del modello come riscontrato sugli organi di stampa locali:

- <http://www.veneziatoday.it/cronaca/allagamenti-pioggia-oggi-portogruaro-san-dona-venezia.html>
- <http://nuovavenezia.gelocal.it/venezia/cronaca/2013/03/19/news/una-notte-di-paura-per-i-fiumi-esondano-i-canali-consortili-1.6733015>

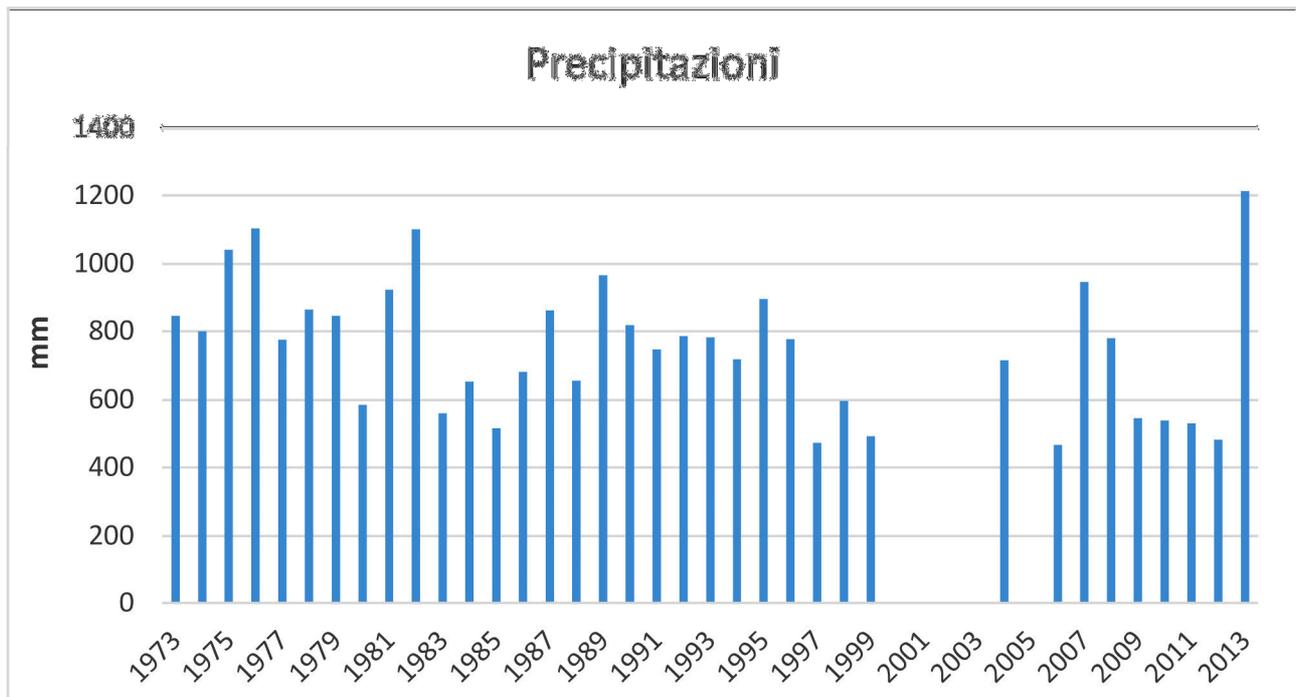


Figura 7.3: Precipitazioni (mm) negli ultimi 40 anni (www.tutitempo.net)

7.1 Evapotraspirazione ed infiltrazione

Considerando le caratteristiche geo-pedologiche e climatiche dell'area è stata calcolata l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo mediante tre differenti modi.

Il primo metodo è basato sul Curve Number (CN) del Soil Conservation Service (SCS) ed ipotizza che tutto ciò che non ruscella si infiltra, quindi per differenza tra le precipitazioni e il deflusso superficiale ottenuto si stima la ricarica.

Il secondo è quello di Thornthwaite-Mather che si basa sul calcolo dell'evapotraspirazione e in seguito nell'applicazione del metodo del CN per calcolare lo scorrimento superficiale.

Il terzo metodo di stima è stato applicato attraverso il software SWB (A Modified Thornthwaite-Mather Soil-Water-Balance Code for Estimating Groundwater Recharge) del USGS (United States Geological Survey) che permette di calcolare l'evapotraspirazione con il metodo di Hargreaves e il deflusso superficiale con il metodo CN.

7.1.1 Metodo Curve Number

Il metodo SCS-CN si basa sull'elaborazione dei dati meteorologici, pedologici, dell'uso del suolo e sulle sue condizioni di umidità.

I dati pedologici sono stati derivati dalla "Carta dei Suoli" della Provincia di Venezia; di questi si è considerato soprattutto il drenaggio, classificandolo secondo il metodo SCS-CN come segue (Tabb. 7.1.1.1 e 7.1.1.2).

Drenaggio (carta dei Suoli)	Classe (Curve Number)
Rapido	A
Moderatamente rapido	B
Buono	
Mediocre	C
Lento	
Molto lento	D
Impedito	

Tabella 7.1.1.1: Classi di drenaggio e le classi dei gruppi idrologici del metodo SCS-CN

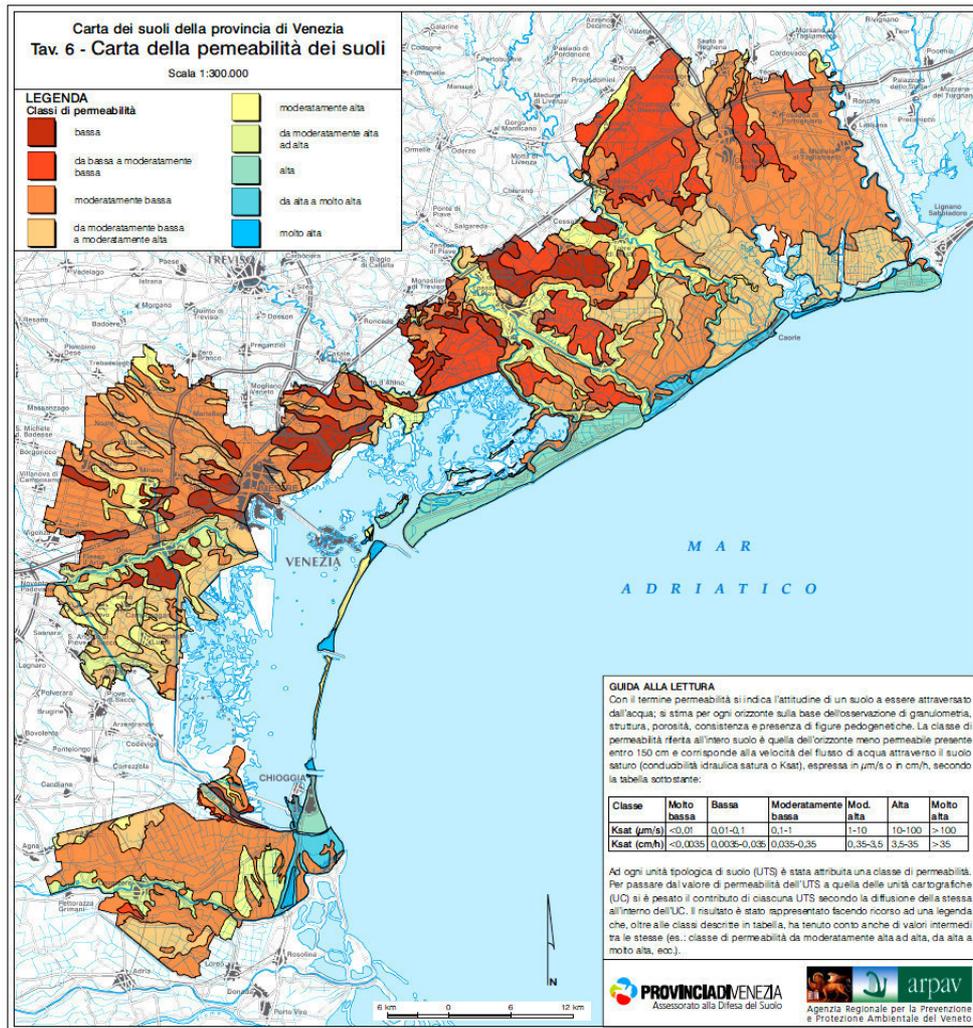


Figura 7.1.1.1: Carta della permeabilità dei suoli della Provincia di Venezia (Provincia di Venezia ed ARPAV, 2008)

Descrizione	Gruppo Idrologico
Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie spesse con scarsissimo limo e argilla. Ma anche ghiaie spesse, molto permeabili,	A
Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno spessi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità d'infiltrazione, anche a saturazione.	B
Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli con considerevoli quantità di argilla e colloidal, anche se meno abbondanti che nel gruppo D. Il gruppo possiede scarsa potenzialità d'infiltrazione a saturazione.	C
Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con livelli pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.	D

Tabella 7.1.1.2: Descrizione del comportamento idrologico dei suoli secondo il metodo SCS-CN

Nel caso in cui i suoli superficiali fossero a livello intermedio tra due classi (ad esempio CSM1/VDC1 che rappresenta suoli con drenaggio buono e mediocre) si è considerata nei calcoli la classe minore, dato che, trattandosi di infiltrazione, la componente verticale della conducibilità idraulica equivalente risulta influenzata maggiormente dai valori di permeabilità inferiori.

I dati relativi all'uso del suolo disponibili sul geoportale della Regione del Veneto sono stati ricavati dalle ortofoto dell'anno 2006. Basandosi sulle carte dell'uso del suolo, sono state attribuite ai terreni le classi del metodo SCS-CN con i relativi Curve Number secondo la Tab. 7.1.1.3.

Tipologia di uso del territorio	A	B	C	D
1 (agricolo)				
a) coltivazioni in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
b) coltivazioni in assenza di pratiche di conservazione del suolo	71	81	88	91
2 (pascolo)				
a) terreno da pascolo in cattive condizioni	68	79	86	89
b) terreno da pascolo in buone condizioni	39	61	74	80
3 (boschivo)				
a) boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
b) boschi, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
4 (extraurbano)				
a) spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
b) spazi aperti con manto erboso tra il 50% e il 75% dell'area	49	69	79	84
c) spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
5 (urbano)				
a) zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
b) zone commerciali, civili e industriali (area impermeabile 85%)	89	92	94	95
c) zone residenziali, lotti fino a 500 m2 (area impermeabile 65%)	77	85	90	92
d) zone residenziali, lotti di 500-5000 m2 (area impermeabile 38-25%)	61	75	83	87
e) zone residenziali, lotti di 5000-10000 m2 (area impermeabile 12%)	46	65	77	82
6 (altro)				
a) ambiente umido e delle acque	100	100	100	100

Tabella 7.1.1.3: Tipologia di uso del territorio con relativo Curve Number

Area (in %) per ogni classe di CN

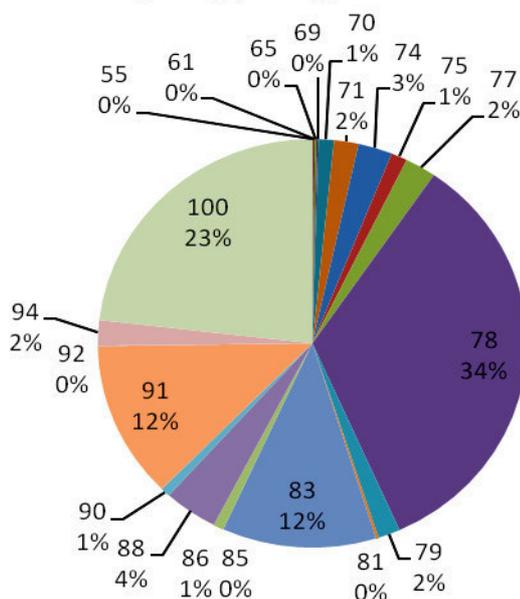


Figura 7.1.1.2: Percentuale di area assegnata ad ogni valore di CN

Il valore di CN è stato corretto in relazione al valore di AWC (average water content), ovvero il contenuto medio di umidità, che rappresenta il quantitativo d'acqua utilizzabile dalle piante presente all'interno del suolo e determinabile come differenza tra la quantità d'acqua presente alla capacità di campo e quella al punto di appassimento permanente.

Per il calcolo di questa grandezza sono state utilizzate delle pedofunzioni di trasferimento (Jarvis N.J., 1994) sviluppate dal CNR-IRPI sezione di Firenze nel corso del progetto SINA (Calzolari C. et al., 2001, Ungaro F. et al., 2005, Ungaro F., Calzolari C, 2011,) calibrate e validate grazie ai dati raccolti nel corso del progetto carta dei suoli in scala 1:250000 (ARPAV, 2005), che hanno permesso di stimare i punti della curva di ritenzione in

funzione del contenuto di sabbia, limo, argilla, carbonio organico e densità apparente. Inoltre su alcuni suoli campione è stata misurata la ritenzione idrica, relativamente a 9 punti umidità/tensione, su campioni indisturbati posti in cassetta Stackman e quindi in piastra di Richards (Klute. 1986a e Klute A.. Dirksen C.. 1986).

Si sono ottenuti i valori riferiti a 150 cm di suolo riportati in Tab. 7.1.1.4.

AWC (mm)	Classe
< 75	Molto bassa
75 - 150	Bassa
150 - 225	Moderata
225 - 300	Alta
> 300	Molto alta

Tabella 7.1.1.4: Riserva idrica dei suoli (Provincia di Venezia & ARPAV, 2008)

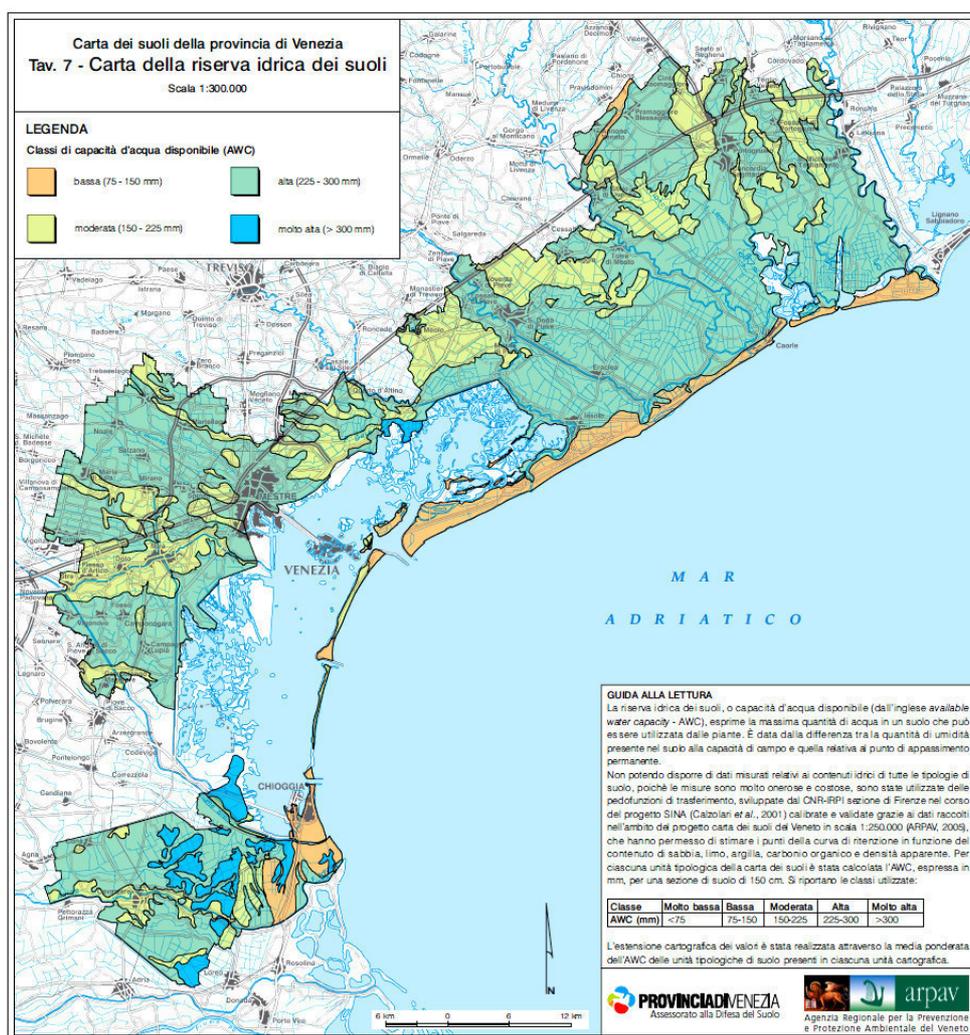


Figura 7.1.1.3: Carta della permeabilità dei suoli della Provincia di Venezia (Provincia di Venezia ed ARPAV, 2008)

Questo parametro varia in funzione di stagione di crescita e di stagione di stasi e aumenta o diminuisce il valore del CN a seconda della piovosità dei cinque giorni precedenti. La stagione di crescita è stata valutata dal 1 marzo al 31 ottobre vista anche la vicinanza con la laguna, mentre quella di stasi dal 1 novembre al 28 febbraio.

Sono state attribuite le classi di AWC secondo la Tab. 7.1.1.5.

Precipitazione (mm) nei 5 giorni precedenti		Classi AWC
Crescita	Stasi	
< 12.7	< 35.6	I
12.7 – 28	35.6 – 53.3	II
> 28	> 53.3	III

Tabella 7.1.1.5: Criteri per l'attribuzione delle classi di AWC

La variazione dal CN calcolato a quello modificato con l'AWC è stata eseguita con le seguenti formule:

$$CNI = \frac{4.2CN}{10 - 0.058CN}$$

$$CNII = CN$$

$$CNIII = \frac{23CN}{10 + 0.13CN}$$

Il CN permette di valutare il deflusso superficiale. L'infiltrazione è stata ricavata dalla relazione:

$$I = P - Q$$

Dove (in unità di misura congruenti):

I è il volume di acqua infiltrata

P è il volume di pioggia

Q è il volume di acqua che costituisce il deflusso superficiale

Il deflusso superficiale è collegato a piogge tramite la relazione:

$$Q = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia) + Vs}$$

Dove Vs è il volume massimo infiltrabile, espresso in mm, definito dalla relazione:

$$Vs = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Ia è il valore di initial abstraction, ovvero è la parte di pioggia intercettata dalla vegetazione e dalle depressioni superficiali che è data dalla relazione:

$$Ia = 0,2 \cdot Vs$$

In questo modo è stato possibile calcolare l'infiltrazione giornaliera dell'area.

7.1.2 Metodo di Thornthwaite-Mather

Il metodo di Thornthwaite-Mather utilizza i dati di precipitazione media mensile, temperatura media mensile e latitudine per stimare l'evapotraspirazione potenziale e da questa calcolare quella reale.

BILANCIO IDROLOGICO MENSILE	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO 2013
P	104.80	98.85	266.20	101.58	157.13	28.63	34.42	62.45	25.51	87.54	121.45	15.93	1104.50
T	3.90	3.90	7.40	13.70	16.70	21.80	25.50	24.20	19.70	15.20	10.40	6.00	
F	0.65	0.65	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
RAIN	68.12	64.25	266.20	101.58	157.13	28.63	34.42	62.45	25.51	87.54	121.45	15.93	1033.22
SNOW	36.68	34.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	71.28
PACK	12.84	16.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
MELT	23.84	30.83	16.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	71.28
W	91.96	95.09	282.80	101.58	157.13	28.63	34.42	62.45	25.51	87.54	121.45	15.93	1104.50
PET	24.09	27.43	39.83	67.42	89.10	126.36	152.52	130.65	90.02	59.82	38.60	26.64	872.47
W-PET	67.87	67.66	242.97	34.16	68.04	-97.72	-118.10	-68.20	-64.51	27.72	82.85	-10.71	
SOIL	91.57	159.23	200.00	200.00	200.00	15.34	13.85	17.78	18.11	45.83	128.68	23.70	
ΔSOIL	67.87	67.66	40.77	0.00	0.00	-184.66	-1.49	3.93	0.33	27.72	82.85	-104.99	
ET	24.09	27.43	39.83	67.42	89.10	213.30	35.91	58.53	25.18	59.82	38.60	120.91	800.11
W-ET-ΔSOIL	0.00	0.00	202.20	34.16	68.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	304.40

Tabella 7.1.2.1: Calcolo dell'evapotraspirazione di Thornthwaite-Mather dove i termini del bilancio idrologico sono espressi in mm e P: Precipitazione mensile; T: Temperatura media mensile (°C); F: coefficiente di fusione; RAIN: Precipitazioni come piogge; SNOW: Precipitazioni come neve; PACK: Strato di neve; MELT: fusione della neve; W: somma di piogge e fusione della neve; PET: Evapotraspirazione potenziale; W-PET: Input di acqua netto; SOIL: umidità del suolo; ΔSOIL: variazione dell'umidità del suolo; ET: Evapotraspirazione reale; W-ET-ΔSOIL: ricarica e deflusso superficiale.

CN	Peso di ogni area	Infiltrazione totale CNI	Infiltrazione totale CNII	Infiltrazione totale CNIII	Infiltrazione * Peso CNI	Infiltrazione * Peso CNII	Infiltrazione * Peso CNIII
55	0.000414	235.31	183.08	126.05	0.10	0.08	0.05
61	0.001186	222.01	166.23	110.00	0.26	0.20	0.13
65	0.0018	211.94	154.35	99.38	0.38	0.28	0.18
69	0.001187	200.68	141.86	88.76	0.24	0.17	0.11
70	0.011672	197.66	138.63	86.10	2.31	1.62	1.01
71	0.018497	194.54	135.35	83.44	3.60	2.50	1.54
74	0.02578	184.57	125.22	75.43	4.76	3.23	1.94
75	0.012204	181.02	121.74	72.75	2.21	1.49	0.89
77	0.02334	173.56	114.59	67.36	4.05	2.67	1.57
78	0.337121	169.62	110.93	64.65	57.18	37.40	21.79
79	0.016678	165.53	107.19	61.93	2.76	1.79	1.03
81	0.001954	156.88	99.50	56.46	0.31	0.19	0.11
83	0.116522	147.50	91.48	50.93	17.19	10.66	5.93
85	9.13E-06	137.28	83.10	45.33	0.00	0.00	0.00
86	0.007841	131.80	78.75	42.51	1.03	0.62	0.33
88	0.040702	120.01	69.72	36.80	4.88	2.84	1.50
90	0.007165	106.89	60.17	30.99	0.77	0.43	0.22
91	0.123738	99.73	55.17	28.05	12.34	6.83	3.47
92	0.000389	92.10	50.00	25.08	0.04	0.02	0.01
94	0.019883	75.16	39.10	19.04	1.49	0.78	0.38
100	0.231919	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				Totali	115.90	73.78	42.20
				% P	10.49	6.68	3.82

Tabella 7.1.2.2: Calcolo dell'infiltrazione con il CN considerando solo le precipitazioni efficaci di Thornthwaite-Mather

Considerando la capacità di acqua disponibile pari a 200 mm/m, risulta che la somma tra ricarica e deflusso superficiale è 304.40 mm.

Partendo da questo valore si è calcolato il deflusso mensile con il metodo del Curve Number considerando l'initial abstraction pari a 0 e senza modificare il CN in funzione dell'umidità essendo su valori mensili e non giornalieri. È così risultato un'infiltrazione di circa 74 mm annui pari al 6.68 % delle precipitazioni (38.07 % delle precipitazioni che raggiungono il suolo) concentrata nei mesi primaverili.

Ipotizzando degli scenari in cui il CN sia diminuito ed aumentato secondo l'umidità a CNI e CNIII, l'infiltrazione varia da 3.82% a 10.49% delle precipitazioni (da 42.2 mm a 115.9 mm)

A scopo di verifica si è applicato questo metodo al periodo febbraio 2006 – gennaio 2007, anno in cui il Magistrato alle Acque di Venezia ha eseguito delle indagini sperimentali sul campo e ha ottenuto che, per il periodo di tempo monitorato, l'infiltrazione fosse nulla. Dalla tabella seguente si evince che dal solo bilancio idrologico non risulta disponibile acqua per l'infiltrazione a conferma della significatività delle elaborazioni effettuate nel presente studio.

BILANCIO IDROLOGICO MENSILE	feb-06	mar-06	apr-06	mag-06	giu-06	lug-06	ago-06	set-06	ott-06	nov-06	dic-06	gen-07	ANNO
P	14.99	23.62	58.16	40.13	8.13	26.67	69.85	158	9.65	3.05	45.22	5.59	463.06
T	3.9	7.3	13.2	17.4	22.2	26.6	21.4	20.9	16.5	9.7	6.1	5.8	
F	0.65	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	
RAIN	9.74	23.62	58.16	40.13	8.13	26.67	69.85	158.00	9.65	3.05	45.22	5.40	457.62
SNOW	5.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	5.44
PACK	2.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	
MELT	5.51	2.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	8.65
W	15.25	26.58	58.16	40.13	8.13	26.67	69.85	158.00	9.65	3.05	45.22	5.58	466.27
PET	27.43	39.58	65.37	92.92	129.31	162.18	111.28	96.57	64.72	36.92	26.81	27.34	880.43
W-PET	-12.18	-12.99	-7.21	-52.79	-121.18	-135.51	-41.43	61.43	-55.07	-33.87	18.41	-21.75	
SOIL	23.52	23.43	24.12	19.20	13.64	12.70	20.32	81.76	18.98	21.11	39.51	22.42	
ΔSOIL	0.55	-0.10	0.69	-4.91	-5.56	-0.94	7.63	61.43	-62.77	2.12	18.41	-17.09	
ET	14.70	26.68	57.47	45.04	13.69	27.61	62.22	96.57	72.42	0.93	26.81	22.67	466.81
W-ET-ΔSOIL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabella 7.1.8: Calcolo dell'evapotraspirazione di Thornthwaite-Mather dove i termini del bilancio idrologico sono espressi in mm e P: Precipitazione mensile; T: Temperatura media mensile (°C); F: coefficiente di fusione; RAIN: Precipitazioni come piogge; SNOW: Precipitazioni come neve; PACK: Strato di neve; MELT: fusione della neve; W: somma di piogge e fusione della neve; PET: Evapotraspirazione potenziale; W-PET: Input di acqua netto; SOIL: umidità del suolo; ΔSOIL: variazione dell'umidità del suolo; ET: Evapotraspirazione reale; W-ET-ΔSOIL: ricarica e deflusso superficiale.

7.1.3 Metodo SWB

Come ultimo modo per calcolare l'acqua infiltrata è stato utilizzato il software SWB dell'USGS che utilizza il metodo SCS-CN insieme a quello di Hargreaves.

Il territorio sul quale è stato applicato il modello risulta più ampio rispetto all'area di studio per problemi legati all'utilizzo del software; la griglia utilizzata nei calcoli ha una maglia 100 x 100 m.

Per stimare la ricarica della falda sono stati utilizzati i dati di:

- precipitazione giornaliera: sono state utilizzate le medie dei valori di precipitazioni dei pluviografi interni all'area (7.1) ad esclusione della stazione pluviometrica di Tessera essendo i dati discontinui nel tempo;
- temperatura media, massima e minima giornaliera: gli unici dati climatici disponibili sono relativi alla stazione di rilevamento termometrico di Tessera;

- direzione generale del flusso idrico superficiale: è stata ricavata dal DTM a 25 m della Regione del Veneto;
- contenuto medio di umidità del suolo: essendo la granulometria dei differenti suoli poco variabile e non essendo possibile calcolare con precisione il valore, è stato considerato costante per tutti i suoli e pari a 225 mm/1.5 m di profondità;
- uso del suolo: proveniente dal database dell'uso del suolo del geoportale della Regione del Veneto;
- gruppi idrologici: definiti attraverso la "Carta dei Suoli" della Provincia di Venezia basandosi sul drenaggio (Tab. 7.1.1.2)

La ricarica media calcolata risulta di 90.55 mm, valore comparabile con quello calcolato con il metodo di Thornthwaite-Mather ma non con quello del Curve Number. In Fig. 7.1.3.1 si nota come i centri urbani infiltrino più acqua rispetto alle aree agricole contrariamente a quanto valutato con il secondo metodo, ritenuto il più significativo.

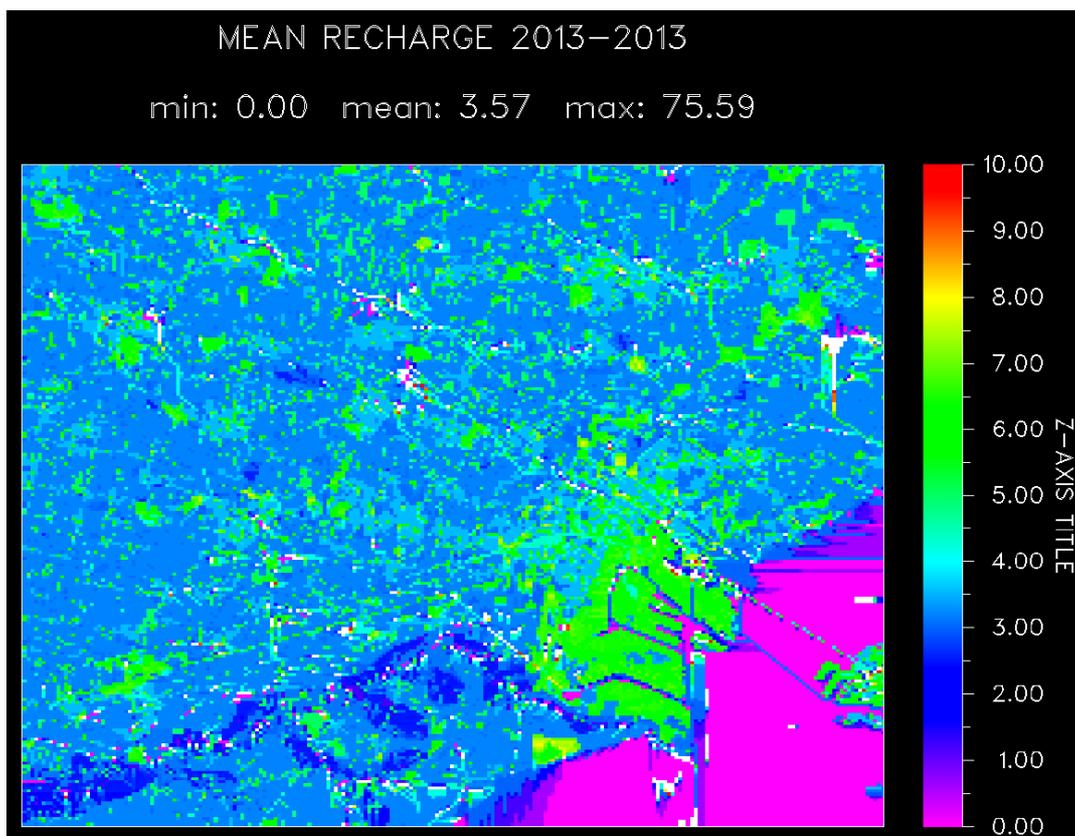


Figura 7.1.3.1: Distribuzione dell'infiltrazione calcolata con il software SWB

8 Zona lagunare

Per valutare il livello idrometrico della laguna ci si è riferiti alla rete di mareografi gestita da ISPRA Ambiente presente nell'area. In particolare sono stati utilizzati i mareografi di Punta della Salute e Marghera; entrambi che registrano le misure ogni 10 minuti.

In Fig 8.1 si riporta un esempio per il giorno 25 gennaio 2013 dell'andamento del livello della laguna; si nota come entrambe le stazioni registrino lo stesso andamento, ma risalta un ritardo tra massimi e minimi compreso tra 20 e 30 minuti tra la due stazioni.

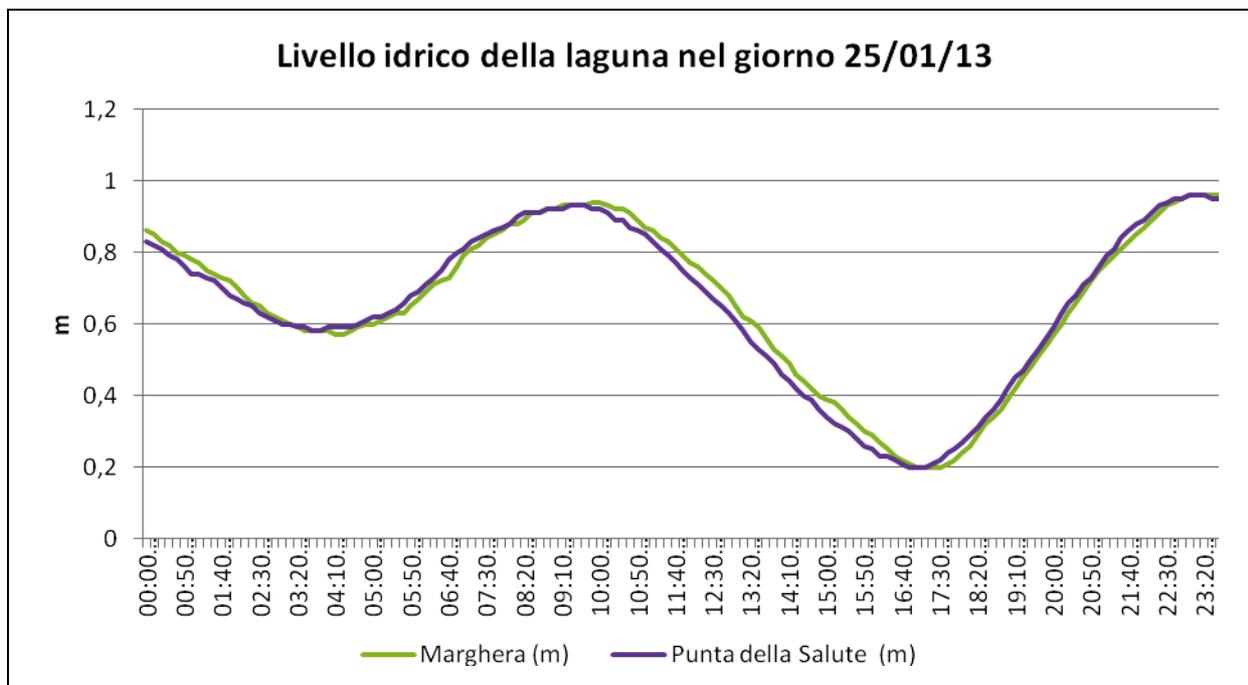


Figura 8.1: Livello idrico della laguna del giorno 25 gennaio 2013 registrato dai mareografi di Marghera e di Punta della Salute

Sono stati reperiti i dati dei mareografi dal 1 ottobre 2012 al 31 gennaio 2014. In questo periodo il minimo valore registrato è stato di -0.5 m s.l.m.m. (ZMPS), mentre il massimo di 1.48 m s.l.m.m. (ZMPS).

Va precisato che i dati sono riferiti allo zero mareografico di Punta della Salute (ZMPS) che "Rispetto alla rete altimetrica dello stato italiano, riferita al livello medio del mare registrato dal mareografo di Genova nel 1942 (mediando i dati registrati dal 1937 al 1946), lo ZMPS risulta più basso di circa 23 cm." (<http://www.venezia.isprambiente.it/la-marea>). Per mantenere un riferimento univoco si è preferito modificare il valore dei mareografi aumentandolo di 0.23 m.

E' stato osservato dalla Fig. 8.2 che l'andamento delle serie storiche dei livelli medi marini di Venezia e Trieste comincia a divergere significativamente a partire dai primi anni '30 del secolo scorso, per riprendere un andamento sostanzialmente parallelo a partire dai primi anni '70.

Questo diverso comportamento viene attribuito ad eventi antropici in quanto è stato stimato che circa 30 cm di crescita relativa del l.m.m. a Venezia siano stati dovuti per 14.6 cm ad eustatismo e per circa e 13.4 cm a subsidenza causata sia dall'estrazione di acque sotterranee dai pozzi industriali tra gli anni '30 e '60 del secolo scorso (circa 8 cm) sia da subsidenza naturale della laguna (circa 5.4 cm).

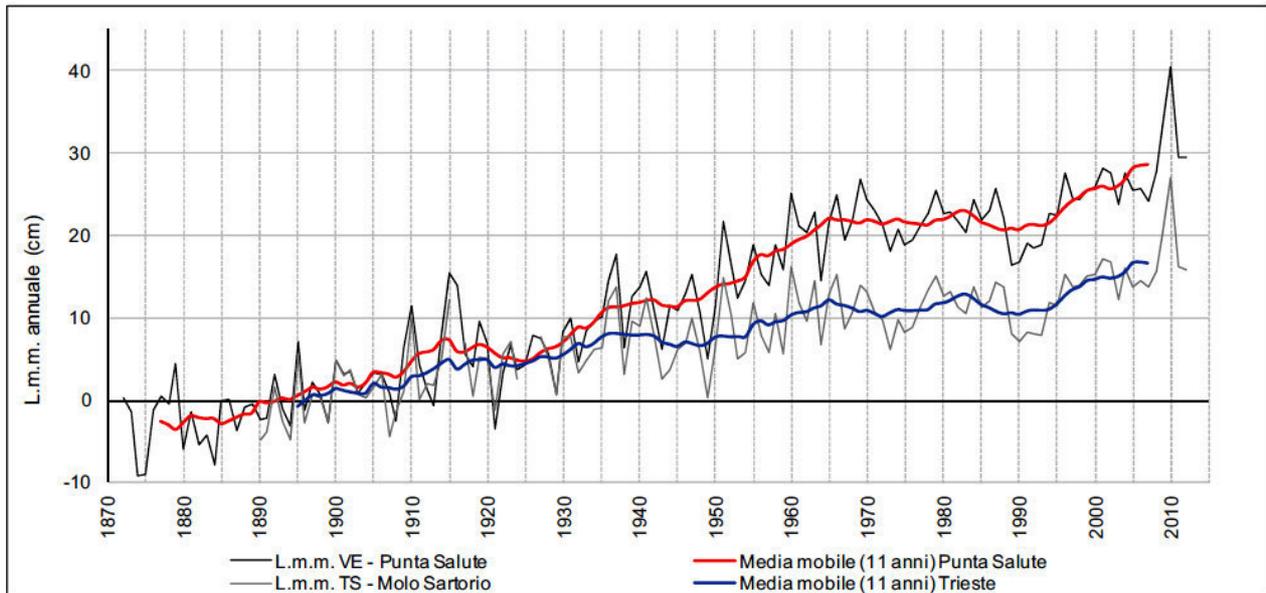


Figura 8.2: Andamento plurisecolare del livello medio marino a Venezia e Trieste (da dati ISPRA e CNR-ISMAR di Trieste)

8.1 Interazione acque dolci-acque salate

In generale il territorio costiero veneziano è da tempo interessato dal fenomeno dell'intrusione salina, come indicato nelle indagini condotte da Benvenuti G., 1974 Benvenuti G. et al, 1973 e 1998.

La Fig. 8.1.1 illustra le risultanze degli studi condotti mediante sondaggi elettrici per quanto attiene agli acquiferi superficiali, di interesse per lo studio in corso; il fenomeno interessava una ampiezza massima di circa 20 m e su tutto il margine interno della laguna.

In relazione ad un consistente emungimento in corrispondenza di impianti idrovori, finalizzati alla salvaguardia idraulica del territorio, si può infatti abbassare il livello della falda, generando una diminuzione della profondità dell'interfaccia delle acque salate; allo stesso modo la bonifica idraulica di vaste zone favorisce l'ingresso delle acque salate mediante i canali collegati al mare.

Ad esempio gli studi di Carbognin L., Tosi L., 2003; Carbognin L. et al, 2005, Tosi L. et al., 2006 nella parte meridionale del territorio provinciale hanno dimostrato per le sopraddette ragioni che l'intrusione salina si può propagare anche ad oltre 20 km dalla costa, favorita da quote topografiche generalmente inferiori al livello del mare, con base della modificazione idrochimica che può raggiungere una profondità di 100 m.

Tuttavia la caratterizzazione dell'intrusione salina a livello locale è stata condotta nel SIN eseguendo una serie di log di conducibilità elettrolitica all'interno di n.60 piezometri monitorati

Il risultato delle indagini, interpretando i dati per una profondità limitata a 10 m, evidenzia come le aree maggiormente interessate dal fenomeno siano quelle del Nuovo Petrolchimico e subordinatamente della penisola dei Petroli e parte della macroarea Fusina.

La presenza di un relativo maggior prelievo di acque ai fini della bonifica/messa in sicurezza dei siti giustifica il maggiore impatto osservato nella macroarea del Nuovo Petrolchimico.

Si riporta a titolo di esempio in Fig. 8.1.2 la cartografia relativa alla misura della conducibilità elettrolitica delle acque sotterranee a 10 m di profondità.

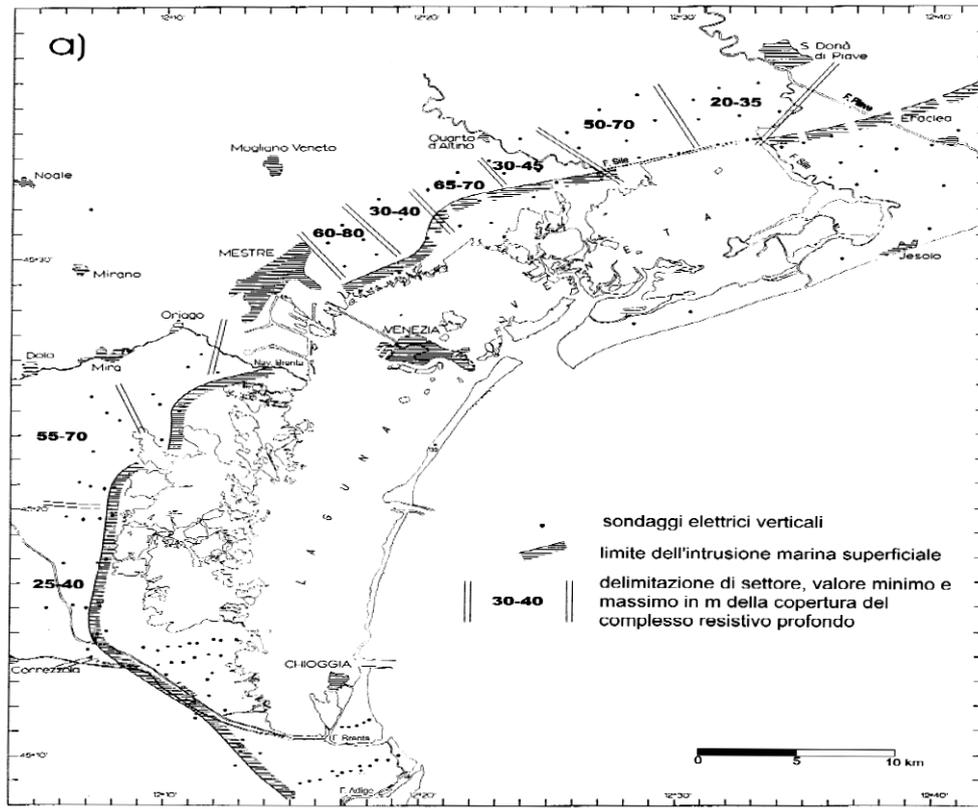


Figura 8.1.1: Cartografia schematica della contaminazione salina negli acquiferi superficiali del comprensorio veneziano negli anni 1970 (Benvenuti G., 1974)

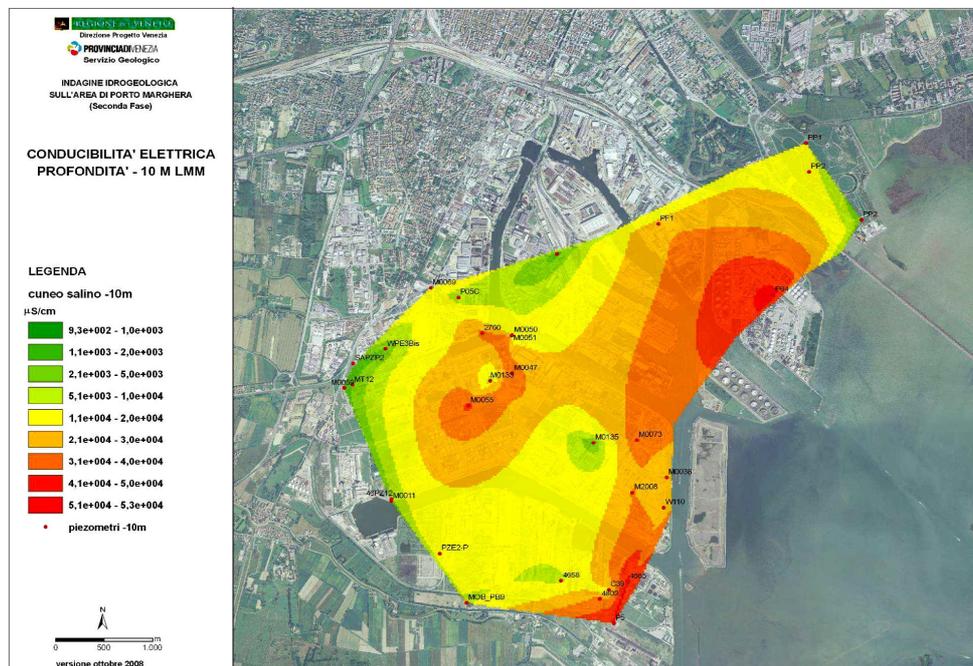


Figura 8.1.2: Carta della conducibilità elettrolitica delle acque sotterranee a 10 m di profondità (Regione del Veneto-Provincia di Venezia, 2009)

9 Prelievi idrici

All'interno dell'area di studio sono stati identificati n.167 prelievi di acque sotterranee, tutti ubicati all'interno dell'area del SIN.

Vengono distinti in 6 tipologie di prelievo in relazione alle modalità di captazione:

1. Pozzi: emungono acqua sia dai terreni di riporto dell'unità di Marghera, sia dalla prima falda. Sono stati individuati n.7 pozzi nell'area. Si è a conoscenza dell'esistenza di alcuni pozzi che prelevano dalla falda profonda che sono stati chiusi e sigillati in prossimità dei tratti filtrati.
2. Piezometri: la maggior parte dei prelievi sono di questo tipo e ne sono stati contati n.118.
3. Dreni verticali: sono in n.23, quasi tutti realizzati nella penisola del Nuovo Petrolchimico.
4. TOC: sono trivellazioni orizzontali controllate. In totale nell'area sono n.13, per una lunghezza di circa 150 m cadauno. Sono ubicati tutti all'interno del Nuovo e del Vecchio Petrolchimico. Il massimo prelievo di tutta l'area è di questo tipo ed è stimabile a quasi 60 m³/giorno.
5. Trincee: n.2 trincee sono state realizzate all'interno della zona industriale.
6. Vasche: nell'area sono presenti due vasche, una di tipo ATI e una di tipo API, da cui si preleva acqua.

In allegato 1 sono riassunte le principali caratteristiche dei sistemi di prelievo di cui si è a conoscenza nell'area del SIN.

Inoltre dal database dell'Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale (AATO) Laguna di Venezia, costituito da oltre 7000 pozzi e piezometri, sono stati estratti ed inseriti nel modello tutti i pozzi emungenti acqua con profondità inferiore a 40 m. In seguito sono state analizzate i tratti filtrati e calcolate le profondità dal piano campagna ricavato dal DTM a 5 m della Regione Veneto. In totale sono n.86 i pozzi che intercettano le acque sotterranee nell'area di studio e la maggior parte di essi sono ubicati nella parte più settentrionale.

10 Reti tecnologiche

La fitta attività industriale e l'evoluzione dei centri abitati attigui hanno avuto la necessità di realizzazione di reti tecnologiche per la distribuzione e lo smaltimento delle acque.

La riorganizzazione del sistema di collettamento delle acque a Porto Marghera è stata progettata attualmente mediante l'attuazione del Progetto Integrato Fusina (PIF) che prevede di differenziare le linee di adduzione dei reflui di origine civile (reflui di tipo "A") con potenzialità di 110000 m³/giorno da quelli derivanti dai processi industriali (reflui di tipo "B") con potenzialità di 50000 m³/giorno.

Sulla base di tali dati si osserva la rilevanza delle portate in afflusso agli impianti che provengono dalla zona di studio una volta completato il sistema del ciclo delle acque.

Con aggiornamento al 2011, gli scarichi in laguna derivanti da Porto Marghera (Fig. 10.1) erano di circa 1500 milioni di m³/anno, di cui la massima parte era di acqua salata e in minima parte di acqua dolce (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti-Magistrato alle Acque, 2012).

Come è noto, le reti di collettamento delle acque di approvvigionamento industriale e quelle degli insediamenti civili sono oggetto di perdite, soprattutto in relazione ai contesti storici urbani e alla vetustà delle tubazioni.

Non è conosciuta l'entità delle perdite dagli insediamenti industriali, mentre stime su quelle degli insediamenti urbani di Venezia sono di circa 30-35% rispetto ad un quantitativo di oltre 58.5 milioni di m³/anno.

Per la rete fognaria invece non è stato possibile reperire i volumi di acqua circolanti, ma dalla simulazione eseguita da Dalla Vecchia *et al.* (2012) nella sola area di via Torino a Marghera sono state stimate perdite pari al 50.9 % delle precipitazioni.

In base a queste sintetiche considerazioni assumono una significativa importanza sul bilancio idrico sotterraneo tali aliquote di perdite di risorse idriche nel sottosuolo, dapprima nel riporto e successivamente nei materiali di origine geologica.

In questa fase, in assenza di dati specifici, sono state considerate le perdite comunque in aliquota molto ridotta solo per quelle aree in cui l'entità delle voci attive della ricarica non erano in grado di giustificare localmente i valori di livello piezometrico misurati nella rete di monitoraggio.

Nelle figure 10.2 e 10.3 si nota come tali reti sono composte da condotte che spesso superano il metro di diametro. Va sottolineata anche la presenza di due cisterne per l'acqua al confine dell'abitato di Marghera.

All'interno del SIN la rete fognaria è costituita, al 31 dicembre 2011, da n. 107 scarichi in acque lagunari e n. 251 immissioni in reti fognarie collettati ad un impianto di depurazione oppure relativi a scarichi parziali a piè di impianto con immissione in collettori di scarico con recapito in laguna (Fig. 10.4).

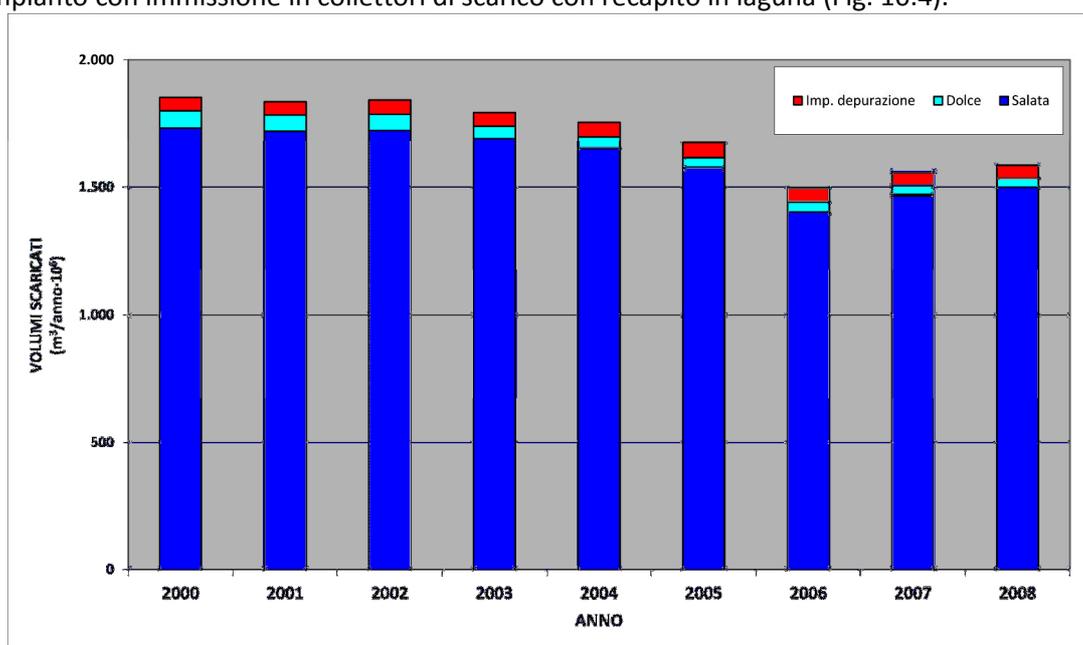


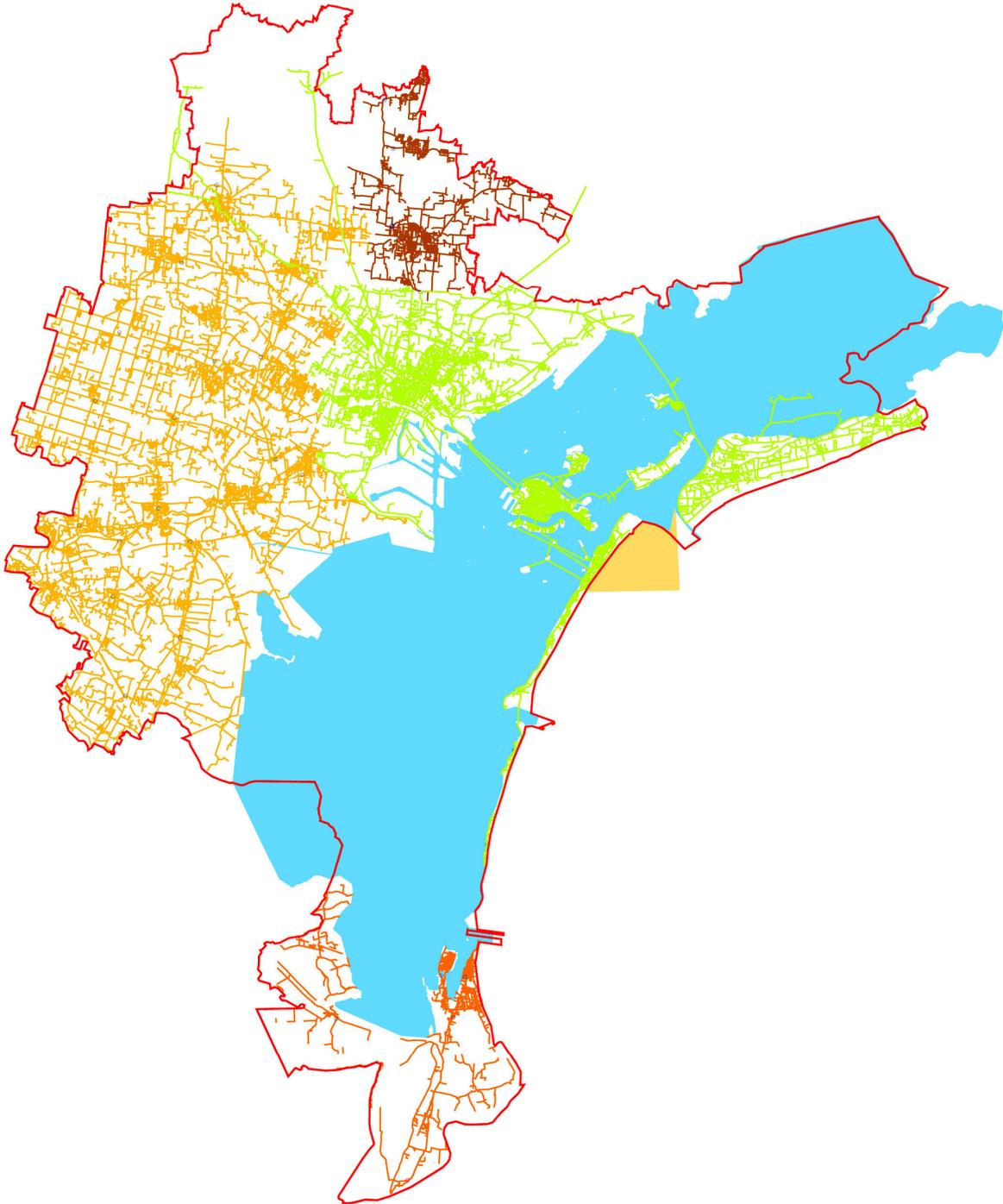
Figura 10.1: Volumi scaricati in laguna dall'area di Porto Marghera (tratta da Magistrato alle Acque, 2011)

Fonte: ATO "Laguna di Venezia", ricognizione della rete esistente

Università IUAV di Venezia
ATO "Laguna di Venezia"
Piano d'Ambito
progetto preliminare

4-1
Rete acquedottistica esistente
scala: 1:100.000

- | | | |
|---|--|--|
|  rete acquedottistica ACM |  rete acquedottistica ASP |  impianti di potabilizzazione |
|  rete acquedottistica SPIM |  rete acquedottistica VESTA |  serbatoi |



Elaborazioni a cura di IUAV Studi e Progetti - ISPiri; arch. Mario Spinelli (direttore generale) - prof. Giovanni Campet (responsabile scientifico) - arch. Stefano Giorgetti, dott.ssa Sandra Squizzato (coordinamento scientifico)

Figura 10.2: Rete acquedottistica AATO Laguna di Venezia (AATO, 2003)

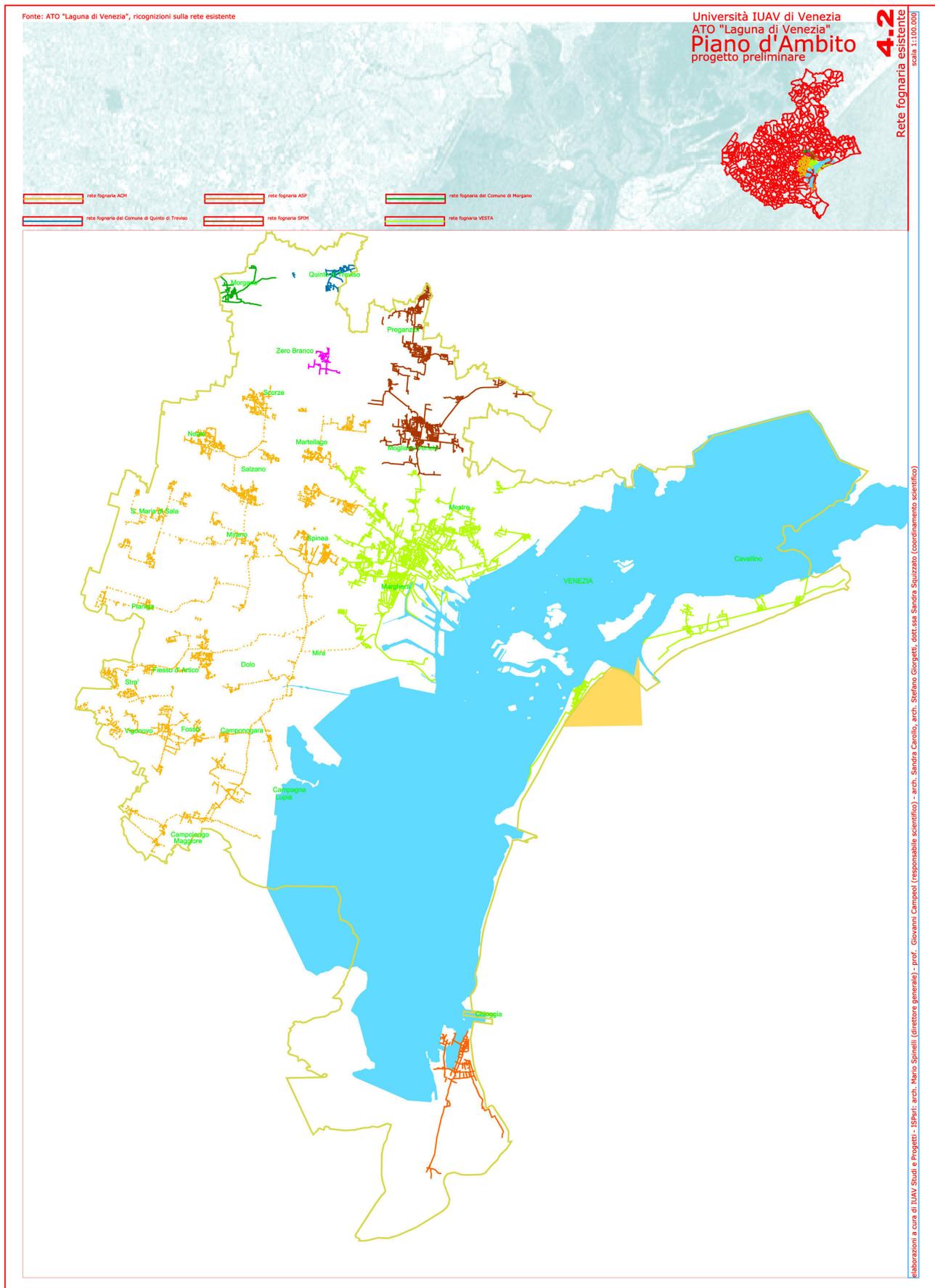


Figura 10.3: Rete fognaria AATO Laguna di Venezia (AATO, 2003)

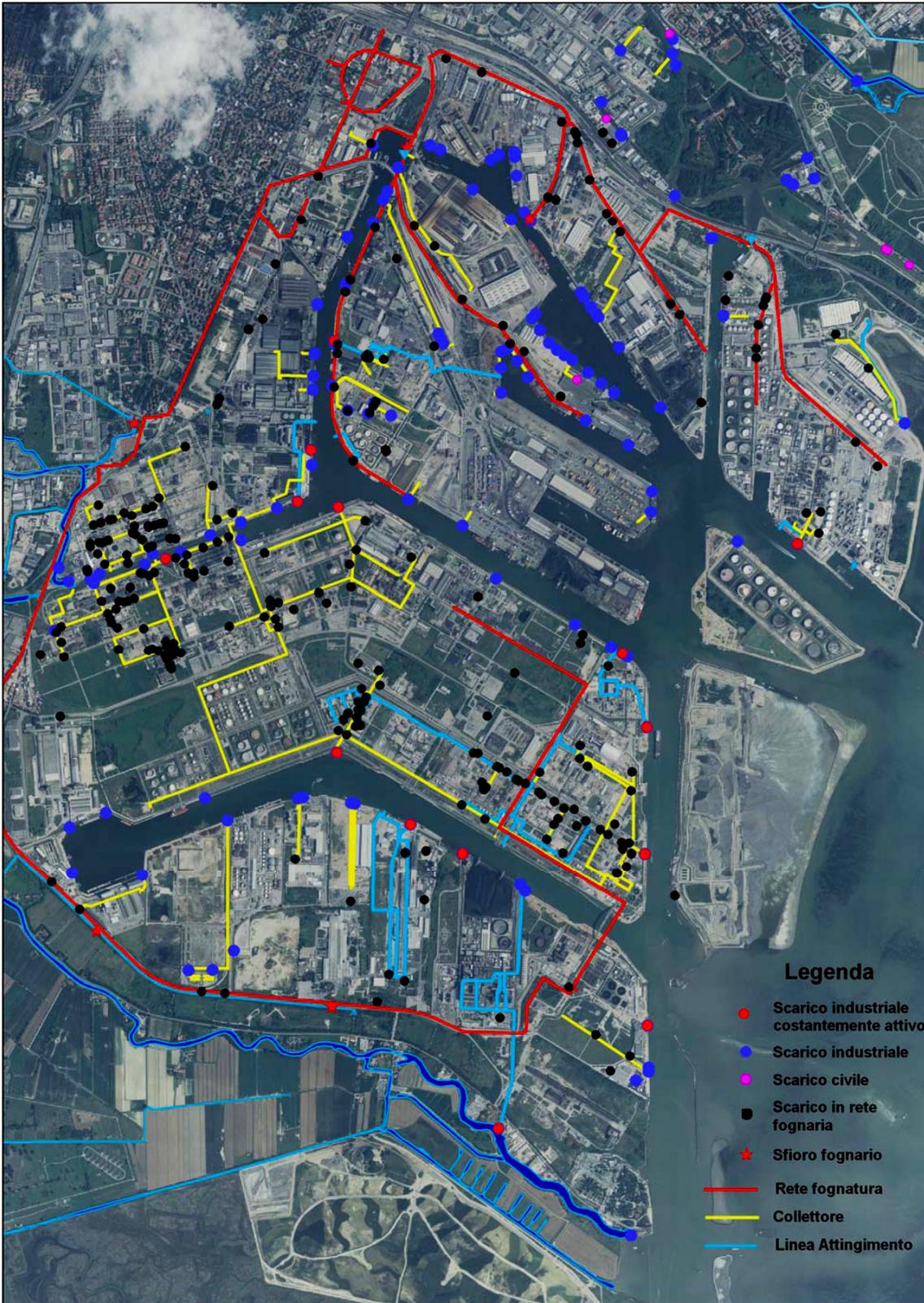


Figura 10.4: Ubicazione e tipologia degli scarichi di Porto Marghera (Magistrato alle Acque, 2011)

11 Pozzi artesiani

Nell'area di studio sono localizzati molti pozzi profondi (Fig. 11.1) che erano destinati all'approvvigionamento prevalentemente industriale e captavano 6 acquiferi, fino ad oltre 300 m di profondità, che sono schematizzati nella loro posizione nel sottosuolo in Fig. 11.2.

Non erano significativamente captati l'acquifero superficiale fino a circa 50 m di profondità (di interesse invece per il presente studio) e l'acquifero confinato A dello schema di Fig. 11.2 in quanto di ridotta potenzialità idrica.

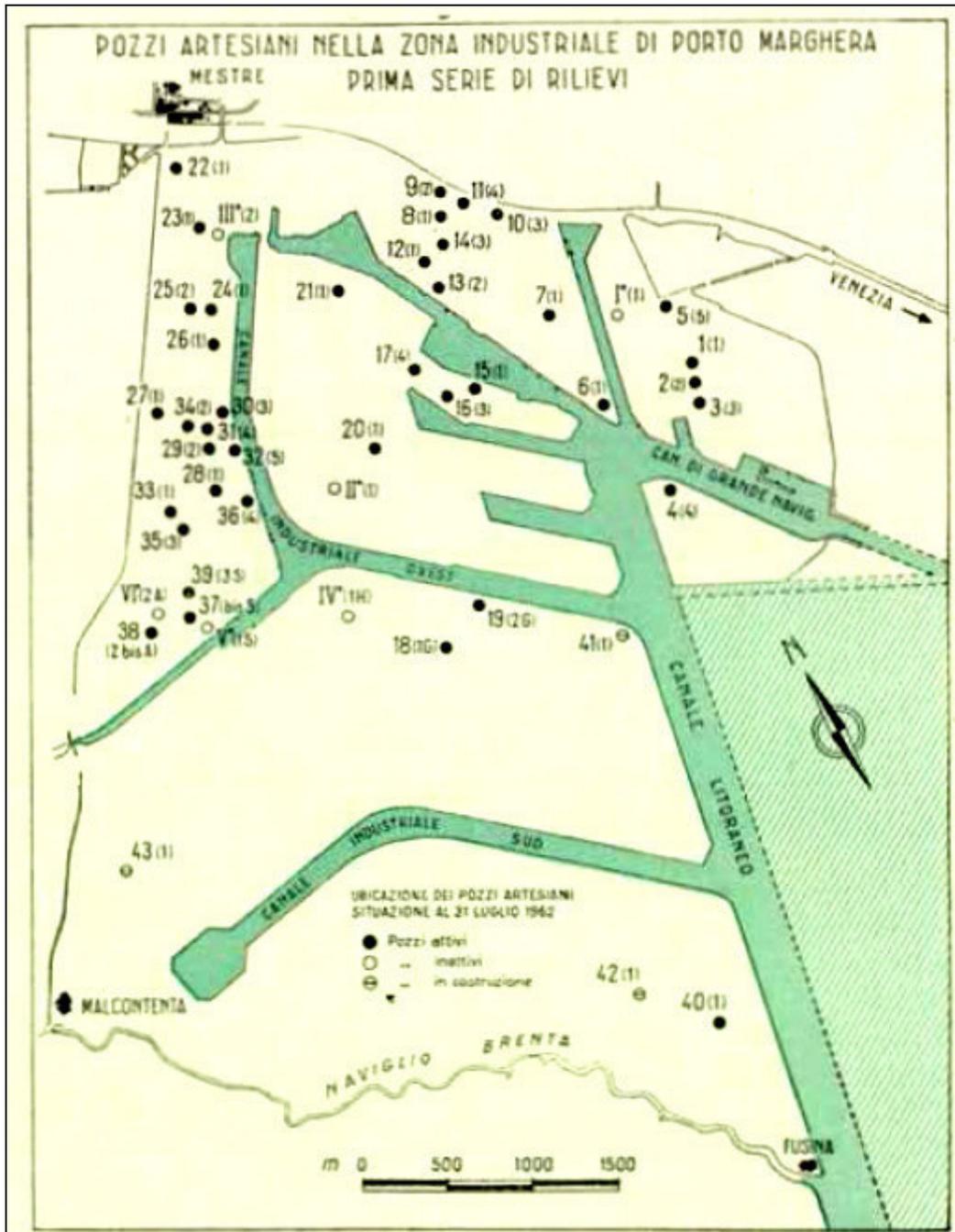


Figura 11.1: Localizzazione dei pozzi artesiani a Porto Marghera (Padoan G., Dorigo L. 1966)

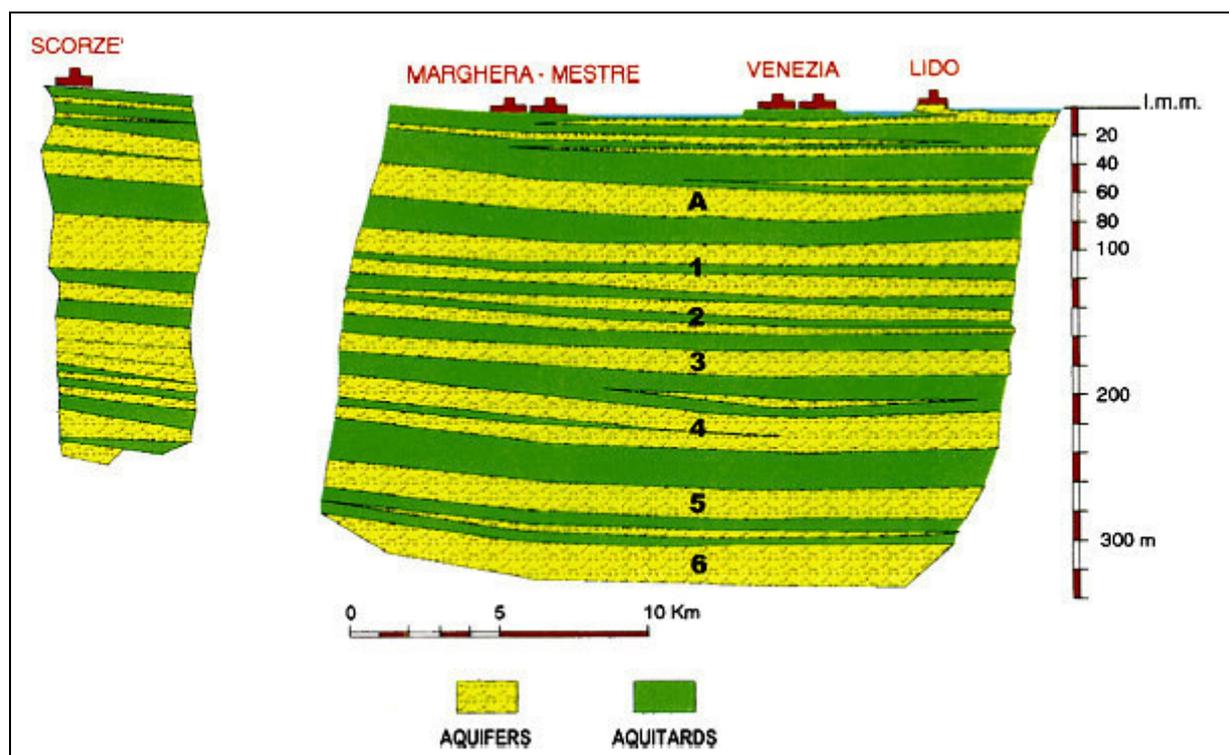


Figura 11.2: Schema del sottosuolo della laguna veneta fino a 350 m di profondità (Da Lio C. et al.. 2013)

Sui 6 acquiferi sfruttati furono effettuate prove che individuarono i valori di permeabilità e porosità totale illustrati in Tab. 11.1; come si osserva la parte più permeabile è costituita da sabbie mentre quella meno permeabile da limi (Tab. 11.2).

Profondità (m)	Principali acquiferi (spessore in m)	Acquiferi - Conducibilità idraulica orizzontale media (m/s)	Acquitardi - Conducibilità idraulica verticale media (m/s)	Porosità totale media (%)
74-81			$3 \cdot 10^{-7}$	
81-124	1° (0-50)	$1 \cdot 10^{-5}$		0.43
124-132			$7 \cdot 10^{-10}$	
132-153	2° (5-25)	$1 \cdot 10^{-5}$		0.45
153-163			$3 \cdot 10^{-8}$	
163-181	3° (3-35)	$4 \cdot 10^{-7}$		0.38
181-2203			$5 \cdot 10^{-9}$	
203-235	4° (10-35)	$6 \cdot 10^{-6}$		0.42
235-260			$6 \cdot 10^{-9}$	
260-302-	5° (15-50)	$2 \cdot 10^{-6}$		0.37
302-318			$6 \cdot 10^{-8}$	
318-340	6° (10-40)	$1 \cdot 10^{-8}$ *		

Tabella 11.1: Permeabilità di campioni dei sondaggi VE1 CNR da prove di laboratorio: * il 6° acquifero è sfruttato solo a Marghera in quanto a Venezia la sua permeabilità è bassa (Carbognin L. et al.. 1984 e Gambolati G. et al.. 1974)

I valori di permeabilità sopra riportati sono probabilmente sottostimati (fattore scala) in relazione alle modalità di prova, costituite da analisi su campioni di laboratorio, che quindi investono un volume ridotto dei litotipi prelevati nel corso dei sondaggi.

Profondità (m)	Litotipo (%)			
	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0-50	0.3	38.0	41.7	20.0
51-100	0.7	50.0	35.0	14.3
101-150	---	46.2	42.2	11.6
151-200	0.4	33.6	48.2	17.8
201-250	---	26.0	54.0	20.0
251-300	5.6	38.4	34.8	21.2
301-350	---	13.5	61.6	24.9
Media	1.0	35.1	45.4	18.5

Tabella 11.2: Classi granulometriche derivanti dal sondaggio VE1 CNR (Carbognin L. et al., 1984 e Gambolati G. et al., 1974)

Veniva stimato dal sistema di acquiferi un prelievo di 600 l/s nel 1970, con un aumento del 100% rispetto al 1962, di cui la maggiore aliquota era dovuta agli emungimenti nell'area industriale di Porto Marghera (Serandrei Barbero, R., 1972).

Dopo la sospensione dei prelievi, ad eccezione di quelli potabili in zone non interessate da acquedotto e la chiusura di oltre 300 pozzi, causata dai noti problemi di subsidenza del bacino lagunare (avvenuta in seguito provvedimenti locali e legge nazionale), non sono completamente note le modalità di chiusura e cementazione dei pozzi artesiani.

L'interruzione dei pompaggi dalle falde profonde nella zona lagunare ha determinato un auspicato incremento dei livelli piezometrici per contrastare il fenomeno della subsidenza.

Attualmente si hanno livelli piezometrici anche superiori di qualche metro dal piano campagna e controllati dalla rete di monitoraggio del C.N.R.-ISMAR costituita da n.117 punti (Fig. 11.3 e 11.4).

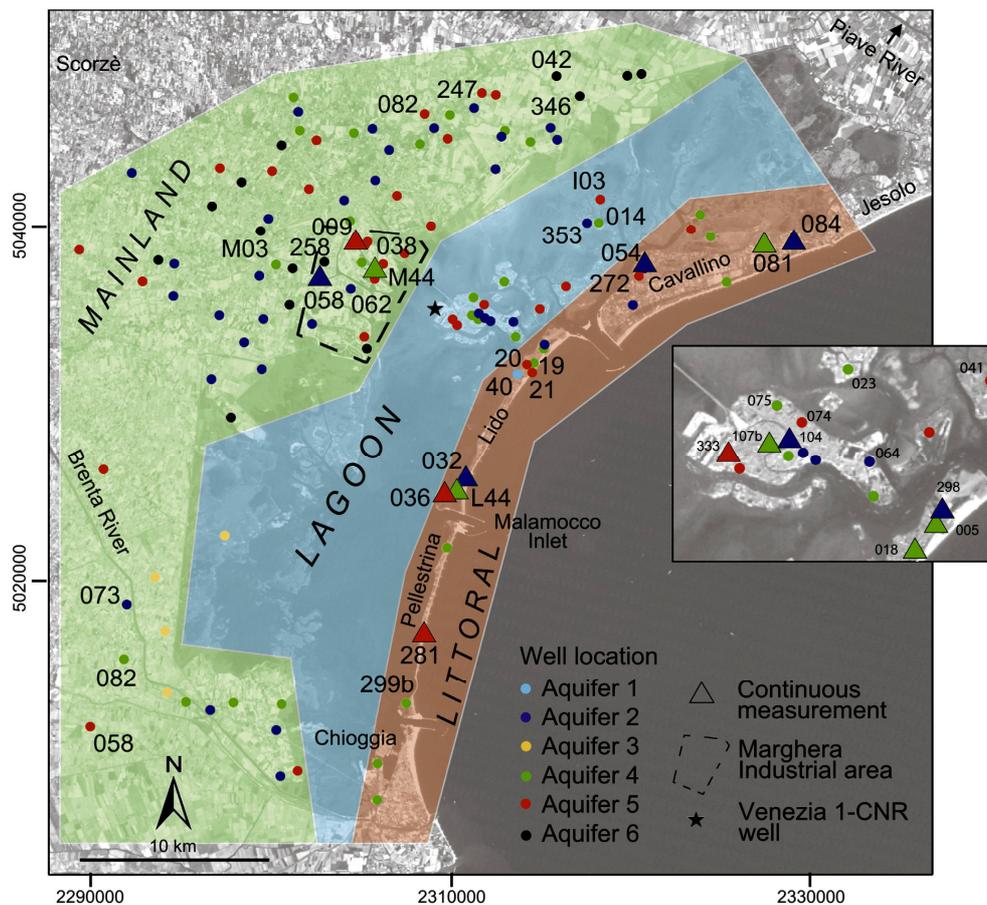


Figura 11.3: Ubicazione dei punti della rete di monitoraggio del C.N.R.-ISMAR (Da Lio et al., 2013)



Figura 11.4: Esempio di pozzo artesiano (livello saliente misurato dal manometro)

Un esempio di schemi di completamento dei pozzi profondi artesiani è illustrato in Fig 11.5 dal quale si osserva che nei pozzi multifalda i filtri erano posti oltre i 70 m di profondità dal livello del mare.

Il ripristino dei livelli piezometrici può determinare uno scambio di acque tra i differenti corpi geologici permeabili nel sottosuolo in funzione del carico idraulico esistente al loro interno.

Tale scambio, che si ha con una componente di flusso idrico verso l'alto, si può schematizzare nei seguenti tre modi.

1) Perdite dalle falde profonde in pressione verso quelle più superficiali. Questo meccanismo è stato adottato dagli Autori precedenti (Avci, 1992, Cultrera, 2010, Paris et al., 2010, Da Lio et al., 2013) per giustificare anomalie piezometriche nella falda superficiale. E' stato utilizzato per una stima delle perdite il metodo di Avci (1992). Tuttavia la schematizzazione riportata in Fig. 11.6 illustra una diversa possibile circolazione delle acque sotterranee, data l'assenza di filtri nella parte più superficiale nei pozzi multifalda.

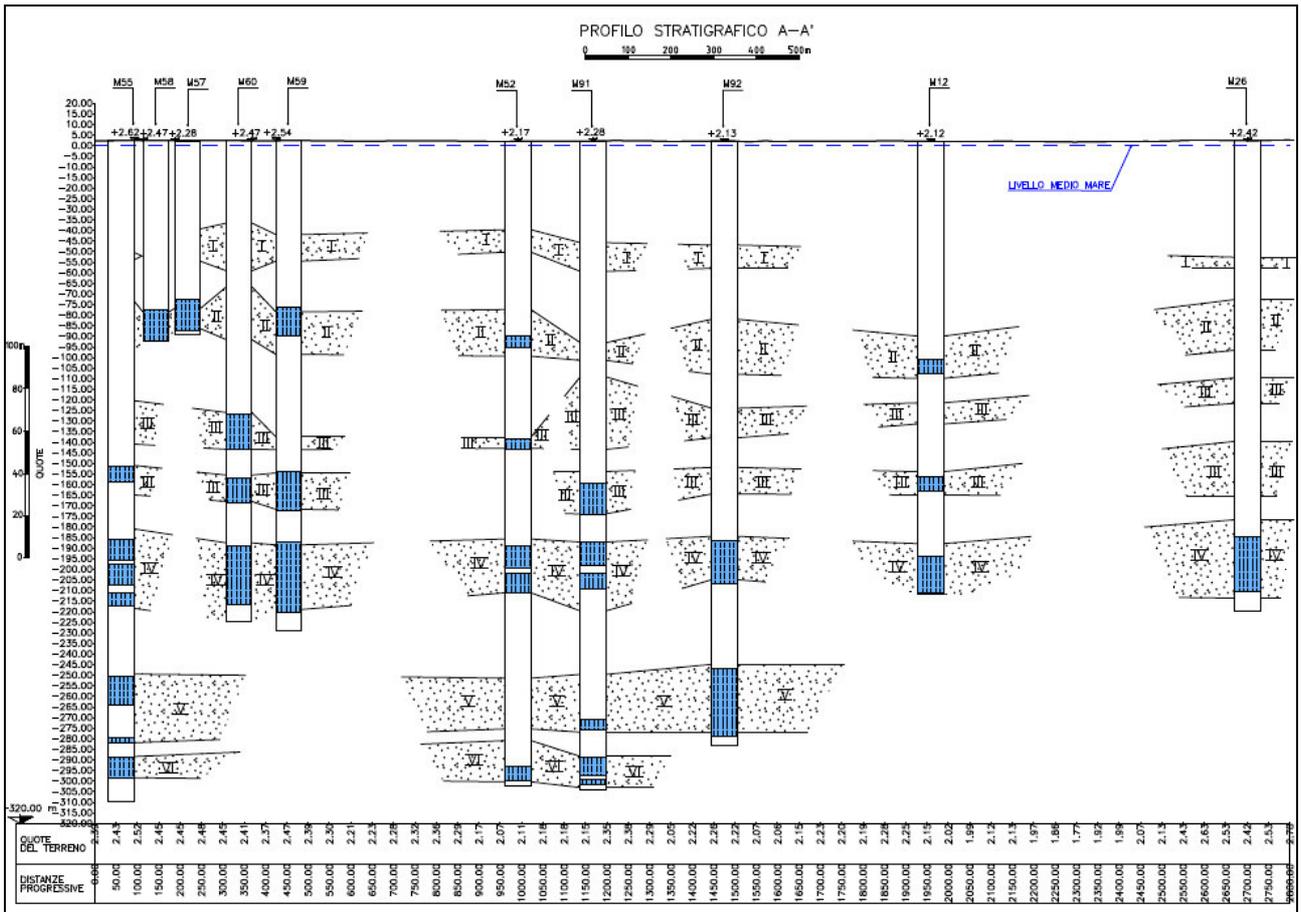


Figura 11.5: Schema illustrativo dei pozzi artesiani nella zona di Porto Marghera – sezione A-A' (da Magistrato alle Acque, 2008)

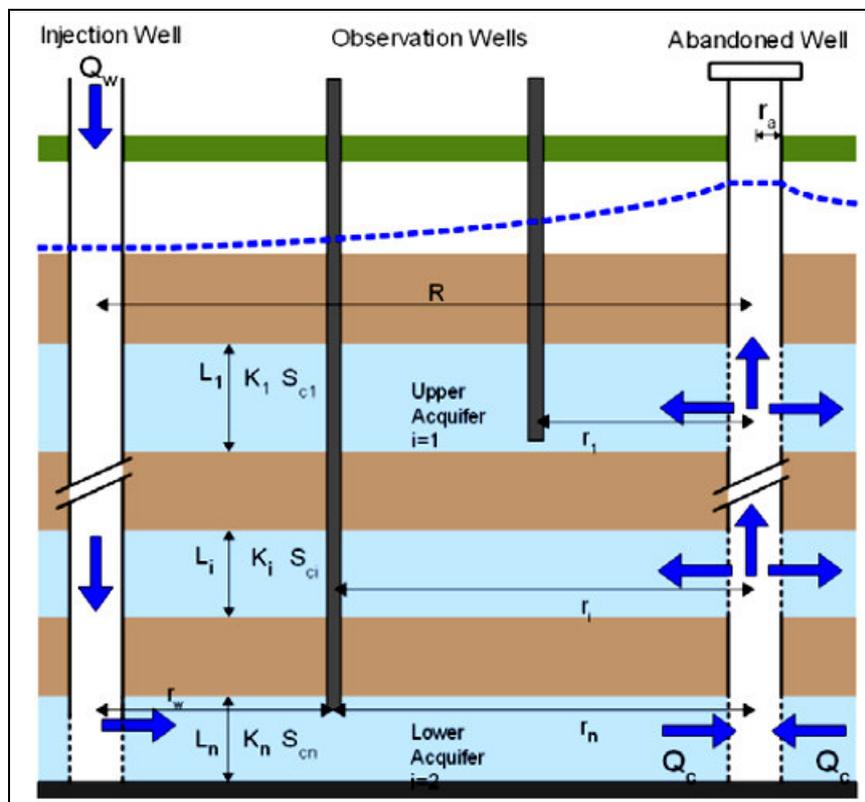


Figura 11.6: Flusso idrico in acquifero multifalda (Cultrera M., 2010 e Nordbotten J.M. et al., 2004)

2) Perdite attraverso il pozzo tra le diverse falde. Questo meccanismo prevede una filtrazione di acque attraverso un "tappo" di riempimento presente all'interno della tubazione e successivamente un flusso simile alla modalità espressa nel punto precedente. Per stimare le perdite è applicabile il metodo di Bonte et al. (2014). Tuttavia non risulta che siano state effettuate operazioni di cementazione dei pozzi, anche se tale aspetto deve essere ulteriormente esplorato e rimane comunque l'osservazione sopra riportata al punto 1) rispetto alla posizione dei filtri nei pozzi.

3) Perdite nell'intercapedine tra tubazione e perforo. Questa situazione si realizza in caso di mancata tenuta della cementazione o di presenza di dreno continuo. Per stimare le perdite è applicabile il metodo di Chesnaux et al. (2006) che è stato anche validato da un codice numerico. Questo metodo, che si ritiene il più probabile nell'applicabilità del caso considerato, prevede una valutazione mediante la seguente relazione

$$q_L = \frac{K_2 A}{L} (h_{W_u} - h_{W_i})$$

Dove:

q_L è la portata in m^3/s ;

K_2 è la conducibilità idraulica del completamento del pozzo (dreno nel caso in esame) espressa in m/s ;

A è l'area occupata dal completamento del pozzo (m^2);

L è la differenza tra la base dell'acquifero superiore e il tetto di quelli inferiori (m);

$H_{W_u} - h_{W_i}$ esprime la differenza tra il livello della falda superiore e quella inferiore (m).

Come detto in precedenza è stato ipotizzato che il completamento del pozzo sia costituito unicamente dal dreno ($K=10^{-4}$ m/s). Così facendo viene considerato il flusso massimo.

L'area utilizzata per il calcolo è l'anello di dreno esistente tra la tubazione del pozzo (ipotizzato essere 0.23 m) e il diametro di perforazione (0.3 m derivato dal catasto dei pozzi).

Dalla stratigrafia è emerso che la base delle sabbie appartenenti all'acquifero superficiali sono a circa 15 m di profondità dal piano campagna, mentre il tetto delle sabbie del secondo acquifero è a 80 m di profondità, per un totale di 65 m di materiale impermeabile che costituisce l'acquitarzo.

Dal Magistrato alle acque (2008) è emerso che il pozzo 58 ha un livello medio a +2.70 m dal livello del mare. Dai rilievi eseguiti durante il monitoraggio della falda superficiale è emerso che il livello medio del piezometro ID 17, il più prossimo al pozzo profondo 58, è 1.863 m s.l.m., per una differenza di quota di 0.837 m.

Utilizzando questi dati risulta che il flusso dall'acquifero profondo a quello superficiale è 0.0032 $m^3/giorno$, pari a 3.24 l/giorno.

Considerando un altro pozzo, il numero 258 nella zona del Vecchio Petrolchimico, dal database della Regione del Veneto risulta che i filtri sono posizionati tra 291 e 307 m di profondità e il diametro è di 0.1778 m. Dal Magistrato alle acque (2008) risulta che il livello medio della falda è +5.00 m s.l.m., mentre il punto di controllo della rete di monitoraggio del SIN più prossimo è ID 8 con livello a +1.205 m s.l.m..

Considerando il diametro di perforazione 0.3 m, la base delle sabbie dell'acquifero a 30 m di profondità e che il pozzo sia stato completato unicamente con dreno con conducibilità idraulica pari a 10^{-4} m/s risulta che la portata alla base dell'acquifero superficiale è 0.0058 $m^3/giorno$, pari a 5.8 l/giorno.

Dall'ordine di grandezza dei valori di portata sopra calcolati si osserva come sia molto ridotto il possibile apporto dalle falde profonde verso quelle più superficiali attraverso le opere di captazione secondo il meccanismo ipotizzato; ciò anche considerando il rilevante numero di pozzi artesiani esistenti in passato.

Comunque tale situazione potrà essere meglio approfondita con ulteriori indagini.

12 Strutture di messa in sicurezza e bonifica interferenti con le acque sotterranee

I primi interventi effettuati nell'area di Porto Marghera per la bonifica dei siti inquinati sono quelli per la messa in sicurezza.

Sono state quindi realizzate una serie di barriere fisiche lungo la costa per il contenimento delle acque sotterranee che comprendono palancolati metallici, diaframmi impermeabili in calcestruzzo e in cemento armato, cassoni riempiti con materiali inerti e in cemento armato e pali in calcestruzzo con impalcato in cemento armato. La stabilità di ogni opera è influenzata dall'utilizzo, dal metodo di costruzione e dal materiale utilizzato e per questo motivo le profondità di intestazione sono diverse. Alcune profondità sono variabili anche all'interno della stessa opera e si possono raggiungere anche valori di -26 m s.l.m.

La Fig. 12.1 mostra l'ubicazione dei diaframmi.

A tergo delle barriere, per garantire un livello piezometrico stabile e costante nel tempo ed evitare innalzamenti eccessivi e relativi problemi ad essi collegati, sono stati realizzati dei dreni. Queste opere sono state individuate unicamente lungo la sponda nord del Canale Sud, lungo la banchina identificata dal MAV con la sigla E1.

Inoltre, come detto in precedenza, sono presenti altri drenaggi della falda identificati principalmente in pozzi, dreni verticali e orizzontali. Alcuni di questi sono ubicati in modo da evitare la realizzazione del dreno orizzontale superficiale o in luoghi dove ne era impossibile la realizzazione, altri possono essere ulteriori interventi per garantire la sicurezza dell'area.

È stato poi progettato un intervento di confinamento idraulico con barriere fisiche anche a monte dell'area industriale di Porto Marghera (denominato "Retromarginamento"). Attualmente è prevista la realizzazione di diaframmi impermeabili con materiali differenti fino alla profondità di -14m s.l.m.m. Tale intervento interferirà con gli afflussi idrici sotterranei da monte bloccandone una parte.

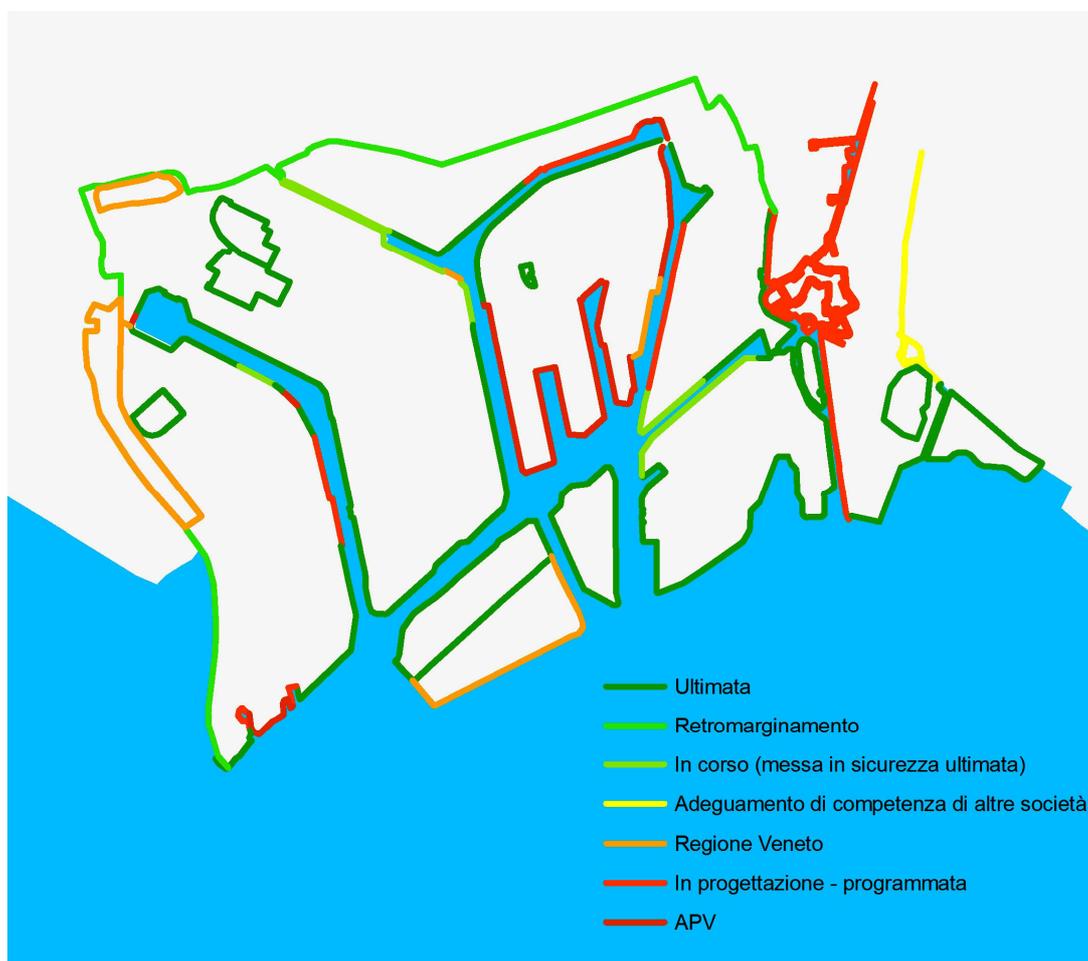


Figura 12.1: Ubicazione delle barriere impermeabili.

13 Modello numerico di flusso idrico sotterraneo

Un modello matematico costituisce una rappresentazione semplificata di un sistema fisico mediante equazioni matematiche, dalle quali è possibile dedurre la conoscenza del sistema con una nota accuratezza. Per realizzare un modello di flusso numerico che riproduca la realtà del flusso idrico sotterraneo occorre identificare degli elementi significativi, semplificarli e ricostruirli.

Per valutare il flusso idrico sotterraneo dell'area in oggetto è stato necessario riprodurre le caratteristiche: superficie topografica, geologia superficiale e del sottosuolo, corsi d'acqua naturali ed artificiali, laguna, prelievi idrici, interventi di bonifica idraulica, precipitazioni e marginamenti.

Il modello è utilizzabile inizialmente per ricostruire l'andamento piezometrico, per quantificare le portate circolanti nella zona di portuale e per valutare l'efficacia e l'efficienza degli interventi in progetto a protezione delle acque sotterranee.

Le opere attualmente realizzate consistono in una serie di marginamenti in prossimità delle banchine. Terminata la costruzione delle barriere a contatto con la laguna si prevede di valutare l'installazione di strutture con funzione di retromarginamento a monte dell'area classificata come SIN (Sito di Interesse Nazionale).

È stata realizzata una prima modellazione in regime stazionario per una valutazione preliminare della circolazione idrica sotterranea e per una iniziale calibrazione dei parametri che incidono su tale circolazione. A supporto è stato utilizzato il software Visual Modflow 2011, interfaccia che ha all'interno il codice numerico MODFLOW dell'USGS.

L'equazione differenziale a derivate parziali di governo del flusso idrico sotterraneo in mezzi eterogenei ed anisotropi che viene risolta dal codice numerico è la seguente:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) \pm W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

In cui x, y, z (m) sono gli assi principali di un sistema di riferimento cartesiano che si assume allineato alle componenti principali della conducibilità idraulica K_{xx} , K_{yy} e K_{zz} (m/s). Inoltre h (m) rappresenta il carico idraulico, t (s) il tempo, S_s (1/m) il coefficiente di immagazzinamento specifico e W (1/s) i flussi volumetrici sorgente/pozzo per unità di volume.

I parametri conducibilità idraulica e coefficiente di immagazzinamento specifico sono funzioni dello spazio, mentre i parametri carico idraulico e flusso volumetrico per unità di volume sono funzioni dello spazio e del tempo.

La scelta di questo codice numerico alle differenze finite per la modellazione dei flussi idrici sotterranei che interessano il SIN di Venezia-Porto Marghera, nonostante una relativa rigidità nella discretizzazione dell'area di studio, è stata indirizzata dalle seguenti motivazioni:

- si tratta di un codice numerico ormai collaudato;
- si rendono disponibili periodici aggiornamenti, con nuovi sottoprogrammi che risolvono ulteriori problemi di flusso;
- il software che risolve problemi di flusso è interfacciato con altri software che risolvono i problemi di trasporto;
- è possibile affrontare anche il trasporto di flussi multifase e quindi anche i problemi legati all'interfaccia acqua dolce-acqua salata;
- la disponibilità di interfacce di input e di output rende fruibile il codice numerico anche ad utenti non specializzati nella modellazione;
- è possibile anche una traslazione del modello concettuale da una schematizzazione alle differenze finite ad una agli elementi finiti.

Altri modelli di flusso sono già stati implementati nell'area SIN sia alle differenze finite (Venezia Ricerche, 2001, e Francani et al, 2004) che agli elementi finiti (Ministero delle infrastrutture-Magistrato alle Acque, 2007a)

Per l'implementazione del modello è stato seguito l'approccio ormai consolidato proposto da Anderson & Woessner (1992) che prevede le fasi illustrate nello schema di Fig. 13.1.

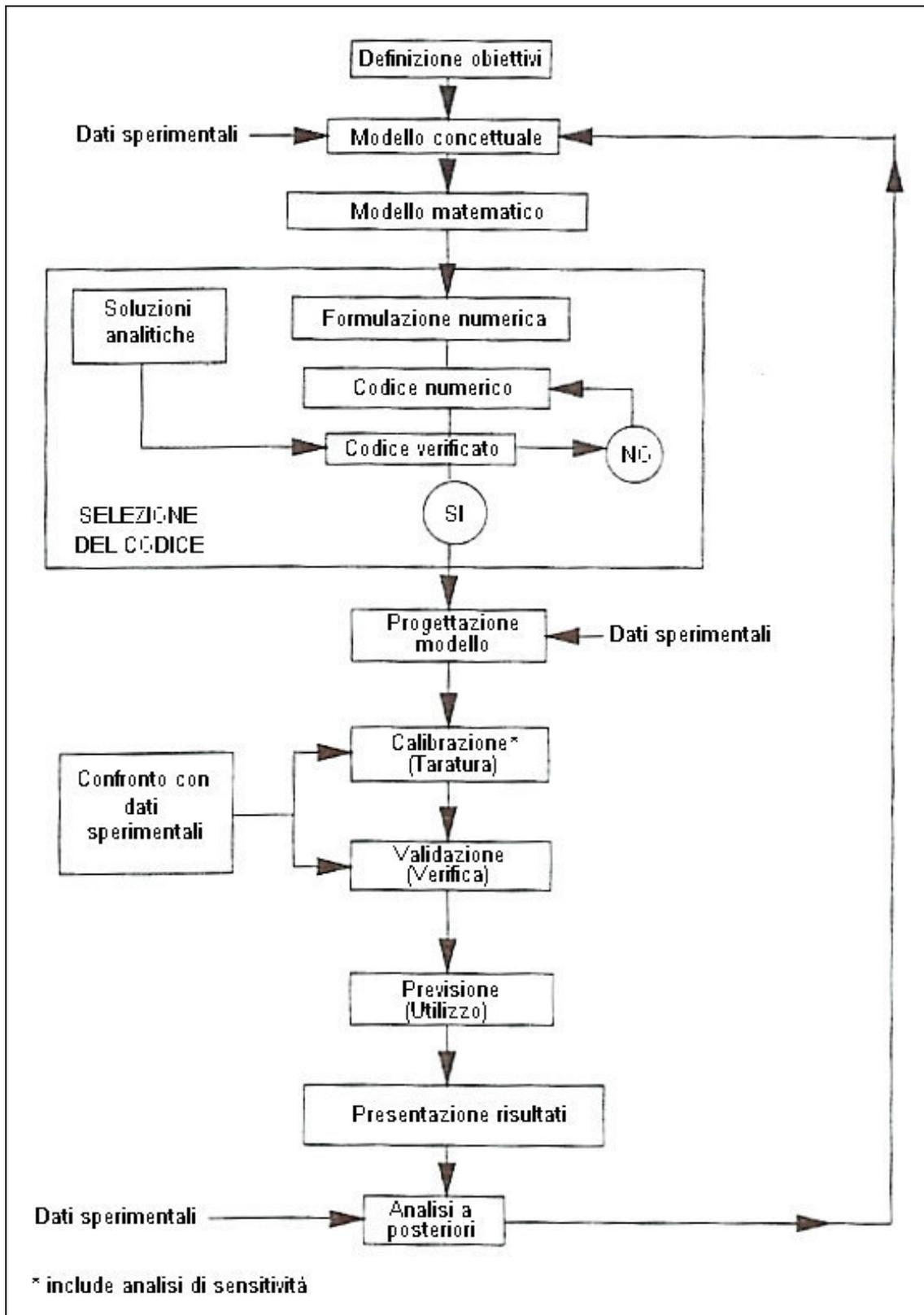


Figura 13.1: Schema della fasi di applicazione di un modello di flusso nelle acque sotterranee (Anderson & Woessner, 1992)

Lo studio eseguito e descritto nei precedenti capitoli è servito per l'implementazione del modello concettuale dell'area di studio, in modo da poter definire la geometria e la parametrizzazione dei diversi corpi geologici nel sottosuolo, gli afflussi e deflussi e le forzanti costituite da fattori naturali ed antropici.

Per quanto riguarda le finalità si ricorda che lo studio ha lo scopo di comprendere la dinamica delle acque sotterranee nella parte più superficiale del territorio (fino a circa 30 m di profondità dal p.c.) in un contesto molto complesso dal punto di vista del ciclo idrologico.

Ciò in relazione al fatto che la finalità dello studio è una valutazione degli interventi in atto nel SIN di Venezia-Porto Marghera e delle possibili ulteriori opere da realizzare ai fini della tutela della risorse idriche. Sulla base quindi dei dati acquisiti ed elaborati in fase preliminare e della bibliografia consultata si sono rilevate i seguenti elementi che incidono sul bilancio idrico delle acque sotterranee:

- Afflussi
 - + Afflusso da monte
 - + Ricarica meteorica
 - + Perdite da reti tecnologiche
 - + Alimentazione da corsi d'acqua superficiali
 - + Afflussi da falde profonde artesiane
- Deflussi
 - + Deflusso a valle
 - + Evapotraspirazione
 - + Prelievi idrici
 - + Drenaggio da corsi d'acqua superficiali e prelievi da idrovore

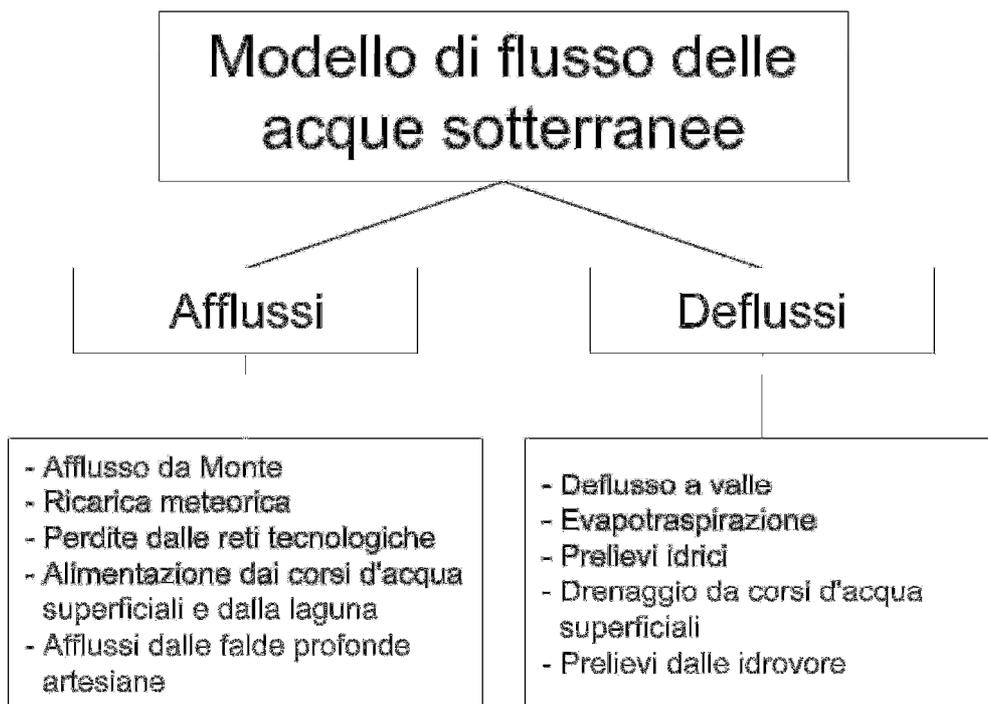


Figura 7.2: Schemi del bilancio idrico

13.1 Discretizzazione dell'area

L'area considerata per la modellazione è stata discretizzata orizzontalmente attraverso celle quadrate con lati di 100 m, per un totale di n.33649 (209 x 161 celle).

Per mantenere all'interno del modello il flusso parallelo a due lati delle celle per minimizzare gli errori di calcolo si è ruotata la griglia di 47° in senso orario.

Per definire la griglia verticale sono stati identificati n.11 strati (layer) e n.12 superfici che li definiscono.

Per il piano campagna è stato utilizzato il DTM della Regione del Veneto con maglia a 25 m, in particolare i settori corrispondenti alle seguenti CTR:

127020 Scorzè
127030 Mogliano Veneto
127050 Santa Maria di Sala
127060 Martellago
127070 Zelarino
127080 Favaro Veneto
127090 Pianiga
127100 Mirano
127110 Venezia-Mestre
127120 Campalto
128090 Murano
127140 Mira Taglio
127150 Malcontenta
127160 Venezia - Ovest
128130 Venezia - Est
148030 Casone delle Tezze
148040 Poveglia

La seconda superficie corrisponde alla base dei terreni di riporto (laddove presente) e agrari, ottenuta sottraendo lo spessore di questi alla superficie del piano campagna ottenuta mediante interpolazione lineare dei valori delle quote topografiche. Non è stato utilizzato direttamente il DTM in questo passaggio perché la superficie ottenuta con questo metodo risulta più lineare.

Utilizzando i valori del modello digitale del terreno, soprattutto nelle aree corrispondenti ai canali lagunari si ottenevano valori troppo sfalsati e irreali. Infatti lo spessore interpolato del riporto, all'interno dei canali appariva piuttosto elevato. Se si fosse sottratto questo valore al DTM si sarebbero rappresentati i canali a 12 m di profondità dal l.m.m., con un ulteriore strato di almeno 5 m di riporto, ottenendo una profondità basale di almeno 17 m, superiore alla reale.

Dalla base dei riporti sono state calcolate le altre superfici del modello nel modo seguente: sono state calcolate ogni 2 m fino alla profondità di 12 m dalla base dei riporti e ogni 4.5 m da 12 a 30 m di profondità dalla base dei riporti.

Come si è detto, queste superfici permettono di definire n.11 strati a cui è sono stati attribuiti i valori di conducibilità idraulica.

Lo spessore minimo dei layer è stato impostato a 0.7 m, per evitare che la superficie topografica tagli il primo strato, eliminando dalle elaborazioni alcune celle.

13.2 Ricostruzione della geologia superficiale e del sottosuolo

I modelli numerici di flusso precedentemente realizzati (Francani et al, 2004, Venezia Ricerche, 2001 e Ministero delle Infrastrutture - Magistrato alle Acque di Venezia, 2007c) sono stati basati sulla ricostruzione geologica generale descritta all'interno del Master Plan; quella eseguita per questo studio invece è basata sull'interpolazione spaziale dei dati provenienti dal database delle stratigrafie della Provincia di Venezia e sulle ricostruzioni eseguite da Fabbri et al (2013).

La geologia dell'area è stata ricostruita attraverso il sopraddetto database stratigrafico della Provincia di Venezia che consiste in una serie di tabelle collegate tra loro tramite un codice identificativo univoco che caratterizza ogni singolo punto di indagine. L'esatta posizione di ogni sondaggio si può ricavare dalle relative coordinate e sono visibili nella tavola 7 dell'Atlante Geologico della Provincia di Venezia. Il database è costituito da n.10096 prove. Per il presente studio ne sono state utilizzate n.5472 (54%), che sono state realizzate in prossimità o all'interno dell'area.

Nel database sono descritti tutti i sondaggi e le loro caratteristiche litostratigrafiche riportando i seguenti dati: numero dello strato, profondità del tetto, del letto e dello spessore di ogni livello, descrizione geologico-stratigrafica dello strato, litotipi costituenti i livelli, permeabilità stimata di ogni livello, presenza di torba, di "Caranto" e di fossili e contenuto organico.

Per riprodurre con il maggior dettaglio possibile la geologia del primo acquifero sono stati definiti n.14 strati, definiti da n.12 superfici.

Per ridurre notevolmente i tempi di elaborazione dei dati stratigrafici sono state utilizzate delle macro per l'analisi e la semplificazione dei dati. Nel caso in esame sono state utilizzate le macro per identificare gli strati, attribuire ad ognuno di essi la litologia appropriata e per calcolare le conducibilità idrauliche equivalenti.

La prima superficie è costituita dal piano campagna, che è stata ricreata partendo dal DTM definito ogni 25 m della Regione del Veneto.

La seconda superficie ricostruita corrisponde alla base dei terreni di riporto (laddove presente) e dei suoli agrari.

Dalle stratigrafie censite nell'area di studio sono state estratti i dati degli strati definiti come riporti (codice litologico superiore a 7000) e in seguito si è provveduto a riconoscere per ogni sondaggio lo strato a minore quota costituito da riporto e ne è stata estratta la profondità della base. In seguito si sono interpolati questi valori per ricostruire lo spessore dei riporti e individuarne la base in termini di quote (sottraendone lo spessore alla quota del piano campagna).

Le coordinate dei vertici dell'area considerata sono riportati nella seguente Tab. 13.2.1.

	Min	Max
X	2284135.661	2319360.661
Y	5024218.192	5054648.192

Tabella 13.2.1: Coordinate minime e massime dei vertici del rettangolo che definiscono l'area di interpolazione dei dati.

La griglia utilizzata ha maglia 25 x 25 m, per un totale di n.1218 colonne e n.1410 righe (1717380 celle)

Le superfici sottostanti sono state costruite parallele alla base del riporto ma con spaziatura differente a seconda della profondità: le più superficiali, dalla superficie n.3 alla n.8, hanno spessore pari a 2 m, mentre quelle più profonde, dalla n.9 alla n.12, hanno spessore pari a 4,5 m.

La disposizione dei vari orizzonti litologici quindi è stata ricostruita sulla base della differente permeabilità dei litotipi, ricreando in questo modo anche gli strati geologici. In questo modo per ogni strato si riescono comunque a definire le geometrie dei paleoalvei e quindi la disposizione di acquiferi e acquitardi/acquicludi. Il confronto con la pubblicazione di Fabbri *et al.* (2013) permette di valutare l'effettivo significato geologico dell'elaborazione dei dati che è stata effettuata.

13.3 Parametri idrogeologici

Nello studio di Fabbri *et al.* (2013) l'area provinciale di Venezia è divisa in quattro zone idrogeologiche distinte e l'area interessata dal modello ricade completamente nel Sistema idrogeologico centrale. La permeabilità dei litotipi in quest'area è stata determinata con n.493 prove di campo di cui n.442 nella zona di Porto Marghera e n.51 nelle zone a monte. Va inoltre precisato che non tutti i valori ricavati dalle prove eseguite all'interno di Porto Marghera risultano all'interno dei maggiori corpi acquiferi identificati.

Dai risultati delle prove si ricavano valori di conducibilità idraulica variabili: nella zona a monte risultano valori compresi tra $1 \cdot 10^{-6}$ e $2 \cdot 10^{-4}$ m/s, con mediana $2 \cdot 10^{-5}$ m/s. Il valore mediano nei corpi geologici nell'area di Porto Marghera si distingue per zone: i corpi denominati Portuale, Malcontenta e Doppia Falda hanno valori tra $1.6 \cdot 10^{-5}$ e $3.0 \cdot 10^{-5}$ m/s, mentre il corpo più settentrionale, denominato di San Marco, $1.5 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Per delineare la geometria degli acquiferi è stato fatto riferimento alla carta dei sistemi idrogeologici dello studio di Fabbri *et al.* (2013) e alle relative sezioni stratigrafiche.

Si è definita in modo differente la permeabilità del primo strato (riporto e suoli agrari) rispetto ai restanti.

La Carta dei suoli della Provincia di Venezia riporta, in alcuni casi, un valore di conducibilità idraulica verticale (Ksat) basato sulle analisi di campagna dei profili, sulla granulometria, sulla struttura, sulla consistenza, sulla porosità e sulla presenza di figure pedogenetiche del suolo; in altri casi, sui suoli più rappresentativi, i valori sono stati stimati con permeometro a carico costante.

In base alla velocità del flusso dell'acqua attraverso il suolo saturo (Ksat), sono state distinte n.6 classi di permeabilità descritte in Tab. 13.3.1 (Provincia di Venezia & ARPAV, 2008)

	Classe	Ksat (cm/h)	Ksat (m/s)
1	Molto bassa	<0,0035	<10 ⁻⁸
2	Bassa	0,0035-0,035	10 ⁻⁸ -10 ⁻⁷
3	Moderatamente bassa	0,035-0,35	10 ⁻⁷ -10 ⁻⁶
4	Moderatamente alta	0,35-3,5	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁵
5	Alta	3,5-35	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁴
6	Molto alta	>35	>10 ⁻⁴

Tabella 13.3.1: Classi di conducibilità idraulica satura distinte nella carta dei suoli della Provincia di Venezia

La “Carta dei suoli” non comprende l’area di Porto Marghera e pertanto, partendo dai marginamenti, sono state riprodotte le isole e le penisole a cui è stato assegnato in prima approssimazione il valore di conducibilità idraulica di 1x10⁻⁵ m/s (componente orizzontale Kh) e 1x10⁻⁶ m/s (componente verticale Kv); questi valori derivano dall’allegato 2 dello studio di Fabbri *et al.* (2013). È possibile notare che solo tre prove risultano eseguite solamente nel riporto di Porto Marghera: sono le numero 107, 126 e 260 (n.2 slug test e n. 1 prova di falda). Dalle prove effettuate, la conducibilità idraulica media risulta di 1.47x10⁻⁵ m/s.

Da questi dati si è assegnato ai materiali di riporto una conducibilità idraulica Kh di 1x10⁻⁵ m/s e di un ordine di grandezza inferiore per Kv.

La realizzazione di un modello i cui strati non corrispondono ai livelli geologici ha portato a considerare la conducibilità idraulica equivalente per ogni strato.

Si sono utilizzate le relazioni tra granulometria e conducibilità idraulica per assegnare a ogni livello una conducibilità idraulica e sono stati utilizzati i risultati delle prove di pompaggio, degli slug test e delle prove Lefranc per verificare e validare le interpolazioni eseguite.

Per assegnare agli strati un valore di conducibilità idraulica è stato utilizzato il database dei sondaggi della Provincia di Venezia.

Nel database stratigrafico a ogni livello è assegnato un valore di conducibilità idraulica che varia in un intervallo di valori. Ad ognuno è stato quindi assegnato il valore medio. Da questi valori sono state calcolate le conducibilità idrauliche equivalenti (componenti orizzontale e verticale), in ogni sondaggio e trasferite ad ogni strato del modello. Questa procedura, come accennato in precedenza, è stata eseguita attraverso una macro che ha calcolato Kh e Kv rispettivamente mediante le seguenti note formule:

$$K_H = \frac{\sum K_i z_i}{\sum z_i}$$

$$K_v = \frac{\sum z_i}{\sum \frac{z_i}{K_i}}$$

In seguito le conducibilità idrauliche equivalenti sono state interpolate mantenendo come limiti i vertici definiti in Tab. 13.2.1 e con griglia 25 x 25 m, ottenendo 1717380 celle.

Dalla cartografia di Fabbri *et al.* (2013) dei “Sistemi idrogeologici – Acquiferi presenti fino a 30 m di profondità” risulta che la direzione di sviluppo degli acquiferi varia tra 97° e 123° rispetto al nord; la regionalizzazione dei dati è stata effettuata con una interpolazione mantenendo una direzione di anisotropia pari a 110°.

In tutti gli strati si evince che l’andamento dei corpi acquiferi è NW-SE, evidenziando anche l’approccio utilizzato durante la realizzazione che ha considerato l’effetto di anisotropia dei corpi geologici.

Con l’aumento della profondità si nota un ampliamento delle larghezze delle sezioni degli acquiferi e un incremento dei valori di conducibilità idraulica. Negli strati da 8 a 10 m di profondità dalla base dei riporto e dei terreni agrari la conducibilità idraulica diminuisce, ma aumenta nuovamente negli strati successivi.

Nelle interpolazioni di conducibilità idraulica equivalente orizzontale da 12 m di profondità dal piano basale del riporto si distingue un unico acquifero di larghezza e valori di conducibilità idraulica superiori. Ciò è dovuto anche al fatto che gli strati hanno spessore superiore al doppio di quelli precedenti.

Nello stesso intervallo, da 12 a 30 m dalla base del riporto, la conducibilità idraulica verticale diminuisce bruscamente, a causa di numerosi livelli fini che inducono un flusso prevalentemente orizzontali (Tabb. 13.3.2 e 13.3.3).

Strato (m)	Minimo	Massimo	Media	Mediana
0-2	$2,01 \times 10^{-08}$	$5,30 \times 10^{-04}$	$6,10 \times 10^{-06}$	$2,53 \times 10^{-06}$
2-4	$2,27 \times 10^{-08}$	0,00075	$1,56 \times 10^{-05}$	$5,30 \times 10^{-06}$
4-6	$1,12 \times 10^{-08}$	0,00082	252×10^{-05}	$5,45 \times 10^{-06}$
6-8	$4,43 \times 10^{-09}$	0,002728	$3,90 \times 10^{-05}$	$1,07 \times 10^{-05}$
8-10	$3,03 \times 10^{-10}$	0,045226	0,000105	$9,68 \times 10^{-06}$
10-12	$1,45 \times 10^{-07}$	0,021488	$5,64 \times 10^{-05}$	$1,08 \times 10^{-05}$
12-16.5	$2,48 \times 10^{-06}$	0,011325	0,000111	$8,27 \times 10^{-05}$
16.5-21	$6,83 \times 10^{-07}$	0,004095	0,00011	$8,65 \times 10^{-05}$
21-25.5	$5,16 \times 10^{-07}$	0,003241	$8,31 \times 10^{-05}$	$4,47 \times 10^{-05}$
25.5-30	$6,40 \times 10^{-12}$	0,005559	$9,63 \times 10^{-05}$	$2,80 \times 10^{-05}$

Tabella 13.3.2: Valori di minimo, massimo, media e mediana di K_h (m/s) per ogni strato del modello

Strato (m)	Minimo	Massimo	Media	Mediana
0-2	$2,26 \times 10^{-09}$	$6,68 \times 10^{-05}$	$1,53 \times 10^{-07}$	$7,33 \times 10^{-08}$
2-4	$1,04 \times 10^{-09}$	0,000107	$5,07 \times 10^{-07}$	$8,78 \times 10^{-08}$
4-6	$3,57 \times 10^{-09}$	0,000206	$2,59 \times 10^{-06}$	$1,60 \times 10^{-07}$
6-8	$2,83 \times 10^{-09}$	0,000312	$2,61 \times 10^{-06}$	$2,92 \times 10^{-07}$
8-10	$5,01 \times 10^{-15}$	0,055039	$5,68 \times 10^{-05}$	$2,65 \times 10^{-07}$
10-12	$1,21 \times 10^{-08}$	0,63158	0,000183	$2,75 \times 10^{-07}$
12-16,5	$1,15 \times 10^{-12}$	$1,06 \times 10^{-05}$	$1,61 \times 10^{-07}$	$9,65 \times 10^{-08}$
16,5-21	$1,79 \times 10^{-10}$	$3,72 \times 10^{-06}$	$1,33 \times 10^{-07}$	$1,07 \times 10^{-07}$
21-25,5	$6,79 \times 10^{-09}$	0,000711	$1,50 \times 10^{-06}$	$5,65 \times 10^{-08}$
25,5-30	$3,47 \times 10^{-16}$	0,000172	$5,48 \times 10^{-07}$	$5,42 \times 10^{-08}$

Tabella 13.3.3: Valori di minimo, massimo, media e mediana di K_v (m/s) per ogni strato del modello

Dalle Tabb. 13.3.2 e 13.3.3, in cui sono riportati i valori di minimo, massimo, media e mediana della conducibilità idraulica per ogni strato, si evince che gli strati da 8 a 16.5 m di profondità dalla base del riporto presentano dei valori massimi elevati. Tutte queste aree di valori elevati sono riconducibili a piccole zone ai margini del modello, perlopiù rappresentanti la laguna, dove non sono stati realizzati sondaggi. Per i valori di media e di mediana si nota come la maggior parte dei valori siano intorno all'ordine di grandezza di 10^{-5} m/s per le K_h e di uno o due ordini di grandezza inferiori per quelle di K_v .

Nonostante i picchi positivi rilevati i dati ottenuti risultano comparabili con quelli presenti in bibliografia.

In questo modo si è riusciti a riprodurre la geologia, definendo gli acquiferi con permeabilità maggiori rispetto agli acquitardi e agli acquicludi. La geometria degli acquiferi ottenuta in questo modo rispecchia quella proposta da Fabbri *et al.* (2013).

La parte sudorientale del modello è occupata dalla laguna. Dalle batimetrie dell'Autorità Portuale di Venezia (2013) si evince che la profondità dei canali lagunari di Porto Marghera è compresa per la maggior parte tra 12 e 13 m. Quindi per simulare la presenza della laguna dal primo al settimo strato è stata modificata la conducibilità idraulica fittizia, assegnando un valore molto elevato di conducibilità idraulica.

In Fig. 13.3.1 è riportata una schermata del software in cui sono visibili le diverse classi di conducibilità idraulica e la loro disposizione areale.

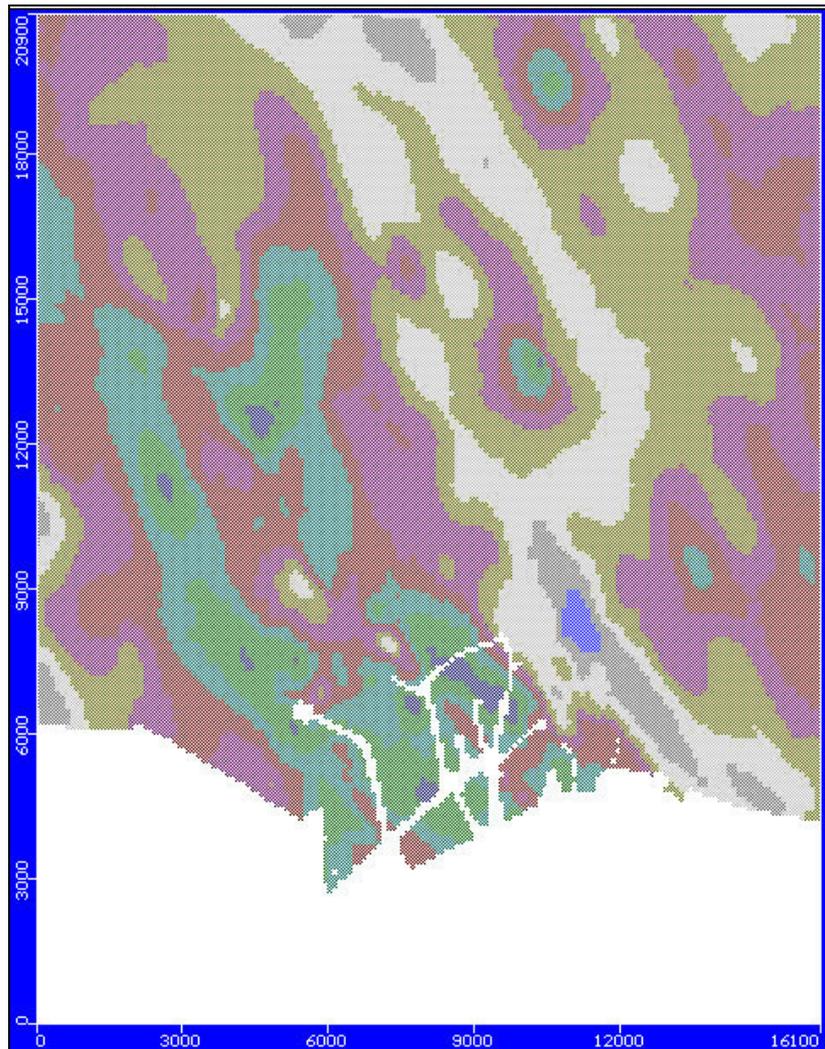


Figura 13.3.1: Esempio di schermata che mostra la disposizione delle classi di conducibilità idraulica utilizzate nel layer 3

È da considerare la relazione tra la conducibilità idraulica valutata con prove in campo e quella stimata dalla granulometria

Gli studi eseguiti dal Magistrato alle Acque e dalla Provincia di Venezia hanno permesso di stimare la permeabilità del sottosuolo attraverso prove di pompaggio, prove Lefranc e slug test.

Più precisamente sono state effettuate n.373 prove dal Magistrato alle Acque, di cui n.324 prove Lefranc, n. 49 prove di pompaggio, mentre dagli studi della Provincia sono state eseguite in totale n.352 prove, di cui 122 prove Lefranc, n.75 prove di pompaggio di lunga durata e n.155 slug test.

Va precisato che le prove più speditive (slug test e prove Lefranc) forniscono risultati puntuali rispetto alle prove di lunga durata, che hanno un raggio di esplorazione maggiore, interessando quindi un volume più significativo di litotipi nel sottosuolo.

Visto il complesso assetto geologico dell'area e la dimensione delle celle (100 x 100 m) utilizzate nella modellazione, si ritiene che i valori provenienti dalle prove di pompaggio siano più correlabili con i valori utilizzati rispetto ai valori delle prove che indagano pochi metri.

Sono stati quindi confrontati i valori ottenuti con le prove di campo del MAV e della Provincia di Venezia con i risultati dell'interpolazione con metodi geostatistici dei valori stimati dalla granulometria. A causa delle approssimazioni eseguite non è stato possibile eseguire il confronto di alcune prove dato che ricadono nelle aree assegnate come laguna nel modello, dove alla conducibilità idraulica è stato assegnato un valore elevato fittizio.

Considerando l'intervallo di significatività pari a un ordine di grandezza, è stato verificato che i valori della conducibilità idraulica del 45 % delle prove eseguite dal MAV risultano comparabili con i valori delle celle in

cui ricadono quelli interpolati, mentre la percentuale sale al 60% se si comparano i valori della Provincia di Venezia con quelli interpolati.

La stessa operazione è stata eseguita dopo la taratura del modello e le percentuali sono diminuite rispettivamente al 33 % e 49 %. Dato che la significatività delle prove è proporzionale al raggio indagato, confrontando unicamente i valori delle prove di pompaggio di lunga durata, per i valori del Magistrato alle Acque, si passa da 71 % a 77 %, mentre utilizzando i valori della Provincia di Venezia le percentuali variano da 71 % a 68 %. In ogni caso la maggior parte dei valori provenienti dalle prove di pompaggio risultano coerenti con i valori utilizzati all'interno del modello di flusso.

13.4 Termini sorgente/pozzo

I termini sorgente/pozzo sono rappresentati dai prelievi idrici, dalle perdite delle reti tecnologiche, da eventuali afflussi dai pozzi profondi artesiani e dalla ricarica superficiale.

Sono state considerati come "pozzi" tutte le captazioni della falda che estraggono acqua dal sottosuolo, quindi dreni verticali, piezometri, pozzi, TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata) e vasche.

Il totale delle opere utilizzati nel modello sono in numero di n.168 e tutte sono entrate in funzione prima dell'anno 2010. Non si conosce l'esatto momento in cui vengono attivate. Le portate a cui si è fatto riferimento sono quelle mensili. Di alcuni pozzi non si hanno a disposizione i dati di prelievo che sono stati ipotizzati nel modo seguente:

- Le portate dei pozzi sono state calcolate partendo dai volumi mensili e considerando che l'emungimento sia effettuato in modo continuo. Le portate emunte variano da un massimo di 58.3 m³/giorno a valori esegui, da poter essere considerati praticamente nulli. Ai pozzi con portata ignota, che sono molti dei piezometri delle aree industriale, è stata assegnata il valore di 2.5 m³/mese. Il valore è stato attribuito confrontando gli altri piezometri con caratteristiche simili.
- I dati del piano campagna ove non disponibili sono stati ricavati dal microrilievo di Porto Marghera o dal DTM a 5 m della Regione del Veneto.
- La profondità, quando non specificata, è stata inserita basandosi sulla falda intercettata: nel caso sia la falda del riporto il valore è stato assegnato pari a 3 m, nel caso sia la prima falda è stato assegnata profondità pari a 12 m.
- I tratti filtrati non noti dei pozzi sono stati imposti da 1 m di profondità dal piano campagna fino a 0.5 m di distanza dal fondo foro.
- La profondità della vasca ATI è stata desunta dalla lunghezza degli elementi lineari ad essa collegati, mentre per la vasca API si è provveduto a calcolare la profondità del riporto e si è utilizzata questa come profondità massima; entrambi i pozzi introdotti nel modello che simulano il comportamento delle vasche sono stati considerati completamente filtrati.
- I TOC sono stati considerati ubicati nel punto medio del segmento che collega il punto iniziale con il finale. Gli ultimi 20 m dei TOC risultano filtrati, ma vista la disposizione orizzontale, solo l'ultimo tratto del pozzo equivalente, pari a 1.2 m, è stato considerato filtrato (Francani, 2004).
- L'ubicazione dei pozzi DRV 08, RANA DRV 02, B8, PZC5P e TR1 è stata modificata perché risultavano essere esterni ai marginamenti.

I pozzi inseriti nel modello si collocano tutti all'interno o in prossimità del SIN Porto Marghera e in allegato 1 è presente una tabella riassuntiva dei pozzi superficiali inseriti.

Risulta da approfondire l'aspetto di eventuali dispersioni da pozzi profondi, mentre sono da considerare le perdite occulte delle reti tecnologiche; per cui eventuali deficit idrici sono stati stimati come dovuti a questo tipo di contributo.

Queste perdite sono state inserite in due zone distinte: la prima zona è ubicata nel nuovo petrolchimico in prossimità del tratto finale dello scolo Lusore, la seconda è in prossimità del confine tra il Vecchio petrolchimico e l'abitato di Mestre. Nella prima sono stati inseriti due pozzi fenestrati nei primi 7 livelli del modello, nella seconda altri due fenestrati nel secondo e nel terzo strato. Tutti i pozzi inseriti hanno portata di 90 m³ giorno.

Dai valori della Fig. 10.1, considerando il totale delle acque scaricate giornalmente all'interno del SIN (più di 4 milioni di m³) risulterebbe che le perdite simulate sono inferiori al 0.09‰.

La ricarica è stata assegnata secondo i calcoli eseguiti nel capitolo 7.1 “Evapotraspirazione ed infiltrazione”: si è deciso di inserire la ricarica dalla superficie nel SIN solo per i mesi di marzo, aprile e maggio; in quanto per mese di gennaio è stata stimata nulla.

13.5 Limiti al contorno

La prima elaborazione del modello in fase di calibrazione è stata effettuata riferendosi ai dati disponibili di gennaio 2013

Dalle ricostruzioni piezometriche eseguite è possibile attribuire al contorno in questa fase della modellazione due condizioni differenti: flusso nullo e carico costante.

La condizione di flusso nullo è stata attribuita ai lati orientati da NW a SE, che corrispondono a delle linee di flusso idrico sotterraneo.

A monte del modello si è deciso di assegnare a tutti gli strati un carico variabile tra 8 e 12 m s.l.m. cercando di riprodurre il più fedelmente possibile la ricostruzione piezometrica effettuata con i dati sperimentali.

Anche a valle del modello è stata assegnato un carico costante al primo layer che corrisponde all’area occupata dalla laguna a cui è stato assegnato il valore medio del giorno 25 gennaio 2013 del mareografo di Marghera (0.888 m). A tutti gli strati sottostanti è stato attribuito il limite a carico costante all’ultima riga del modello, con valore uguale a quello del primo layer.

Nonostante si sia verificato che la marea subisca un ritardo di 30 minuti tra i mareografi di Punta della Salute e di Marghera, per il modello in regime stazionario si sono utilizzati, a livello preliminare, i valori medi giornalieri senza considerare il ritardo.

Per simulare i fiumi è stato utilizzato il pacchetto River che permette di simulare uno scambio tra fiume falda unicamente dal fondo.

L’altezza idrometrica dei fiumi è stata calcolata ipotizzando due differenti gradienti idraulici: 0.1‰ per i corsi d’acqua la cui quota del piano campagna all’interno del modello è inferiore a 3 m s.l.m. e per quelli artificiali e 0.7‰ per i restanti.

Il corso d’acqua può intersecare più strati del modello e, non conoscendone attualmente la profondità, si è scelto di valutarla in funzione della larghezza: a maggiore larghezza del fiume corrisponde generalmente una maggiore profondità.

Sono state scelte 4 diverse classi di larghezza: da 0 a 5 m, da 5 a 10 m, da 10 a 20 m e maggiori di 20 m. A queste sono state assegnate rispettivamente i valori di profondità di 1 m, 1.5 m, 2 m e 4 m, che sono stati sottratti al valore idrometrico.

In alcuni casi è stato necessario correggere alcuni errori. Il DTM realizzato tiene conto anche delle altezze idriche nei fiumi. Essendo il corso d’acqua inciso, è difficile che sia superiore al piano campagna ad eccezione siano presenti degli arginamenti. Quindi per un battente idrico maggiore del piano campagna è stato impostato a -0.5 m dallo stesso. Di conseguenza anche la base dell’alveo del fiume è stata modificata in funzione della nuovo livello idrometrico.

I tratti finali dei fiumi sono stati corretti secondo la seguente tabella ricavata dai valori medi delle differenze tra i valori idrometrici delle foci e quelli della marea misurata al mareografo di Marghera.

Fiume	Correzione (m)
Lusore	-0.1
Bondante	-0.19
Naviglio Brenta	-0.19
Osellino-Rotte	-0.19

Tabella 13.5.1: Correzione apportata alla parte terminale dei fiumi.

Non disponendo di altre informazioni, per tutti i fiumi si è considerato uno strato di sedimenti al fondo pari a 0.1 m con conducibilità idraulica di 10^{-6} m/s.

Il ruolo delle idrovore presenti è anche quello di mantenere il livello della falda al di sotto di una determinata soglia; per questo motivo sono state definite delle aree di pertinenza di ogni idrovora e in seguito a queste aree è stata assegnata una funzione di dreno (pacchetto di MODFLOW denominato Drain) a cui è stato attribuito un valore di innesco dipendente dal tipo di scolo. Se lo scolo è di tipo alternato, cioè

l'area è influenzata dalle idrovore solamente durante i periodi di piena, l'altezza del pacchetto Drain è stata impostata a -0.3 dal piano campagna, nel caso fosse sempre meccanico, invece, sono stati assegnati i valori della Tab 13.5.2.

Idrovora	Altezza da piano campagna (m)	Conduttanza (m ² /giorno)
San Giuliano	-2.6	40
Malcontenta	-1.8	100
Dogaletto	-1	10
Cà Emiliani	-2	1
Canal Salso (Via Torino)	-1	0.1
Campalto	-1.6	100
Cattal	-2.6	100
Scolo Alternato	-0.3	10

Tabella 7.5.2: Valori assegnati ai dreni che simulano le idrovore nel modello

A tergo delle barriere impermeabili realizzate sulla sponda nord del canale Sud è stato realizzato un dreno per captare le acque e impedire innalzamenti del livello idrico sotterraneo. Questo è stato simulato attribuendogli una quota di -1.8 m s.l.m. (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti-Magistrato alle Acque, 2010) e una conduttanza 3 m²/giorno.

Per simulare i marginamenti è stato utilizzato il pacchetto Wall.

La stabilità di ogni opera è influenzata dall'utilizzo, dal metodo e dal materiale utilizzato e per questo motivo le profondità di intestazione sono diverse. Alcune profondità erano variabili anche all'interno della stessa opera. Rispetto ai dati forniti da Regione del Veneto alcune profondità sono state modificate con i dati contenuti in APV (2007).

Per le opere a cui era assegnato un intervallo di profondità si è utilizzata la profondità media, mentre le opere di cui non era presente la profondità sono state considerate come non realizzate ad eccezione della banchina Beltrame ed Ilva di cui si avevano dati disponibili (APV, 2007).

Il microrilevo di Porto Marghera ha consentito di estrarre la quota del piano campagna del punto centrale di ogni singola opera, in modo da poter calcolare la quota finale di infissione.

I marginamenti attualmente coprono la maggior parte del perimetro del porto; la restante parte è in progettazione o in esecuzione.

La griglia utilizzata nel codice numerico alle differenze finite, che è stato utilizzato nella modellazione, permette di simulare le barriere impermeabili lungo i bordi delle celle quadrate. Se una barriera taglia una cella a metà bisogna scegliere a quale lato attribuirle; questa approssimazione allo stato di dettaglio attuale non permette di mantenere la precisione assoluta sulla posizione dei marginamenti quindi alcune opere hanno dovuto essere accorpate tra loro anche se di profondità differenti.

Per questi motivi si è deciso di riprodurre i marginamenti attualmente terminati sui 9 layers superficiali, indipendentemente dalla loro profondità, con spessore di 0.5 m e conducibilità idraulica pari a 10⁻¹¹ m/s.

13.6 Calibrazione del modello

La calibrazione (o taratura) consente di verificare la significatività delle schematizzazioni effettuate cercando di ricostruire i flussi idrici misurati. Attraverso una procedura iterativa si è cercato di minimizzare gli errori (misurato/simulato) modificando i parametri idrogeologici entro un intervallo accettabile, comunque ridotto.

I punti scelti per misurare l'efficacia della calibrazione sono stati quelli utilizzati per il monitoraggio di Porto Marghera (Tab. 13.6.1).

ID	ID Pozzo	X	Y	Tetto filtri	Base filtri	p.c	b.p	Prof.	Livello
1	11	2305676.531	5040618.714	-5.176	-8.176	1.824	1.602	10.00	5
2	48	2304720.844	5040483.866	0.042	-7.458	2.042	1.946	6.94	4
4	42	2304535.161	5040021.043	1.138	-7.362	2.138	2.008	9.50	3
5	37	2303720.610	5039520.226	-1.345	-5.345	2.655	2.615	8.00	4
6	38	2303723.143	5039526.386	-10.845	-12.345	2.655	2.578	15.00	8
7	39	2303549.218	5039154.446	-2.623	-7.623	2.377	2.357	10.00	5
8	40	2303194.715	5038108.211	-5.738	-9.038	2.462	2.732	11.50	5
9	10	2305324.152	5039239.737	2.004	-4.296	3.004	2.875	7.80	2
11	66	2306593.770	5037733.494	-4.923	-9.923	2.077	2.514	12.00	5
13	30	2304596.337	5038082.434	1.552	-14.848	2.552	2.497	17.90	4
15	8	2303443.702	5038541.116	-2.844	-8.844	2.156	2.086	11.00	4
16	25	2302658.616	5037544.380	1.342	-11.158	2.342	2.431	14.00	4
17	26	2302777.861	5037276.724	1.332	-9.168	2.332	2.379	12.00	3
18	24	2303056.118	5037245.082	1.354	-12.146	2.354	2.283	15.00	4
19	14	2302164.182	5036710.640	-16.249	-17.749	2.251	2.389	20.00	8
20	90	2302579.179	5036691.284	-4.295	-7.295	2.705	2.751	10.00	3
21	54	2303661.599	5036806.896	-18.426	-21.426	2.574	2.867	25.00	9
22	52	2303352.907	5036550.648	-6.281	-10.281	2.219	2.307	13	5
23	21	2304736.382	5036116.487	-16.178	-21.178	2.822	2.946	25.00	8
24	15	2305184.502	5036139.751	-15.377	-17.377	2.623	2.586	20.00	8
27	98	2303272.617	5035793.088	-6.797	-9.797	2.203	2.424	11.90	4
28	55	2302998.744	5035731.232	-13.744	-16.744	2.256	2.583	25.50	8
29	88	2301904.060	5036222.000	-1.943	-6.693	2.597	2.422	11.50	3
30	94	2301753.447	5035890.754	-3.033	-8.033	1.987	1.847	10.00	4
32	80	2301700.416	5035372.657	-2.461	-6.461	2.779	2.928	10.00	3
33	13	2303768.908	5034993.925	2.189	-18.811	3.189	3.102	22.50	5
34	43	2305159.546	5034482.885	-4.743	-9.243	2.757	2.907	12.00	4
35	9	2304782.711	5034398.926	-14.707	-17.707	2.293	2.393	23.00	8
36	34	2303527.434	5034478.070	-14.860	-16.860	2.140	2.217	19.00	8
37	32	2304297.115	5034183.874	-0.447	-14.947	2.523	2.736	17	4
38	29	2305151.886	5033656.811	1.204	-10.796	2.204	2.087	13.50	3
39	31	2304587.097	5033912.683	-2.461	-5.461	2.279	2.135	7.74	3
40	35	2304585.744	5033914.101	-7.541	-16.841	2.279	2.074	19.12	7
41	49	2302721.745	5034339.320	1.623	-8.527	3.033	3.000	11.56	3
42	6	2301011.603	5036125.349	-12.032	-17.032	1.108	0.963	18.14	8
43	3	2300864.794	5036277.459	-4.173	-7.173	1.037	1.576	8.21	5
44	1	2301480.930	5036426.795	-2.187	-9.187	0.443	0.440	9.63	4
45	7	2301481.955	5036428.887	-14.097	-19.097	0.443	1.182	19.54	9
46	5	2300474.595	5036855.948	-5.555	-7.555	2.245	2.082	10.00	5
47	4	2300975.261	5037163.965	1.576	-4.104	1.736	1.723	7.60	3
48	2	2300169.244	5037622.641	-9.313	-12.313	2.187	1.987	14.50	8
49	51	2300748.365	5038015.123	-5.055	-5.555	1.535	1.999	7.89	5
51	50	2302011.434	5039190.049	0.695	-8.805	1.695	1.588	11.00	4

Tabella 13.6.1: Piezometri della rete di monitoraggio utilizzati per la taratura. È riportata l'ubicazione (coordinate Gauss Boaga), il tetto e la base dei filtri, il piano campagna, la bocca pozzo e la profondità (in m s.l.m.).

Al fine di minimizzare gli errori sono stati parzialmente modificati nel corso delle elaborazioni i valori di conducibilità idraulica e di alcuni limiti al contorno. La modifica di un qualsiasi parametro necessita di eseguire nuovamente i calcoli (run) e quest'operazione può richiedere parecchio tempo di elaborazione dei dati.

Dopo ogni run sono stati osservati gli andamenti e i valori delle linee isopiezometriche calcolate rispetto a quelle misurate, la retta di calibrazione (quote piezometriche calcolate rispetto a quelle misurate) e i seguenti parametri statistici:

- Massimo errore
- Minimo errore
- Errore medio
- Errore medio assoluto
- Deviazione standard (RMS)

- Deviazione standard normalizzata rispetto ai valori massimi e minimi registrati dai piezometri
- Deviazione standard normalizzata rispetto ai valori massimi e minimi della piezometria del modello
- Coefficiente di correlazione

Dopo numerosi calcoli eseguiti l'RMS normalizzato è stato ridotto a 9.98 % e il coefficiente di correlazione a 0.78. L'errore massimo registrato è stato di 0.65 m al piezometro 4.

La Tab. 13.6.2 mostra i valori ottenuti dall'ultima elaborazione e i residui (ovvero la differenza tra valori calcolati ed osservati). La Figura 13.6.1 mostra la retta di calibrazione dell'ultimo calcolo eseguito.

ID Pozzo	Misurato	Calcolato	Residuo	ID Pozzo	Misurato	Calcolato	Residuo
1	0.33	0.21	-0.12	34	0.92	0.84	-0.08
11	0.98	0.75	-0.22	35	0.70	0.83	0.13
13	0.76	0.68	-0.08	36	0.84	0.67	-0.17
15	0.65	0.92	0.27	37	0.70	0.87	0.17
16	1.01	0.82	-0.19	38	0.67	0.88	0.21
17	0.72	0.59	-0.14	39	0.57	0.89	0.32
18	0.62	0.65	0.03	4	1.08	0.43	-0.65
19	0.38	0.62	0.23	40	0.58	0.88	0.30
2	0.18	0.37	0.19	41	0.54	0.63	0.09
20	1.43	1.55	0.12	42	0.56	0.41	-0.15
21	0.28	0.26	-0.02	44	0.03	0.21	0.18
22	0.42	0.51	0.09	45	0.41	0.58	0.17
23	0.58	0.18	-0.41	46	0.20	0.53	0.33
24	-0.84	-0.37	0.46	47	-0.21	0.18	0.39
25	0.40	-0.03	-0.44	48	0.97	1.00	0.03
26	0.63	0.03	-0.60	49	0.96	0.89	-0.07
27	0.28	0.44	0.16	5	0.05	0.59	0.53
28	0.83	0.48	-0.36	51	1.19	1.22	0.02
29	0.62	0.34	-0.28	6	0.53	0.60	0.07
30	0.50	0.45	-0.05	7	0.62	0.64	0.02
32	0.56	0.34	-0.22	8	1.82	1.53	-0.29
33	0.74	0.73	-0.01	9	0.88	0.58	-0.30

Tabella 13.6.2: Valori misurati e simulati nei piezometri della rete di monitoraggio (m s.l.m.)

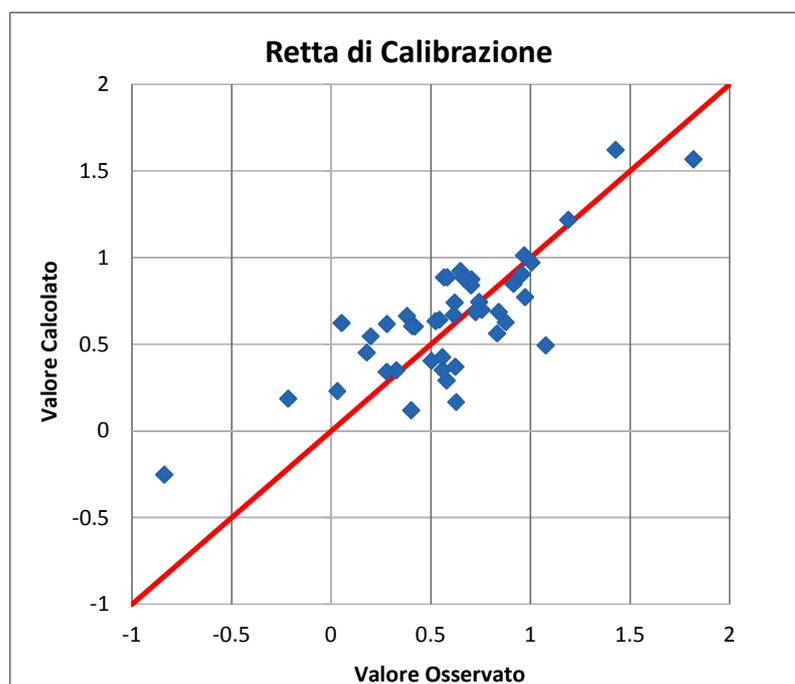


Figura 13.6.1: Retta di calibrazione

Considerando la deviazione standard dei residui (0.265) normalizzata rispetto ai valori massimi e minimi della piezometria del modello (da -1 a 12 m s.l.m.) si ottiene 2 %, valore inferiore al 10% e pertanto, secondo Anderson & Woessner (1992), il modello può considerarsi calibrato.

La figura seguente mostra il confronto tra la ricostruzione piezometria ricostruita con elaborazioni geostatistiche e quella simulata con il modello numerico di flusso. Si nota come l'andamento generale sia simile.

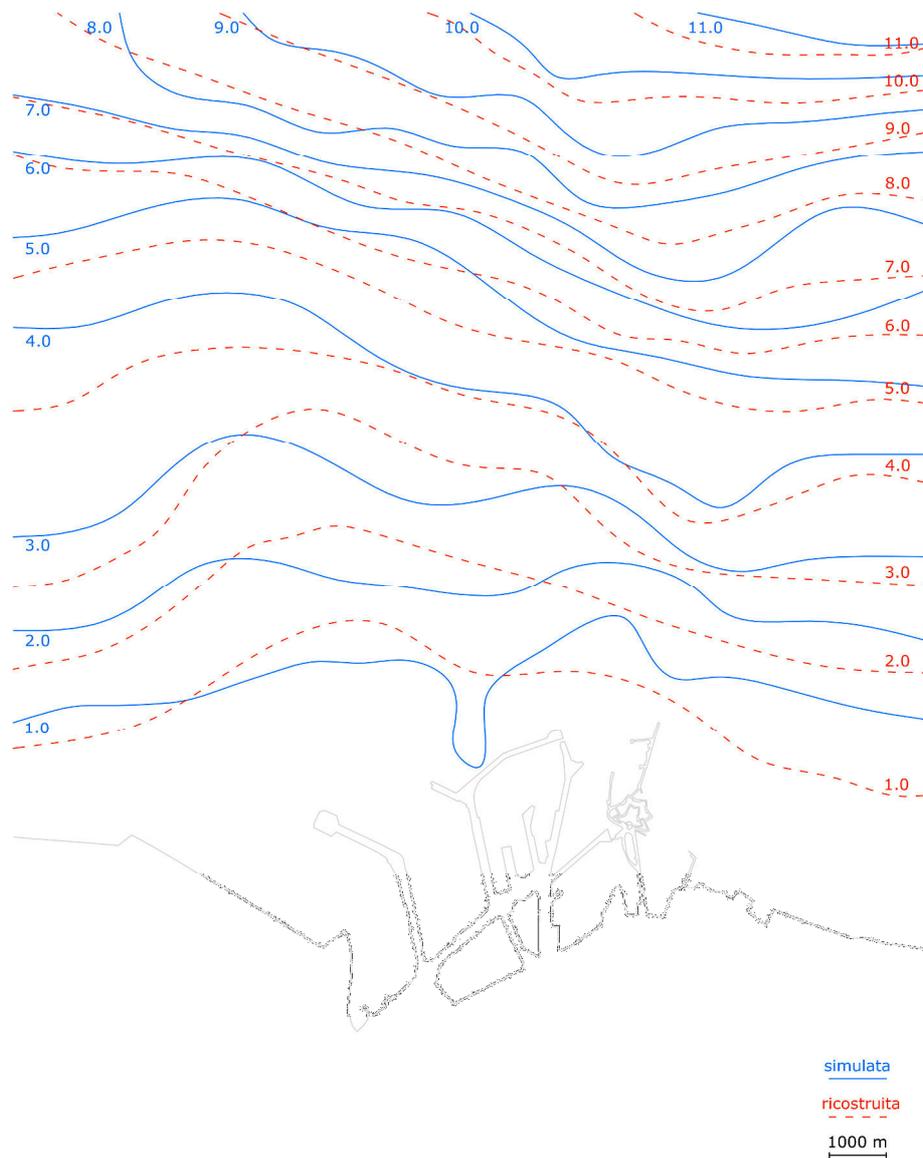


Figura 13.6.2: Sovrapposizione tra la piezometria ricostruita e la piezometria simulata nel gennaio 2013 (m s.l.m.)

13.7 Verifica del modello

Per validare i risultati sono stati utilizzati i dati di due differenti periodi dell'anno scelti in base alla quantità di informazioni disponibili rinvenute e in due stagioni con caratteristiche diverse tra loro: 24 marzo 2013 e 2 settembre 2013.

Per entrambi i periodi sono state modificate le condizioni al contorno.

13.7.1 Prima verifica del modello

Per il mese di marzo sono stati inseriti i valori riportati in Tab. 13.7.1.1.

Altezza idrometrica della laguna	0.769 m
Limite a carico costante a monte	Variabile da 8 a 11.5 m
Ricarica	Variabile in funzione del CN
Fiumi (pacchetto River)	Altezza idrometrica diminuita di 0.119 m rispetto al 25 gennaio (differenza tra i livelli della laguna dei due giorni)
Idrovore (pacchetto Drain)	Livelli del 25 gennaio aumentati di + 0.3 m ad eccezione di quelli a scolo alternati che sono stati aumentati di +0.2 m

Tabella 13.7.1.1: Valori assegnati alle condizioni al contorno per la verifica al 24 marzo 2013

Come precedentemente detto, dopo aver calcolato le piogge efficaci con il metodo di Thornthwaite-Mather, ne è stato calcolato il deflusso superficiale con il metodo del SCS-CN. I valori ottenuti dal calcolo per il mese di marzo sono espressi in Tab. 7.7.1.2.

CN	Ricarica mensile (mm/anno)
55	0.32
61	0.76
65	1.01
69	0.58
70	5.44
71	8.29
74	10.16
75	4.59
77	7.98
78	109.59
79	5.14
81	0.54
83	28.39
85	0
86	1.55
88	6.8
90	0.99
91	15.23
92	0.04
94	1.6
100	0

Tabella 13.7.1.2: Ricarica assegnata a ogni CN per la verifica al 24 marzo 2013

Oltre alle condizioni al contorno sono stati modificati i valori di soggiacenza nei piezometri di osservazione con i valori del giorno 24 marzo 2013.

Utilizzando questi dati risulta che l'RMS normalizzato è 4.64 % e il coefficiente di correlazione 0.953. L'errore massimo registrato è -0.73 m al piezometro 51. La deviazione standard dei residui è 0.37 che se normalizzata rispetto alla piezometria risulta un errore del 2.84 %.

Di seguito viene riportata la sovrapposizione tra la piezometria ricostruita con i dati di campo e quella simulata.

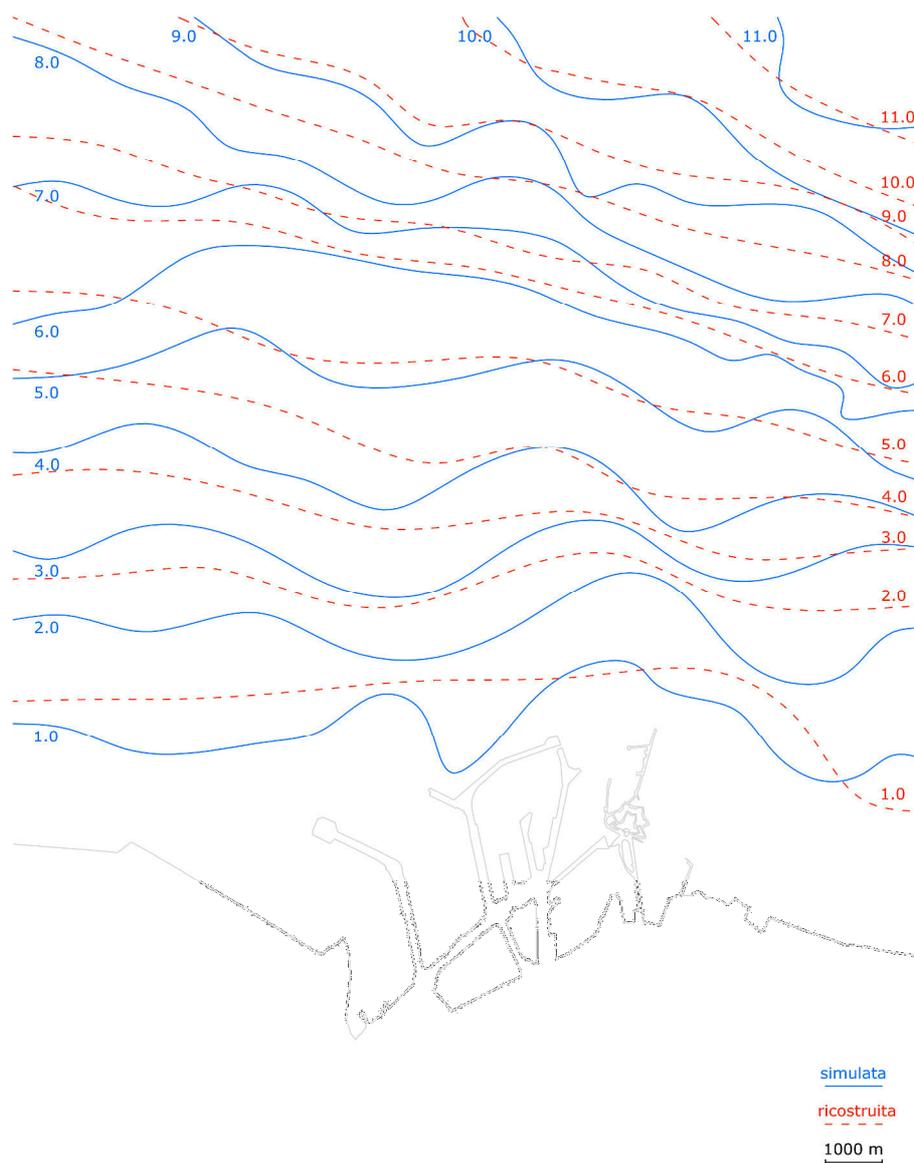


Figura 13.7.1.1: Sovrapposizione della piezometria calcolata e quella simulata nel marzo 2013 (m s.l.m.)

13.7.2 Seconda verifica del modello

Una seconda verifica è stata effettuata ricostruendo la situazione del 2 settembre 2013. I dettagli dei limiti al contorno sono riportati in Tab. 13.7.2.1.

Altezza idrometrica della laguna	0.493 m
Limite a carico costante a monte	Variabile da 7.5 a 11 m
Ricarica	Nulla
Fiumi (pacchetto River)	Altezza idrometrica diminuita di 0.395 m rispetto al 25 gennaio (differenza tra i livelli della laguna dei due giorni)
Idrovore (pacchetto Drain)	Variabile a seconda del dell'idrovora secondo la Tab. 13.7.2.2

Tabella 13.7.2.1: Valori assegnati alle condizioni al contorno per la verifica al 2 settembre 2013

Tracciando il grafico dei livelli dei piezometri nel tempo (Fig. 6.1.4) è possibile identificare i periodi di maggior pompaggio delle idrovore e il livello idrometrico a cui tendono in ogni periodo. Pertanto i valori sono stati modificati. La tabella seguente esplicita le variazioni apportate alle condizioni delle idrovore, che sono state calcolate per il giorno 2 settembre 2013.

Idrovora	Modifica del livello	Piezometri di osservazione	Origine dei dati
Malcontenta	-0.8 m	47, 45	Monitoraggio Regione Veneto
Canal Salso	-0.60 m	1	Monitoraggio Regione Veneto
S. Giuliano	-0.55 m	4	Monitoraggio Regione Veneto
Campalto	-0.55 m	14, 15	Fabbri et al. (2013)
Altre	-0.50 m		
Zone a flusso alternato	-0.20 m	20, 26, 28	Fabbri et al. (2013)

Tabella 13.7.2.2: Modifiche riportate alle idrovore per la verifica al giorno 2 settembre 2013

In Fig. 13.7.2.1 è illustrato il confronto tra la piezometria ricostruita e simulata.

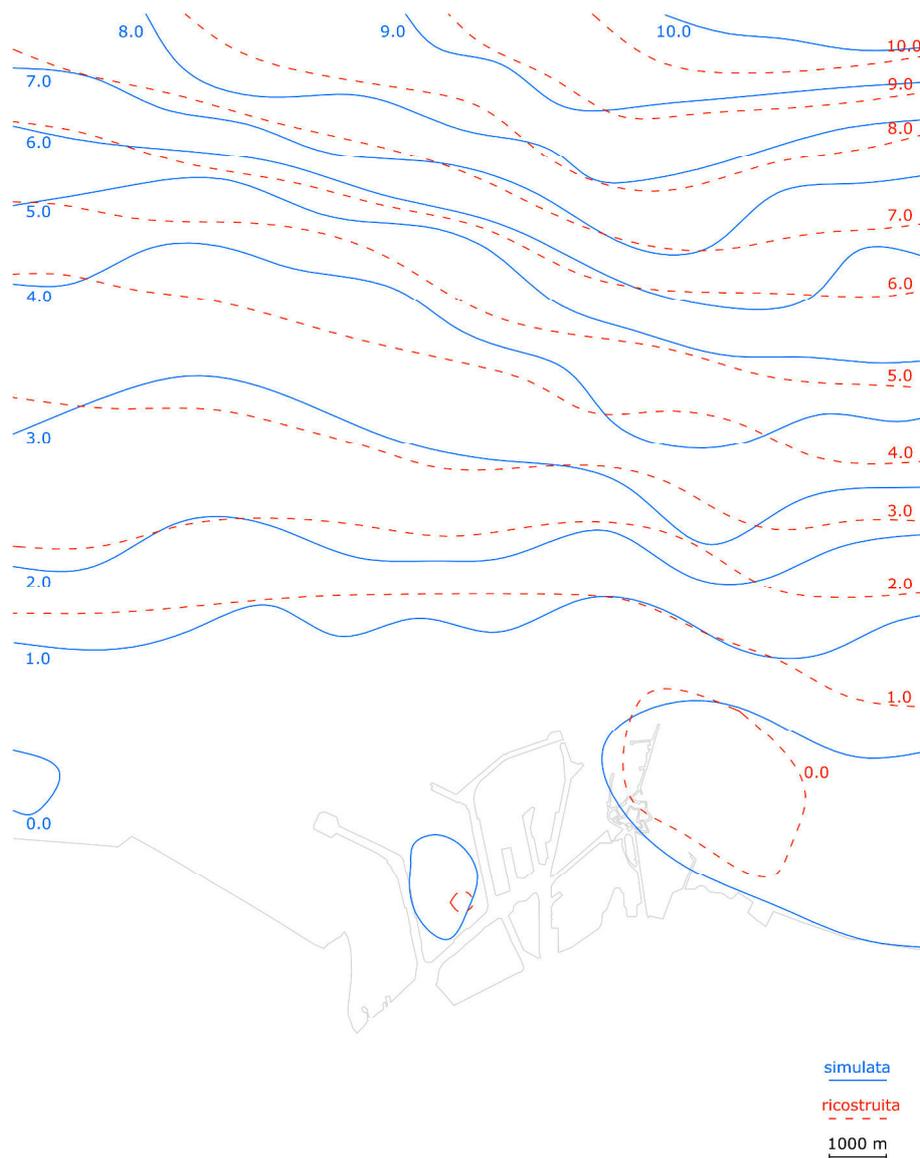


Figura 13.7.2.1: Sovrapposizione della piezometria calcolata e quella simulata nel settembre 2013 (m s.l.m.)

Dai risultati del modello in questa seconda verifica si ottengono i seguenti parametri statistici:

- RMS normalizzato: 6.14 %
- Coefficiente di correlazione: 0.905
- Errore massimo registrato: 0.731 m al piezometro 41
- Deviazione standard dei residui: 0.331 m (2.54 % se normalizzata con l'ampiezza di variazione della piezometria del modello)

In entrambi l'RMS normalizzato risulta minore di 10 %. Il coefficiente di correlazione è sempre elevato. L'errore massimo rilevato supera di poco i 0.7 m.

Considerando pertanto complessivamente le verifiche effettuate si ritiene il modello validato.

13.8 Bilancio idrogeologico

Il modello permette di valutare i volumi di acqua circolanti nella zona di studio. Per un maggior dettaglio, l'area modellata è stata divisa nelle seguenti zone: Fusina, Nuovo Petrolchimico, Malcontenta, Vecchio Petrolchimico, Portuale, Nord, Zona industriale, Raffinerie e l'area al di fuori dai marginamenti. Per la suddivisione si è mantenuta quella eseguita dal Magistrato alle Acque (2011, Fig. 2.2). La Tab. 13.8.1 riporta i volumi idrici circolanti espressi in m³/giorno.

Nella situazione attuale si possono stimare le portate complessivamente circolanti in due periodi di riferimento.

Il bilancio idrogeologico in un periodo di ricarica trascurabile (gennaio 2013) prevede portate circolanti di 39225 m³/giorno. Le entrate sono costituite dagli afflussi da monte e da valle per circa il 51%, i corsi d'acqua contribuiscono per circa il 48% mentre la restante parte è stata attribuita a perdite dalle reti tecnologiche. Per quanto riguarda i deflussi la maggior componente è dovuta ai dreni per circa il 74 % e subordinatamente ai corsi d'acqua per il 21 %. La componente di estrazione da pozzi e piezometri incide per circa il 5 %.

Considerando la situazione di un periodo caratterizzato da consistenti apporti meteorici (marzo 2013) si hanno portate circolanti complessivamente di 64517 m³/giorno. Gli afflussi sono caratterizzati da un consistente apporto della ricarica meteorica per circa il 60 % seguita dall'apporto dei corsi d'acqua (circa 21 %) e da quelli provenienti da monte e da valle (circa 18%) e con la restante minima parte dovuta alle perdite delle reti tecnologiche. Per quanto riguarda i deflussi predomina l'azione di drenaggio per circa il 56 % e secondariamente quella dei fiumi per circa il 37 %, ridotto appare l'apporto dei deflussi per circa il 5 % e ancora inferiore quello dei pozzi e piezometri per circa il 2 %.

Da quanto sopra illustrato risulta importante in tutti i periodi dell'anno l'azione dei drenaggi e subordinatamente quella dei corsi d'acqua. Appare molto contenuta l'incidenza dei prelievi idrici dalla falda superficiale. In assenza di ricarica meteorica il deflusso sotterraneo verso la laguna risulta molto contenuto. Per quanto attiene alle diverse macroaree presenti nel SIN si osservano maggiori portate circolanti nel Nuovo Petrolchimico (circa 590 m³/giorno) e subordinatamente nel Vecchio Petrolchimico (circa 230 m³/giorno); valori minimi si hanno nella macroisola Raffinerie con valori di 32 m³/giorno.

Maggiori dettagli sulla distribuzione delle varie voci del bilancio idrogeologico sono illustrati nella Tab. 13.8.1.

Bilancio Idrogeologico
[m3/giorno]

	Esterno SIN		Fusina		Nuovo petrolchimico		Malcontenta		Vecchio Petrolchimico		Portuale		Nord		Zona Industriale		Raffinerie	
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN
CHD	125.80	20350.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wells	1248.20	180.00	2.06	0.00	470.38	180.00	1.59	0.00	163.12	0.00	25.59	0.00	0.58	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00
Drains	28846.00	0.00	7.48	0.00	81.06	0.00	10.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River leakage	8421.50	18695.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recharge	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Esterno SIN			183.12	193.57	27.88	381.48	14.12	42.91	48.95	230.26	35.28	72.62	188.03	130.82	119.77	151.50	32.08	30.06
Fusina	193.57	183.12					0.00	0.91										
Nuovo petrolchimico	381.48	27.88					27.96	10.18										
Malcontenta	42.91	14.12	0.91	0.00	10.18	27.96												
Vecchio petrolchimico	230.26	48.95											0.00	18.20				
Portuale	72.62	35.28											0.00	11.76				
Nord	130.82	188.03							18.20	0.00	11.76	0.00			29.68	1.88		
Zona Industriale	151.50	119.77											1.88	29.68			0.00	2.02
Raffinerie	30.06	32.08													2.02	0.00		
Totale	39874.72	39874.22	193.57	193.57	589.49	589.44	54.00	54.00	230.26	230.26	72.63	72.62	190.49	190.46	153.38	153.38	32.08	32.08

Tabella 13.8.1: Bilancio idrogeologico

CHD indica il contributo dei limiti a carico costante, possono essere sia come apporti che come deflussi dato che sia a monte che a valle è stato utilizzato questo limite. Wells è l'apporto dei pozzi, il fatto che quelli entranti siano positivi è legato alle perdite dalle reti tecnologiche che sono state inserite in questo modo. Drains accorpa sia le idrovore che il dreno a tergo delle barriere impermeabili nel Vecchio Petrolchimico. River leakage è il contributo dei fiumi che può essere anch'esso positivo o negativo. Recharge è la ricarica proveniente dalle precipitazioni.

Bisogna porre particolare attenzione alle diciture "IN" e "OUT". Con "IN" si intende il contributo idrico da una delle aree indicate all'inizio della riga verso la zona indicata nella colonna. Con "OUT" si intende l'opposto, ovvero si intende il quantitativo idrico che fuoriesce dalla zona indicata nella colonna verso le aree indicate nelle righe.

È stato poi valutato con maggior dettaglio il flusso idrico che interessa l'area di futura ubicazione del retromarginamento. Per questo alcune celle del modello sono state selezionate in modo da valutare il flusso entrante in ogni macroisola. La Fig. 13.8.1 permette di identificare la posizione delle zone della successiva tabella, in cui sono riportate le portate circolanti in ogni zona. Si ricorda che le diciture "IN" e "OUT" sono da leggersi come sopra riportato.



Fig 13.8.1: Identificazione delle aree considerate per il calcolo delle portate transitanti attraverso le celle interessate dal retromarginamento: Malcontenta EXT (Blu Scuro), Malcontenta INT (Azzurro), Nuovo Petrolchimico EXT (Viola), Nuovo Petrolchimico INT (Verde Scuro), Vecchio Petrolchimico EXT (Grigio Scuro), Vecchio Petrolchimico INT (Rosso), Nord EXT (Blu Chiaro), Nord INT (Ocra), Zona Industriale EXT (Verde Chiaro) e Zona Industriale INT (Grigio Chiaro)

Dalla Tab 13.8.2 si evince che la portata totale che interessa l'area di progetto del retromarginamento, che ha una lunghezza dei diaframmi di circa 7 km, è di 366 m³/giorno. Tale valore è ricavato dai flussi dalle zone esterne (EXT) verso quelle interne (INT).

Questo valore è stato calcolato per un periodo di scarsi apporti di ricarica, mentre in presenza di elevati apporti il valore sale a 459 m³/giorno.

	Resto del modello		Malcontenta EXT		Malcontenta INT		Nuovo Petrolchimico EXT		Nuovo Petrolchimico INT		Vecchio Petrolchimico EXT		Vecchio Petrolchimico INT		Nord EXT		Nord INT		Zona Industriale EXT		Zona Industriale INT	
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN
CHD	125.80	20350.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
well	1913.10	360.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
drain	28918.00	0.00	20.35	0.00	4.30	0.00	1.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
river	8421.50	18536.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	158.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
recharge	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Resto del modello			30.22	66.98	30.54	12.78	8.59	3.02	6.94	20.15	75.69	145.48	225.44	12.91	154.95	99.20	97.74	149.75	112.17	0.06	0.00	100.26
Malcontenta EXT	66.98	30.22			13.99	36.46			6.06	0.00												
Malcontenta INT	12.78	30.54	36.46	13.99																		
Nuovo Petrolchimico EXT	3.02	8.59							8.69	1.55												
Nuovo Petrolchimico INT	20.15	6.94	0.00	6.06			1.55	8.69														
Vecchio Petrolchimico EXT	145.48	75.69											13.63	226.16			0.00	15.60				
Vecchio Petrolchimico INT	12.91	225.44									226.16	13.63										
Nord EXT	99.20	154.95															152.35	86.33	0.01	10.28		
Nord INT	149.75	97.74									15.60	0.00			86.33	152.35					0.19	1.77
Zona Industriale EXT	0.06	112.17													10.28	0.01					101.84	0.00
Zona Industriale INT	100.26	0.00															1.77	0.19	0.00	101.84		
Totale	39988.98	39988.29	87.04	87.03	49.24	49.24	11.71	11.71	21.70	21.70	317.44	317.45	239.07	239.07	251.56	251.56	251.87	251.87	112.18	112.17	102.03	102.03

Tabella 13.8.2: Calcolo della portata della falda in m³/giorno nelle celle corrispondenti al retromarginamento. CHD indica il contributo dei limiti a carico costante, possono essere sia come apporti che come deflussi dato che sia a monte che a valle è stato utilizzato questo limite. Wells è l'apporto dei pozzi, il fatto che quelli entranti siano positivi è legato alle perdite dalle reti tecnologiche che sono state inserite in questo modo. Drains accorpa sia le idrovore che il dreno a tergo delle barriere impermeabili nel vecchio petrolchimico. River leakage è il contributo dei fiumi. Recharge è la ricarica. Le altre zone si possono identificare nella figura 13.8.1.

14 Scenari previsionali

Utilizzando il modello di flusso calibrato e validato, seppure in regime stazionario in questa fase stante l'assenza di dati utilizzabili per il regime transitorio, è stato possibile simulare diversi scenari partendo da quello attuale. In particolare l'attenzione è stata concentrata sugli effetti indotti dal completamento delle barriere impermeabili sul lato lagunare e dall'eventuale realizzazione del retromarginamento del SIN.

SCENARIO 1 – COMPLETAMENTO DELLA MESSA IN SICUREZZA DELLE MACROISOLE.

Sono stati inserite nell'area SIN nuove barriere con il pacchetto "Wall", in modo da simulare il completamento del marginamento del lato lagunare e della valle Moranzani. Come per le barriere finora realizzate, si è ipotizzato che quelle nuove raggiungano il nono layer del modello. La Fig. 14.1 mostra una schermata del modello con tutte le barriere lagunari completate.

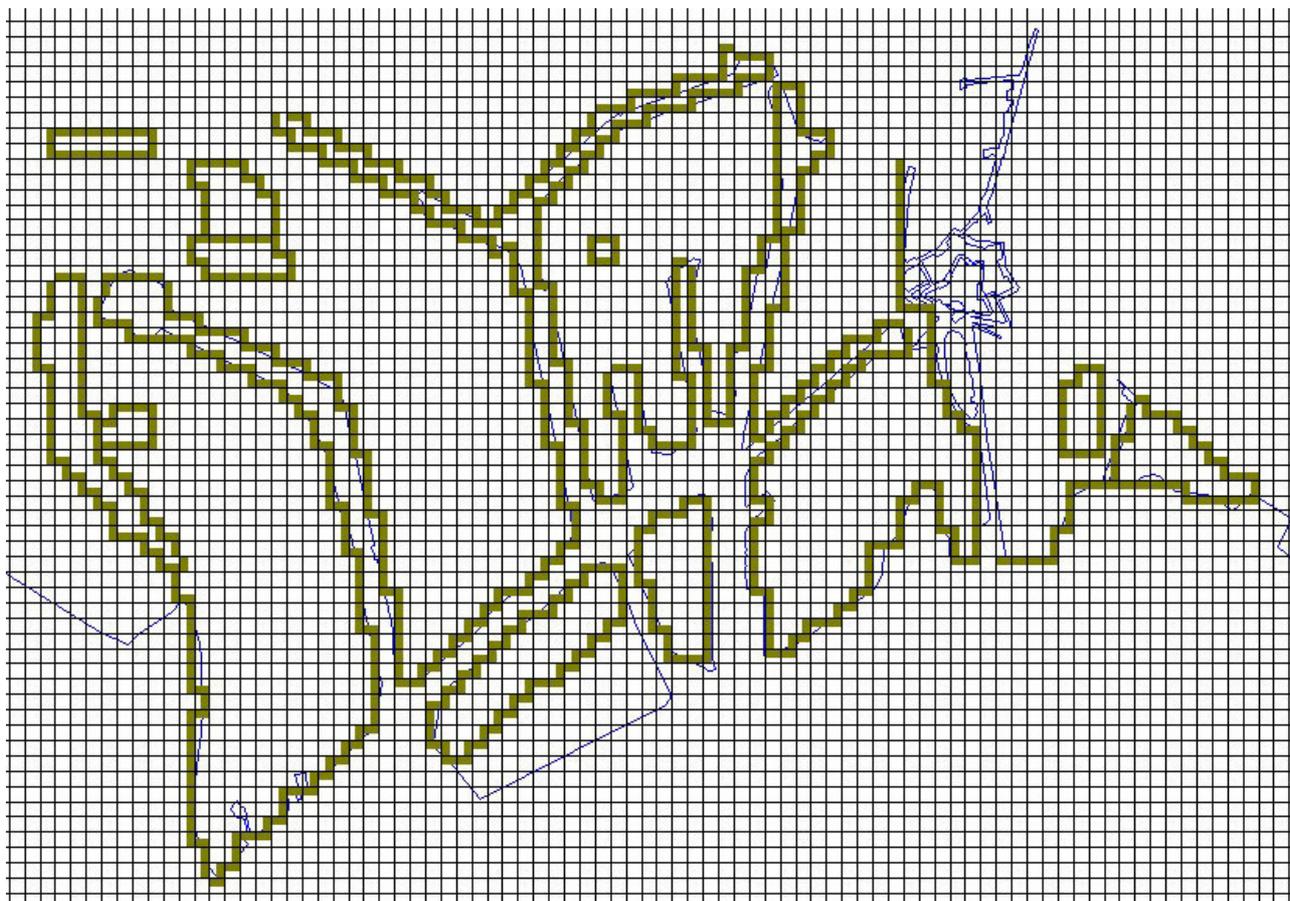


Figura 14.1: Ubicazione delle barriere impermeabili nello scenario di ipotesi del completamento dei marginamenti lagunari.

Ulteriore tre scenari sono stati realizzati che rappresentano la realizzazione dell'eventuale retromarginamento, ma ognuno con opere a profondità diverse in quanto il progetto del Magistrato alle Acque prevede la realizzazione di barriere fisiche fino alla profondità di 14 m. Tale profondità nel modello implementato è compresa tra il layer 7 e 8 e per questo motivo sono stati ipotizzati tre scenari:

SCENARIO 2 – REALIZZAZIONE DEL RETROMARGINAMENTO DOPO L'ISOLAMENTO DELLE MACROISOLE (Barriere fino al layer 7 del modello);

SCENARIO 3 - REALIZZAZIONE DEL RETROMARGINAMENTO DOPO L'ISOLAMENTO DELLE MACROISOLE (Barriere fino al layer 8 del modello, ritenuto meno performante visto che le barriere si intestano in questo layer solo per 1 o 2 m e non è permesso dal software l'applicazione del pacchetto "Wall" solo ad una parte di uno strato);

SCENARIO 4 - REALIZZAZIONE DEL RETROMARGINAMENTO DOPO L'ISOLAMENTO DELLE MACROISOLE (Barriere fino al layer 9 del modello, come quelle esistenti a valle).

La figura seguente mostra l'ubicazione del previsto retromarginamento all'interno del modello.

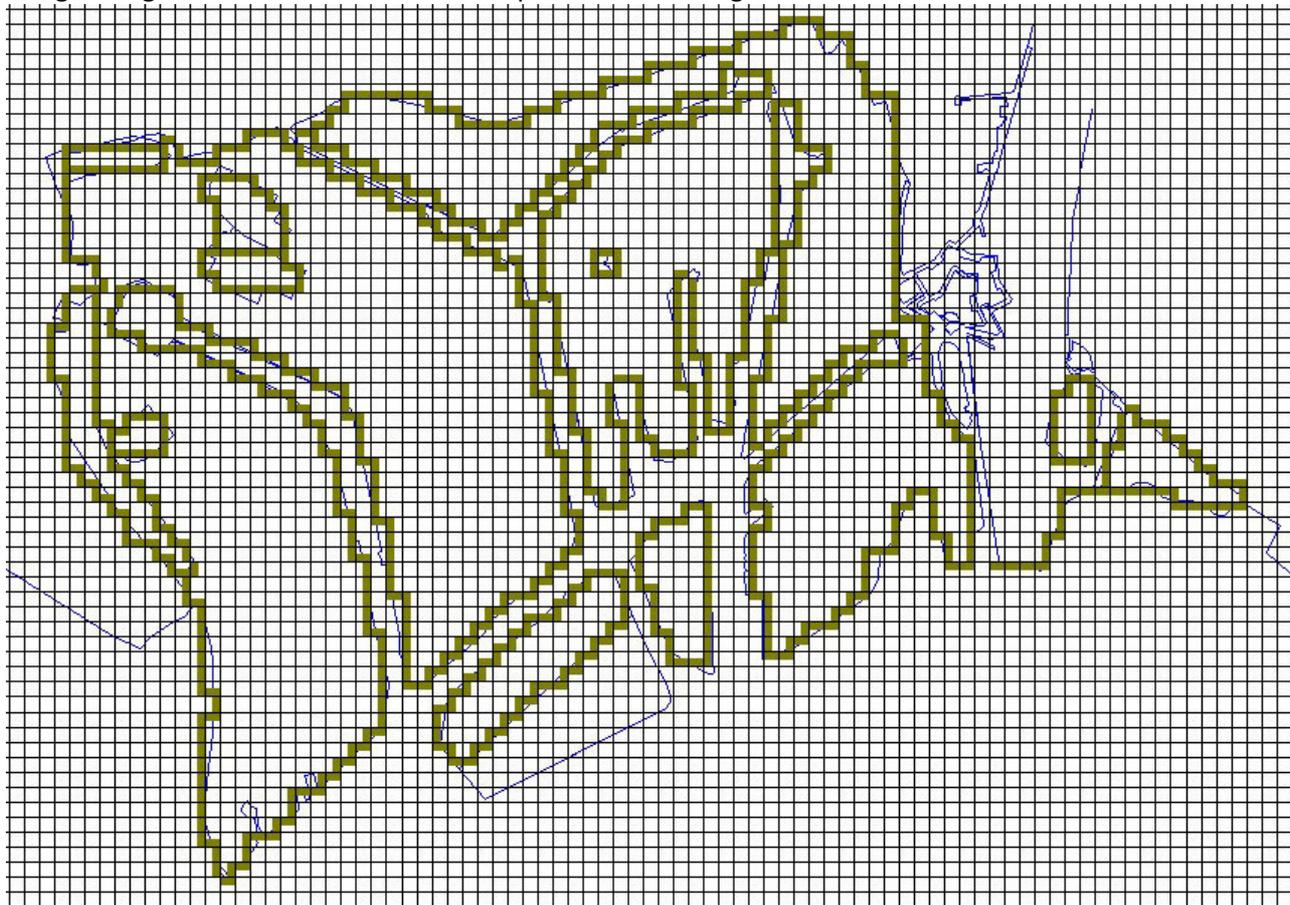


Figura 14.2: Ubicazione del retromarginamento nel modello.

Gli ultimi due scenari realizzati sono per poter valutare l'influenza dei dreni a tergo delle barriere fisiche realizzate. Entrambi sono basati sui marginamenti ipotizzati nello scenario n. 4:

SCENARIO 5 – REALIZZAZIONE DRENAGGI A TERGO DELLE BARRIERE DI ISOLAMENTO (dreni ubicati lungo le barriere a lato laguna).

SCENARIO 6 - REALIZZAZIONE DRENAGGI A TERGO DELLE BARRIERE DI ISOLAMENTO E DEL RETROMARGINAMENTO

(dreni ubicati lungo le barriere a lato laguna e lungo il retromarginamento; a quest'ultimi è stata assegnata una maggiore conduttanza)

I dreni lagunari sono stati ipotizzati secondo lo gli schemi riportati in Magistrato alle Acque (2010) mentre per quelli a protezione del retromarginamento si è fatto riferimento a Magistrato alle Acque di Venezia (2008).

14.1.1 Bilancio idrogeologico con presenza delle barriere impermeabili

In allegato 2 sono consultabili le tabelle relative ai bilanci idrogeologici calcolati.

È stato calcolato per ogni scenario senza ricarica la quantità d'acqua che defluisce attraverso il futuro retromarginamento.

Il contributo di portata proveniente dai limiti a carico costante possono essere sia come afflussi che come deflussi, dato che sia a monte che a valle è stato utilizzato questo limite. Wells è l'apporto dei pozzi e nel caso sia positivo dipende dalla schematizzazione in quanto in questo modo sono state simulate le perdite

dalle reti tecnologiche che sono state inserite in questo modo. Drains accorpa sia le idrovore che il dreno a tergo delle barriere impermeabili nel Vecchio Petrolchimico. River leakage è il contributo dei fiumi. Recharge è la ricarica. Le altre zone si possono identificare nella figura 13.8.1.

In Tab. 14.1.1.1 sono riportati i valori dei flussi totali calcolati per ogni scenario dall'esterno verso l'interno del retromarginamento e viceversa.

SCENARIO	Attuale	1	2	3	4	5	6
Da esterno a interno	366.10	426.42	262.79	167.30	134.03	188.85	171.30
Da interno a esterno	296.56	240.25	59.82	18.44	4.17	0.64	0.76

Tabella 14.1.1.1: Portate in m³/giorno di acqua sotterranea attraverso il retromarginamento nei vari scenari realizzati

Come atteso il retromarginamento riduce il flusso idrico entrante ed uscente. Le portate circolanti sono funzione inversa delle profondità raggiunta dalle opere: maggiore è la profondità e minori sono le portate circolanti. Nella situazione attuale sono stimati poco più di 4 l/s (366.10 m³/giorno) entranti nell'area in cui è previsto il retromarginamento.

Analizzando il bilancio idrogeologico eseguito per macroisole della zona esterna al SIN (Tab. 14.1.1.2), si nota che il flusso entrante dai limiti a carico costante (CHD) diminuisce nei primi 4 scenari a causa dell'effetto delle barriere fisiche, mentre negli scenari 5 e 6 aumenta nuovamente per l'inserimento dei dreni a valle.

I dreni (Drains) subiscono una prima diminuzione di portata dovuta alla realizzazione dei marginamenti lagunari che impediscono di richiamare acqua dalla laguna da parte delle idrovore. La diminuzione di acqua estratta da parte dei dreni rappresenti le idrovore, con l'installazione del retromarginamento, è dovuto alla diminuzione di area influenzata da parte del pompaggio. È da notare che con l'approfondirsi del palancolato la portata estratta dai dreni aumenta per contrastare gli innalzamenti dovuti alla presenza di barriere impermeabili nel sottosuolo. Nello scenario 5 i dreni all'interno del SIN impediscono il flusso verso monte; infatti esaminando i valori totali la portata estratta dai dreni aumenta. Nell'ultimo scenario le portate aumentano contrastando completamente l'effetto delle barriere impermeabili.

Scenario		Attuale	1	2	3	4	5	6
CHD	OUT	125.8	93.093	93.094	93.092	93.092	93.092	93.09
	IN	20350	20121	20101	20148	20166	20335	20399
DRAIN	OUT	28846	28678	28637	28654	28660.00	28597.00	29365.00

Tabella 14.1.1.2: Portate (in m³/giorno) nell'area esterna al SIN dei dreni e dei limiti a carico costante.

Confrontando i dati delle stesse elaborazioni eseguite sul giorno del 24 marzo (data di validazione del modello con inserita anche la ricarica) si nota che le portate estratte dal modello dai limiti a carico costante (CHD) sono notevolmente superiori rispetto a quelli del 25 gennaio (Tab. 14.1.1.3). Questo è causato dall'inserimento della ricarica anche nell'area distinta come laguna. La diminuzione di acqua in uscita dai limiti a carico costante negli ultimi due scenari è dovuta alle maggiori portate estratte dai dreni all'interno del SIN.

Scenario		Attuale	1	2	3	4	5	6
CHD	OUT	3111.3	3000.9	3041.8	3042.1	3041.4	2912.3	2912.2
	IN	11860	11690	11677	11685	11686	11888	11898
DRAIN	OUT	36509	33594	33568	33574	33578	33490.00	33575

Tabella 14.1.1.3: Portate (in m³/giorno) nell'area esterna al SIN dei dreni e dei limiti a carico costante.

Considerando gli interventi con diverso intervallo temporale di previsione, si possono stimare le seguenti modifiche al bilancio idrogeologico secondo gli scenari simulati.

Scenario	Attuale (A)	Attuale (B)	S1 (A)	S1 (B)	S4 (A)	S4 (B)	S6 (A)	S6 (B)
TOTALE (m3/giorno)	39225	64517	39006	62744	38993	62756	39189	63066
ENTRATE (%)								
CHD	51	18	51	19	52	19	52	19
RIVER	48	21	48	19	48	19	48	19
PERDITE	1		1					
RICARICA		60		62		62		62
USCITE (%)								
CHD		5	1	5	1	5		5
POZZI	5	2	3	2	3	2	4	2
DRENI	74	56	74	53	74	53	75	53
RIVER	21	37	22	40	22	40	21	40

Tabella 14.1.1.4: Distribuzione percentuale delle voci del bilancio idrico negli scenari percentuali (A – riferito al periodo senza ricarica, B – riferito al periodo con ricarica)

Dalla tabella 14.1.1.4 si evince che nel complesso non si hanno significative modifiche alle voci del bilancio idrogeologico tra i vari scenari. I prelievi idrici appaiono molto contenuti rispetto alle altre voci di bilancio. In tutti i casi assume notevole importanza sull'entità delle portate in gioco la ricarica delle acque meteoriche a monte. È importante l'azione svolta sia dai dreni che mantengono all'incirca le stesse portate sia in condizioni di ricarica meteorica sia con ricarica nulla, mentre i corsi d'acqua svolgono un duplice ruolo di drenaggio e alimentazione delle acque sotterranee. Essi determinano significativi effetti di drenaggio sulla falda soprattutto nei periodi con apporti meteorici significativi.

14.1.2 Effetti delle barriere impermeabili sull'andamento piezometrico

Dalle elaborazioni eseguite è stato possibile ipotizzare la piezometria degli scenari previsionali con le opere realizzate e valutare le variazioni della quota piezometrica.

Dallo Scenario 1 con le barriere a lato laguna completate si può notare una diminuzione del livello piezometrico nel Nuovo Petrolchimico, nella penisola Portuale, nella Zona Industriale, nella macroisola Raffinerie e nella parte di valle della zona di Fusina. Gli innalzamenti della falda identificati sono nel Vecchio Petrolchimico e nella zona a monte della penisola di Fusina. Tutte le variazioni previste sono contenute e dell'ordine di 0.5 m.

Nello Scenario 2, con il retromarginamento fino al settimo layer, si hanno diminuzioni del livello piezometrico nel Nuovo petrolchimico, nella penisola Portuale, nella Zona Industriale e nella parte di valle della zona di Fusina. Gli innalzamenti riguardano le zone del Vecchio petrolchimico, Zona Nord, Malcontenta e la zona a monte della penisola di Fusina. Anche in questo caso le variazioni previste sono contenute e dell'ordine di 0.5 m.

Tra gli scenari 3 e 4 le differenze sono minime. Per questi si è calcolato un abbassamento del livello piezometrico nel Nuovo Petrolchimico, nell'area Portuale, nella Zona Industriale, nella zona di valle della penisola di Fusina e nel Vecchio petrolchimico. Gli abbassamenti sono contenuti (0.5 m circa) tranne nel Vecchio Petrolchimico che raggiungono 1.5 m circa. Gli innalzamenti sono lievi nel lato di monte della zona di Fusina, nell'area di Malcontenta e nella zona Nord, mentre raggiungono 1.5 m a monte delle barriere nella zona del Vecchio Petrolchimico, dove è presente il centro abitato.

Nello Scenario 5 si ha un abbassamento della piezometria all'interno dell'area del SIN. A monte del Vecchio Petrolchimico si ha comunque l'innalzamento della falda già riscontrato negli scenari precedenti.

Nell'ultimo scenario ipotizzato (Scenario 6) si riscontra un forte abbassamento di tutta la piezometria in tutta l'area prossima al SIN con valori che superano il metro.

Gli scenari ipotizzati con la ricarica risultano meno affidabili in quanto gli innalzamenti della falda risultano influire su tutta l'area ma va qui ricordato che i valori di precipitazione e infiltrazione utilizzati risultano tra i più elevati registrati.

In tutti gli scenari si è registrato un innalzamento della piezometria a monte del SIN nell'area di unione tra il Taglio di Mirano e Naviglio Brenta, in corrispondenza del fiume Dese e nell'area subito a monte del Vecchio Petrolchimico in prossimità dell'abitato di Mestre.

Negli scenari 1 e 2 all'interno del SIN si registrano degli innalzamenti piezometrici, mentre negli scenari 3 e 4 si riscontrano dei primi abbassamenti della falda all'interno del Vecchio e del Nuovo Petrolchimico mentre le aree di Fusina, Malcontenta, Zona Portuale, Sona Nord, Zona Industriale e Raffinerie evidenziano sempre un aumento del livello piezometrico.

Con la simulazione dei dreni a tergo delle barriere impermeabili si iniziano a verificare degli abbassamenti nel SIN e nell'area a monte.

Con la simulazione della ricarica le variazioni della falda si modificano. Con le barriere impermeabili di isolamento completate si hanno degli innalzamenti nella macroisola di Fusina, nella Zona Portuale e nel Vecchio Petrolchimico. La prima simulazione del retromarginamento (scenario 3) mostra un innalzamento della falda in tutto il SIN, mentre approfondendo il retromarginamento nel Nuovo e nel Vecchio Petrolchimico la falda si abbassa ma aumenta il livello piezometrico in tutte le altre zone. Solo con la realizzazione dei dreni a tergo delle barriere di isolamento si notano degli abbassamenti all'interno del SIN. Confrontando il livello della falda raggiunto negli scenari previsionali con il piano campagna è stato possibile valutare la soggiacenza della falda, anche per una stima delle possibili interferenze con i manufatti. I calcoli eseguiti basandosi sugli scenari attuali mostrano un andamento simile a quello delle ricostruzioni piezometriche (Figg. 6.1.4, 6.1.5 e 6.1.6). È possibile identificare un'area in cui la falda superficiale è in pressione. Le altre zone in cui affiora la falda sono identificabili con i fiumi.

Le aree più critiche risultano due: una a monte del Vecchio Petrolchimico e una a sud della penisola di Fusina che è soggetta al controllo da parte delle idrovore. La prima area presenta già nella situazione attuale dei massimi in cui la falda dovrebbe già essere superiore al piano campagna: questi punti sono identificati con i pozzi che simulano le perdite delle reti tecnologiche. Ciò potrebbe essere dovuto alla schematizzazione delle perdite occulte all'interno del modello. Complessivamente la soggiacenza nell'area risulta per la maggior parte superiore a 1 m dal piano campagna (zone verdi), ma molte sono le aree in cui è prossima al piano campagna (aree gialle).

Nel calcolo eseguito per il 24 marzo le zone in cui la falda affiora risultano più estese. È opportuno ricordare che le precipitazioni hanno causato degli allagamenti nelle aree a monte del modello.

Confrontando le soggiacenze degli scenari con il retromarginamento completato fino al layer n. 9 del modello con gli scenari attuali le differenze sono minime: l'unica area che mostra una diminuzione della soggiacenza è quella del centro abitato di Marghera a monte idrogeologico del Vecchio Petrolchimico .

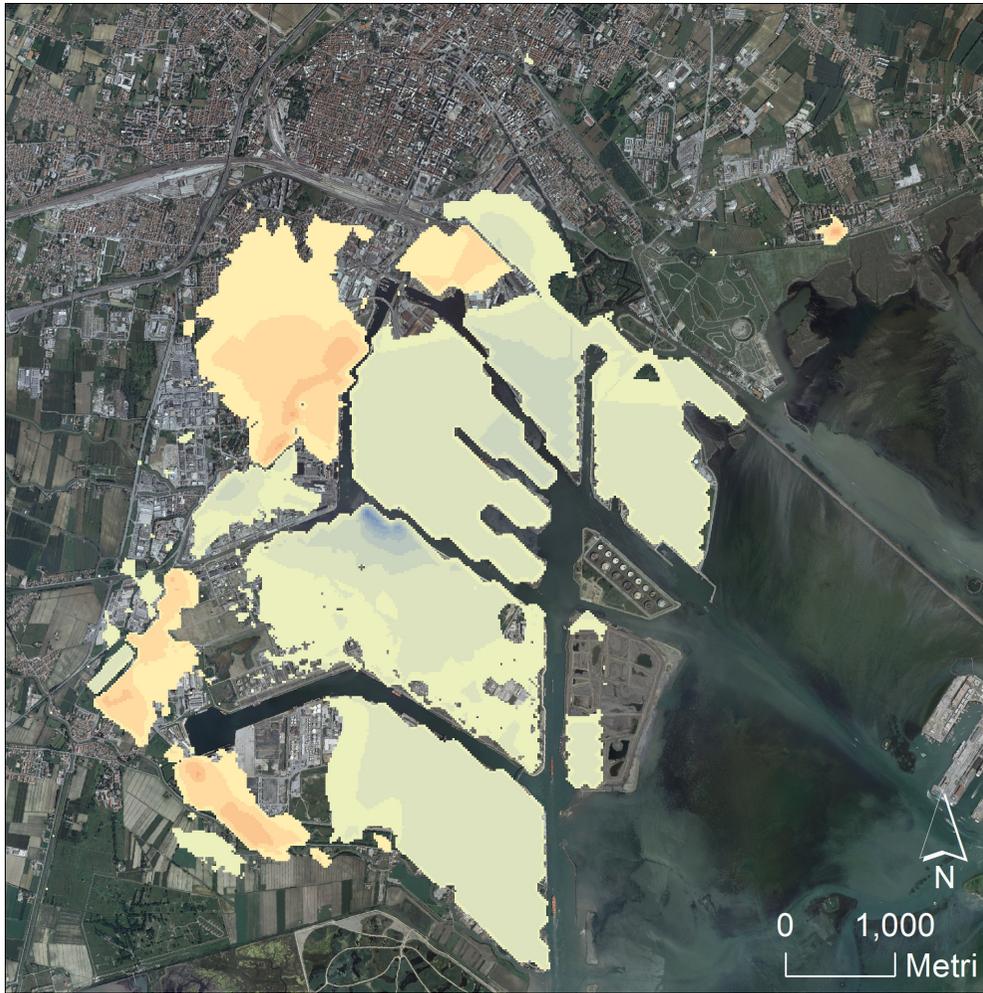


Figura 14.1.2.1: Variazione dell'altezza piezometrica con il completamento delle barriere idrauliche sul lato lagunare (le diverse tonalità dell'azzurro indicano abbassamento e quelle del rosso innalzamento del livello della falda)

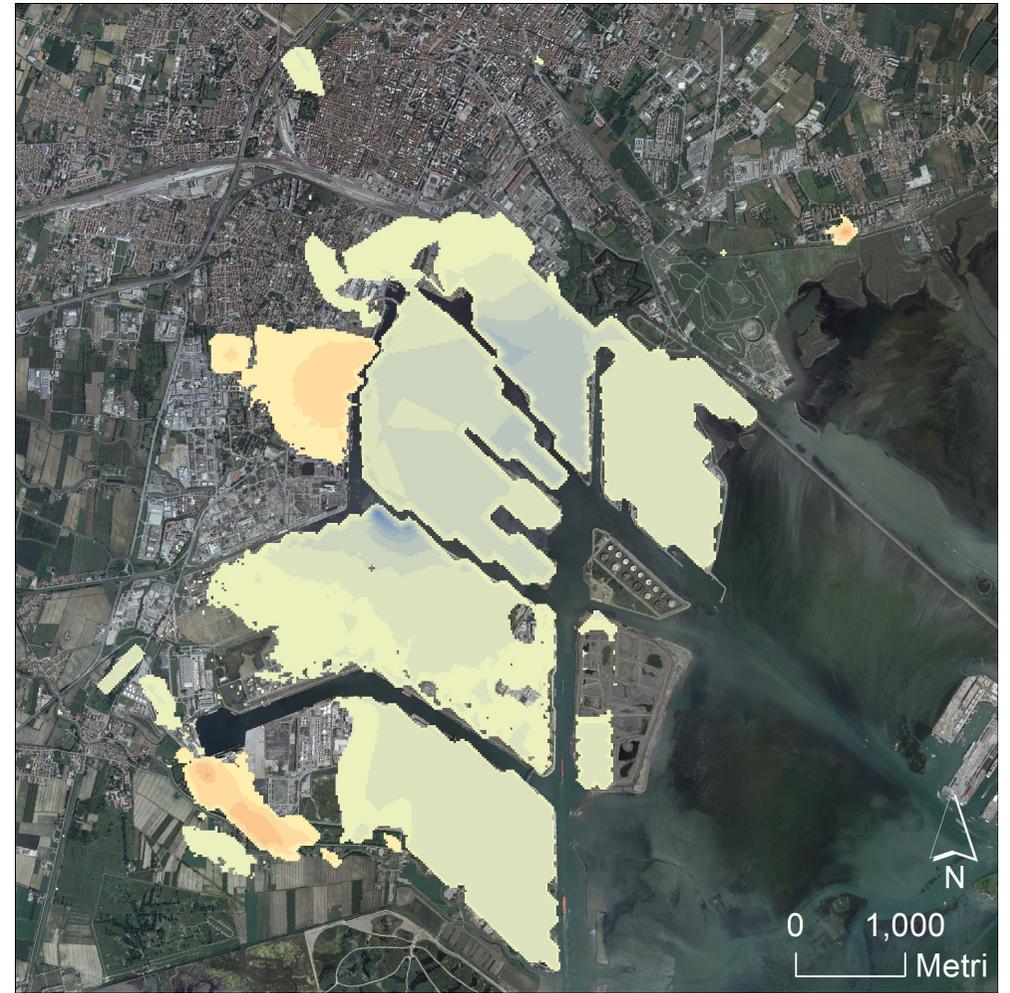


Figura 14.1.2.2: Variazione dell'altezza piezometrica con il retromarginamento completato fino al layer 7 (le diverse tonalità dell'azzurro indicano abbassamento e quelle del rosso innalzamento del livello della falda)

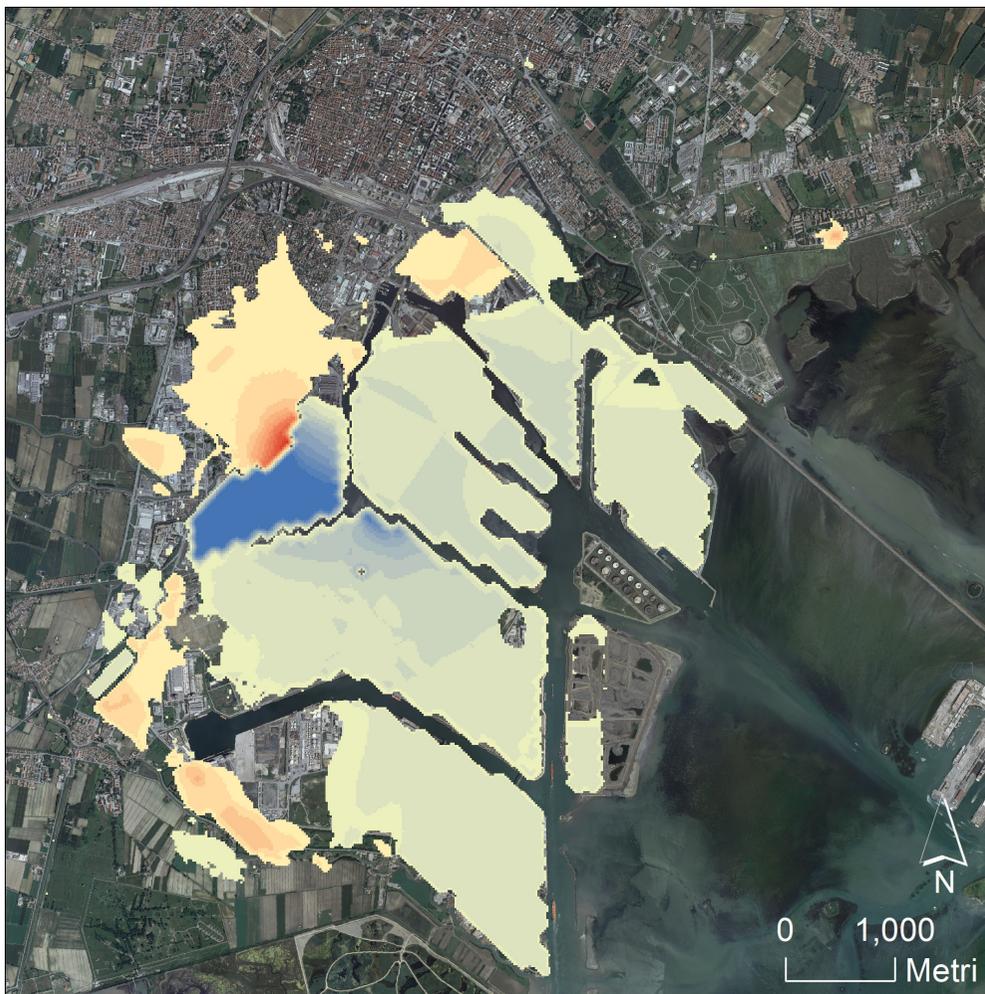


Figura 14.1.2.3: Variazione dell'altezza piezometrica con il retromarginamento completato fino al layer 8 (le diverse tonalità dell'azzurro indicano abbassamento e quelle del rosso innalzamento del livello della falda)

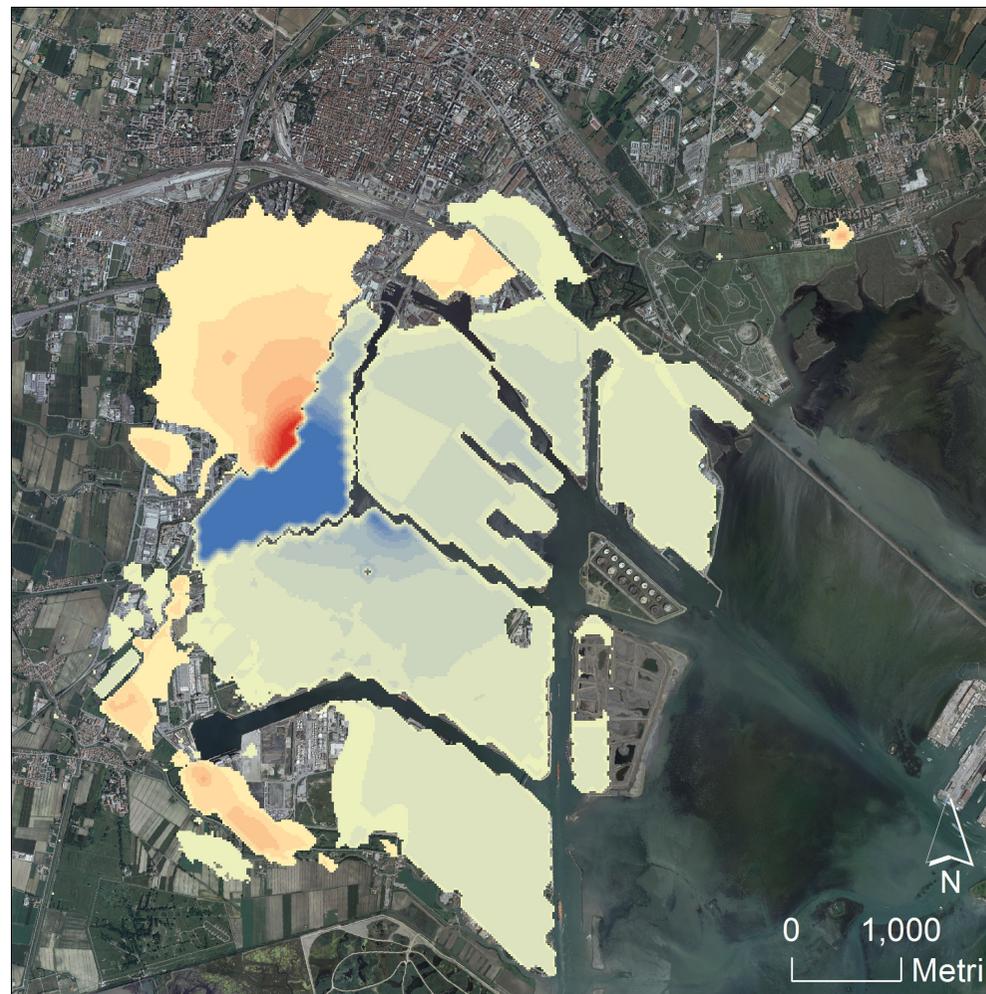


Figura 14.1.2.4: Variazione dell'altezza piezometrica con il retromarginamento completato fino al layer 9 (le diverse tonalità dell'azzurro indicano abbassamento e quelle del rosso innalzamento del livello della falda)

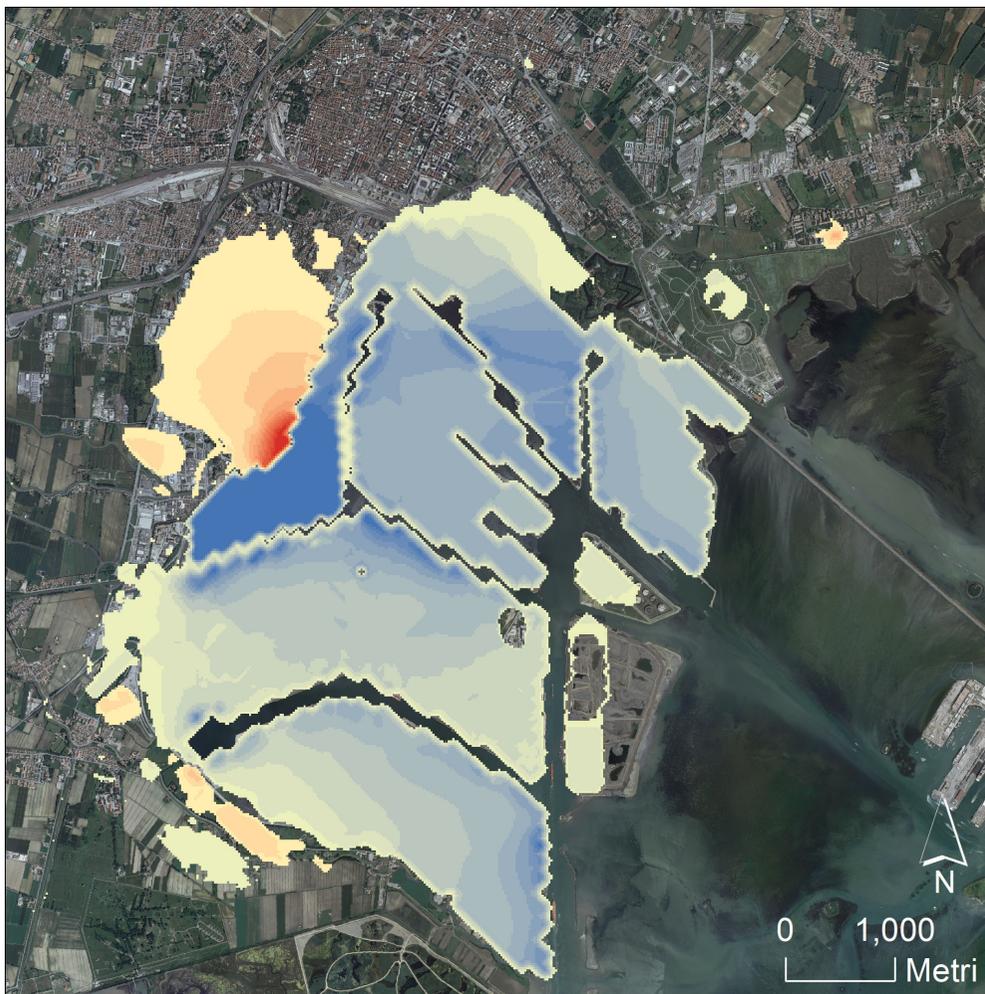


Figura 14.1.2.5: Variazione dell'altezza piezometrica con il retromarginamento completato fino al layer 9 e con i dreni a tergo delle barrire di isolamento (le diverse tonalità dell'azzurro indicano abbassamento e quelle del rosso innalzamento del livello della falda)

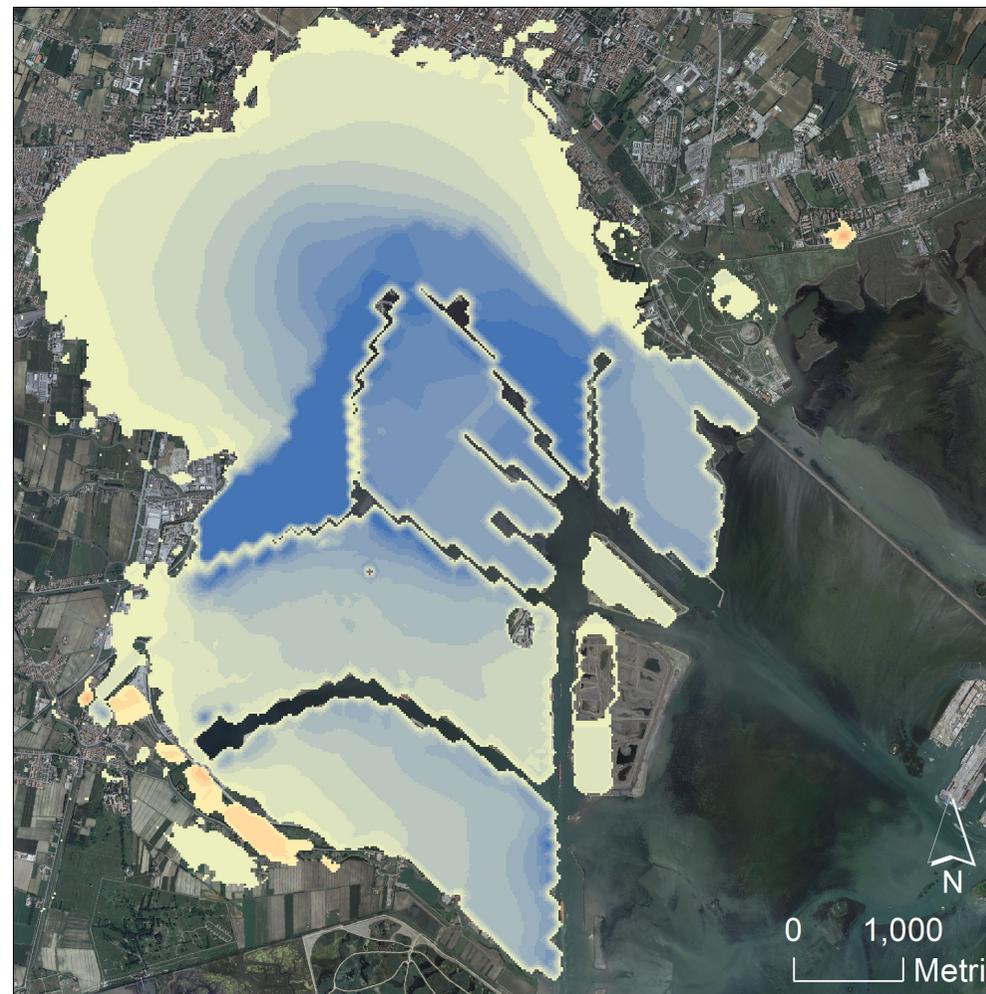


Figura 14.1.2.6: Variazione dell'altezza piezometrica con il retromarginamento completato fino al layer 9 e con i dreni a tergo delle barrire di isolamento e del retromarginamento (le diverse tonalità dell'azzurro indicano abbassamento e quelle del rosso innalzamento del livello della falda)

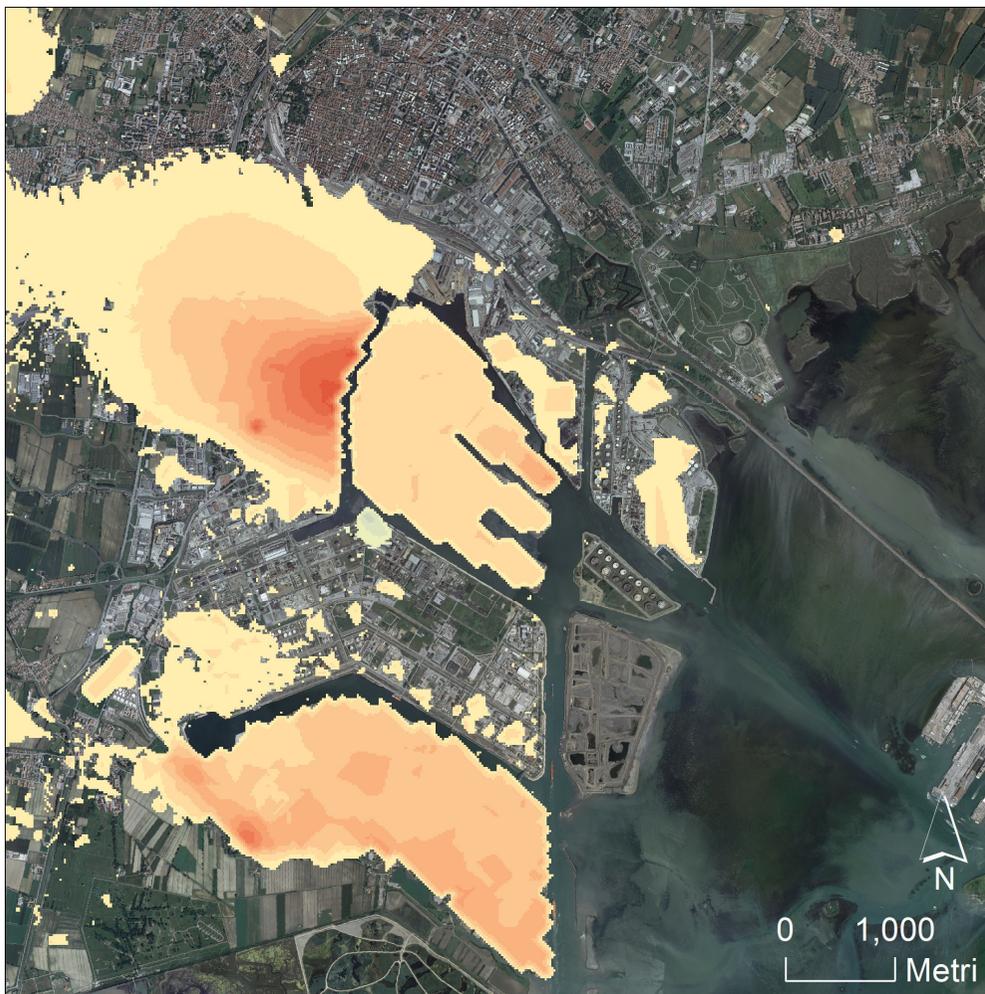


Figura 14.1.2.7: Variazione dell'altezza piezometrica con il completamento delle barriere idrauliche sul lato lagunare e considerando la ricarica (le diverse tonalità dell'azzurro indicano abbassamento e quelle del rosso innalzamento del livello della falda)

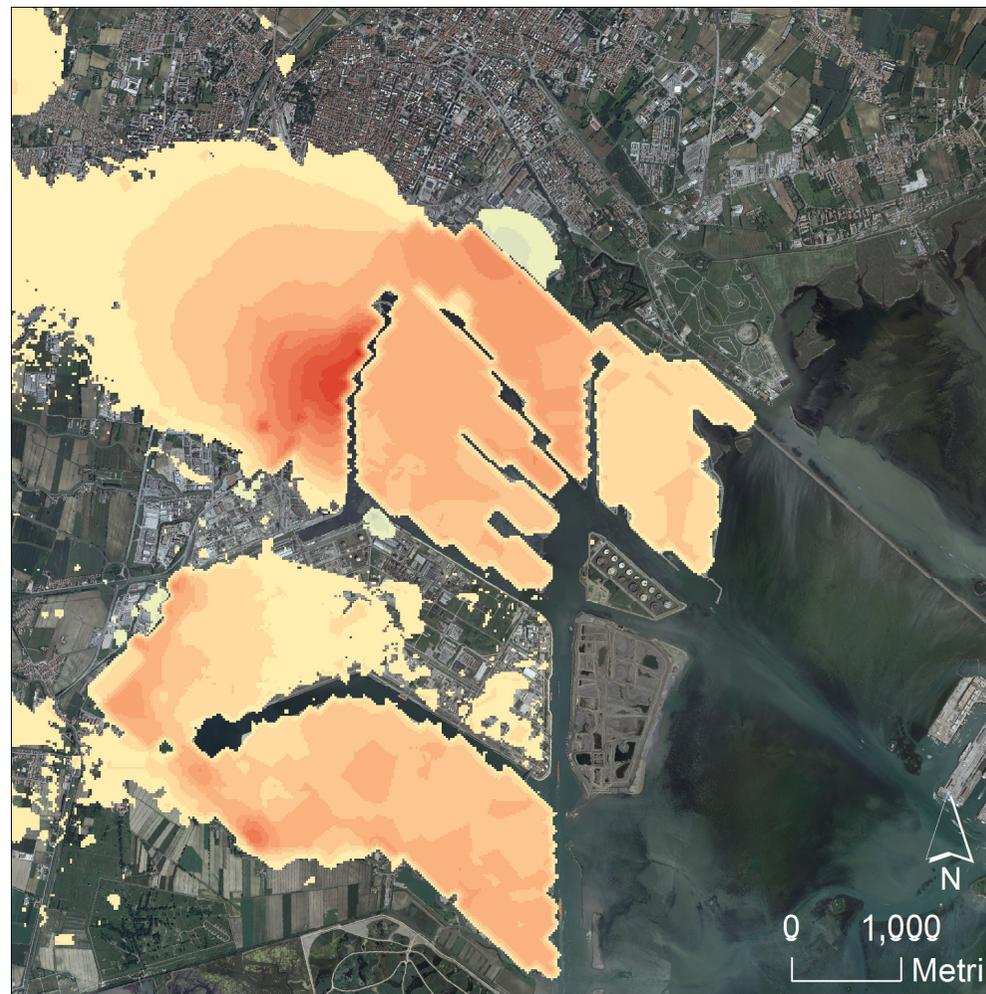


Figura 14.1.2.8: Variazione dell'altezza piezometrica con il retromarginamento completato fino al layer 7 e considerando la ricarica (le diverse tonalità dell'azzurro indicano abbassamento e quelle del rosso innalzamento del livello della falda)

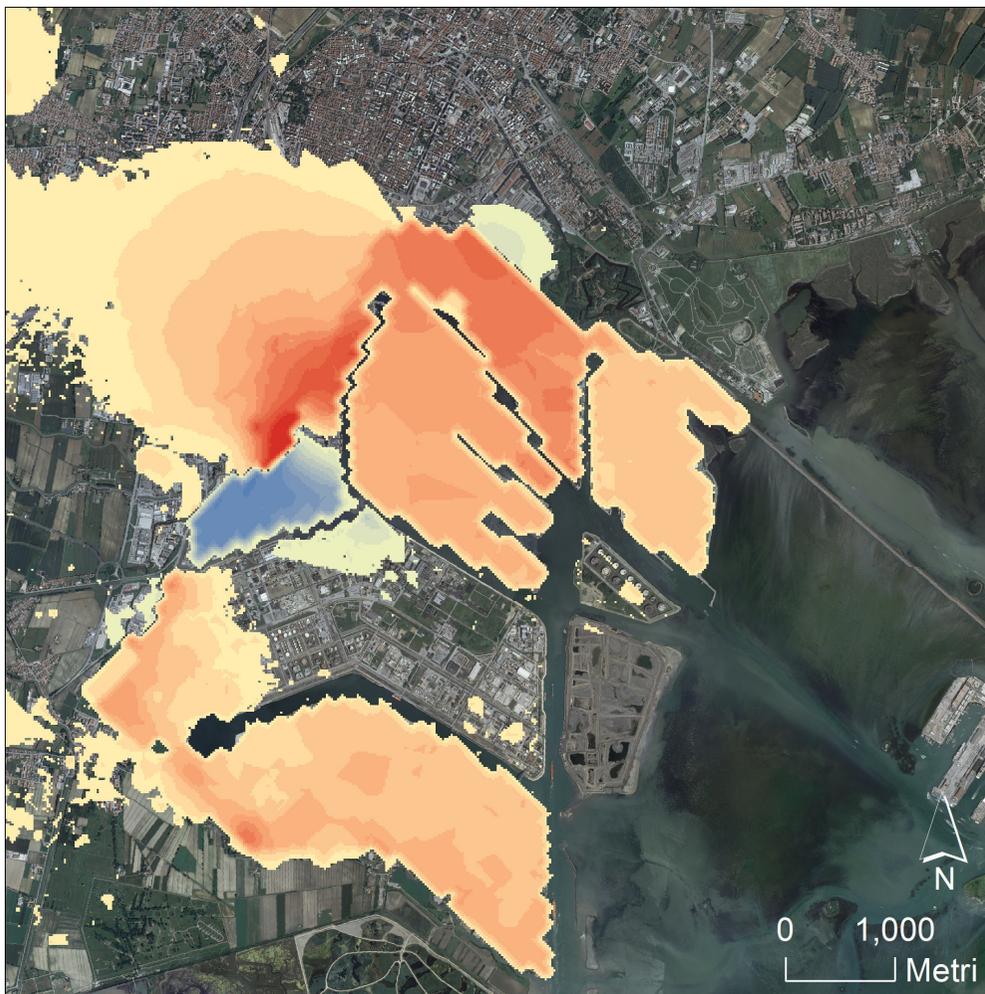


Figura 14.1.2.9: Variazione dell'altezza piezometrica con il retromarginamento completato fino al layer 8 e considerando la ricarica (le diverse tonalità dell'azzurro indicano abbassamento e quelle del rosso innalzamento del livello della falda)

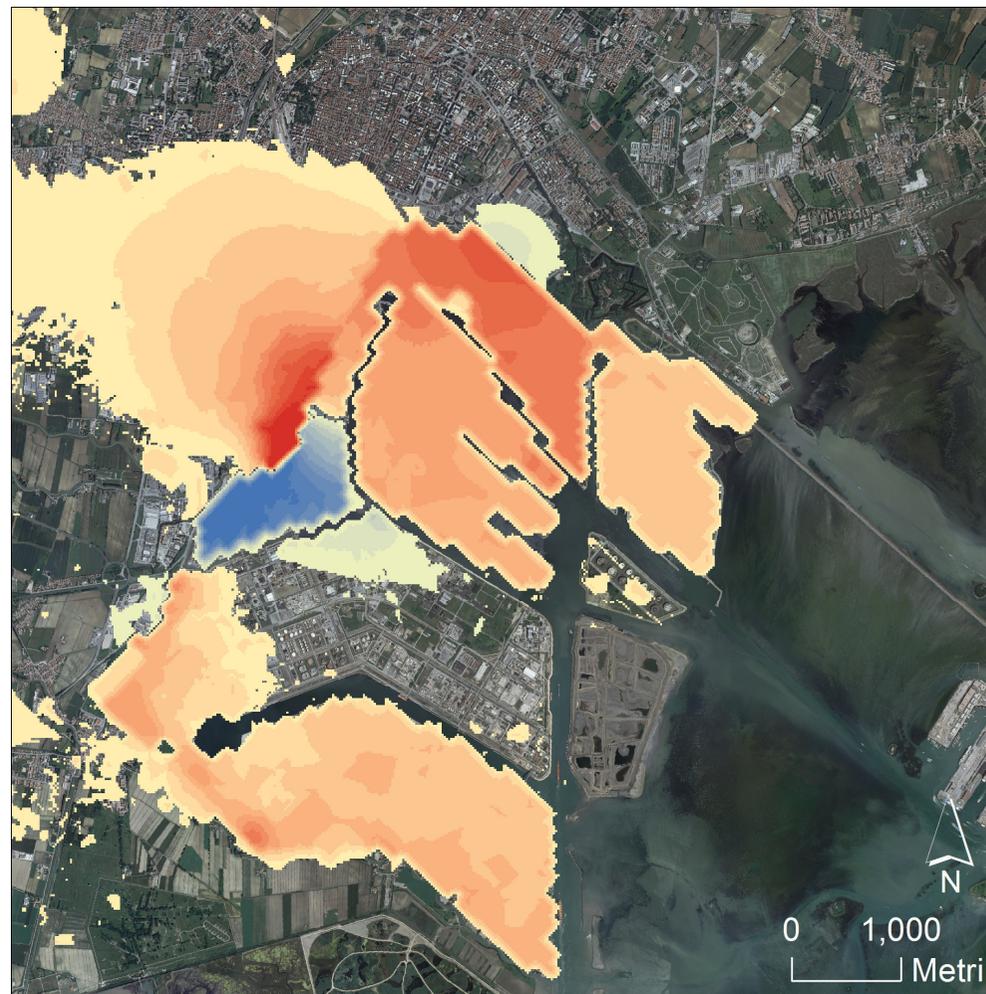


Figura 14.1.2.10: Variazione dell'altezza piezometrica con il retromarginamento completato fino al layer 9 e considerando la ricarica (le diverse tonalità dell'azzurro indicano abbassamento e quelle del rosso innalzamento del livello della falda)

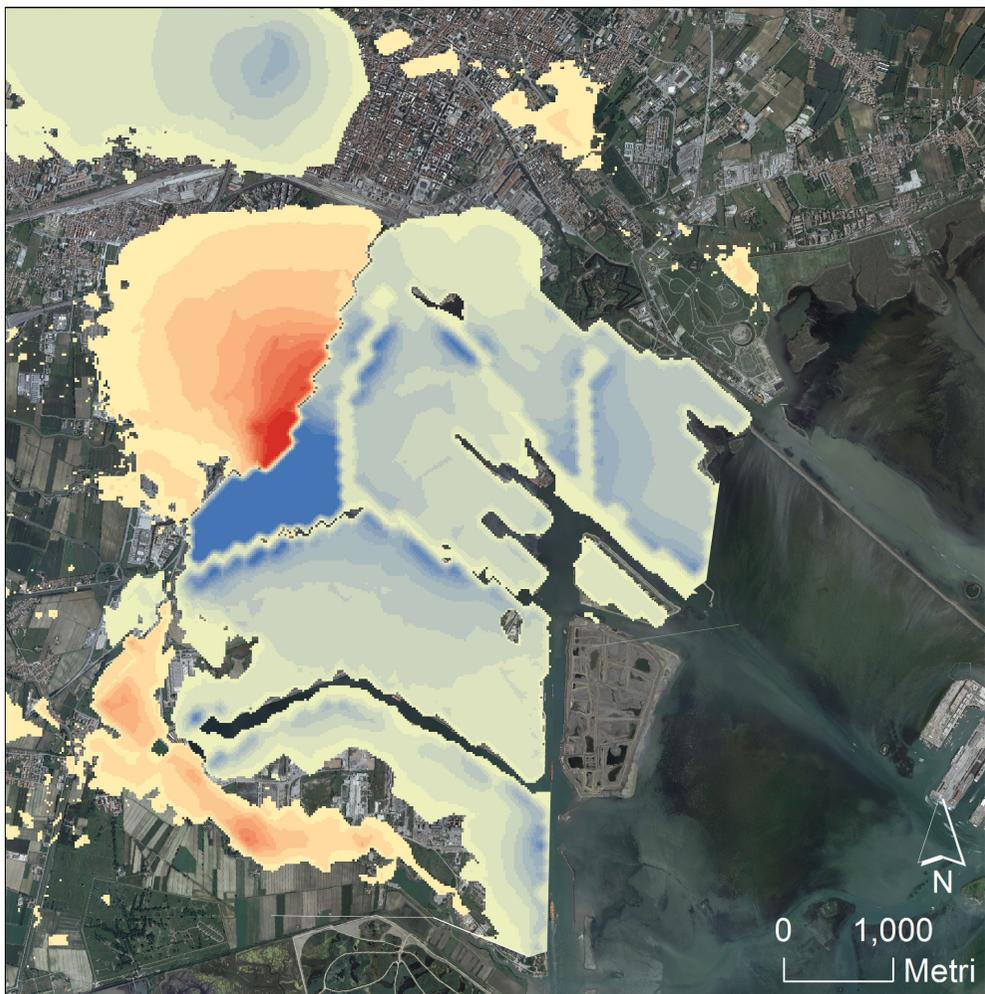


Figura 14.1.2.11: Variazione dell'altezza piezometrica con il retromarginamento completato fino al layer 9 e con i dreni a tergo delle barrire di isolamento e considerando la ricarica (le diverse tonalità dell'azzurro indicano abbassamento e quelle del rosso innalzamento del livello della falda)

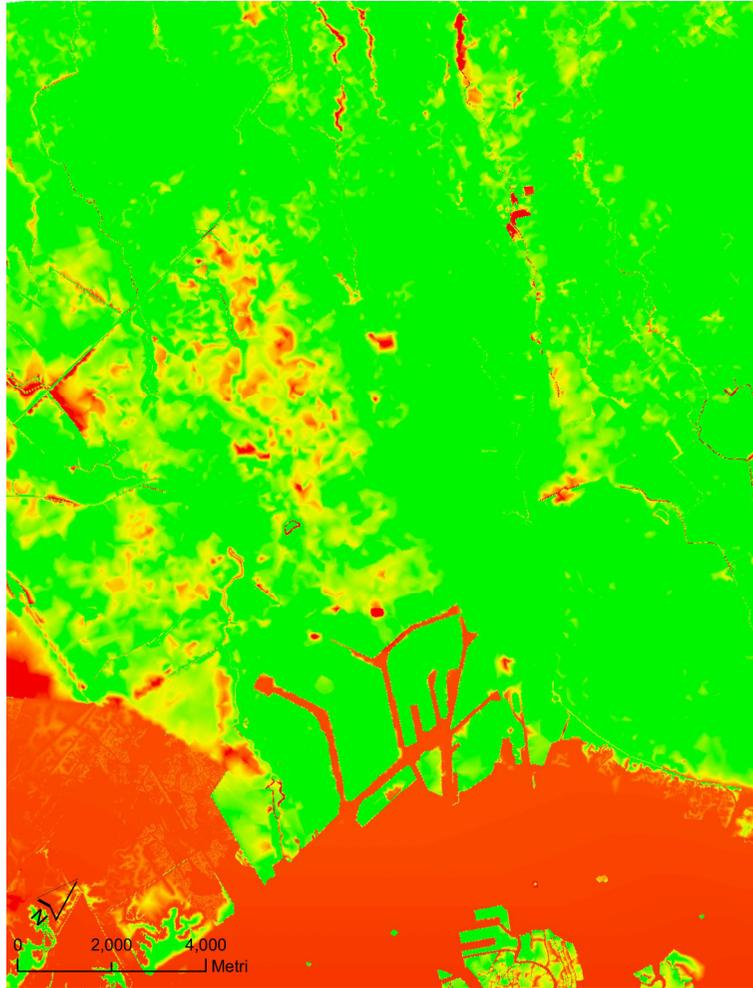


Figura 14.1.2.12: soggiacenza calcolata dalla simulazione dello scenario attuale del 25 gennaio 2013. La scala dal rosso al giallo al verde indica rispettivamente dove la soggiacenza è negativa, a zero e positiva.

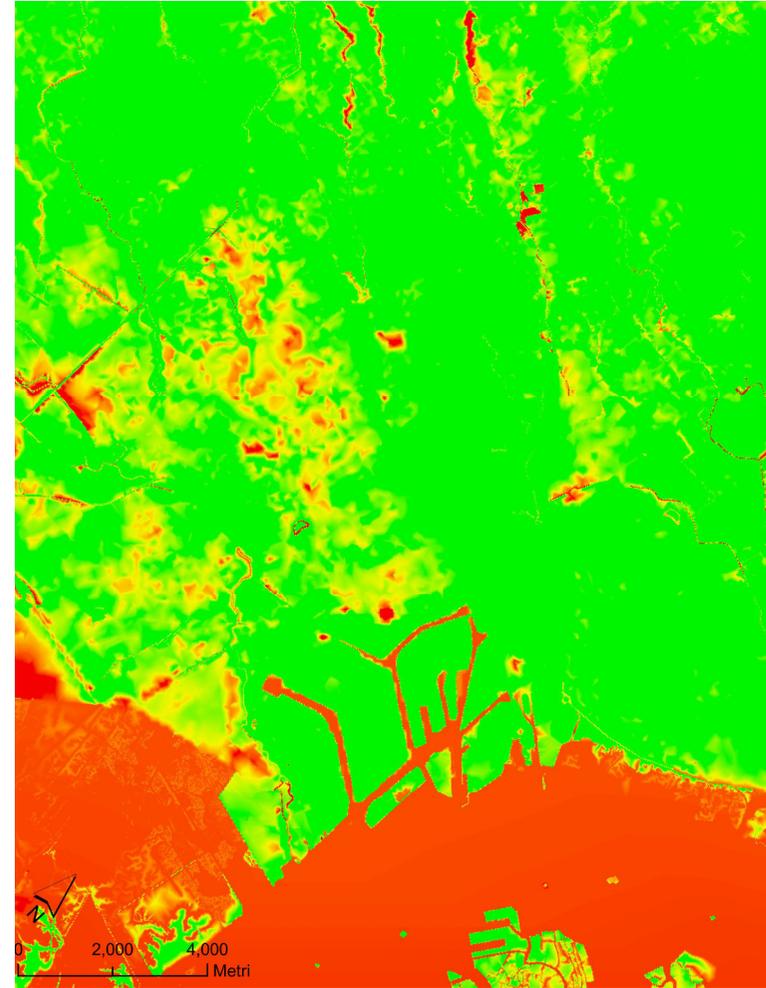


Figura 14.1.2.13: soggiacenza calcolata dalla simulazione dello scenario n. 4 del 25 gennaio 2013. La scala dal rosso al giallo al verde indica rispettivamente dove la soggiacenza è negativa, a zero e positiva.

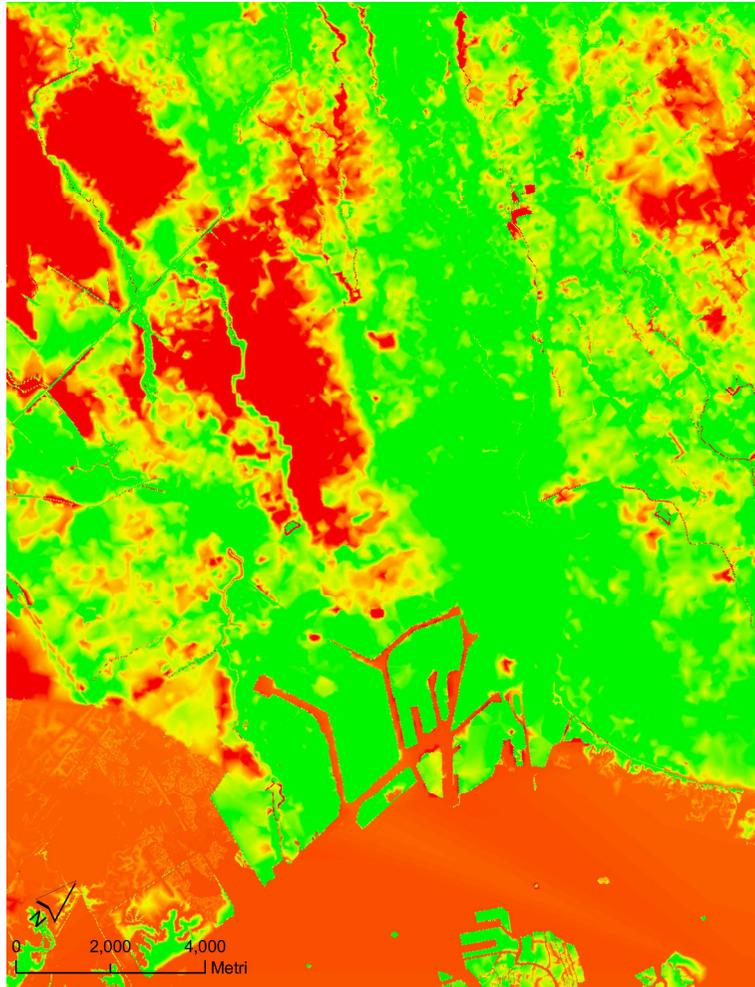


Figura 14.1.2.14: soggiacenza calcolata dalla simulazione dello scenario attuale del 24 marzo 2013. La scala dal rosso al giallo al verde indica rispettivamente dove la soggiacenza è negativa, a zero e positiva.

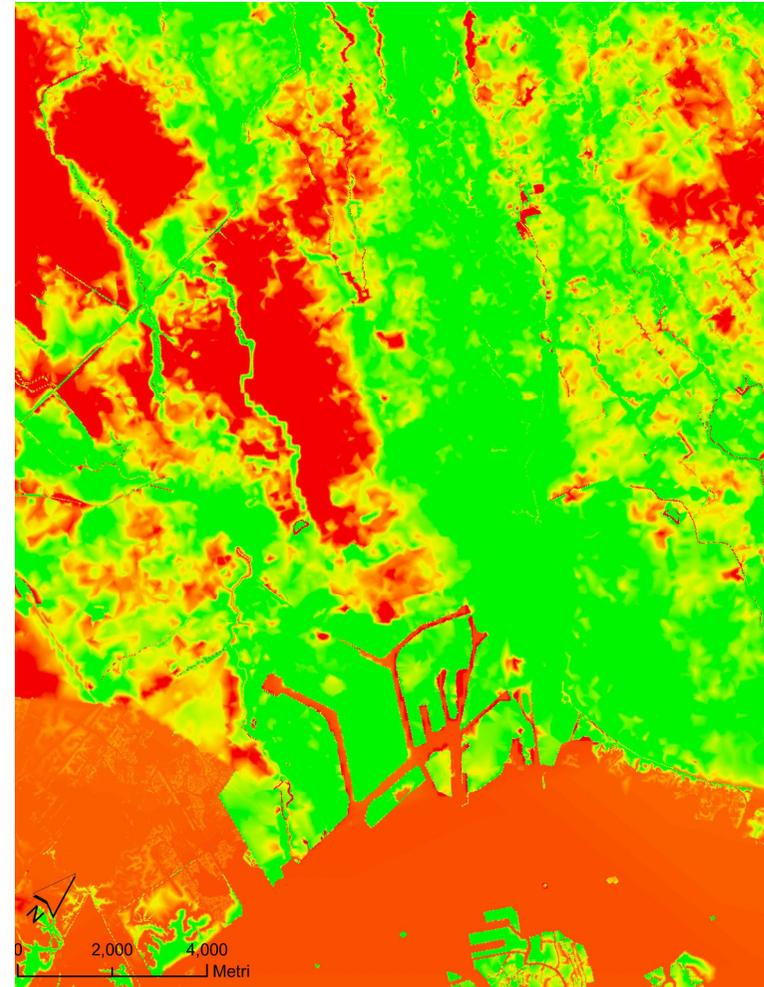


Figura 14.1.2.15: soggiacenza calcolata dalla simulazione dello scenario n. 4 del 24 marzo 2013. La scala dal rosso al giallo al verde indica rispettivamente dove la soggiacenza è negativa, a zero e positiva.

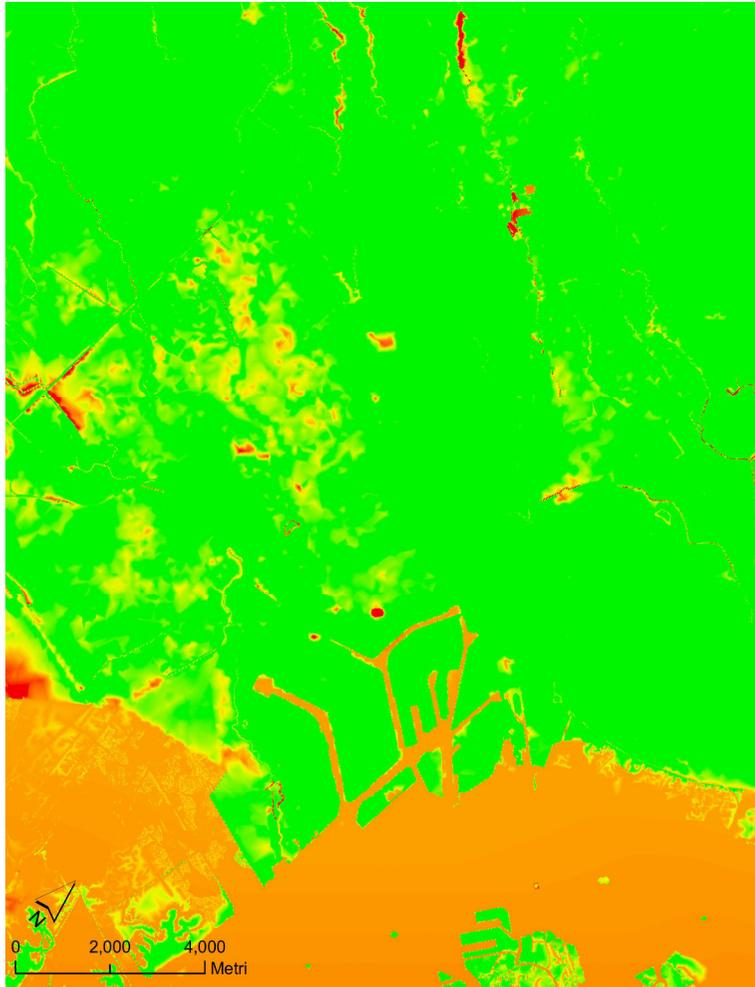


Figura 14.1.2.16: soggiacenza calcolata dalla simulazione dello scenario attuale del 2 settembre 2013. La scala dal rosso al giallo al verde indica rispettivamente dove la soggiacenza è negativa, a zero e positiva.

Considerando che i dati utilizzati sono delle medie giornaliere, quindi non considerano gli innalzamenti della falda sia a breve che medio termine, e che l'errore massimo del modello per questa data è stato stimato di 0.65 m per il mese di gennaio 2013 e 0.73 m per il mese di marzo 2013, in tali aree potrebbe venire a giorno la falda.

Ciò anche in relazione al fatto che è stata valutata una situazione "media" caratterizzata da un regime stazionario. Non si esclude quindi che in periodi estremi (forti piogge o siccità) le escursioni del livello piezometrico sono più elevate.

Come indicazione generale ed importante, ai fini di una gestione dei diversi fenomeni idrologici, si osserva ancora una volta l'importanza nella regimazione delle acque sotterranee delle idrovore, che tendono a contenere i vari fenomeni naturali ed eventualmente anche quelli che sono e saranno eventualmente indotti dalle opere realizzate e previste nel SIN.

15 Conclusioni

E' stato effettuato uno studio su un'area molto ampia per meglio valutare le modalità del flusso idrico sotterraneo nel Sito di Interesse Nazionale (SIN) di Venezia Porto Marghera, anche mediante modellazione numerica.

La conoscenza di tali modalità è finalizzata alla ricostruzione delle portate della falde superficiali e alla definizione dell'impatto delle opere esistenti e in progetto che interessano le acque sotterranee.

L'area di studio ha dimensioni di 336.49 km² e si estende a monte del SIN, nel senso di flusso idrico sotterraneo, per circa 10 km.

Ciò al fine di meglio individuare la struttura del sottosuolo e la distribuzione a livello tridimensionale di acquiferi, acquitardi e acquicludi e anche di allontanare dall'area di immediato interesse (SIN) le condizioni al contorno che potrebbero influenzare la circolazione locale delle acque sotterranee negli insediamenti industriali.

L'attenzione degli studi idrogeologici precedenti è stata concentrata sulle falde profonde anche fino a 300 m di profondità, originariamente artesiane e molto produttive, che costituivano l'approvvigionamento idrico per il polo industriale.

A causa dei noti fenomeni di subsidenza e dell'interruzione locale dei prelievi dai pozzi profondi, le falde hanno in parte recuperato i livelli, riportandosi talora anche su condizioni artesiane.

Una maggiore attenzione sulle falde superficiali è stata riservata dalla fine dello scorso secolo in relazione al problema del risanamento ambientale di suoli e acque sotterranee e al confinamento dei rifiuti del SIN.

Sono stati eseguiti numerosi sondaggi e prove geotecniche e idrogeologiche (Fabbri et al, 2013) che hanno consentito di dettagliare la struttura del sottosuolo e la circolazione idrica sotterranea fino a circa 30 m di profondità.

Con riferimento agli studi di Fabbri et al. (2013) si sono in sintesi individuati corpi sabbiosi principali con andamento all'incirca Nord Ovest-Sud Est denominati corpo di Viale San Marco, corpo dell'isola portuale, corpo di Malcontenta e corpo di Fusina e che sono posti all'interno di orizzonti più fini.

La permeabilità di tali orizzonti, determinata con misure in sito (prove lefranc e slug test) e prove di pompaggio, è dell'ordine di 10⁻⁴ m/s per le sabbie.

In superficie è inoltre presente un orizzonte poco permeabile, denominato "caranto", che limita l'infiltrazione delle acque; nel SIN questo orizzonte, talora discontinuo, è posto al di sotto dei riporti che hanno creato le aree per l'insediamento industriale di Porto Marghera.

Oltre alle misure periodicamente effettuate dai privati, si è predisposta e gestita a livello preliminare una rete di monitoraggio in continuo dei livelli piezometrici; alcuni piezometri sono attrezzati con sonde che trasmettono direttamente i dati rilevati alla Regione del Veneto, mentre in altri piezometri è necessario un accesso per poter scaricare i dati immagazzinati da altre sonde.

In tal modo si è potuto disporre di misure sull'intera area di studio, che sono state talora integrate da periodiche misure manuali a monte e in aree dove non erano più disponibili misure in automatico visti anche gli atti vandalici nel frattempo subiti.

Uno stretto rapporto esiste tra le acque superficiali e quelle sotterranee nella parte finale del bacino scolante in laguna.

L'area è stata sottoposta a bonifica idraulica in quanto si hanno vasti settori posti al di sotto del livello del mare, è percorsa da corsi d'acqua naturali ed artificiali e sono presenti anche n. 7 potenti idrovore che regolano i livelli idrometrici.

I corsi d'acqua a deflusso naturale sono:

- Dese
- Marzenego-Osellino
- Lusore
- Muson vecchio

Mentre quelli a deflusso controllato (meccanico o misto) sono:

- Naviglio Brenta
- Canale di Mirano
- Taglio Nuovissimo

L'acquisizione di misure del livello della laguna dai mareografi di Marghera e di Punta della Salute ha completato le conoscenze sui deflussi a mare delle acque sotterranee.

Il sistema idrogeologico viene attualmente interessato da interventi antropici per quanto riguarda le acque sotterranee costituiti dai marginamenti nel SIN, realizzati e in corso di completamento e dai drenaggi, costituiti sia da trincee nel riporto che da pozzi disposti in orizzonti sabbiosi; tali sistemi costituiscono la messa in sicurezza del SIN.

Altri pozzi a prevalente uso privato ed industriale sono presenti a monte del SIN secondo i dati acquisiti da AATO Laguna di Venezia.

E' stato inoltre ipotizzato anche un afflusso dalle falde profonde in pressione, dopo l'interruzione dei pompaggi, verso le falde superficiali oggetto dello studio; questa situazione dovrebbe essere approfondita in quanto i dati a disposizione evidenziano che i pozzi profondi multifalda hanno i filtri più superficiali nel II acquifero, così come definito negli studi precedenti del CNR, ma non nella parte più superficiale entro i 30 m di profondità oggetto dello studio.

Oltre all'infiltrazione dalla superficie, minore nelle zone urbane e industriali impermeabilizzate, si ha una alimentazione delle acque sotterranee anche in relazione alle perdite delle reti acquedottistiche e fognarie. In effetti sono in circolazione consistenti quantitativi di acque (sebbene ridotti negli ultimi anni a causa della congiuntura economica negativa) con perdite che arrivano ad oltre il 30%; le acque di approvvigionamento industriale nel SIN derivano in gran parte da acque della laguna e in parte minore dalla rete acquedottistica.

Quanto sopra esposto individua un complesso sistema idrogeologico che è stato modellato in modo preliminare con un codice numerico di largo utilizzo quale MODFLOW che, anche grazie alle diverse interfacce grafiche, potrà consentire un agile utilizzo per l'aggiornamento delle conoscenze sulla circolazione idrica sotterranea.

Per l'implementazione del modello numerico è stato utilizzato il modello idrogeologico concettuale derivato dagli studi precedenti e in particolare da Provincia di Venezia (2013).

Peraltro si sottolinea che sono stati già effettuati precedenti studi e modellazioni, in particolare dal MAV (2007a), Francani et al. (2004) e Venezia ricerche (2001), basandosi sostanzialmente sullo schema idrogeologico del sottosuolo proposto dal Master Plan.

Le risultanze della modellazione hanno evidenziato che nell'area di studio, che ha un fronte di alimentazione a monte di circa 16.1 km, le portate circolanti nel sottosuolo fino a circa 30 m di profondità non sono elevate a causa della ridotta trasmissività degli acquiferi sabbiosi, che sono parzialmente isolati da orizzonti poco permeabili.

Il modello di flusso implementato ha stimato portate circolanti da circa 39.000 a 65.000 m³/giorno, rispettivamente in periodi con infiltrazione nulla e con notevole ricarica meteorica, causata dalle copiose precipitazioni che si sono avute nell'area di studio nel periodo considerato (anno 2013).

Le acque possono provenire all'area di studio sia da monte che da valle in vicinanza del SIN, richiamate dall'azione svolta dalle idrovore per la salvaguardia dei territori che si trovano al di sotto del livello del mare. Una voce importante è infatti costituita dai drenaggi e in particolare quelli dovuti al funzionamento delle n.7 idrovore che, prelevando quantitativi significativi di acque superficiali in periodi critici, determinano anche un richiamo delle acque sotterranee; tale voce si manifesta quindi sempre in uscita rispetto al bilancio idrogeologico ed è stato calcolato in un anno un volume di oltre 43.6 milioni di m³.

Svolge un ruolo rilevante il rapporto fiume-falda sia a livello temporale (variabilità dei periodi di afflussi meteorici che generano i deflussi superficiali) che a livello spaziale (settori con drenaggio o ricarica delle acque sotterranee); pertanto le acque superficiali possono costituire una voce importante sia in entrata e sia in uscita del bilancio idrogeologico.

Nell'intervallo temporale considerato per lo studio si è verificato un periodo di intense precipitazioni che hanno portato innalzamenti del livello della falda e una consistente ricarica superiore, almeno per un periodo limitato di tempo, agli altri apporti in entrata alle acque sotterranee.

I prelievi idrici presenti, soprattutto all'interno del SIN (pozzi e piezometri), incidono per una aliquota limitata a qualche punto percentuale rispetto ai valori sopra riportati delle portate circolanti.

Nella situazione attuale modellata sono stimati in poco più di 4 l/s (366 m³/giorno) le portate circolanti attraverso tutto il tratto che è interessato dal progetto di retromarginamento (circa 7 km).

Compatibilmente con le approssimazioni nella quantificazione effettuata a livello modellistico, le modifiche alle modalità di deflusso delle acque nel sottosuolo indotte dalle opere in corso di completamento (isolamento delle macroisole) e in previsione (retromarginamento) e simulate negli scenari previsionali non modificano significativamente l'entità delle portate circolanti, ma la loro distribuzione.

Sono stati quindi simulati gli interventi nel SIN sovrapponendo la loro funzione (barriera fisica per i diaframmi e barriera idraulica per i drenaggi) alle condizioni attuali del flusso idrico sotterraneo.

Come atteso risultano abbassamenti del livello della falda all'interno dell'area SIN oggetto di barrieramento, in relazione ai mancanti apporti idrici, con valori stimati dell'ordine di 1.5 m.

La presenza di tale barrieramento determina anche un innalzamento del livello della falda a monte del SIN, con valori stimati dell'ordine di 1.5 m in assenza di interventi di mitigazione, il fenomeno viene risentito fino ad una distanza di circa 2500 m interessando quindi l'abitato di Mestre; essendo i risultati delle elaborazioni dei valori "mediati" e non essendo stato possibile in questo studio effettuare valutazioni in regime transitorio, in periodi di elevate precipitazioni non si esclude che si possa incorrere in innalzamenti della falda superiori, con possibili affioramenti.

In questi casi potrebbe essere quindi richiesto un incremento alla funzionalità delle idrovore, attualmente non quantificabile.

E' possibile infine effettuare alcune valutazioni circa il miglioramento dello strumento modellistico che è stato finora predisposto.

Un ulteriore affinamento del modello concettuale del sottosuolo può essere condotto, con i dati geologici attualmente disponibili, con tecniche geostatistiche avanzate che possono costituire un interessante argomento di ricerca di idrostratigrafia.

L'aggiornamento e la validazione del database stratigrafico costituisce comunque un obiettivo da perseguire.

Mentre partendo dalla modellazione generale effettuata è possibile implementare modellazioni di dettaglio su aree più circoscritte, come la sola area SIN o le diverse macroisole, con maglia di dimensioni più ridotte (ad esempio 20x20 m), sarà possibile effettuare una modellazione in transitorio una volta meglio quantificati i vari elementi idrologici ed antropici che influenzano il ciclo delle acque, intervenendo prioritariamente sulle voci di bilancio che hanno un maggior grado di approssimazione delle conoscenze.

Si consiglia ad esempio di:

- incrementare il numero dei piezometri a monte con registrazione in continuo dei livelli e procedere alla sostituzione di quelli resi indisponibili dagli atti vandalici (ricercando localizzazioni più sicure ad esempio presso abitazioni o uffici pubblici);
- studiare in modo approfondito i corsi d'acqua (soprattutto profili di fondo e livelli idrometrici per le finalità modellistiche) per poter valutare le interazioni fiume-falda superficiale;
- aumentare il controllo della gestione della risorsa idrica della falda superficiale in modo da migliorare la conoscenza dei prelievi (pubblici e privati) sia in termini di quantità che di periodi di funzionamento delle pompe;
- migliorare le conoscenze riguardanti la falda nell'area di confine tra le province la perforazione di nuovi pozzi di controllo a monte inserendo sonde per la registrazione della quota piezometrica specialmente nelle aree in cui i dati sono carenti, identificate tra Mirano e Santa Maria di Sala e tra il rio Storto e il fiume Zero;
- quantificare con maggior dettaglio le portate emunte dalle idrovore;
- valutare con una precisione maggiore le perdite dalle reti tecnologiche
- dettagliare con misure e prove il ruolo svolto dai pozzi artesiani.

16 Bibliografia

- AATO Laguna di Venezia (2003) - *Piano d'Ambito*, PROT. N. 867 DEL 31.12.03
- AATO Laguna di Venezia (2010) - *Tendenze evolutive nella ricarica degli acquiferi sotterranei nell'area di Scorzè*. A cura di Conchetto E.
- American Society for Testing and Materials (1993) - *Guide for Application for Ground-Water Flow Model to a Site-Specific Problem*. ASTM - D5447-93, Philadelphia, Pennsylvania
- American Society for Testing and Materials (1994a) - *Guide for Defining Boundary Conditions in Ground-Water Flow Modeling*. ASTM - D5606-94
- American Society for Testing and Materials (1994b) - *Guide for Defining Initial Conditions in Ground-Water Flow Modeling*. ASTM - D5610-94
- American Society for Testing and Materials (1994c) - *Guide for Conducting Sensitivity Analysis for a Ground-Water Flow Model Application*. ASTM D5611-94
- American Society for Testing and Materials (1995) - *Guide for documenting a Ground-Water Flow Model Application*. ASTM D5718-95
- American Society for Testing and Materials (2004a) - *Standard Guide for Analysis of Spatial Geostatistical Site Investigation*. ASTM - D5922-96
- American Society for Testing and Materials (2004b) - *Standard Guide for Selection of Kriging Methods in Geostatistical Site Investigation*. ASTM - D5923-96
- American Society for Testing and Materials (2004c) - *Standard Guide for Selection of Simulation Approaches in Geostatistical Site Investigation*. ASTM - D5924-96
- Anderson M.P. & Woessner W.W. (1992) - *Applied groundwater modeling*, Academic Press, San Diego (2002)
- Anderson M.P. (1992) - *Applied Groundwater Modeling. Simulation of Flow and Advective Transport*. Academic Press, Inc., San Diego
- Area Portuale di Venezia - Direzione Tecnica (2007) *Opere di marginamento e verifica della tenuta idraulica delle banchine esistenti*.
- ARPAV (2008) - *Le acque sotterranee della pianura veneta i risultati del progetto SAMPAS*. JDW s.n.c. Bassano del Grappa (VI).
- ARPAV (2012) - *I bacini idrografici in provincia di Venezia*. Dipartimento Provincia di Venezia - Servizio Sistemi Ambientali
- ARPAV, Magistrato alle acque di Venezia & Regione del Veneto (2013) - *Progetto per l'integrazione delle conoscenze sui carichi inquinanti immessi nella laguna di Venezia dai bacini a scolo meccanico della gronda lagunare - Rapporto Finale*.
- Autorità portuale di Venezia (2013) - *Batimetrie dei canali*
- Avci C.B. (1992) - *Flow occurrence between confined aquifers through improperly plugged boreholes*. Journal of Hydrology 139. no. 1-4: 97-114.
- Benvenuti G. (1974) - *Ricerche stratigrafiche superficiali e di falde acquifere mediante sondaggi elettrici a sud-ovest della laguna di Venezia*. Ministero dei Lavori Pubblici, Comitato per lo studio dei Provvedimenti a Difesa della Città di Venezia ed a salvaguardia dei suoi caratteri ambientali e monumentali, III Gruppo di lavoro: Geologia - Geofisica - Geotecnica. Società Cooperativa Tipografica. Padova.
- Benvenuti G., Galgaro A. & Tosi L. (1998) - *Indagine geoelettrica per la valutazione dell'intrusione salina negli acquiferi costieri del comprensorio meridionale veneziano*. TR n. 222, CNR - ISDGM, 30 p., Venezia.
- Benvenuti G., Norinelli A. & Zambrano R. (1973) - *Contributo alla conoscenza del sottosuolo dell'area circumlagunare veneta mediante sondaggi elettrici verticali*. Boll. di Geofisica teorica e applicata, XV, 57, 23-38.
- Bondesan A. & Meneghel M. (2004) - *Geomorfologia della provincia di Venezia*. Esedra Editrice s.r.l., Padova.
- Bondesan A., Primon S., Bassan V. & Vitturi A. (2008) (a cura di) - *Le unità geologiche della provincia di Venezia*. Cierre Grafica, Caselle di Sommacampagna (VR)

- Bonte L., Zaadnoordijk W. & Naas K. (2014) - *A simple Analytical Formula for the Leakage Flux Through a Perforated Aquitard*. Groundwater Jul 12. doi: 10.1111/gwat.12239.
- Bortolami. G., Fontes. J.Ch. & Panichi. C. (1973) - *Isotopes du milieu et circulations dans les aquifers du sous-sol Vénitien*. Earth Planet. Sci. Lett. 19 (2). 154-167.
- Boscolo C. & Mion, F. (2008) - *Le acque sotterranee della pianura veneta - I risultati del Progetto SAMPAS: Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto*.
- Brambati. A., Carbognin. L., Quaia. T., Teatini. P. & Tosi. L. (2003) - *The Lagoon of Venice: geological setting. evolution and land subsidence*. Episodes 26. 264-268.
- Calzolari C., Ungaro F., Guermandi M. & Laruccia N. (2001) - *Suoli capisaldo della pianura padano-veneta: bilanci idrici e capacità protettiva*. Rapporto 10.1. progetto SINA-Carta pedologica in aree a rischio ambientale. CNR-IGES.
- Cambruzzi T., Conchetto E., Fabbri P., Marcolongo E., Rosignoli A. & Zangheri P. (2010a) - *Definizione del bilancio idrogeologico nella zona di media pianura veneta ricadente nell'Ambito Territoriale Ottimale "Laguna di Venezia"*. Acque Sotterranee. n.121. 9-16
- Cambruzzi T., Conchetto C., Fabbri P., Zangheri P., Marcolongo E. & Rosignoli A. (2010b) *Risorse idriche e bilancio idrogeologico nell'Ambito Territoriale Ottimale "LAGUNA DI VENEZIA"*. Grafiche Erredici Srl, Sarameola di Rubano.
- Carbogni L. & Tosi L. (2003) - *Il progetto ISES per l'analisi dei processi di intrusione salina subsidenza nei territori meridionali delle province di Padova e Venezia*. ©Ed. Progetto ISES, 95 pp, Grafiche Erredici, Padova
- Carbognin L., Teatini P. & Tosi L. (2005) - *Land subsidence in the Venetian area: known and recent aspects*. Giornale di Geologia Applicata 1 (2005) 5, pp. 5-11.
- Carbognin L., Gatto. P. Mozzi G., Gambolati G. & Ricceri G. (1976) - *New trend in the subsidence of Venice*. Publication n°121 of the International Association of Hydrological Sciences. Proceedings of the Anaheim Symposium. December
- Carbognin L., Gatto. P. Mozzi G., Gambolati G. & Ricceri G. (1984) - *Case History No. 9.3. Venice. Italy*. Guidebook to studies of land subsidence due to groundwater withdrawal. J. F. Poland (ed.). Unesco. 161-174
- Carbognin, L. Rizzetto F., Tosi L., Teatini P. & Gasparetto-Stori G. (2005) - *L'intrusione salina nel comprensorio lagunare veneziano. Il bacino meridionale*. Giornale di Geologia Applicata, vol.2, 229-124
- Carbognin. L., Gatto. P. & Mozzi. G. (1974) - *Situazione idrogeologica del sottosuolo di Venezia e ricostruzione degli acquiferi soggetti a sfruttamento sulla base dei dati relativi ai pozzi artesiani*. Technical Report 32. Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse. CNR. Venezia. Italy.
- Ciavatta C. & Vianello G. (1989) - *Bilancio idrico dei suoli: applicazioni tassonomiche, climatiche e cartografiche*. Cooperativa Libreria Universitaria Editrice Bologna, Bologna
- Consorzio Dese-Sile (2011) - *Rischio idraulico e riqualificazione fluviale: 1999-2009 dieci anni di attività del Consorzio di Bonifica Dese Sile per la tutela del territorio*. A cura di Lucio Bonato. © Consorzio di Bonifica Dese Sile. Centro Internazionale Civiltà dell'Acqua
- Cultrera M. (2010) - *Hydrogeological surveys and analytical applications of the venetian aquifer system. Implementations of safety measures for the Venice lagoon area*. Tesi di dottorato. Università di Padova. Dipartimento di Geoscienze. Scuola di dottorato in Scienze della Terra. XXII Ciclo
- Cultrera. M., Antonelli. R., Teza. G. & Castellaro. S. (2012) - *A new hydrostratigraphic model of Venice area (Italy)*. Environ. Earth Sci. 66 (4). 1021-1030.
- Da Lio C., Tosi L., Zambon G., Vianello A., Baldin G., Lorenzetti G., Manfè G. & Teatini P. (2013) - *Long-term groundwater dynamics in the coastal confined aquifers of Venice (Italy)*. Estuarine. Coastal and Shelf Science. 135. 248-259
- Dalla Vecchia P., Conchetto E. & Francese R. (2012) - *Rilievo delle infrastrutture di drenaggio urbano e modellizzazione dei flussi nel bacino fognario di Mestre - Via Torino (Venezia, Italia)*. Atti 16ª Conferenza Nazionale ASITA.

- Dazzi, R., Gatto, G., Mozzi, G., Zambon, G., Conchetto, E., Bortoli, A., Dell'Andrea, E., Martini, G. & Menegus, L. (1999) - *Controllo di eventuali danni ambientali derivanti dagli emungimenti praticati nelle aree di Cavallino, Treporti, Punta Sabbioni e Isola di Sant'Erasmus (Provincia di Venezia)*. Technical Report CNR-ISDGM. Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche.
- Dingman S.L. (2002) - *Physical hydrology*. Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., Seconda Edizione (1994)
- Eni Saipem (2013) - *Stabilimento societario di Porto Marghera (VE) - Progetto definitive di bonifica della falda - Stato d'avanzamento lavori (S.A.L.) al 31 dicembre 2012*.
- Fabbri P., Zangheri P., Bassan V., Fagarazzi E., Mazzuccato A., Primon S. & Zogno C. (2013) – *Sistemi idrogeologici della Provincia di Venezia. Acquiferi superficiali*. Cierre Grafica, Caselle di Sommacampagna (VR)
- Ferla M., Cordella M., Michielli L. & Rusconi A. (2007) - *Long term variations on sea level and tidal regime in the lagoon of Venice*. Euarine Coastal and Shelf Science - Special issue: Biodiversity and Ecosystem Functioning in Coastal and Transitional Waters. Volume 75, issues 1-2, October 2007, pp. 214-222.
- Ferla M., Cordella M., Michielli L. & Rusconi A. (2008) - *Analisi delle variazioni di lungo periodo del livello del mare dell'Area Nord Adriatica e del regime di marea nella laguna di Venezia e di Marano-Grado*. L'Acqua, n. 5/2008, pp. 65-76.
- Francani V., Alberti L., Trefiletti P. & Formentin G. (2004) - *Stabilimento petrolchimico di Porto Marghera - Modello matematico per lo studio del regime di flusso della falda*.
- Gambolati G. & Freeze R.A. (1974) - *Mathematical Simulation of the Subsidence of Venice. 1.Theory*. Water Resour. Res. 10(3). 563-577
- Gambolati G., Gatto P. & Freeze R.A. (1973) - *Mathematical Simulation of the Subsidence of Venice. 2.Results*. Water Resour. Res. 9(3). 721-733
- Gatto. P. (1973) - *Ricostruzione litostratigrafica del sottosuolo veneziano sulla base delle documentazioni di 120 pozzi artesiani e geotecnici*. Technical Report 33. Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse. CNR. Venezia. Italy.
- Jarvis N.J. (1994) - *The MACRO model (version 4.3). Technical description*. <ftp://www.mv.slu.se/macro/doc/macro43.doc>.
- Kent. D., Rio. D., Massari. F., Kukla. G. & Lanci. L. (2002) - *Emergence of Venice during the Pleistocene*. Quat. Sci. Rev. 21. 1719-1727.
- Klute A. (1986) - *Water retention: laboratory methods*. In: Klute A. Ed., Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America. Madison. WI. 635-686.
- Klute A. & Dirksen C. (1986) - *Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods*. In: Klute A. Ed., Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America. Madison. WI. 687-734.
- Magistrato alle Acque (2008) - *Nuovi interventi per la salvaguardia di Venezia. Interventi di conterminazione finalizzati al completamento della messa in sicurezza - Macroisole del Vecchio Petrolchimico e della prima zona industriale a Venezia-Porto Marghera, Venezia*.
- Magistrato alle Acque (2010) - *Interventi di salvaguardia ambientale della laguna nel Sito di Interesse Nazionale di Venezia-Porto Marghera - Stato di attuazione degli interventi di competenza del Magistrato alle Acque di Venezia*. 31 dicembre 2010
- Magistrato alle Acque (2011) - *Gli scarichi idrici e le qualità delle acque dell'area industriali di Porto Marghera*.
- Manassero M. & Dominijanni A. (2006) - *Porto Marghera - Campo prova per la valutazione del rischio di migrazione di contaminanti attraverso una barriera naturale a seguito della realizzazione di pali di fondazione*.
- Massari. F., Rio. D., Serandrei Barbero. R., Asioli. A., Capraro. L., Fornaciari. E. & Vergerio. P.P. (2004) - *The environment of Venice area in the past two million years*. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 202. 273-308

- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti-Magistrato alle Acque (2010) - Interventi di salvaguardia ambientali della laguna nel sito di interesse nazionale di Venezia – Porto Marghera.
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti-Magistrato alle Acque (2012) - *Gli scarichi idrici e la qualità delle acque dell'area industriale di Porto Marghera*. Ispettorato Generale per la laguna di Venezia. Marano e Grado e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia. Ufficio tecnico per l'Antinquinamento
- Ministero delle infrastrutture-Magistrato alle Acque (2007a) - *Rapporto finale - Analisi numerico-matematica dei fenomeni di ricarica superficiale* (Elaborato BV027S-RTF-0L)
- Ministero delle infrastrutture-Magistrato alle Acque (2007b) - *Rapporto finale - Indagini geognostiche e geofisiche - Prove di pompaggio* (Elaborato BV027S-RTF-0H12)
- Mozzi. G., Benini. G., Carbognin. L., Gatto. P. & Masutti. M. (1975) - *Situazione idrogeologica del comune di Venezia e Evoluzione delle pressioni di strato negli acquiferi artesiani (Hydrogeologic configuration in the Venice area e Piezometric head behavior of the artesian aquifers)*. Technical Report 66. Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse. CNR. Venezia.
- Nordbotten J.M., Celia M.A. & Bacu S. (2004) - *Analytical solutions for leakage rates through abandoned wells*. Water Resour. Res. (40), W04204, doi:10.1029/2003WR002997
- Padoan G. & Dorigo L. (1966) - *Pozzi artesiani nella zona industriale di Porto Marghera - prima serie di rilievi*. Rapporti e studi. 3 / Commissione di studio dei provvedimenti per la conservazione e difesa della laguna e della città di Venezia. Venezia : Stamperia di Venezia, 229 p., 4 c. di tav., 24 cm.
- Paris. A., Teatini. P., Venturini. S., Gambolati. G. & Bernstein. A.G. (2010) - *Hydrological effects of bounding the Venice (Italy) industrial harbour by a protection cut-off wall: A modeling study*. J. Hydrol. Engineering 15 (11). 882-891.
- Provincia di Venezia & ARPAV (2008) - *I Suoli della provincia di Venezia*. Grafiche Erredici S.r.l., Rubano (PD)
- Provincia di Venezia & Assessorato alla Protezione Civile (2008) - *Piano provinciale di emergenza - Appendice 9 "Modello matematico per la simulazione della propagazione delle piene"*.
- Regione del Veneto (2004) - *Master plan per la bonifica dei siti inquinati di Porto Marghera*.
- Regione del Veneto & Provincia di Venezia (2009) - *Indagine idrogeologica sull'area di Porto Marghera*. A cura della Direzione Progetto Venezia
- Serandrei Barbero, R. (1972) - *Indagine sullo sfruttamento artesiano nel comune di Venezia 1846-1970*. Technical Report n.31. CNR-ISDGM, Venezia.
- Teatini. P., Gambolati. G. & Tosi. L. (1995) - *A new 3-D non-linear model of the subsidence of Venice*. In: Barends. F.B.J., et al. (Eds.). Land Subsidence. IAHS Publ. n. 234. Wallingford. UK. pp. 353-361
- Tosi L., Rizzetto F., Teatini P. & Carbognin L. (2006) - *Saltwater intrusion in the southern catchment basin of the Venice Lagoon, Italy*. Proceedings of the 5th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, Barcelona, 13-16 June 2006, V.1, 60-61.
- Tosi. L., Rizzetto. F., Bonardi. M., Donnici. S., Serandrei Barbero. R. & Toffoletto. F. (2007) - *Note Illustrative Della Carta Geologica D'Italia Alla Scala 1:50.000. Foglio 128 "Venezia"*. APAT. Dip. Difesa del Suolo. Servizio Geologico d'Italia. SystemCart. Roma. Italy. 164 pp., 2 Maps.
- Trevisani S. & Fabbri P. (2010) - *Geostatistical Modeling of a Heterogeneous Site Bordering the Venice Lagoon, Italy*. GROUND WATER, Vol 48, No. 4 pages 614-623
- Ungaro F. , Calzolari C. & Busoni E. (2005) - *Development of pedotransfer functions using a group method of data handling for the soil of the Pianura Padano-Veneta region of North Italy: water retention properties*. Geoderma 124, 293-317
- Ungaro F. & Calzolari C. (2001) - *Using existing soil databases for estimating retention properties for soils of the Pianura Padano-Veneta region of North Italy*. Geoderma 99. 99-121
- Venezia Ricerche (2001) - *Valutazione del marginamento delle sponde dei canali industriali al fine del confinamento efficace dell'intera area in cui insistono le imprese firmatarie dell'accordo per la chimica - Rapporto finale*.
- Vitturi A. (2011) (a cura di) - *Atlante geologico della provincia di Venezia - Note illustrative*. Arti Grafiche Venete S.r.l., Quarto d'Altino (VE)

- Zangheri P. & Aurighi M. (2001) - *Rete di monitoraggio delle acque sotterranee in Provincia di Venezia* - Relazione Tecnica.
- Zangheri P. (1994) - *Le risorse idriche e termali della provincia di Venezia*. Periodico: «La Provincia di Venezia». n. 5-6/94. pp. 53-60., Venezia.
- Zezza F. (2008) (a cura di) – *Geologia a progettazione nel centro storico di Venezia*. La riqualificazione delle città e dei territori. Il Poligrafico, Padova (2008)

16.1 Sitografia e basi informatizzate

- Geoportale Regione del Veneto
<http://www.regione.veneto.it/web/ambiente-e-territorio/geoportale>
- Provincia di Venezia - Database dei sondaggi
- Arpav - Livelli piezometrici
<http://www.arpa.veneto.it/dati-ambientali/open-data/idrosfera/acque-sotterranee-livello-piezometrico-delle-falde>
- Google Earth (2014)
- Tutiempo.net
http://www.tutiempo.net/clima/Venezia_Tessera/161050.htm
- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)
(<http://www.venezia.isprambiente.it/la-marea>)

**IDROGEOLOGIA DEL SIN DI VENEZIA-PORTO MARGHERA E
MODELLAZIONE NUMERICA DI FLUSSO DELLE ACQUE
SOTTERRANEE**

Ver 1.0

Allegato 1

Prelievi idrici all'interno del SIN



IDENTIFICATIVO	TIPOLOGIA	LOCALITÀ	DATA	X	Y	PR (m s.l.m.)	PC (m s.l.m.)	PROFONDITÀ (m)	TETTO FILTRI (m da PC)	BASE FILTRI (m da PC)	DIAMETRO (m)	ACQUIFERO	INIZIO EMUNGIMENTO	VOLUME EMUNTO (m ³ /mese)	LUNGHEZZA EL. LINEARE (m)
5	Piezometro	Alutekna Industrie	23/09/2007	2305085.356	5038718.76	2.95		3						0	
13	Piezometro	Alutekna Industrie	03/10/2007	2305189.783	5038776.75	3.15		3						11	
15	Piezometro	Alutekna Industrie	03/10/2007	2305187.623	5038775.52	3.16		11						1.5	
17	Piezometro	Alutekna Industrie	10/06/2009	2305107.158	5038649.498			3						0	
18	Piezometro	Alutekna Industrie	10/06/2009	2305108.162	5038650.622			3						0	
20	Piezometro	Alutekna Industrie	10/06/2009	2305060.271	5038797.112			3						0	
21	Piezometro	Alutekna Industrie	10/06/2009	2305075.47	5038931.034			3						0	
22	Piezometro	Alutekna Industrie	10/06/2009	2305074.193	5038931.324			3						0	
4523	Piezometro	FASSA BORTOLO - ex deposito costiero - FUSINA	18/11/1999	2304888.66	5034798.03	2.27	2.46	2.46	1.5	2.5	0.09	Riporto	21/05/2007	0.88	N/A
A17	Piezometro	Interporto di Venezia SpA	20/02/2006	2303443	5037883			12.3	5	12.2	125	Prima falda	01/04/2007	3	N/A
A1-PP06	Piezometro	Montefibre (CA)	29/10/2004	2304807.746	5036497.908	2.58	2.35	17	11	17	0.15	Prima falda	30/11/2004	38.4	N/A
A1-PP07	Piezometro	Montefibre (CA)	19/07/2004	2304737.279	5036518.582	2.56	2.31	17.2	11.5	17.2	0.15	Prima falda	22/11/2004	35.9	N/A
A1-PP08	Piezometro	Montefibre (CA)	28/10/2004	2304697.752	5036532.897	2.41	2.13	16	9	16	0.15	Prima falda	06/12/2005	0	N/A
A1-PP10	Piezometro	Montefibre (CA)	31/07/2004	2304697.395	5036500.58	2.54	2.28	17.2	10.5	17.2	0.15	Prima falda	09/12/2005	128.6	N/A
A2-PP01	Piezometro	Montefibre (VT)	09/12/2004	2305046.847	5036559.076	2.48	2.29	15	12	15	0.1	Prima falda	06/05/2005	24.4	N/A
A3-PP07	Piezometro	Montefibre (STPM)	02/08/2005	2304331	5036744	1.98	1.82	15	12	15	0.1	Prima falda	06/12/2005	23.7	N/A
AZO05	Piezometro	CTE AZOTATI	14/02/2005	2303952.33	5038013.73	2.35	2.71	4	1	3	0.1	Riporto	04/08/2005	10	N/A
AZO13	Piezometro	CTE AZOTATI	16/02/2005	2304052.395	5037923.401	2.9	3.32	4	2	3	0.1	Riporto	04/08/2005	11.3	N/A
AZO15	Piezometro	CTE AZOTATI	03/02/2005	2304165.227	5038002.808	2.76	3.12	13	6	13	0.1	Prima falda	04/08/2005	553	N/A
AZO16	Piezometro	CTE AZOTATI	10/02/2005	2304133.389	5037964.307	2.75	3.18	4	1	3	0.1	Riporto	04/08/2005	8.8	N/A
AZO18	Piezometro	CTE AZOTATI	31/07/2006	2304067.658	5038181.897	2.47	2.83	4.5	1	4.5	0.1	Riporto	14/09/2006	0.6	N/A
AZO19	Piezometro	CTE AZOTATI	28/07/2006	2304115.216	5038070.362	2.86	3.19	4.4	1.4	4.4	0.1	Riporto	24/11/2006	0.3	N/A
AZO20	Piezometro	CTE AZOTATI	31/07/2006	2303945.855	5038074.163	2.47	2.91	4	1	4	0.1	Riporto	24/11/2006	14.6	N/A
AZO21	Piezometro	CTE AZOTATI	01/08/2006	2304017.599	5038077.072	2.66	2.94	10	6	10	0.1	Prima falda	14/09/2006	169	N/A
B5	Piezometro	Interporto di Venezia SpA	03/11/2004	2303346.817	5037890.221	1.38	1.55	4	0.5	3.5	75	Riporto	01/04/2007	1.5	N/A
B8	Piezometro	Interporto di Venezia SpA	25/11/2004	2303647.793	5037910.851	1.52	1.65	12	8.5	11.5	125	Prima falda	01/04/2007	2.5	N/A
BAR1 flusso deviato al TAF	Pozzo	Dow Poliuretani Italia	nov-04	22305443.1	5035437.027	2.92	3.11	8.89	2.89	8.89	0.1	Prima falda	31/12/2004	59	N/A
BAR2 flusso deviato al TAF	Pozzo	Dow Poliuretani Italia	nov-04	2305421.429	50335480.73	2.5	2.73	10.27	4.27	9.27	0.1	Prima falda	31/12/2004	91.9	N/A
BAR3 flusso deviato al TAF	Pozzo	Dow Poliuretani Italia	nov-04	2305424.925	5035509.586	0.5	0.71	12.29	6.29	11.29	0.1	Prima falda	31/12/2004	52	N/A
BAR4 flusso deviato al TAF	Pozzo	Dow Poliuretani Italia	nov-04	2305436.443	5035530.034	0.7	0.93	11.07	5.07	11.07	0.1	Prima falda	31/12/2004	388	N/A
BAR5 flusso deviato al TAF	Pozzo	Dow Poliuretani Italia	nov-04	2305423.755	5035560.432	0.6	0.77	11.23	5.23	11.23	0.1	Prima falda	31/12/2004	215	N/A
BAR6 flusso deviato al TAF	Pozzo	Dow Poliuretani Italia	nov-04	2305447.736	5035597.941	0.5	0.67	11.33	5.33	11.33	0.1	Prima falda	31/12/2004	134	
BAR7 flusso deviato al TAF	Pozzo	Dow Poliuretani Italia	nov-04	2305460.663	5035620.925	0.5	0.73	12.27	6.27	11.27	0.1	Prima falda	31/12/2004	237	N/A
C8d	Piezometro	Interporto di Venezia SpA	02/12/2004	2303277.529	5037835.855	1.42	1.71	4	0.5	3.5	75	Riporto	01/04/2007	1.5	N/A
CV27_SPF1	Piezometro	INEOS CV27	31/08/2004	2304090	5036450	4.04	4.23	15	10	14	0.1	Prima falda	04/01/2005	1.28	N/A
D10 (20)	TOC	PSO-BL/CR4	2008	2303583.17	5036489.83	N/A	N/A	10	N/A	N/A	0.15	Prima falda	27/08/2009	317	130
D11 (21)	TOC	PSS-CR4	2008	2304102.79	5036074.15	N/A	N/A	13	N/A	N/A	0.15	Prima falda	15/06/2010	291	
D3 (20)	TOC	AC-SE/CR	2008	2304794.08	5035544.83	N/A	N/A	11	N/A	N/A	0.15	Prima falda	27/08/2009	716	130
D7 (18)	TOC	AS	2008	2303894.39	5036797.68	N/A	N/A	13	N/A	N/A	0.15	Prima falda	29/04/2009	459	130
D8 (21)	TOC	AC-NO	2008	2302329.71	5036632.5	N/A	N/A	9	N/A	N/A	0.15	Prima falda	15/06/2010	254	
D9 (16)	TOC	AC-NO	2008	2302811.28	5036644.21	N/A	N/A	13	N/A	N/A	0.15	Prima falda	22/09/2008	1115	130
DR1	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2302250	5035400			10	5	7	4"	prima falda	nov-08		
DR3	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2302269	5035200			14	8	10	4"	prima falda	nov-08		
Dreno Darsena Rana DRV01	Dreno verticale	TRANSPED - AREA SAN MARCO	2004	2303434.82	5037281.71	1.2	1.84	15	10	15	0.15	Prima falda	21/12/2004	369	N/A
Dreno Darsena Rana DRV02	Dreno verticale	TRANSPED - AREA SAN MARCO	2004	2303473.9	5037280.02	1.46	2.12	15	10	15	0.15	Prima falda	21/12/2004	356	N/A
DRV01	Dreno verticale	Polimeri Europa - Darsena Rana Sud	25/02/2004	2303304.3	5037018.7	1.86	2.47	17	10	16	0.16	Prima falda	25/02/2005	342	N/A
DRV02	Dreno verticale	Polimeri Europa - Darsena Rana Sud	25/02/2004	2303344.6	5037034.1	1.97	2.52	17	10	16	0.16	Prima falda	25/02/2005	170	N/A

IDENTIFICATIVO	TIPOLOGIA	LOCALITÀ	DATA	X	Y	PR (m s.l.m.)	PC (m s.l.m.)	PROFONDITÀ (m)	TETTO FILTRI (m da PC)	BASE FILTRI (m da PC)	DIAMETRO (m)	ACQUIFERO	INIZIO EMUNGIMENTO	VOLUME EMUNTO (m ³ /mese)	LUNGHEZZA EL. LINEARE (m)
DRV03	Dreno verticale	Polimeri Europa - Darsena Rana Sud	29/12/2004	2303383.8	5037049.5	1.78	2.6	15	10	15	0.16	Prima falda	29/12/2004	129	N/A
DRV04	Dreno verticale	Polimeri Europa - Darsena Rana Sud	03/03/2005	2303411.4	5037078.8	2.04	2.57	17	10	16	0.16	Prima falda	01/03/2005	314	N/A
DRV05	Dreno verticale	Polimeri Europa - Darsena Rana Sud	29/12/2004	2303452.6	5037086.5	1.68	2.4	15	10	15	0.16	Prima falda	29/12/2004	184	N/A
DRV06	Dreno verticale	Polimeri Europa - Darsena Rana Sud	07/02/2005	2303499.1	5037111.4	1.71	2.38	17	10	16	0.16	Prima falda	05/02/2005	304	N/A
DRV07	Dreno verticale	Polimeri Europa - Darsena Rana Sud	07/02/2005	2303543.8	5037126.9	1.81	2.4	17	10	16	0.16	Prima falda	05/02/2005	214	N/A
DRV08	Dreno verticale	Polimeri Europa - Darsena Rana Sud	29/12/2004	2303576.1	5037141	1.51	2.36	15	10	15	0.16	Prima falda	29/12/2004	336	N/A
DRV09	Dreno verticale	Polimeri Europa - Darsena Rana Sud	07/02/2005	2303619.3	5037150.5	1.54	2.48	17	10	16	0.16	Prima falda	05/02/2005	362	N/A
DRV10	Dreno verticale	Polimeri Europa - Darsena Rana Sud	07/02/2005	2303656	5037163.2	1.56	2.35	17	10	16	0.16	Prima falda	05/02/2005	159	N/A
DRV11	Dreno verticale	Polimeri Europa - Darsena Rana Sud	29/12/2004	2303684.5	5037182.6	1.53	2.23	15	10	15	0.16	Prima falda	29/12/2004	100	N/A
DT (23)	TOC	TRANSPED - AREA SAN MARCO	2008	2303450.3	5037597.93	N/A	N/A	16	N/A	N/A	0.15	Prima falda	21/07/2010	181	
F5	Piezometro	IVE - Ex Complessi		2305294.9	5038598.2	2.67						Riporto			
F6	Piezometro	IVE - Ex Complessi		2305368.7	5038705.1	2.74						Riporto			
FE1	Piezometro	IVE - Ex Complessi		2305175.1	5038639.6	3.11						Riporto			
FE2	Piezometro	IVE - Ex Complessi		2305335.7	5038467.6	2.39						Riporto			
FE3	Piezometro	IVE - Ex Complessi		2305367.5	5038522.3	3.28						Riporto			
FE4	Piezometro	IVE - Ex Complessi		2305229.1	5038548.3	2.55						Riporto			
FUS11	Piezometro	FASSA BORTOLO - ex deposito costiero - FUSINA	28/06/2004	2304923.37	5035011.6	2.37	2.33	4	1	3	0.1	Riporto	16/07/2004	3.62	N/A
FUS12	Piezometro	FASSA BORTOLO - ex deposito costiero - FUSINA	28/06/2004	2305080.71	5034916.45	2.36	2.06	2.06	1	3	0.1	Riporto	16/07/2004	4.66	N/A
FUS14	Piezometro	FASSA BORTOLO - ex deposito costiero - FUSINA	26/06/2004	2304996.36	5034967.55	1.76	1.61	4.17	1	3	0.1	Riporto	14/04/2005	0	N/A
P1	Piezometro	IVE - Ex Complessi		2305142.5	5038595.4	2.91						Prima falda			
P1	Piezometro	EX Alcoa		2303313.4	5034870.4										
P12A (19)	Dreno verticale	TDI	2008	2305199.61	5035841.64	2.07	2.26	15	8	15	0.15	Prima falda	05/06/2009	423	N/A
P12B (20)	Dreno verticale	TDI	2008	2305026.01	5035730.8	2.02	2.19	15	6	15	0.15	Prima falda	27/08/2009	977	N/A
P12C (21)	Dreno verticale	TDI	2008	2305162.21	5035550.32	1.99	2.33	16	6.5	15	0.15	Prima falda	17/06/2010	290	
P12D (19)	Dreno verticale	TDI	2008	2305205.85	5035877.58	2.23	2.45	15	8	15	0.15	Prima falda	05/06/2009	88	N/A
P13 (16)	Dreno verticale	MT-CPL	2008	2302165.04	5036608.68	2.17	2.26	16	6	15	0.15	Prima falda	22/09/2008	789	N/A
P2	Piezometro	IVE - Ex Complessi		2305191.1	5038536.1	2.79						Prima falda			
P2	Piezometro	EX Alcoa		2303313.4	5034808.5										
P2A (16)	Dreno verticale	Isola 46	2008	2302726.91	5035582	3.22	3.41	15	6	15	0.15	Prima falda	22/09/2008	1215	N/A
P2B (16)	Dreno verticale	Isola 46	2008	2302592.92	5035748.56	2.89	3.2	15	7	15	0.15	Prima falda	22/09/2008	431	N/A
P3	Piezometro	IVE - Ex Complessi		2305229.8	5038486.2	2.85						Prima falda			
P3	Piezometro	EX Alcoa		2303240.5	5034712.5										
P4	Piezometro	IVE - Ex Complessi		2305266.9	5038418.4	3.24						Prima falda			
P4	Piezometro	EX Alcoa		2303240.5	5034638.5										
P5	Piezometro	IVE - Ex Complessi		2305365.6	5038706.8	2.76						Prima falda			
P5	Piezometro	EX Alcoa		2303255	5034556.5										
P5A (21)	Dreno verticale	Edison - Montefibre	2008	2305263.13	5036310.03	1.91	2.41	16	9	15	0.15	Prima falda	27/07/2010	1440	
P5B (21)	Dreno verticale	Edison - Montefibre	2008	2305228.45	5036239.42	2.4	2.74	16	9	15	0.15	Prima falda	27/07/2010	213	
P5C (21)	Dreno verticale	Edison - Montefibre	2008	2305262.56	5036103.77	1.97	2.41	16	7	15	0.15	Prima falda	27/07/2010	145	
PA1	Piezometro	Area ex Cledca - Mestre (Italgas)	31/03/2005	2305118.35	5040700.12	2.29	2.16	9	1	9	0.1	Prima falda	01/06/2005	456.04	

IDENTIFICATIVO	TIPOLOGIA	LOCALITÀ	DATA	X	Y	PR (m s.l.m.)	PC (m s.l.m.)	PROFONDITÀ (m)	TETTO FILTRI (m da PC)	BASE FILTRI (m da PC)	DIAMETRO (m)	ACQUIFERO	INIZIO EMUNGIMENTO	VOLUME EMUNTO (m³/mese)	LUNGHEZZA EL. LINEARE (m)
PA10	Piezometro	Via Altobello - Mestre (Italgas)	20/03/2006	2304883.64	5040329.9	1.45	1.51	13	3	13	0.1	Prima falda	30/10/2006	456.04	
PA11	Piezometro	Via Altobello - Mestre (Italgas)	21/03/2006	2304846.91	5040306.56	1.35	1.25	6.8	0.8	6.8	0.1	Prima falda	30/10/2006	456.04	
PA12	Piezometro	Via Altobello - Mestre (Italgas)	24/03/2006	2304813.39	5040290.8	2.31	2.03	7.7	1.7	7.7	0.1	Prima falda	30/10/2006	456.04	
PA2	Piezometro	Area ex Cledca - Mestre (Italgas)	31/03/2005	2305168.9	5040673.4	2.29	2.15	12	1	12	0.1	Prima falda	01/06/2005	456.04	
PA3	Piezometro	Area ex Cledca - Mestre (Italgas)		2305150.41	5040589.06	2.36	1.99	12	1	12	0.1	Prima falda	01/06/2005	456.04	
PA4	Piezometro	Area ex Cledca - Mestre (Italgas)	31/03/2005	2305120.18	5040553.69	2.07	2.11	12	1	12	0.1	Prima falda	01/06/2005	456.04	
PA5	Piezometro	Area ex Cledca - Mestre (Italgas)	15/04/2005	2305093.24	5040516.93	1.96	1.85	11	1	11	0.1	Prima falda	01/06/2005	456.04	
PA6	Piezometro	Area ex Cledca - Mestre (Italgas)	08/04/2005	2305062.67	5040471.71	1.99	1.89	12	1	12	0.1	Prima falda	01/06/2005	456.04	
PA7	Piezometro	Area ex Cledca - Mestre (Italgas)	08/04/2005	2305035.03	5040427.04	1.7	1.76	12	1	12	0.1	Prima falda	01/06/2005	456.04	
PA8	Piezometro	Area ex Cledca - Mestre (Italgas)	08/04/2005	2305002.2	5040392.89	2.06	1.84	12	1	12	0.1	Prima falda	01/06/2005	456.04	
PA9	Piezometro	Area ex Cledca - Mestre (Italgas)	08/04/2005	2304962.89	5040362.45	2.09	1.84	12	1	12	0.1	Prima falda	01/06/2005	456.04	
PE1	Piezometro	IVE - Ex Complessi		2305169.3	5038631.3	3.44						Prima falda			
PE2	Piezometro	IVE - Ex Complessi		2305234.1	5038555	2.45						Prima falda			
PE3	Piezometro	IVE - Ex Complessi		2305278	5038443	2.35						Prima falda			
PP1	Piezometro	Colacem Spa	gen-04	2302402	5035041			8	3	6	4"	prima falda	giu-07		
PP1	Piezometro	EX Alcoa		2303313.4	5034553.5										
PP2	Piezometro	Pagnan Spa	gen-04	2302600	5035130			10	5	10	4"	prima falda	giu-07		
PP2	Piezometro	EX Alcoa		2303313.4	5034532										
PP6	Piezometro	Pagnan Spa	gen-04	2302498	5034847			10	5	10	4"	prima falda	giu-07		
PP64	Piezometro	Decal S.p.A.		2303342	5035513										
PP7	Piezometro	Pagnan Spa	gen-04	2302695	5034920			10	5	10	4"	prima falda	giu-07		
PPA	Piezometro	Decal S.p.A.		2303406.823	5035417.015										
PPS3	Piezometro	SIMAR Spa	set-08	2304997.249	5038901.189			8	3.5	8	4"	prima falda	mag-04		
PR36	Piezometro	Decal S.p.A.		2303197	5035150										
PR37	Piezometro	Decal S.p.A.		2303304	5035135										
PR49	Piezometro	Decal S.p.A.		2303203	5035352										
PRA	Piezometro	Decal S.p.A.		2303412.262	5035330.31										
PRB	Piezometro	Decal S.p.A.		2303410.308	5035355.096										
PS1	Piezometro	Pagnan Spa	gen-04	2302480	5034956			4	1	4	4"	riporto	giu-07		
PS1	Piezometro	SIMAR Spa	set-08	2305096.05	5038983.961			4	1	4	4"	riporto	mag-04		
PS2	Piezometro	SIMAR Spa	set-08	2305009.192	5038825.648			4	1	4	4"	riporto	mag-04		
PS4	Piezometro	Pagnan Spa	gen-04	2302583	5034902			5	3	5	4"	prima falda	giu-07		
PS7	Piezometro	Pagnan Spa	gen-04	2302695	5034910			5	1	5	4"	prima falda	giu-07		
PZ03	Piezometro	Via Altobello - Mestre (Italgas)	25/02/2004	2304780.65	5040305.45	1.99	2.22	11	3	11	0.08	Prima falda	03/03/2005	91.24	
PZ04	Piezometro	Via Altobello - Mestre (Italgas)	27/03/2006	2304766.34	5040271.81	2.34	2.06	7.8	1.8	7.8	0.1	Prima falda	30/10/2006	456.04	
PZ1	Piezometro	GMI Spa (aera ex-Tremolada)	apr-01	2303845.217	5038902.962			8	2	8	4"	pima falda	ago-10		
PZ11	Piezometro	Area ex Cledca - Mestre (Italgas)	01/07/2003	2305083.66	5040719.71	1.78	2.16	11	3	11	0.08	Prima falda	25/03/2005	456.04	
PZ16	Piezometro	Area ex Cledca - Mestre (Italgas)	19/01/2004	2305113.16	5040563.31	1.92	2	11	3	11	0.1	Prima falda	03/03/2005	91.24	

IDENTIFICATIVO	TIPOLOGIA	LOCALITÀ	DATA	X	Y	PR (m s.l.m.)	PC (m s.l.m.)	PROFONDITÀ (m)	TETTO FILTRI (m da PC)	BASE FILTRI (m da PC)	DIAMETRO (m)	ACQUIFERO	INIZIO EMUNGIMENTO	VOLUME EMUNTO (m ³ /mese)	LUNGHEZZA EL. LINEARE (m)
PZ18	Piezometro	Area ex Cledca - Mestre (Italgas)	24/02/2004	2304982.22	5040523.8	1.58	1.76	11	3	11	0.08	Prima falda	03/03/2005	90.52	
PZ1p	Piezometro	GMI Spa (aera ex-SGV)	ago-07	2303936.652	5039153.711			8	5	8	4"	prima falda	ott-10		
PZ20	Piezometro	Area ex Cledca - Mestre (Italgas)	23/02/2004	2305040.93	5040534.28	1.73	1.89	11	3	11	0.08	Prima falda	03/03/2005	90.52	
PZ22	Piezometro	Area ex Cledca - Mestre (Italgas)	19/01/2004	2305054.56	5040471.6	1.92	1.94	11	3	11	0.1	Prima falda	03/03/2005	90.52	
PZ2p	Piezometro	GMI Spa (aera ex-SGV)	ago-07	2303907.302	5039062.74			8	5	8	4"	prima falda	ott-10		
PZ41	Piezometro	Area ex Cledca - Mestre (Italgas)	09/02/2005	2305157.76	5040720.71	2.46	2.2	10	2	10	0.1	Prima falda	25/03/2005	456.04	
PZ42	Piezometro	Area ex Cledca - Mestre (Italgas)	07/02/2005	2305179.66	5040631.03	1.81	1.98	9	1	9	0.1	Prima falda	25/03/2005	456.04	
PZ44	Piezometro	Via Altobello - Mestre (Italgas)	10/02/2005	2304918.87	5040352.7	1.88	1.77	8	2	8	0.1	Prima falda	30/10/2006	456.04	
PZ4p	Piezometro	GMI Spa (aera ex-SGV)	ago-07	2303889.302	5038942.775			8	5	8	4"	prima falda	ott-10		
PZ4s	Piezometro	GMI Spa (aera ex-SGV)	ago-07	2303888.156	5038940.855			3	1	3	4"	riporto	ott-10		
PZC5p	Piezometro	GMI Spa (aera ex-Tremolada)	ago-07	2303806.694	5038843.685			8	5	8	4"	prima falda	ago-10		
PZTP	Piezometro	Triera Power Spa (aera Ex-Bunge)	ott-10	2303774.151	5039078.719			8	5	8	4"	prima falda	mar-11		
PZTS	Piezometro	Triera Power Spa (aera Ex-Bunge)	ott-10	2303772.232	5039079.865			3	1	3	4"	riporto	mar-11		
SMP10	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2301900	5035400			4	3	4	4"	riporto	nov-08		
SMP11	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2301800	5035900			10	8	10	4"	prima falda	nov-08		
SMP14	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2301884	5036046			5	2	4	4"	riporto	nov-08		
SMP15	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2301836	5036022			13	10	12	4"	prima falda	nov-08		
SMP21	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2301760	5035827			13	10	12	4"	prima falda	nov-08		
SMP22	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2301673	5035752			13	10	12	4"	prima falda	nov-08		
SMP23	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2301731	5035744			5	2	4	4"	riporto	nov-08		
SMP26	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2301686	5035641			13	10	12	4"	prima falda	nov-08		
SMP30	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2301559	5035597			12	7	10	4"	prima falda	nov-08		
SMP32	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2301694	5035560			5	2	4	4"	riporto	nov-08		
SMP34	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2301842	5035497			7	3	6.5	4"	prima falda	nov-08		
SMP35	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2301954	5035290			13	10	12	4"	prima falda	nov-08		
SMP37	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2301705	5035729			5	2	4	4"	riporto	nov-08		
SMP6	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2301701	5035580			4	2	4	4"	riporto	nov-08		
SMP9	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2301801	5035479			10	8	10	4"	prima falda	nov-08		
TOC P1	TOC	Syndial - VP	2005	2302937.51	5037522.41	N/A	N/A	12.5	N/A	N/A	0.15	Prima falda	10/08/2005	1750	130
TOC P2	TOC	Syndial - VP	2005	2302688.58	5037280.05	N/A	N/A	12.5	N/A	N/A	0.15	Prima falda	10/08/2005	1136	130
TOC P3	TOC	Syndial - VP	2005	2302560	5037158.94	N/A	N/A	12.5	N/A	N/A	0.15	Prima falda	10/08/2005	156	130
TOC P4	TOC	Syndial - VP	2005	2302472.6	5036985.2	N/A	N/A	12.5	N/A	N/A	0.15	Prima falda	10/08/2005	157	130
TOC P5	TOC	Syndial - VP	2005	2302471.69	5037269.69	N/A	N/A	12.5	N/A	N/A	0.15	Prima falda	10/08/2005	159	130
TOC P6	TOC	Syndial - VP	2005	2302966.35	5037225.61	N/A	N/A	12.5	N/A	N/A	0.15	Prima falda	10/08/2005	621	130
TR1	trincea	Intermodale Marghera	lug-04	2305836.81	5037933.27								lug-04		50
TR1	trincea	Intermodale Marghera	lug-04	2305786.06	5037834.94								lug-04		150
TR3	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2301800	5035300			10	8	10	4"	prima falda	nov-08		
TR5	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2301900	5035200			4	2	4	4"	riporto	nov-08		
TR7	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2301693	5035462			5	2	4	4"	riporto	nov-08		
TR8	Piezometro	San Marco Petroli Spa	set-04	2301655	5035403			15	9	15	4"	prima falda	nov-08		
VASCA API	Vasca	Polimeri Europa - PSS	N/A	2303182	5035868	N/A	-0.72	N/A	N/A	N/A	N/A	Riporto	08/11/2006	62	N/A
VASCA ATI	Vasca	Polimeri Europa - PSS	N/A	2303575	5035950	N/A	1.2	N/A	N/A	N/A	N/A	1°FLD/Riporto	27/04/2004	1569	N/A

**IDROGEOLOGIA DEL SIN DI VENEZIA-PORTO MARGHERA E
MODELLAZIONE NUMERICA DI FLUSSO DELLE ACQUE
SOTTERRANEE**

Ver 1.0

Allegato 2

Bilanci Idrogeologici



Bilancio Idrogeologico per macroisole senza ricarica

Gennaio 2013

Scenario	Attuale																				
	Portate in m ³ /giorno		Esterno al SIN		Fusina		Nuovo Petrolchimico		Malcontenta		Vecchio Petrolchimico		Portuale		Nord		Zona Industriale		Raffinerie		
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	
CHD	125.80	20350.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELL	1248.20	180.00	2.06	0.00	470.38	180.00	1.59	0.00	163.12	0.00	25.59	0.00	0.58	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DRAIN	28846.00	0.00	7.48	0.00	81.06	0.00	10.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RIVER	8421.50	18695.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RECHARGE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Esterno al SIN			183.12	193.57	27.88	381.48	14.12	42.91	48.95	230.26	35.28	72.62	188.03	130.82	119.77	151.50	32.08	30.06			
Fusina	193.57	183.12					0.00	0.91													
Nuovo Petrolchimico	381.48	27.88					27.96	10.18													
Malcontenta	42.91	14.12	0.91	0.00	10.18	27.96															
Vecchio Petrolchimico	230.26	48.95											0.00	18.20							
Portuale	72.62	35.28											0.00	11.76							
Nord	130.82	188.03							18.20	0.00	11.76	0.00									
Zona Industriale	151.50	119.77											1.88	29.68	29.68	1.88					
Raffinerie	30.06	32.08																	0.00	2.02	
Totale	39874.72	39874.22	193.57	193.57	589.49	589.44	54.00	54.00	230.26	230.26	72.63	72.62	190.49	190.46	153.38	153.38	32.08	32.08			

Scenario	1																				
	Portate in m ³ /giorno		Esterno al SIN		Fusina		Nuovo Petrolchimico		Malcontenta		Vecchio Petrolchimico		Portuale		Nord		Zona Industriale		Raffinerie		
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	
CHD	93.09	20121.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELL	1248.20	180.00	2.06	0.00	470.38	180.00	1.67	0.00	163.12	0.00	25.59	0.00	0.58	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DRAIN	28678.00	0.00	3.54	0.00	77.75	0.00	9.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RIVER	8410.50	18705.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RECHARGE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Esterno al SIN			26.08	32.41	30.46	379.06	13.94	43.94	57.21	237.74	31.67	58.49	130.17	157.95	83.61	29.45	35.24	45.53			
Fusina	32.41	26.08					0.00	0.79													
Nuovo Petrolchimico	379.06	30.46					28.68	9.21													
Malcontenta	43.94	13.94	0.79	0.00	9.21	28.68															
Vecchio Petrolchimico	237.74	57.21											0.00	17.41							
Portuale	58.49	31.67											0.02	1.21							
Nord	157.95	130.17							17.41	0.00	1.21	0.02									
Zona Industriale	29.45	83.61											45.97	0.18	0.18	45.97				10.54	0.25
Raffinerie	45.53	35.24																			
Totale	39414.37	39414.39	32.47	32.41	587.79	587.74	53.94	53.93	237.74	237.74	58.47	58.51	176.74	176.76	85.97	85.97	45.79	45.79			

Scenario	2		Fusina		Nuovo Petrolchimico		Malcontenta		Vecchio Petrolchimico		Portuale		Nord		Zona Industriale		Raffinerie	
	Portate in m ³ /giorno		OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN
	CHD	93.09	20101.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELL	1248.20	180.00	2.06	0.00	470.38	180.00	1.67	0.00	163.12	0.00	25.59	0.00	0.58	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00
DRAIN	28637.00	0.00	3.56	0.00	78.08	0.00	9.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RIVER	8420.60	18694.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RECHARGE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Esterno al SIN			25.94	32.31	24.29	372.80	5.89	36.16	39.58	215.88	34.19	57.39	41.75	27.02	15.99	18.12	33.54	37.84
Fusina	32.31	25.94					0.00	0.76										
Nuovo Petrolchimico	372.80	24.29					29.33	9.43										
Malcontenta	36.16	5.89	0.76	0.00	9.43	29.33												
Vecchio Petrolchimico	215.88	39.58										0.00	13.18					
Portuale	57.39	34.19										2.39	0.00					
Nord	27.02	41.75							13.18	0.00	0.00	2.39			5.34	0.83		
Zona Industriale	18.12	15.99										0.83	5.34				4.63	0.33
Raffinerie	37.84	33.54												0.33	4.63			
Totale	39196.41	39196.16	32.31	32.31	582.18	582.13	46.35	46.34	215.89	215.88	59.78	59.78	45.55	45.54	23.58	23.58	38.17	38.17

Scenario	3		Fusina		Nuovo Petrolchimico		Malcontenta		Vecchio Petrolchimico		Portuale		Nord		Zona Industriale		Raffinerie	
	Portate in m ³ /giorno		OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN
	CHD	93.09	20148.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELL	1248.20	180.00	2.06	0.00	470.38	180.00	1.67	0.00	163.12	0.00	25.59	0.00	0.58	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00
DRAIN	28654.00	0.00	3.41	0.00	75.42	0.00	9.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RIVER	8416.40	18656.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RECHARGE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Esterno al SIN			27.28	33.47	53.76	396.99	4.66	37.13	12.96	173.51	51.83	72.44	13.14	18.59	15.45	16.42	34.71	38.34
Fusina	33.47	27.28					0.00	0.72										
Nuovo Petrolchimico	396.99	53.76					30.32	7.82										
Malcontenta	37.13	4.66	0.72	0.00	7.82	30.32												
Vecchio Petrolchimico	173.51	12.96										5.43	2.87					
Portuale	72.44	51.83										4.97	0.00					
Nord	18.59	13.14							2.87	5.43	0.00	4.97			3.48	0.80		
Zona Industriale	16.42	15.45										0.80	3.48				3.96	0.33
Raffinerie	38.34	34.71												0.33	3.96			
Totale	39198.57	39197.79	33.47	33.47	607.37	607.31	45.67	45.66	178.95	178.94	77.42	77.41	24.92	24.93	21.18	21.18	38.67	38.67

Scenario	4																				
	Portate in m ³ /giorno		Esterno al SIN		Fusina		Nuovo Petrolchimico		Malcontenta		Vecchio Petrolchimico		Portuale		Nord		Zona Industriale		Raffinerie		
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	
CHD	93.09	20166.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELL	1248.20	180.00	2.06	0.00	470.38	180.00	1.67	0.00	163.12	0.00	25.59	0.00	0.58	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DRAIN	28660.00	0.00	3.38	0.00	74.85	0.00	8.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RIVER	8419.70	18647.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RECHARGE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Esterno al SIN			27.59	33.77	64.03	406.44	4.26	36.76	13.20	164.58	54.82	75.52	3.32	16.07	14.46	16.80	35.38	39.40			
Fusina	33.77	27.59					0.00	0.74													
Nuovo Petrolchimico	406.44	64.03					30.49	7.75													
Malcontenta	36.76	4.26	0.74	0.00	7.75	30.49															
Vecchio Petrolchimico	164.58	13.20											11.80	0.07							
Portuale	75.52	54.82											4.86	0.00							
Nord	16.07	3.32							0.07	11.80	0.00	4.86			5.41	0.97					
Zona Industriale	16.80	14.46											0.97	5.41						4.34	0.33
Raffinerie	39.40	35.38													0.33	4.34					
Totale	39210.33	39210.05	33.77	33.77	617.00	616.93	45.25	45.25	176.38	176.38	80.41	80.39	21.54	21.54	22.11	22.11	39.73	39.73			

Scenario	5																				
	Portate in m ³ /giorno		Esterno al SIN		Fusina		Nuovo Petrolchimico		Malcontenta		Vecchio Petrolchimico		Portuale		Nord		Zona Industriale		Raffinerie		
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	
CHD	93.09	20335.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELL	1248.20	180.00	2.06	0.00	470.38	180.00	1.67	0.00	163.12	0.00	25.59	0.00	0.57	0.00	1.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DRAIN	28597.00	0.00	76.53	0.00	120.55	0.00	12.06	0.00	11.37	0.00	27.66	0.00	25.85	0.00	38.81	0.00	37.69	0.00	0.00	0.00	0.00
RIVER	8414.50	18674.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RECHARGE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Esterno al SIN			10.11	89.29	68.32	452.27	6.79	46.81	19.79	187.12	47.87	99.24	4.08	34.68	9.23	42.96	38.30	87.41			
Fusina	89.29	10.11					0.10	0.72													
Nuovo Petrolchimico	452.27	68.32					30.90	3.99													
Malcontenta	46.81	6.79	0.72	0.10	3.99	30.90															
Vecchio Petrolchimico	187.12	19.79											7.26	0.11							
Portuale	99.24	47.87											2.17	0.31							
Nord	34.68	4.08							0.11	7.26	0.31	2.17			5.72	0.91					
Zona Industriale	42.96	9.23											0.91	5.72						11.53	0.11
Raffinerie	87.41	38.30													0.11	11.53					
Totale	39392.56	39393.49	89.42	89.39	663.24	663.17	51.52	51.52	194.39	194.38	101.43	101.41	40.84	40.82	55.40	55.39	87.52	87.52			

Bilancio Idrogeologico per macroisole con ricarica

Marzo 2013

Scenario	Attuale																					
	Portate in m ³ /giorno		Esterno al SIN		Fusina		Nuovo Petrolchimico		Malcontenta		Vecchio Petrolchimico		Portuale		Nord		Zona Industriale		Raffinerie			
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN		
CHD	3111.30	11860.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
WELL	1248.50	180.00	2.06	0.00	470.38	180.00	1.59	0.00	163.12	0.00	25.59	0.00	0.58	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
DRAIN	36509.00	0.00	5.06	0.00	102.24	0.00	18.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
RIVER	23647.00	13619.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
RECHARGE	0.00	38858.00	0.00	118.58	0.00	159.16	0.00	31.07	0.00	39.64	0.00	103.27	0.00	31.71	0.00	49.65	0.00	79.20	0.00	0.00	0.00	
Esterno al SIN			126.56	14.16	40.44	248.04	26.23	42.17	59.65	217.84	66.63	10.18	282.18	210.38	121.18	42.78	75.67	11.90				
Fusina	14.16	126.56					0.95	0.01														
Nuovo Petrolchimico	248.04	40.44					34.77	8.94														
Malcontenta	42.17	26.23	0.01	0.95	8.94	34.77																
Vecchio Petrolchimico	217.84	59.65											0.00	34.71								
Portuale	10.18	66.63											0.00	21.20								
Nord	210.38	282.18							34.71	0.00	21.20	0.00										
Zona Industriale	42.78	121.18											18.76	3.52								
Raffinerie	11.90	75.67																		15.73	0.30	
Totale	65313.24	65315.54	133.69	133.69	622.00	621.97	82.17	82.20	257.48	257.48	113.42	113.45	301.53	301.52	126.92	126.92	91.40	91.40				

Scenario	1																					
	Portate in m ³ /giorno		Esterno al SIN		Fusina		Nuovo Petrolchimico		Malcontenta		Vecchio Petrolchimico		Portuale		Nord		Zona Industriale		Raffinerie			
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN		
CHD	3000.90	11690.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
WELL	1248.50	180.00	2.06	0.00	470.38	180.00	1.67	0.00	163.12	0.00	25.59	0.00	0.58	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
DRAIN	33594.00	0.00	0.00	0.00	104.03	0.00	21.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
RIVER	24900.00	12018.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
RECHARGE	0.00	38856.00	0.00	118.58	0.00	159.16	0.00	31.07	0.00	39.64	0.00	103.27	0.00	31.71	0.00	49.65	0.00	79.20	0.00	0.00	0.00	
Esterno al SIN			119.15	3.31	39.88	249.51	26.10	42.62	49.06	189.36	59.26	9.80	222.80	174.74	107.32	16.64	77.14	12.84				
Fusina	3.31	119.15					0.03	0.78														
Nuovo Petrolchimico	249.51	39.88					34.37	8.80														
Malcontenta	42.62	26.10	0.78	0.03	8.80	34.37																
Vecchio Petrolchimico	189.36	49.06											0.00	16.81								
Portuale	9.80	59.26											0.00	28.19								
Nord	174.74	222.80							16.81	0.00	28.19	0.00										
Zona Industriale	16.64	107.32											29.78	1.74								
Raffinerie	12.84	77.14																		15.23	0.32	
Totale	63442.21	63444.71	121.99	121.92	623.10	623.04	83.27	83.27	229.00	229.00	113.03	113.07	253.16	253.18	111.29	111.29	92.36	92.36				

Scenario	2																				
	Portate in m ³ /giorno		Esterno al SIN		Fusina		Nuovo Petrolchimico		Malcontenta		Vecchio Petrolchimico		Portuale		Nord		Zona Industriale		Raffinerie		
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	
CHD	3041.80	11677.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELL	1248.50	180.00	2.06	0.00	470.38	180.00	1.67	0.00	163.12	0.00	25.59	0.00	0.58	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DRAIN	33568.00	0.00	0.00	0.00	105.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RIVER	24915.00	12040.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RECHARGE	0.00	38856.00	0.00	118.58	0.00	159.16	0.00	31.07	0.00	39.64	0.00	103.27	0.00	31.71	0.00	49.65	0.00	79.20	0.00	0.00	0.00
Esterno al SIN			119.23	3.00	32.42	238.52	27.22	27.85	38.63	173.38	74.43	11.98	100.54	21.84	36.43	7.73	93.23	15.96			
Fusina	3.00	119.23					0.13	0.44													
Nuovo Petrolchimico	238.52	32.42					37.02	6.68													
Malcontenta	27.85	27.22	0.44	0.13	6.68	37.02															
Vecchio Petrolchimico	173.38	38.63											0.00	11.26							
Portuale	11.98	74.43											0.00	15.31							
Nord	21.84	100.54							11.26	0.00	15.31	0.00			22.73	1.77					
Zona Industriale	7.73	36.43											1.77	22.73					2.42	0.49	
Raffinerie	15.96	93.23													0.49	2.42					
Totale	63273.54	63275.13	121.72	121.71	614.70	614.70	66.03	66.03	213.02	213.02	115.33	115.25	102.89	102.85	61.57	61.57	95.66	95.66			

Scenario	3																				
	Portate in m ³ /giorno		Esterno al SIN		Fusina		Nuovo Petrolchimico		Malcontenta		Vecchio Petrolchimico		Portuale		Nord		Zona Industriale		Raffinerie		
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	
CHD	3042.10	11685.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELL	1248.50	180.00	2.06	0.00	470.38	180.00	1.67	0.00	163.12	0.00	25.59	0.00	0.58	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DRAIN	33574.00	0.00	0.00	0.00	103.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RIVER	24909.00	12030.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RECHARGE	0.00	38856.00	0.00	118.58	0.00	159.16	0.00	31.07	0.00	39.64	0.00	103.27	0.00	31.71	0.00	49.65	0.00	79.20	0.00	0.00	0.00
Esterno al SIN			119.90	3.51	46.51	248.70	21.76	24.76	12.78	134.28	95.21	20.44	47.04	14.79	51.05	8.08	103.52	19.74			
Fusina	3.51	119.90					0.25	0.38													
Nuovo Petrolchimico	248.70	46.51					38.32	5.78													
Malcontenta	24.76	21.76	0.38	0.25	5.78	38.32															
Vecchio Petrolchimico	134.28	12.78											4.48	2.51							
Portuale	20.44	95.21											0.00	2.93							
Nord	14.79	47.04							2.51	4.48	2.93	0.00			2.56	2.38					
Zona Industriale	8.08	51.05											2.38	2.56					0.00	4.58	4.58
Raffinerie	19.74	103.52													4.58	0.00					
Totale	63247.89	63248.77	122.34	122.34	626.24	626.18	61.99	61.99	178.40	178.40	123.73	123.71	54.49	54.50	60.11	60.11	103.52	103.52			

Scenario	4																				
	Portate in m ³ /giorno		Esterno al SIN		Fusina		Nuovo Petrolchimico		Malcontenta		Vecchio Petrolchimico		Portuale		Nord		Zona Industriale		Raffinerie		
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	
CHD	3041.40	11686.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELL	1248.50	180.00	2.06	0.00	470.38	180.00	1.67	0.00	163.12	0.00	25.59	0.00	0.58	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DRAIN	33578.00	0.00	0.00	0.00	103.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RIVER	24910.00	12034.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RECHARGE	0.00	38856.00	0.00	118.58	0.00	159.16	0.00	31.07	0.00	39.64	0.00	103.27	0.00	22.95	0.00	58.41	0.00	58.41	0.00	79.20	79.20
Esterno al SIN			119.90	3.37	51.71	253.60	18.23	21.44	9.25	119.68	100.76	21.60	13.56	7.38	59.38	8.26	107.66	107.66	21.41	21.41	21.41
Fusina	3.37	119.90					0.37	0.36													
Nuovo Petrolchimico	253.60	51.71					38.88	6.28													
Malcontenta	21.44	18.23	0.36	0.37	6.28	38.88															
Vecchio Petrolchimico	119.68	9.25											13.23	0.18							
Portuale	21.60	100.76											1.48	0.02							
Nord	7.38	13.56							0.18	13.23	0.02	1.48			1.69	3.36					
Zona Industriale	8.26	59.38											3.36	1.69					0.00	7.04	7.04
Raffinerie	21.41	107.66													7.04	0.00					
Totale	63234.64	63236.45	122.31	122.31	631.70	631.64	59.14	59.14	172.54	172.54	126.37	126.35	32.22	32.23	70.03	70.03	107.66	107.66	21.41	21.41	21.41

Scenario	5																				
	Portate in m ³ /giorno		Esterno al SIN		Fusina		Nuovo Petrolchimico		Malcontenta		Vecchio Petrolchimico		Portuale		Nord		Zona Industriale		Raffinerie		
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	
CHD	2912.30	11888.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELL	1248.50	180.00	2.06	0.00	470.38	180.00	1.67	0.00	163.12	0.00	25.59	0.00	0.58	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DRAIN	33490.00	0.00	112.91	0.00	176.40	0.00	15.56	0.00	27.76	0.00	60.88	0.00	38.06	0.00	86.69	0.00	60.92	0.00	60.92	0.00	0.00
RIVER	24897.00	12075.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RECHARGE	0.00	38856.00	0.00	118.58	0.00	159.16	0.00	31.07	0.00	39.64	0.00	103.27	0.00	22.95	0.00	58.41	0.00	58.41	0.00	79.20	79.20
Esterno al SIN			41.68	37.54	62.62	332.45	19.19	43.68	19.07	165.82	45.56	30.87	4.56	28.74	8.96	23.23	27.83	27.83	19.40	19.40	19.40
Fusina	37.54	41.68					1.07	0.52													
Nuovo Petrolchimico	332.45	62.62					40.20	2.43													
Malcontenta	43.68	19.19	0.52	1.07	2.43	40.20															
Vecchio Petrolchimico	165.82	19.07											4.89	0.41							
Portuale	30.87	45.56											0.02	2.12							
Nord	28.74	4.56							0.41	4.89	2.12	0.02			0.29	6.37					
Zona Industriale	23.23	8.96											6.37	0.29					10.03	0.18	0.18
Raffinerie	19.40	27.83													0.18	10.03					
Totale	63229.53	63228.46	157.16	157.19	711.82	711.81	77.69	77.69	210.36	210.35	134.15	134.15	54.49	54.51	98.04	98.04	98.78	98.78	19.40	19.40	19.40

Scenario	6																			
	Portate in m ³ /giorno		Esterno al SIN		Fusina		Nuovo Petrolchimico		Malcontenta		Vecchio Petrolchimico		Portuale		Nord		Zona Industriale		Raffinerie	
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN
CHD	2912.20	11898.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WELL	1248.50	180.00	2.06	0.00	470.38	180.00	1.67	0.00	163.12	0.00	25.59	0.00	0.58	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DRAIN	33575.00	0.00	112.98	0.00	178.43	0.00	15.56	0.00	27.19	0.00	60.49	0.00	37.27	0.00	86.09	0.00	60.80	0.00	60.80	0.00
RIVER	24879.00	12132.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RECHARGE	0.00	38856.00	0.00	118.58	0.00	159.16	0.00	31.07	0.00	39.64	0.00	103.27	0.00	22.95	0.00	58.41	0.00	58.41	0.00	79.20
Esterno al SIN			41.37	37.27	64.78	336.70	19.12	43.51	18.28	163.63	44.69	30.06	3.31	25.70	9.09	23.86	28.18	28.18	19.86	19.86
Fusina	37.27	41.37					1.07	0.52												
Nuovo Petrolchimico	336.70	64.78					40.13	2.45												
Malcontenta	43.51	19.12	0.52	1.07	2.45	40.13														
Vecchio Petrolchimico	163.63	18.28											5.62	0.31						
Portuale	30.06	44.69											0.01	2.57						
Nord	25.70	3.31							0.31	5.62	2.57	0.01								
Zona Industriale	23.86	9.09											5.15	0.42						10.27
Raffinerie	19.86	28.18																		10.27
Totale	63295.28	63294.80	156.92	156.91	716.03	715.99	77.54	77.54	208.89	208.89	133.33	133.34	51.94	51.95	97.70	97.70	99.25	99.25	99.25	99.25

Bilancio Idrogeologico per identificare la portata attraverso il retromarginamento

Gennaio 2013

Marzo 2013

Scenario Attuale - Gennaio

	Resto del modello		Malcontenta EXT		Malcontenta INT		Nuovo Petrochimico EXT		Nuovo Petrochimico INT		Vecchio Petrochimico EXT		Vecchio Petrochimico INT		Nord EXT		Nord INT		Zona Industriale EXT		Zona Industriale INT		
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	
CHD	125.80	20350.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
well	1913.10	360.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
drain	28918.00	0.00	20.35	0.00	4.30	0.00	1.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
river	8421.50	18536.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	158.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
recharge	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Resto del modello			30.22	66.98	30.54	12.78	8.59	3.02	6.94	20.15	75.69	145.48	225.44	12.91	154.95	99.20	97.74	149.75	112.17	0.06	0.00	100.26	100.26
Malcontenta EXT	66.98	30.22			13.99	36.46			6.06	0.00													
Malcontenta INT	12.78	30.54	36.46	13.99																			
Nuovo Petrochimico EXT	3.02	8.59							8.69	1.55													
Nuovo Petrochimico INT	20.15	6.94	0.00	6.06			1.55	8.69															
Vecchio Petrochimico EXT	145.48	75.69											13.63	226.16			0.00	15.60					
Vecchio Petrochimico INT	12.91	225.44									226.16	13.63											
Nord EXT	99.20	154.95																					
Nord INT	149.75	97.74									15.60	0.00			86.33	152.35	152.35	86.33	0.01	10.28		0.19	1.77
Zona Industriale EXT	0.06	112.17													10.28	0.01						101.84	0.00
Zona Industriale INT	100.26	0.00															1.77	0.19	0.00	101.84		101.84	0.00
Totale	39988.98	39988.29	87.04	87.03	49.24	49.24	11.71	11.71	21.70	21.70	317.44	317.45	239.07	239.07	251.56	251.56	251.87	251.87	112.18	112.17	102.03	102.03	

Scenario 1 - Gennaio

	Resto del modello		Malcontenta EXT		Malcontenta INT		Nuovo Petrochimico EXT		Nuovo Petrochimico INT		Vecchio Petrochimico EXT		Vecchio Petrochimico INT		Nord EXT		Nord INT		Zona Industriale EXT		Zona Industriale INT		
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	
CHD	93.09	20101.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
well	1913.10	360.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
drain	28718.00	0.00	20.26	0.00	4.14	0.00	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
river	8411.00	18542.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	159.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
recharge	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Resto del modello			29.08	68.28	32.21	12.23	7.24	4.16	8.24	18.38	76.74	145.88	231.10	15.32	126.83	156.30	136.68	116.37	86.13	0.04	0.00	64.32	64.32
Malcontenta EXT	68.28	29.08			13.22	37.76			5.59	0.00													
Malcontenta INT	12.23	32.21	37.76	13.22																			
Nuovo Petrochimico EXT	4.16	7.24							7.08	2.53													
Nuovo Petrochimico INT	18.38	8.24	0.00	5.59			2.53	7.08															
Vecchio Petrochimico EXT	145.88	76.74											15.55	231.34			0.00	12.61					
Vecchio Petrochimico INT	15.32	231.10									231.34	15.55											
Nord EXT	156.30	126.83																					
Nord INT	116.37	136.68									12.61	0.00			142.18	126.16	126.16	142.18	0.00	13.45		0.00	8.34
Zona Industriale EXT	0.04	86.13													13.45	0.00						72.65	0.00
Zona Industriale INT	64.32	0.00															8.34	0.00	0.00	72.65		72.65	0.00
Totale	39736.46	39737.25	87.09	87.09	49.99	49.99	11.24	11.24	20.91	20.91	320.70	320.69	246.65	246.66	282.46	282.46	271.18	271.17	86.14	86.14	72.65	72.65	

Scenario 2 - Gennaio

	Resto del modello		Malcontenta EXT		Malcontenta INT		Nuovo Petrochimico EXT		Nuovo Petrochimico INT		Vecchio Petrochimico EXT		Vecchio Petrochimico INT		Nord EXT		Nord INT		Zona Industriale EXT		Zona Industriale INT	
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN
CHD	93.094	20078	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
well	1913.1	360	0	0	0.41666	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
drain	28677	0	20.095	0	0	0	0.68426	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
river	8421.5	18557	0	0	0	0	0	0	0	0	0	131.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
recharge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Resto del modello			24.325	60.858	29.63	12.994	8.4961	4.6592	9.2169	14.354	89.901	175.5	220.34	13.335	149.84	151.32	31.788	43.562	27.379	0.047285	0.050581	4.2317
Malcontenta EXT	60.858	24.325			9.6208	26.674			0.61552	0												
Malcontenta INT	12.994	29.63	26.674	9.6208																		
Nuovo Petrochimico EXT	4.6592	8.4961							6.4276	1.9064												
Nuovo Petrochimico INT	14.354	9.2169	0	0.61552			1.9064	6.4276														
Vecchio Petrochimico EXT	175.5	89.901											2.3721	209.38			0	9.8961				
Vecchio Petrochimico INT	13.335	220.34												209.38	2.3721							
Nord EXT	151.32	149.84															36.97	14.935	0.0051634	23.521		
Nord INT	43.562	31.788									9.8961	0				14.935	36.97				0.45657	0.091712
Zona Industriale EXT	0.047285	27.379														23.521	0.0051634				3.8163	0
Zona Industriale INT	4.2317	0.050581															0.091712	0.45657	0	3.8163		
Totale	39586	39586	71.094	71.094	39.668	39.668	11.087	11.087	16.26	16.26	309.17	309.17	222.71	222.71	188.29	188.29	68.849	68.849	27.384	27.384	4.3235	4.3235

Scenario 3 - Gennaio

	Resto del modello		Malcontenta EXT		Malcontenta INT		Nuovo Petrochimico EXT		Nuovo Petrochimico INT		Vecchio Petrochimico EXT		Vecchio Petrochimico INT		Nord EXT		Nord INT		Zona Industriale EXT		Zona Industriale INT	
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN
CHD	93.093	20124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
well	1913.1	360	0	0	0.41666	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
drain	28691	0	19.873	0	0	0	0.62749	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
river	8417.2	18540	0	0	0	0	0	0	0	0	0	111.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
recharge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Resto del modello			18.301	61.298	32.307	9.4609	6.5036	8.8011	12.406	10.876	143.56	158.05	157.16	36.941	126.54	151.39	26.094	18.843	26.415	0.048689	0.11414	3.5166
Malcontenta EXT	61.298	18.301			3.0778	26.341			0.14024	0.00069973												
Malcontenta INT	9.4609	32.307	26.341	3.0778																		
Nuovo Petrochimico EXT	8.8011	6.5036							2.5404	4.2104												
Nuovo Petrochimico INT	10.876	12.406	0.00069973	0.14024			4.2104	2.5404														
Vecchio Petrochimico EXT	158.05	143.56											0	120.22			0	5.3636				
Vecchio Petrochimico INT	36.941	157.16										120.22	0									
Nord EXT	151.39	126.54															9.6486	11.163	0.0060979	23.342		
Nord INT	18.843	26.094									5.3636	0				11.163	9.6486				0.43007	0.057816
Zona Industriale EXT	0.048689	26.415														23.342	0.0060979				3.0302	0
Zona Industriale INT	3.5166	0.11414															0.057816	0.43007	0	3.0302		
Totale	39574	39574	64.516	64.516	35.802	35.802	11.341	11.341	15.087	15.087	269.14	269.14	157.16	157.16	161.05	161.05	35.8	35.8	26.421	26.421	3.5744	3.5744

Scenario 4 - Gennaio

	Resto del Modello		Malcontenta EXT		Malcontenta INT		Nuovo Petrochimico EXT		Nuovo Petrochimico INT		Vecchio Petrochimico EXT		Vecchio Petrochimico INT		Nord EXT		Nord INT		Zona Industriale EXT		Zona Industriale INT	
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN
CHD	93.093	20142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
well	1913.1	360	0	0	0.41666	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
drain	28696	0	19.824	0	0	0	0.6161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
river	8420.5	18533	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
recharge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Resto del Modello			17.058	61.217	33.264	9.3215	5.4438	10.218	13.045	8.9096	172.31	157.74	132.86	39.895	146.5	178.52	20.766	10.686	24.753	0.059276	0.38732	2.0703
Malcontenta EXT	61.217	17.058			0.79554	25.154			0.023433	0												
Malcontenta INT	9.3215	33.264	25.154	0.79554																		
Nuovo Petrochimico EXT	10.218	5.4438																				
Nuovo Petrochimico INT	8.9096	13.045	0	0.023433			4.3439	0.18521	4.3439													
Vecchio Petrochimico EXT	157.74	172.31											0	92.963			0	1.0647				
Vecchio Petrochimico INT	39.895	132.86									92.963	0										
Nord EXT	178.52	146.5															1.8389	10.5	0.013922	23.379		
Nord INT	10.686	20.766								1.0647	0				10.5	1.8389					0.53425	0.18001
Zona Industriale EXT	0.059276	24.753													23.379	0.013922					1.3287	0
Zona Industriale INT	2.0703	0.38732															0.18001	0.53425	0	1.3287		
Totale	39602	39602	62.036	62.036	34.476	34.476	10.404	10.404	13.253	13.253	266.34	266.34	132.86	132.86	180.38	180.38	22.784	22.785	24.767	24.767	2.2503	2.2503

Scenario 5 - Gennaio

	Resto del Modello		Malcontenta EXT		Malcontenta INT		Nuovo Petrochimico EXT		Nuovo Petrochimico INT		Vecchio Petrochimico EXT		Vecchio Petrochimico INT		Nord EXT		Nord INT		Zona Industriale EXT		Zona Industriale INT	
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN
CHD	93.092	20335	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
well	1912.7	360	0	0	0.41666	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
drain	28926	0	19.389	0	0	0	0.5866	0	0	0	0	0	0.40834	0	0	0	1.4404	0	0	0	0	0
river	8414.5	18562	0	0	0	0	0	0	0	0	111.71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
recharge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Resto del Modello			13.885	77.815	52.68	8.5979	5.9283	14.058	16.212	8.6256	171.94	171.94	145.49	35.564	137.5	185.96	35.052	10.14	24.064	0.011876	0.13688	0.7019
Malcontenta EXT	77.815	13.885			0.40394	44.903			0.00031108	0.04291												
Malcontenta INT	8.5979	52.68	44.903	0.40394																		
Nuovo Petrochimico EXT	14.058	5.9283																				
Nuovo Petrochimico INT	8.6256	16.212	0.04291	0.00031108			7.5439	0.00043252	7.5439													
Vecchio Petrochimico EXT	171.94	171.94											0	110.33			0	1.3812				
Vecchio Petrochimico INT	35.564	145.49									110.33	0										
Nord EXT	185.96	137.5															0.10673	24.644	0	23.921		
Nord INT	10.14	35.052								1.3812	0				24.644	0.10673					0.44794	0.014184
Zona Industriale EXT	0.011876	24.064													23.921	0					0.13142	0.00013396
Zona Industriale INT	0.7019	0.13688															0.014184	0.44794	0.00013396	0.13142		
Totale	39860	39860	78.219	78.219	53.501	53.501	14.059	14.059	16.213	16.212	283.65	283.65	145.9	145.9	186.06	186.06	36.613	36.613	24.065	24.065	0.71623	0.71621

Scenario 6 - Gennaio

	Resto del Modello		Malcontenta EXT		Malcontenta INT		Nuovo Petrochimico EXT		Nuovo Petrochimico INT		Vecchio Petrochimico EXT		Vecchio Petrochimico INT		Nord EXT		Nord INT		Zona Industriale EXT		Zona Industriale INT	
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN
CHD	99.755	20141	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
well	1912.7	360	34.56	0	0.41666	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34.56	0	0	0	17.28	0	0	0
drain	28814	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153.61	0	1.6263	0	968.77	0	102.82	0	0	0	15.666	0
river	8128.2	19629	0	0	0	0	0	0	0	0	0	152.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
recharge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Resto del Modello			15.872	93.72	50.208	7.3894	6.4963	14.645	16.893	8.6929	150.91	258.58	136.86	32.441	22.833	1048.4	12.052	96.129	4.0313	11.249	0.36621	21.72
Malcontenta EXT	93.72	15.872			0.42219	43.658			0.00026982	0.052122												
Malcontenta INT	7.3894	50.208	43.658	0.42219																		
Nuovo Petrochimico EXT	14.645	6.4963							0.00024885	8.1487												
Nuovo Petrochimico INT	8.6929	16.893	0.052122	0.00026982			8.1487	0.00024885														
Vecchio Petrochimico EXT	258.58	150.91											0	106.05			0	0.89669				
Vecchio Petrochimico INT	32.441	136.86									106.05	0										
Nord EXT	1048.4	22.833															0.33594	11.807	0	10.75		
Nord INT	96.129	12.052								0.89669	0				11.807	0.33594					6.376	0.00013793
Zona Industriale EXT	11.249	4.0313													10.75	0					0	0.68759
Zona Industriale INT	21.72	0.36621															0.00013793	6.376	0.68759	0		
Totale	40547	40547	94.142	94.142	51.047	51.047	14.645	14.645	16.894	16.894	411.46	411.46	138.49	138.49	1048.7	1048.7	115.21	115.21	21.999	21.999	22.408	22.408

Scenario 1 - Marzo

	Resto del Modello		Malcontenta EXT		Malcontenta INT		Nuovo Petrochimico EXT		Nuovo Petrochimico INT		Vecchio Petrochimico EXT		Vecchio Petrochimico INT		Nord EXT		Nord INT		Zona Industriale EXT		Zona Industriale INT	
	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN
CHD	3111.3	11860	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
well	1913.4	360	0	0	0.41666	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
drain	36597	0	26.961	0	6.8249	0	4.2693	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
river	23647	13538	0	0	0	0	0	0	0	0	0.028318	81.357	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
recharge	0	39418	0	5.6316	0	6.9571	0	1.5299	0	1.2956	0	6.7193	0	7.927	0	10.43	0	10.013	0	0.83442	0	0.83442
Resto del Modello			41.514	73.654	34.967	17.74	10.582	3.9266	7.2899	22.09	33.696	182.76	224.27	11.018	157.48	185.45	198.08	133.37	102.21	0.045485	0	85
Malcontenta EXT	73.654	41.514			20.208	37.719			6.7003	0												
Malcontenta INT	17.74	34.967	37.719	20.208																		
Nuovo Petrochimico EXT	3.9266	10.582							11.459	2.0646												
Nuovo Petrochimico INT	22.09	7.2899	0	6.7003			2.0646	11.459														
Vecchio Petrochimico EXT	182.76	33.696											6.507	211.83			0	31.795				
Vecchio Petrochimico INT	11.018	224.27									211.83	6.507										
Nord EXT	185.45	157.48															148.47	175.85	0.0052758	11.024		
Nord INT	133.37	198.08									31.795	0			175.85	148.47					0.067753	4.5492
Zona Industriale EXT	0.045485	102.21													11.024	0.0052758					90.316	0
Zona Industriale INT	85	0															4.5492	0.067753	0	90.316		
Totale	65984	65986	106.19	106.19	62.416	62.416	16.916	16.916	25.45	25.45	277.35	277.35	230.77	230.77	344.35	344.35	351.1	351.1	102.22	102.22	90.384	90.384