

DIREZIONE OPERE PUBBLICHE

COMMITTENTE SCR Piemonte		COMUNE Città di TORINO			
LIVELLO PROGETTUALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
CUP C14E21001220001		TITOLO INTERVENTO TORINO, IL SUO PARCO, IL SUO FIUME: MEMORIA E FUTURO” REALIZZAZIONE DELLA BIBLIOTECA CIVICA E RIQUALIFICAZIONE DEL TEATRO NUOVO			
CODICE OPERA 22044D02					
ELABORATO N. 001		TITOLO ELABORATO RELAZIONE SPECIALISTICA IDROGEOLOGICA			
DATA settembre 2022		SCALA -		AREA PROGETTUALE GEOLOGIA	
FORMATO DI STAMPA A4		CODICE GENERALE ELABORATO 22044D02_1_0_P_GG_00_CJ_001_0		NOME FILE 22044D02_1_0_P_GG_00_CJ_001_0_Rel Idrogeologica.docx	
VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE	DIS.	CONTR	APPR.
0	settembre 2022	Prima Emissione	ANS	CLM	LCN
RTP PROGETTAZIONE			TIMBRI - FIRME		
RAFAEL MONEO Arch. Rafael Moneo (mandante) Calle Cinca 5 - 28002 Madrid (Spagna)  ICIS Isolarchitetti S.r.l. (mandante) Via Mazzini, 33 - 10123 Torino  MCM Ingegneria (mandante) Via Vincenzo Monti, 8, 10095 Grugliasco (TO)  onleco Srl (mandante) Via Pigafetta,3 - 10129 Torino			Direttore Tecnico: Arch. Marta Colombo (ICIS Srl) Consulente: Ing. Virgilio Anselmo Integrazione prestazioni specialistiche: Ing. Luciano Luciani (ICIS Srl)		
ORGANISMO DI CONTROLLO CONTECO S.p.A. Responsabile di Commessa: Ing. Daniele Baldi			SCR PIEMONTE S.p.A. Responsabile del Procedimento: Arch. Sergio Manto		

Sommario

1	PREMESSA	2
2	IL PO E I LIVELLI DI PIENA DI RIFERIMENTO	3
3	LE INFORMAZIONI IN MERITO ALLA FALDA	7
3.1	Dati disponibili	7
3.2	Indicazioni per la predisposizione di indagini dirette.....	8
3.3	Il metodo di calcolo	9
3.3.1	Allestimento del modello input	9
3.3.2	Il modello idrogeologico predisposto	12
3.3.3	RISULTATI	15
4	CONCLUSIONI.....	20
5	RIFERIMENTI.....	21
6	APPENDICE A – Caratteristiche del codice di calcolo MODFLOW	22
7	ALLEGATO 1 – DATI TRATTI DALLA BANCA DATI GEOTECNICA DEL PIEMONTE.....	24
8	ALLEGATO 2 – DATI TRATTI DALLA RETE PIEZOMETRICA METROPOLITANA	33
9	ALLEGATO 3 – ALTRI DATI STRATIGRAFICI.....	38

1 PREMESSA

La presente relazione ripropone quella redatta dall'ing. V. Anselmo nel dicembre 2017 all'interno, denominata "Approfondimento sulle Tematiche idrogeologiche" e contenuta nella "Sezione C – Approfondimenti" del PdF 2018.

L'intervento oggetto della relazione dell'ing. Anselmo del 2017 prevedeva la realizzazione di un ulteriore piano interrato all'interno del padiglione Morandi, al fine di reperire spazi didattici per la facoltà di Architettura del Politecnico di Torino; la quota delle fondazioni del nuovo interrato era collocata a + 216,5 m. s.l.m.

Nel progetto attuale, che non comprende più il riuso del padiglione Morandi, i nuovi spazi per la Biblioteca Civica Centrale ricavati al livello interrato del padiglione 2 (Nervi), costituiscono di fatto un ampliamento di locali già esistenti allo stesso livello (padiglione 4), e la quota di scavo è prevista a + 226,17 m. s.l.m..

Si ritiene quindi che le valutazioni operate dall'ing. Anselmo sul progetto del 2017 siano tuttora valide poiché riferite ad una situazione di maggiore rischio rispetto al rapporto con la falda.

La Relazione approfondisce i 2 temi rilevanti in ambito idrogeologico:

1. rapporti con l'adiacente corso del Fiume Po e, in particolare, con i livelli di piena previsti
2. rapporti con la falda.

2 IL PO E I LIVELLI DI PIENA DI RIFERIMENTO

In merito al primo punto, si prendono in considerazione i risultati della modellazione numerica già disponibile integrati con l'aggiornamento alle disposizioni vigenti.

In merito al secondo punto, si prendono in esame i dati circa sondaggi e pozzi disponibili, ma si rimandano le conclusioni ai dati ottenibili a seguito dell'installazione di almeno tre piezometri in posizione idonea.

Gli edifici di Torino esposizioni ricadono in classe IIIb4a(P) della "Carta di sintesi della pericolosità geologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica"

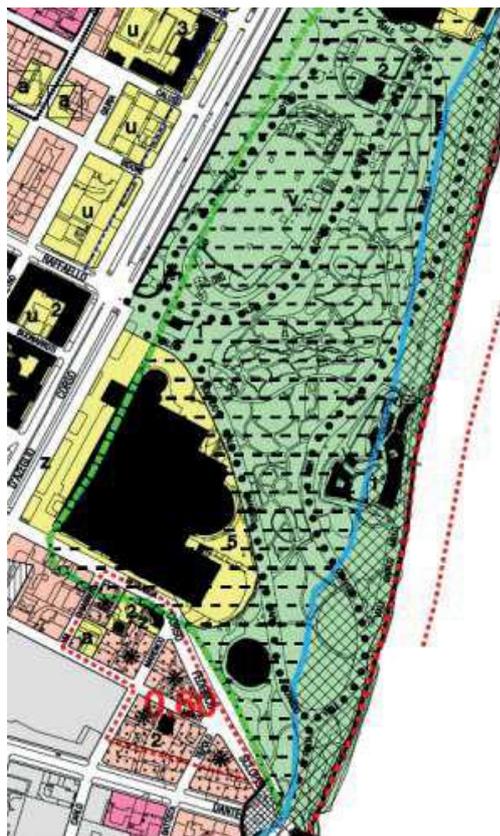
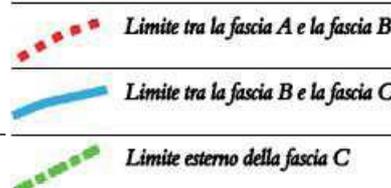
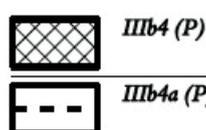


Figura 1 – Stralcio dalla Tavola di Piano Ibis "Azzonamento con carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica" – 1:5.000 - 2008

Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico PAI
approvato con DPCM il 24/05/2001 e s.m.i.



L'attribuzione di tale classe deriva dalla indicazione contenuta nell'originario Piano Stralcio delle Fasce Fluviali del 1997, poi confluito nel PAI, secondo cui sono collocabili in Fascia B non solo le aree direttamente inondabili, ma anche le porzioni di regione fluviale "ad elevato interesse naturalistico e ambientale e quelle di interesse storico, artistico, culturale strettamente collegate all'ambito fluviale" (Autorità di Bacino del Fiume Po, 1997; Allegato 3, punto 2) di preminente interesse ambientale. Tale caratteristica può generare confusione in quanto la Fascia B propriamente è il luogo dei punti intersezione fra il pelo libero della piena duecentennale e il terreno e quindi fornisce una chiara indicazione di inondabilità. La Regione

Piemonte, in base a quanto stabilito dalla Circolare 7/LAP del 1996, dispone dello strumento della "Carta di Sintesi della Pericolosità Idrogeologica" e pertanto è in grado di fornire indicazioni di maggior dettaglio, rimanendo all'interno della via tracciata dal PAI.

Pertanto, il Parco del Valentino, originariamente incluso in Fascia B del Po in quanto di preminente interesse ambientale e culturale, fu posto, in sede di redazione della Variante 100, in una classe di forte attenzione in ambito urbanistico, insieme con il Parco Michelotti ed il Parco del Meisino, ma ricollocato in Fascia C poiché riconosciuto non direttamente inondabile.

La Fascia B fu traslata al limite dell'area inondabile, al piede della scarpata degradante verso Po.

I commi 67-68-68bis-68ter dell'art. 2.1.2 dell'allegato B alle NUA "DISPOSIZIONI SPECIFICHE PER LE ZONE SOTTOPOSTE A CLASSIFICAZIONE IDROGEOLOGICA - PARTE PIANA (P)" recitano: "[...] Per gli edifici pubblici o di interesse pubblico, esistenti alla data della presa d'atto degli studi idrogeologici del 27.5.2003, il cambio di destinazione d'uso è ammesso subordinatamente a specifica verifica idraulica dalla quale risulti che non vi sono criticità tali da impedire il mantenimento degli stessi, evidenziando altresì la quota di sicurezza, gli interventi e le cautele da adottare; deve essere inoltre previsto un piano di emergenza. Le attività comportanti la presenza continuativa di persone dovranno in ogni caso essere collocate al di sopra della quota di sicurezza¹."

La "quota" in argomento non è la "quota di riferimento" propriamente detta a cui si rimanda per le porzioni di territorio comprese nella Classe IIIb e che risultano specificate in un apposito elaborato (Allegato 3bis).

In conclusione, a seguito della definizione di Classe IIIb4a (P), la norma demanda al progettista dell'intervento compreso nelle porzioni di territorio collocate in una delle classi IIIb, il compito di individuare una "quota di sicurezza" prendendo in considerazione i pericoli a cui l'area in argomento è esposta.

Nel caso del Parco del Valentino, incluso nella citata classe di pericolosità per motivi di tutela ambientale e non perché l'area sia inondabile, non si applica la "quota di riferimento" propriamente detta.

Nel caso in esame, si può introdurre, in ossequio al disposto della norma, una quota "di sicurezza" identificata tenendo conto delle due fonti di pericolo:

- A. l'adiacente corso del Fiume Po e, in particolare, i livelli di piena previsti secondo le indicazioni del PAI, ora sostituito dalle indicazioni del Piano di Gestione del Rischio da Alluvione (PGRA);
- B. la presenza della falda segnalata nei sondaggi e perforazione effettuati nell'intorno.

Il Fiume Po è stato oggetto di analisi idraulica nell'ambito degli studi per la Variante 100 e l'area di interesse risulta compresa fra le sezioni 520 e 500. All'epoca degli studi idrogeologici per la Variante 100 del PRGC, la portata duecentennale era stata determinata in 3000 m³/s e in base a tale portata venne delimitata l'area soggiacente al pelo libero sulla base di una cartografia 3D in possesso della Città. Il risultato della verifica è mostrato nella Figura seguente:

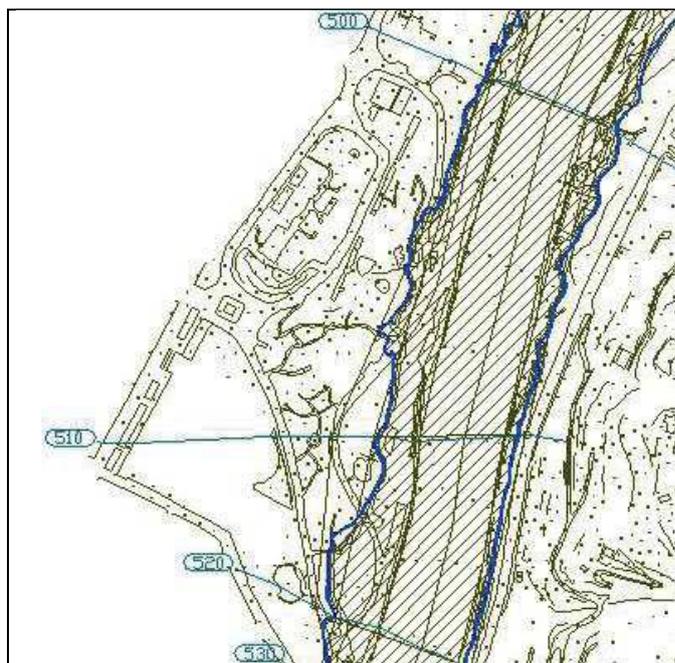


Figura 2 – Traccia delle sezioni e della zona inondabile dalla piena assunta come duecentennale negli studi idrogeologici per la variante 100 al PRGC.

La portata assunta era pari a 3000 m³/s; la portata di riferimento per le verifiche ed i dimensionamenti delle opere interferenti è stata recentemente stabilita dal PGRA (cosiddetta direttiva alluvioni) a 2700 m³/s.

¹ ART. 2 COMMA 61 PUNTO 41 NUA - definizioni

Quota della piena di riferimento incrementata di un valore di sicurezza, calcolata secondo il metodo riportato nell'allegato B al capitolo 4 "Quote di riferimento: metodo di calcolo".

Successivamente il PAI (Autorità di bacino del Fiume Po, 2001) assunse, per la portata di riferimento, il valore di 2600 m³/s e nella recente Variante al PAI, derivante dal Piano per la Valutazione e la Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), il valore è stato portato a 2700 m³/s (Autorità di Bacino del Fiume Po, 2016). I valori forniti dalla fonte sopra citata (Autorità di Bacino del Fiume Po, 2016; Tabella 5.1b) costituiscono pertanto la norma di riferimento (vedi Tabella seguente).

Le sezioni di interesse sono contrassegnate dagli identificativi 274, 275 e 276:

Tabella 1 - Piena di riferimento nelle sezioni di interesse.

IDENTIFICATIVO SEZIONE	Livello idrometrico (tr 200 anni)	
	PAI – 2001 (portata 2600 m ³ /s)	PGRA – 2016 (portata 2700 m ³ /s)
276	219.41	219.42
275	218.90	assente
274	218.49	218.37

Al cippo del Valentino² sono riportati i livelli raggiunti in diverse piene storiche (1839, 1892, 1949, 1960), di cui risulta massima la piena dell'ottobre 1839 (1). Vale la pena di segnalare che le informazioni relative ai livelli raggiunti in eventi del passato non possono essere utilizzate per dedurre valori di portata in quanto le condizioni dell'alveo possono essere cambiate nel tempo e quindi generare diverse condizioni di convogliamento. È il caso della piena del 1839, che incontrò sicuramente condizioni di scabrezza assai diverse dalle attuali, dal momento che la sistemazione attuale delle sponde fu avviata nel 1873 su progetto del 1871 (Prinetti, 1888; pag. 315).

Per completezza, dagli allegati alla citata Variante 100 aggiornati con le informazioni date da ARPA in merito all'evento del 2016, si riassumono le altezze idrometriche registrate e le portate stimate nelle varie piene storiche negli idrometri disponibili.

Tabella 2 - Stazioni idrometriche di interesse

	Po Moncalieri	Po ponte in pietra	Po Murazzi
Zero (m)	212.49	211.27	209.77
Altezza max	5.55 (12/10/1966)	218.11 ³ (1839)	
Nov. 1994			5.63 (14.20 del 6/11)
Ott. 2000	2230 (4/5/49)		2300 ⁴ (16/10/2000)
Nov. 2016	8.72 ⁵ (25/11/2016)		6.35 ⁶ (25/11/2016)
			(25/11/2016)

Per il presente studio, la quota del pelo libero dell'evento duecentennale nel tronco di interesse è ricavata per interpolazione dai valori esposti nel PGRA (dettagli in Tabella 1).

² In corrispondenza del noto cippo del Valentino, il segno rilevato a partire dalle tracce lasciate dalla piena dell'ottobre 2000 risultava a quota 218.37 m" (Città di Torino, 2003; pag. 233).

³ La quota assoluta, senza indicazione dello zero, è riportata in un diagramma della IV Ripartizione del Civico Ufficio Tecnico allegato alla relazione dell'impianto di San Mauro (AEM, 1949). Una altezza di 6.13 sullo zero (quindi 217.40) è attribuito alla piena di settembre nel volume del Ministero dei Lavori Pubblici (1883) da cui è tratto il valore dello zero idrometrico; le cronache riferiscono la piena al giorno 16 ottobre 1839, quando alle ore 20.30, al Ponte in Pietra l'acqua pareva arrivare "ai cappelli delle pile" (Gazzetta Piemontese, 17 ottobre 1839).

⁴ Il valore di portata valutato dall'ENEL-CRIS per l'evento del novembre 1994 fu invece di 3100 m³/s (Saccardo & Tomasino, 1995) a fronte del valore di 1500 m³/s fornito da Regione Piemonte (1994)

⁵ Valore riferito alla nuova stazione ARPA

⁶ Il valore è dichiarato stimato dalle tracce della piena in corrispondenza del vecchio idrometro ARPA a valle del ponte Vittorio (da ARPA (2016): Analisi preliminare - Evento 21-26 novembre 2016, pag. 110). Il rapporto conclusivo è in corso di allestimento e pertanto il dato deve essere considerato provvisorio e di conseguenza si resta in attesa del valore della portata correlata.

Le indagini finalizzate alla determinazione delle eventuali interferenze tra l'intervento e il livello della piena di riferimento del Fiume Po (tr 200 anni), tenuto conto della conformazione topografica del territorio, dimostrano che il livello del pelo libero del Po non ha influenza diretta sul sito dell'intervento in progetto.

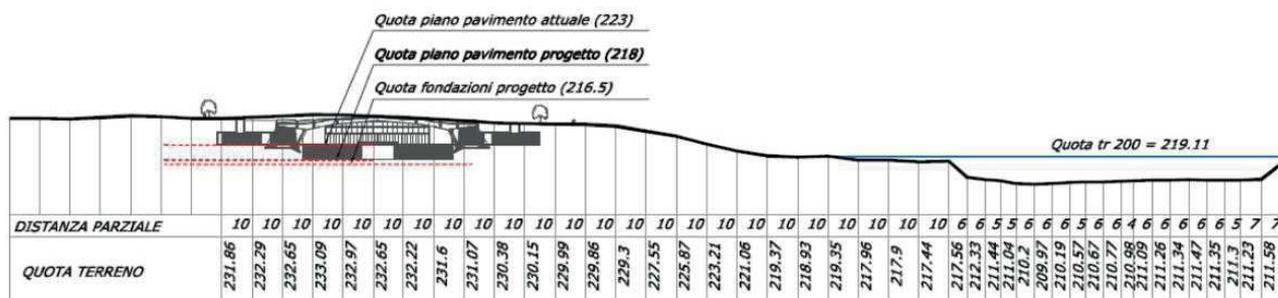


Figura 3- Rappresentazione, in corrispondenza del padiglione Morandi, della quota del pelo libero in occasione del transito in Po della portata di piena duecentennale (tr 200 anni).

3 LE INFORMAZIONI IN MERITO ALLA FALDA

L'intervento oggetto di indagine (cfr SdF 2018) consiste nel ricavare un ulteriore piano interrato all'interno del Padiglione Morandi (vedi nota in Premessa).

Nel presente studio si prendono in esame i dati circa sondaggi e pozzi ad oggi rinvenibili (dicembre 2017).

L'indagine consiste nello studio idrogeologico finalizzato alla determinazione delle eventuali interferenze tra l'intervento e la falda.

Lo studio viene condotto secondo lo schema seguente:

- A. Elaborazione dei dati stratigrafici e piezometrici disponibili.
- B. Determinazione delle caratteristiche idrogeologiche dell'area mediante lo studio dei fenomeni di filtrazione, nelle tre dimensioni, con il metodo delle differenze finite mediante il codice di calcolo MODFLOW.
- C. Caratterizzazione degli scenari di riferimento:
 - C.01 condizioni idrogeologiche ordinarie di falda in occasione del transito della portata di magra nel Fiume Po (q355);
 - C.02 condizioni idrogeologiche di falda in occasione del transito in Po della portata di piena duecentennale (il riferimento tecnico-normativo per la piena con tr 200 anni e costituito dal PGRA – 2016 che aggiorna il PAI – 2001).

3.1 Dati disponibili

I dati a disposizione sono costituiti da:

1. Banca Dati Geotecnica del Piemonte, gestita dal Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto di Arpa Piemonte, nella quale vengono archiviate stratigrafie e prove su campioni derivanti da indagini geognostiche condotte sul territorio piemontese (vedi Figura 2-7). Le informazioni sono raggiungibili dal Geoportale dell'ARPA mediante il servizio WebGIS (http://webgis.arpa.piemonte.it/geotecnica_webapp/); comprendono la stratigrafia del campione e il livello della falda freatica rinvenuta al momento del campionamento (dettagli nell'Allegato 1).
2. Banca Dati Idrogeologica del Piemonte, nella quale vengono raccolte le misure di soggiacenza della falda freatica eseguite con cadenza semestrale (primavera/autunno). Il dato, di proprietà dell'ARPA Piemonte e della Città di Torino, è raggiungibile dal Geoportale dell'ARPA mediante il servizio WebGIS (http://webgis.arpa.piemonte.it/Geoviewer2D/index.htmlRete_Piezometrica_Metropolitana_Torino%2FMapServer)

Le informazioni comprendono la stratigrafia della perforazione e lo storico della soggiacenza della falda freatica (dettagli nell'Allegato 2). In merito ai dati disponibili si evidenzia l'assenza di osservazioni dirette nelle immediate vicinanze dell'area di interesse (la stratigrafia più vicina è posta a circa 400 m; il piezometro più vicino è posto a circa 500 m).

In particolare, si segnala che non sono disponibili letture ai piezometri rilevate in occasione di eventi di piena rilevanti, pertanto i risultati dell'indagine riferita alle condizioni idrogeologiche di falda in occasione del transito in Po della portata di piena duecentennale, dovranno essere tarati ed affinati in seguito.

In assenza, per il momento, di indagini dirette e sulla base dei dati a disposizione, è possibile procedere alle valutazioni idrogeologiche secondo i seguenti approcci:

- A. Ricavare il dato di falda per l'area di interesse mediante interpolazione lineare dei dati esistenti nell'ipotesi che, in condizioni idrogeologiche ordinarie, l'acquifero presenti una superficie correlabile con il livello del pelo libero del Fiume Po. Il metodo non consente di collegare il risultato ottenuto ad una particolare condizione di partenza (l'osservazione della quota della falda deriva dal dato letto al momento della perforazione ad eccezione dei pozzi attivi).

- B. Predisporre un modello del moto di filtrazione dell'area che tenga conto dei dati stratigrafici e piezometrici disponibili. La messa a punto di un modello per la simulazione del comportamento delle acque sotterranee consente di simulare condizioni al contorno differenti e maggiormente funzionali a ciò che si intende indagare. Ulteriori e più dettagliati approfondimenti in merito al comportamento della falda, potranno essere realizzati quando saranno disponibili i risultati delle indagini dirette.

In considerazione del grado di dettaglio richiesto all'indagine, il presente studio idrogeologico viene condotto sviluppando lo studio dei fenomeni di filtrazione mediante il codice di calcolo MODFLOW.

Allo stato attuale si prendono in esame i dati circa sondaggi e pozzi ad oggi rinvenibili, ma si rimandano le conclusioni a quando saranno disponibili i risultati delle indagini dirette descritte nel paragrafo seguente.

3.2 Indicazioni per la predisposizione di indagini dirette

Al fine di concludere le indagini idrogeologiche, occorre disporre di indagini dirette. Allo scopo di ottenere quanto necessario per poter affinare la taratura del modello del moto di filtrazione delle acque sotterranee, occorre predisporre l'installazione di almeno tre piezometri in posizione idonea.

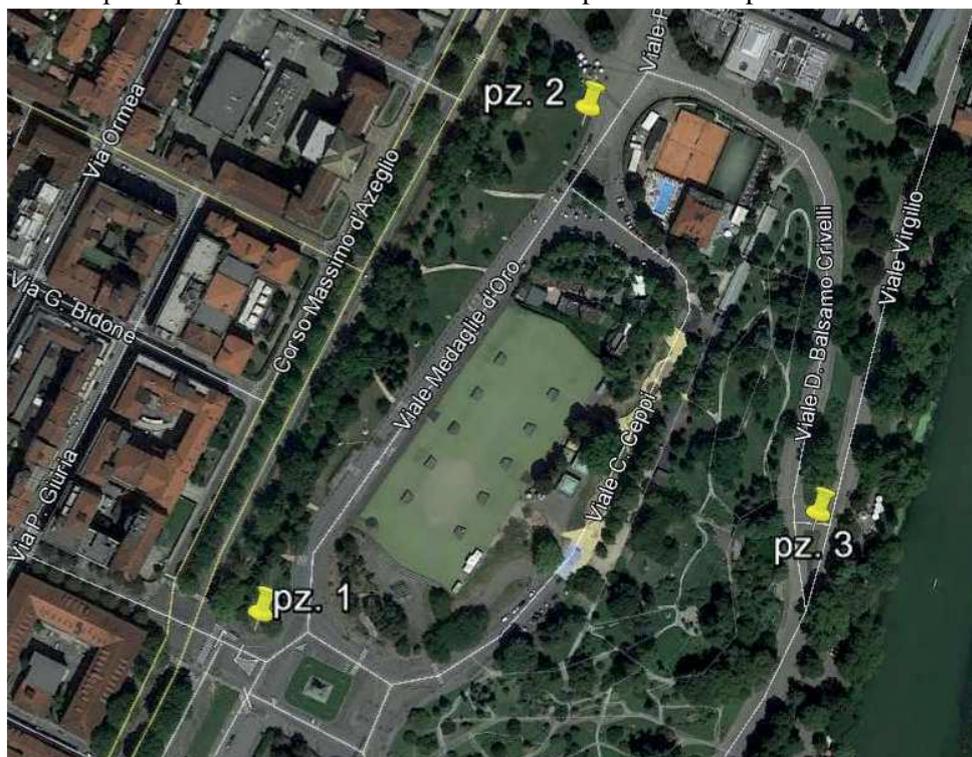


Figura 4 - Indicazione della posizione idonea in cui dovrebbero essere installati i piezometri (le indagini dirette saranno costituite dalla lettura dei valori piezometrici in occasione di eventi/ periodi significativi; le perforazioni dovranno essere corredate di stratigrafie e prove di permeabilità).

I sondaggi saranno finalizzati a:

- A. affinare la conoscenza stratigrafica dei punti di indagine;
- B. installare tubi piezometrici per il monitoraggio della soggiacenza della falda idrica e l'eventuale prelievo di campioni di acqua.

Le indagini previste sono costituite da:

- sondaggi geognostici con prove di permeabilità che saranno predisposti in occasione dell'installazione dei piezometri. I carotaggi dovranno essere approfonditi fino al ritrovamento dello strato meno permeabile. Le prove saranno corredate da:
- stratigrafia in cui dovranno essere specificate le caratteristiche granulometriche nei termini correnti (trovanti, ciottoli, ghiaia, sabbia, limo, argilla, ecc.);

- prove di permeabilità (eseguite a carico variabile e costante);
- realizzazione dei piezometri con caratteristiche idonee alla lettura ed al campionamento;
- il monitoraggio della falda sarà costituito dalla lettura dei valori piezometrici in occasione di eventi/periodi significativi.

3.3 Il metodo di calcolo

La modellazione delle acque sotterranee rappresenta uno strumento per riprodurre i processi che si verificano nei sistemi idrogeologici naturali, sia nella fase di monitoraggio che in quella di previsione dell'effetto dell'interazione tra la falda e fattori esterni (come nel caso del presente studio). Questo tipo di analisi presuppone la conoscenza delle caratteristiche geologiche e idrogeologiche dell'acquifero oggetto di studio, al fine di ricostruire il campo di moto dell'acqua sotterranea.

L'analisi dei fenomeni di filtrazione a corredo del presente studio viene eseguita mediante il codice di calcolo MODFLOW. MODFLOW è una libreria software sviluppata da U.S. Geological Survey basata sul codice di soluzione dell'equazione del flusso alle differenze finite (USGS – Mc Donald e Habaugh, 1988 – Public Domain). Creata nel 1980 e costantemente aggiornata, il suo utilizzo è ormai accettato a livello mondiale come riferimento e standard tecnologico. Sono disponibili numerose interfacce commerciali per pre-processare e post-processare i dati (es. GMS). Con MODFLOW, disponendo delle caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero oggetto di studio e possibile ricostruire le caratteristiche idrogeologiche dell'area di interesse introducendo fattori esterni naturali (es. pioggia, evapotraspirazione, ecc.) o di "disturbo" (es. pozzi, trincee drenanti, dreni, barriere, ecc.). MODFLOW utilizza un modello di calcolo modulare (MODular) per la simulazione del flusso (FLOW) delle acque sotterranee. Il modello, che opera con il metodo delle differenze finite simulando il flusso nelle tre dimensioni spaziali (x,y,z), offre la possibilità di simulare:

- diverse caratteristiche del sistema idrogeologico oggetto di studio (es. lussu da corpi idrici superficiali);
- lussi associati ad agenti artificiali e naturali (es. pozzi, ricarica, drenaggi, ecc.);
- differenti tipi di acquifero: libero, confinato, semiconfinato;
- anisotropia nelle caratteristiche dell'acquifero.

La simulazione può essere attivata in regime di flusso stazionario o di transizione.

Il movimento tridimensionale dell'acqua sotterranea (a densità costante) attraverso un mezzo poroso viene sviluppato con il metodo delle differenze finite derivante dall'equazione di continuità: la somma di tutti i flussi in ingresso ed in uscita dalle celle deve essere uguale alla variazione di storage (volume di acqua ricevuto o rilasciato quando il gradiente varia) nella cella.

La distribuzione iniziale del carico idraulico fornisce un valore (h) per ogni nodo della griglia all'inizio del primo intervallo di tempo (time step). La soluzione viene approssimata calcolando il valore di h per ciascuno dei time step per ogni nodo della griglia (ad ogni time step il sistema di equazioni viene riformulato) iniziando con l'assegnare un valore arbitrario (h₀). Il codice di calcolo sviluppa un metodo numerico iterativo per ottenere la soluzione del sistema di equazioni implementate per ogni time step. La procedura si ripete con valori che soddisfano con approssimazione crescente il sistema di equazioni. Il modello consente di scegliere tra differenti criteri di chiusura per arrestare le iterazioni.

3.3.1 Allestimento del modello input

L'allestimento del modello è consistito in:

1. definizione dei confini del modello e rappresentazione dell'ambiente fisico tridimensionale (superficie e stratigrafia);
2. definizione dei parametri fisici che costituiscono le variabili interne del sistema idrogeologico (proprietà idrauliche);
3. definizione delle condizioni al contorno;

4. definizione del set di equazioni impiegato per la simulazione (solver).

3.3.1.1 Definizione e descrizione dell'ambiente fisico tridimensionale

La definizione del modello tridimensionale (griglia 3D) è avvenuta secondo la seguente procedura:

1. delimitazione del confine dell'area di calcolo: è stata definita un'area di 1250 x 1250 m in cui, in posizione centrale, è collocata l'area di interesse (vedi Figura 5). La posizione e la dimensione dell'area sono state scelte in modo da:
 - 1.01 massimizzare l'impiego delle informazioni derivanti dalle stratigrafie a disposizione;
 - 1.02 porre una condizione al contorno legata al livello idrometrico del Fiume Po;
 - 1.03 minimizzare gli effetti di bordo della simulazione rispetto alla posizione dell'area di interesse;
2. sulla base delle stratigrafie a disposizione sono stati definiti 3 strati (Layer) con diverse caratteristiche idrogeologiche (dettagli nel seguito);
3. il passo della griglia è stato fissato in 50 x 50 m (25 x 25 celle per ciascuno strato pari a 25 x 25 x 3 = 1875 celle). Le coordinate UTMwgs84 del vertice SW corrispondono a X = 395660, Y = 4988963.

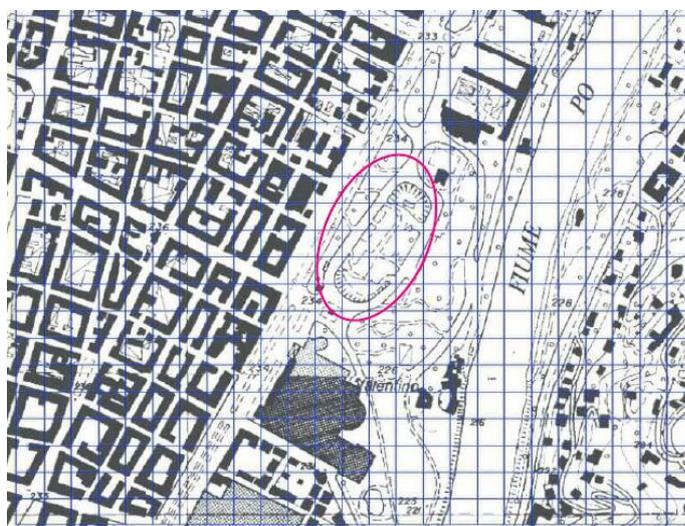
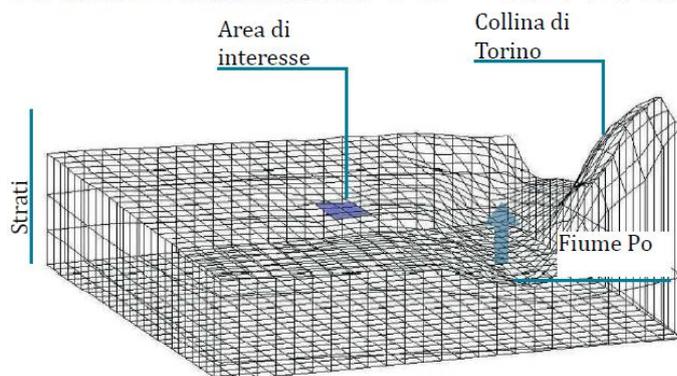


Figura 5 - Definizione dell'area di calcolo (griglia 3D) predisposta per l'attivazione del modello MODFLOW. La griglia consiste in 25 x 25 celle di 50 m di lato e di 3 strati (per un totale di 1875 celle).



La definizione dell'ambiente fisico tridimensionale dell'area di interesse è avvenuta sulla base della documentazione a disposizione:

1. la rappresentazione della superficie del terreno fa riferimento al modello digitale del terreno realizzato mediante l'impiego di laser-scanner aviotrasportato (LiDAR – Light Detection And Ranging) predisposto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare nell'ambito del Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale (PST-A 2008- 2009). Il dato è disponibile come data set in formato *.asc georiferito. La tolleranza altimetrica del rilievo è pari a ± 0.15 m. La risoluzione è pari a 0.00001 metri (corrispondente a circa 0.8 m).
2. la rappresentazione degli strati fa riferimento alle stratigrafie a disposizione (dettagli nel par. 3.1). I dati identificano tre tipi di strati ricorrenti, correlati alla granulometria prevalente:

- prevalenza di ghiaie;
- prevalenza di sabbie;
- prevalenza di limo-argilla.

Ciascun campione è stato schematizzato, sulla base delle caratteristiche granulometriche, in modo da ricavare la profondità della base degli strati attraversati (in assenza di dati specifici i valori sono stati interpolati a partire dalla stratigrafia più vicina). Si evidenzia che, per garantire l'uniformità del dato, i valori sono stati riferiti alla base topografica di riferimento (LiDAR).

La procedura impiegata prevede quanto segue:

1. Descrizione della superficie del terreno. Si è proceduto con l'estrazione del dato altimetrico con passo pari a quello della griglia di calcolo (50x50 m) e creazione di un dataset per la definizione della parte superiore della griglia (Top elevation del Layer 1). L'elaborazione del dato altimetrico è stata effettuata in ambiente Globalmapper e restituita in formato ASCII (il dato è georeferito in coordinate UTMwgs84).
2. Descrizione degli strati sotterranei. L'andamento di ciascuno dei tre strati sopra descritti è stato ricavato dai dati delle stratigrafie. L'elaborazione dei dati è avvenuta in ambiente GIS. Si è proceduto secondo il seguente schema operativo:
 - creazione una serie di punti georeferenziati a rappresentazione dei siti in cui sono disponibili le stratigrafie;
 - inserimento nel database di ogni sito dei dati relativi alla profondità di ciascuno strato;
 - generazione di modelli tridimensionali delle superfici, a rappresentazione di ciascuno strato, mediante una rete di triangolazione irregolare (Triangulated Irregular Network o TIN) interpolata con metodo IDW;
 - estrazione del dato mediante la definizione di una griglia con passo pari a quella di calcolo (50x50 m) e creazione di un dataset allo scopo di definire la parte inferiore degli strati (Bottom elevation). Il processo è stato ripetuto per ciascuno dei 3 strati fino a coprire l'intero dominio di calcolo in cui è stato schematizzato il modello (pari a 1875 celle). Il dato georeferito in coordinate UTMwgs84, è restituito in formato ASCII.

3.3.1.2 Parametri fisici

Il codice di calcolo prevede che ogni cella del modello che non sia stata definita come cella inattiva (quindi esclusa dalla computazione) o a carico costante, venga caratterizzata da un set di proprietà idrauliche.

Il set di equazioni impiegato per la presente modellazione prevede l'assegnazione dei seguenti parametri (riferimenti in Tabella 3):

- Conducibilità idraulica o Hydraulic Conductivity (K): è una costante con cui si identifica la velocità con la quale un volume unitario di acquifero trasmette un fluido sotto un gradiente unitario ed è legata alle caratteristiche fisiche del mezzo poroso. I valori sono espressi in cm/s. In assenza di prove dirette i valori sono considerati uguali nelle direzioni X (Kx) e Y (Ky) mentre i valori di permeabilità sono tratti dalla bibliografia;
- Anisotropia verticale (Kx/Ky): in generale la conducibilità idraulica è maggiore se misurata in orizzontale piuttosto che in verticale. In assenza di prove dirette, si ipotizza che la conducibilità sia omogenea all'interno di ciascuno strato e pari a 1.

Tabella 3 – Valori di conducibilità idraulica impiegati nel corso della modellazione. In assenza di prove dirette di permeabilità i valori sono tratti dalla bibliografia.

Tipo di strato	Conducibilità		Tipo di strato
	(cm/s)	(m/giorno)	
Prevalenza di ghiaie	1 x 10 ⁻³	0.864	1
Prevalenza di sabbie	5 x 10 ⁻⁴	0.432	1
Prevalenza di limo/argilla	1 x 10 ⁻⁴	0.0864	1

3.3.1.3 Condizioni al contorno

Nelle simulazioni effettuate, la superficie della falda (h) è rappresentata dal carico idraulico computato per ciascuna cella della griglia di calcolo. La definizione del comportamento delle acque sotterranee avviene computando la differenza di potenziale tra celle adiacenti a partire da condizioni iniziali note.

Le condizioni al contorno fanno riferimento ai seguenti scenari:

1. comportamento della falda in condizioni ordinarie;
2. comportamento della falda al transito nel Fiume Po della portata con tr 200 anni.

3.3.1.4 Definizione del set di equazioni

Il codice di calcolo sviluppa un metodo numerico iterativo per ottenere la soluzione del sistema di equazioni implementate per ogni time step. La procedura si ripete con valori che soddisfano con approssimazione crescente il sistema di equazioni. Il modello consente di scegliere tra differenti criteri di chiusura per arrestare le iterazioni.

Il set di equazioni (solver package) impiegato come criterio di chiusura per arrestare le iterazioni è il SIP1 (Strongly Implicit Package che viene usato per la soluzione delle equazioni con il metodo delle differenze finite in ogni time step di calcolo).

3.3.2 Il modello idrogeologico predisposto

L'indagine consiste nello studio idrogeologico finalizzato alla determinazione delle eventuali interferenze tra l'intervento e la falda.

Gli scenari indagati fanno riferimento a:

1. Condizioni idrogeologiche ordinarie di falda in occasione del transito della portata di magra nel Fiume Po (q355). In queste condizioni in cui, per un lungo periodo di tempo il pelo libero in alveo è caratterizzato da escursioni minime, la superficie dell'acquifero è strettamente correlata al livello del Fiume Po. L'indagine viene effettuata attivando il modello in regime di flusso stazionario (condizioni al contorno fissate sotto forma di celle a carico costante).
2. Condizioni idrogeologiche di falda in occasione del transito in Po della portata di piena duecentennale (tr 200 anni). In queste condizioni in un periodo di tempo relativamente breve (alcuni giorni), il livello idrometrico in alveo è caratterizzato da forti escursioni e la superficie dell'acquifero risulta perturbata rispetto alle condizioni ordinarie. L'indagine viene effettuata attivando il modello in regime di flusso transiente (condizioni al contorno fissate sotto forma di celle a carico variabile).

In merito alla modellazione predisposta, si ribadisce che i dati di partenza impiegati, riferiti alla falda ed alle stratigrafie, sono costituiti dalle osservazioni ad oggi disponibili (in particolare si segnala che non sono disponibili letture ai piezometri rilevate in occasione di eventi di piena rilevanti). In assenza di osservazioni puntali che possano consentire la taratura e l'affinamento del modello, si rimandano le conclusioni a quando saranno disponibili i risultati delle indagini dirette.

3.3.2.1 Condizioni ordinarie

L'indagine del comportamento della falda in condizioni ordinarie viene effettuata mediante la predisposizione di una modellazione attivata in regime di flusso stazionario.

Per simulare questo tipo di condizione, il set di equazioni impiegato per la simulazione richiede che le condizioni al contorno siano fissate sotto forma di celle a carico costante (il dato rappresenta la quota iniziale della falda in un certo punto della griglia di calcolo).

Le condizioni al contorno per lo scenario di riferimento, rappresentate dalla quota del fiume Po al transito della portata q355 e dalla quota iniziale della falda, vengono fissate secondo i seguenti criteri:

1. la quota del Fiume Po al transito della portata di magra q355 (la portata, tratta dal PTA per la sezione 3010-1 PO, e pari a circa 21 m³/s) viene assegnata in corrispondenza delle celle della griglia di calcolo che rappresentano la sponda sinistra del Fiume Po. La quota viene determinata mediante il modello in moto permanente (codice di calcolo Hec-ras) a suo tempo predisposto per la redazione

degli studi idraulici a supporto della Variante 100 del PRGC del Comune di Torino. Il modello idraulico evidenzia che la presenza della traversa Michelotti, posta a valle del tronco considerato, influenza la quota del Fiume Po con portata q_{355} . Nel tronco considerato per l'indagine idrogeologica, la quota del Po risulta praticamente uniforme a quota 213.2;

2. la quota iniziale della falda (ipotetica) viene assegnata in corrispondenza delle celle che rappresentano i limiti esterni della griglia di calcolo. In analogia con quanto predisposto per la creazione dei dataset descritti in precedenza, i valori sono stati determinati secondo la seguente procedura:

2.01 creazione una serie di punti georeferenziati a rappresentazione dei siti in cui sono disponibili dati di falda o letture piezometriche;

2.02 inserimento nel database di ogni sito dei dati relativi alla quota della falda;

2.03 generazione di modelli tridimensionali delle superfici, a rappresentazione di ciascuno strato, mediante una rete di triangolazione irregolare (Triangulated Irregular Network o TIN). Interpolata con metodo IDW;

2.04 estrazione del dato mediante la definizione di una griglia con passo pari a quella di calcolo (50x50 m) e creazione di un dataset allo scopo di estrapolare il valore di falda nelle celle scelte per assegnare le condizioni al contorno.

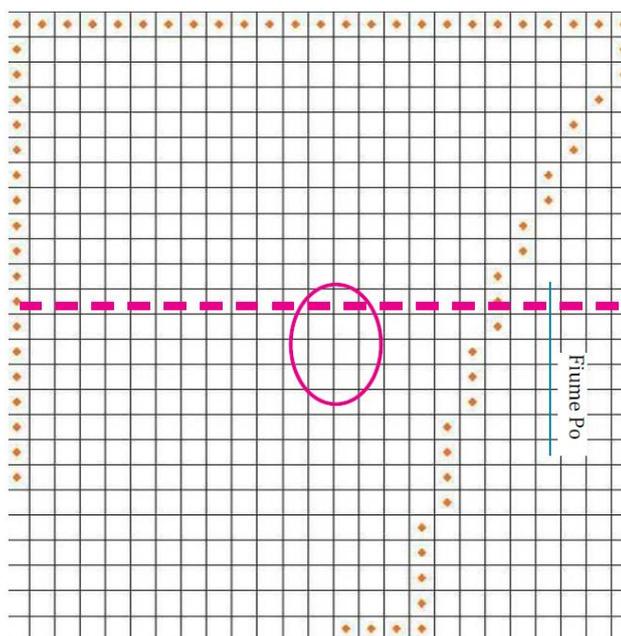


Figura 6 - Griglia di calcolo - Vista dall'alto

Nella Figura 6 è riprodotta la vista dall'alto della griglia di calcolo costituita da 25 x 25 celle (layer 1 che rappresenta la superficie): in rosso la posizione della sezione trasversale raffigurata a fianco, in magenta la posizione dell'area di interesse, in arancione le celle in cui sono state fissate condizioni al contorno (pari al livello della falda ordinaria in condizioni di transito in Po della portata di magra q_{355}).

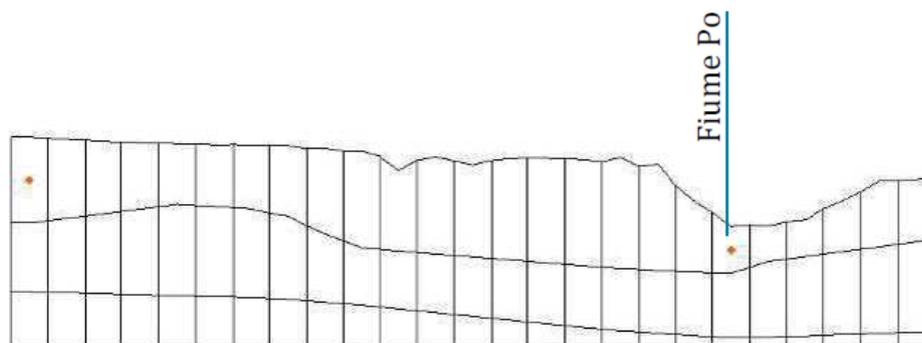


Figura 7 - Griglia di calcolo - Vista frontale

Nella Figura 7 è rappresentata la vista frontale della griglia di calcolo in corrispondenza della sezione trasversale evidenziata dalla linea rossa nella seguente rappresentazione 3D della griglia di calcolo. Si evidenzia l'andamento degli strati a diversa permeabilità.

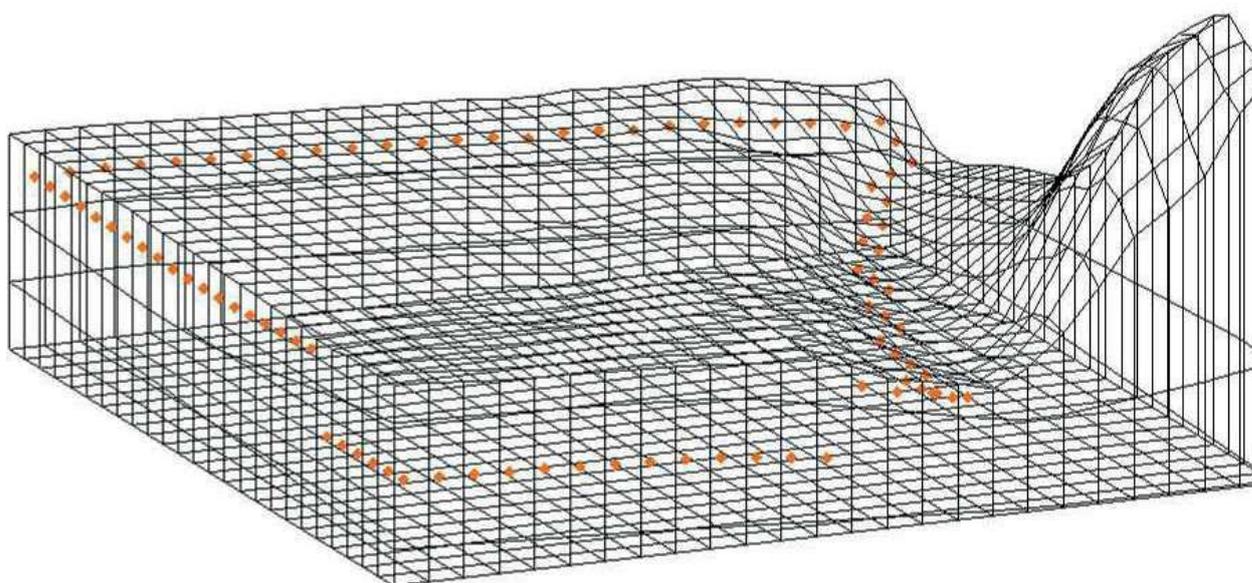


Figura 8 - Rappresentazione 3D della griglia di calcolo

Riprendendo quanto sopra esposto, trattandosi di un modello tridimensionale, si evidenzia che la quota iniziale della falda (espressa in quote assolute) può trovarsi in Layer differenti a seconda dell'andamento delle stratigrafie. Le condizioni al contorno, pertanto, devono essere assegnate al giusto Layer, tenendo conto del range di altimetrico degli strati nelle singole celle scelte per rappresentare le condizioni iniziali.

La simulazione prevede l'attivazione di 3 strati a diversa permeabilità. La griglia di calcolo tridimensionale comprende 25 x 25 celle per ciascuno strato (in totale 1875 celle) con passo 50 x 50 m. La definizione del comportamento delle acque sotterranee avviene computando la differenza di potenziale tra celle adiacenti a partire da condizioni iniziali note. Le condizioni al contorno sono fissate, a partire dai dati derivanti dalle osservazioni a disposizione, sotto forma di celle a carico costante (il dato rappresenta la quota iniziale della falda in un certo punto della griglia di calcolo).

3.3.2.2 Transito nel Fiume Po della portata con tr 200 anni

L'indagine del comportamento della falda in occasione del transito in Po della portata di piena duecentennale (tr 200 anni) viene effettuata mediante la predisposizione di una modellazione attivata in regime di flusso

transiente. Questo tipo di modellazione tiene conto dei fattori esterni (stress), variabili nel tempo, che possono modificare la superficie dell'acquifero.

Per simulare questo tipo di condizione, il set di equazioni impiegato richiede che le condizioni al contorno siano fissate sotto forma di celle a carico variabile. La modellazione in *moto transiente* richiede la discretizzazione del dominio temporale. In sintesi, occorre fissare la durata (stress periods) e l'intensità dei fattori di stress esterni all'acquifero e suddividere la simulazione in intervalli (time step).

Le condizioni al contorno per lo scenario di riferimento, rappresentate dalla quota variabile del Fiume Po al transito della portata tr 200 anni e dalla quota iniziale della falda, vengono fissate secondo i seguenti criteri:

1. La quota del Fiume Po al transito della portata di piena con tr 200 anni (la portata, tratta dal PGRA per la sezione 276, e pari a 2700 m³/s) viene assegnata in corrispondenza delle celle della griglia di calcolo che rappresentano la sponda sinistra del Fiume Po. La quota viene determinata mediante il modello in moto permanente (codice di calcolo Hec-ras) a suo tempo predisposto per la redazione degli studi idraulici a supporto della Variante 100 del PRGC del Comune di Torino;
2. la quota iniziale della falda (ipotetica) viene assegnata in corrispondenza delle celle che rappresentano i limiti esterni della griglia di calcolo. I valori sono determinati mediante la procedura descritta al par. 2.2.3.2.1. In assenza di letture ai piezometri rilevate in occasione di eventi di piena rilevanti, vengono inseriti i dati riferiti alle letture a disposizione;
3. la durata della simulazione viene fissata in 5 giorni (ciascuno suddiviso in 24 time step di 1h). Il dato risulta in linea la durata della piena registrata in occasione dell'evento del 2000 all'idrometro dei Murazzi di Torino.



Figura 9 - Livello idrometrico registrato dalla stazione idrometrica sul PO ai MURAZZI (tratto da Regione Piemonte – 2000 rapporto sull'evento alluvionale del 13-16 ottobre 2000).

La griglia di calcolo è analoga a quella impiegata per la simulazione in moto stazionario (in quanto il dominio di calcolo è lo stesso).

3.3.3 RISULTATI

In merito alla modellazione predisposta si richiama quanto segue:

1. Gli scenari indagati allo scopo di determinare eventuali interferenze tra l'intervento e la falda fanno riferimento a:
 - 1.01 condizioni idrogeologiche ordinarie di falda in occasione del transito della portata di magra nel Fiume Po (q355);
 - 1.02 condizioni idrogeologiche di falda in occasione del transito in Po della portata di piena duecentennale (tr 200 anni);

2. I risultati della simulazione, nel seguito descritti, consistono nella restituzione della superficie della falda rappresentata dal carico idraulico (baricentrico) computato per ciascuna cella della griglia di calcolo.
3. In merito alla modellazione predisposta, si ribadisce che i dati di partenza impiegati, riferiti alla falda ed alle stratigrafie, sono costituiti dalle osservazioni ad oggi disponibili (in particolare si segnala che non sono disponibili letture ai piezometri rilevate in occasione di eventi di piena rilevanti). In assenza di osservazioni dirette i risultati sono pertanto da ritenersi indicativi. Si rimandano le conclusioni a quando saranno disponibili i risultati delle indagini dirette che consentiranno di tarare ed affinare il modello del moto di filtrazione delle acque sotterranee.

In considerazione di quanto esposto, i risultati della modellazione evidenziano quanto segue:

A. condizioni idrogeologiche ordinarie:

A.01 nell'area di studio la falda converge verso l'asse drenante del Fiume Po in diretta connessione con il livello idrometrico di magra;

A.02 non si evidenziano interferenze tra la falda e l'intervento (dettagli in Figura 12). La superficie della falda si attesta ad una quota pari a circa 215 m, a fronte di una quota delle fondazioni di 216.5 m e del pavimento in progetto di 218 m;

A.03 in merito all'escursione della falda si segnala che al momento non sono disponibili dati diretti. I dati dei piezometri gestiti dall'ARPA (i pozzi P22 e P29 risultano essere i più vicini all'area di interesse mostrano un'escursione compresa tra 0.5 e 0.7 m per il periodo di osservazione (2012-2017). La simulazione è stata attivata considerando i valori di falda più superficiali tra i valori disponibili, pertanto, sulla base delle informazioni accessibili, i valori risultano cautelativi;

A.04 non si evidenziano cambiamenti nella superficie freatica nelle condizioni ante e post-intervento.

B. transito nel Fiume Po della portata con tr 200 anni: nell'area di studio la falda converge verso l'asse drenante del Fiume Po (vedi Figura 13);

B.01 non si evidenziano interferenze tra la falda e l'intervento (dettagli in Figura 14). La superficie della falda si attesta ad una quota pari a circa 216 m, a fronte di una quota delle fondazioni di 216.50 m e del pavimento in progetto di 218,80 m;

B.02 non si evidenziano cambiamenti nella superficie freatica nelle condizioni ante e post-intervento.

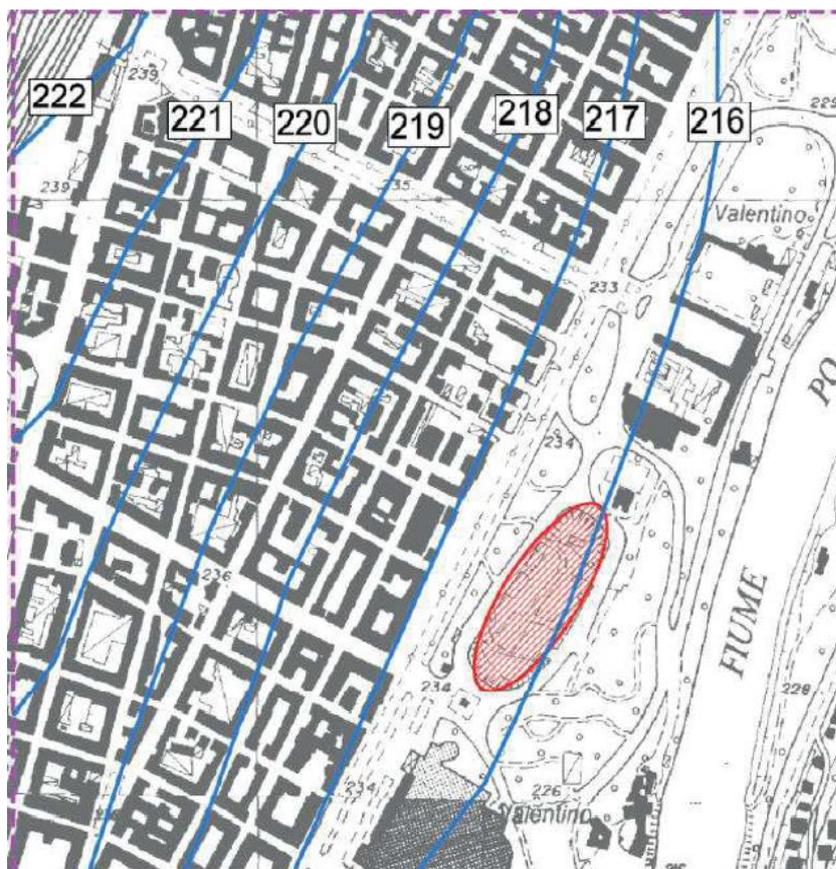


Figura 10 – Portata q355 - Isopieze Area Torino Esposizioni

La Figura 10 rappresenta le isopieze calcolate mediante il codice di calcolo MODFLOW. Caratterizzazione dello scenario in condizioni idrogeologiche ordinarie di falda in occasione del transito in Po della portata q355. In magenta il limite fisico del modello, in blu le isopieze, in rosso l'area di interesse.

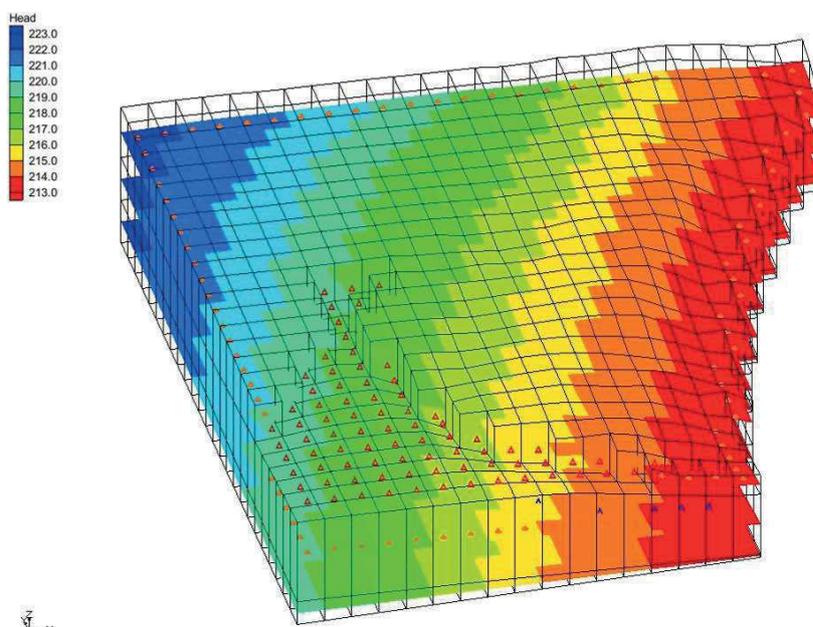


Figura 11 - Vista 3D dei risultati sovrapposti alla griglia di calcolo (condizioni ordinarie).

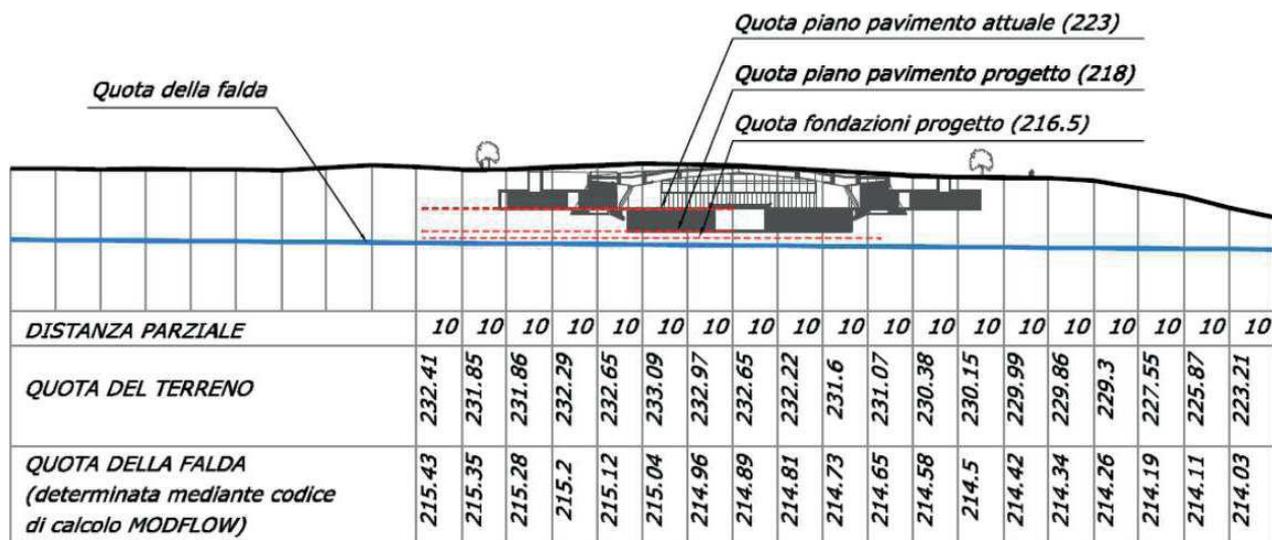


Figura 12 – Portata q355 - Quota di falda

La Figura 12 rappresenta in sezione la quota della falda calcolata con il codice di calcolo MODFLOW. Caratterizzazione dello scenario in condizioni idrogeologiche ordinarie di falda in occasione del transito in Po della portata q355.

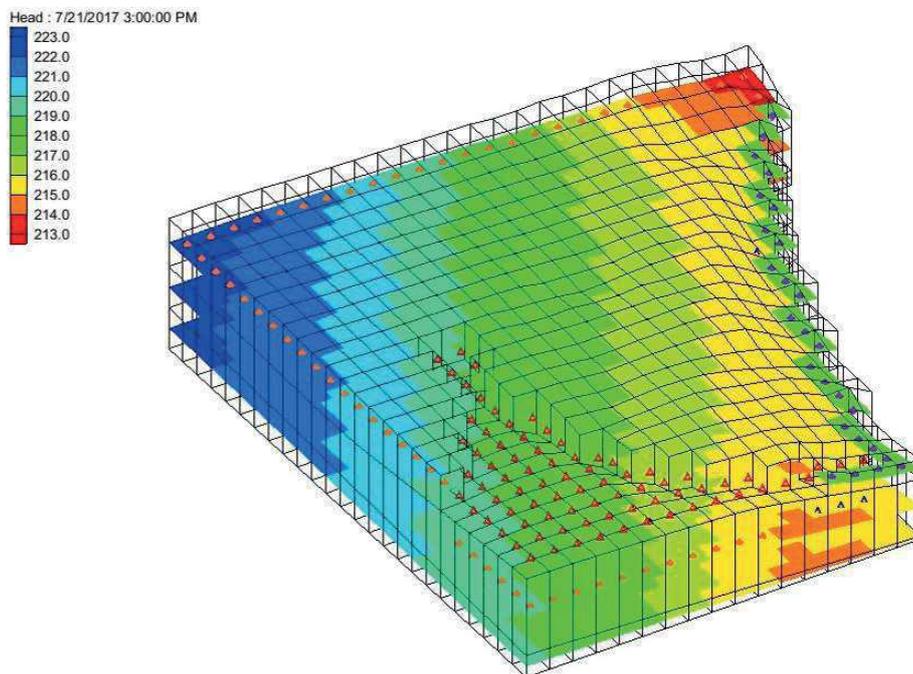


Figura 13 - Piana duecentennale - Rappresentazione Isopieze

La Figura 13 rappresenta le isopieze calcolate mediante il codice di calcolo MODFLOW. Caratterizzazione dello scenario in condizioni idrogeologiche di falda in occasione del transito in Po della portata di piena duecentennale (tr 200 anni). In magenta il limite fisico del modello, in blu le isopieze, in rosso l'area di interesse

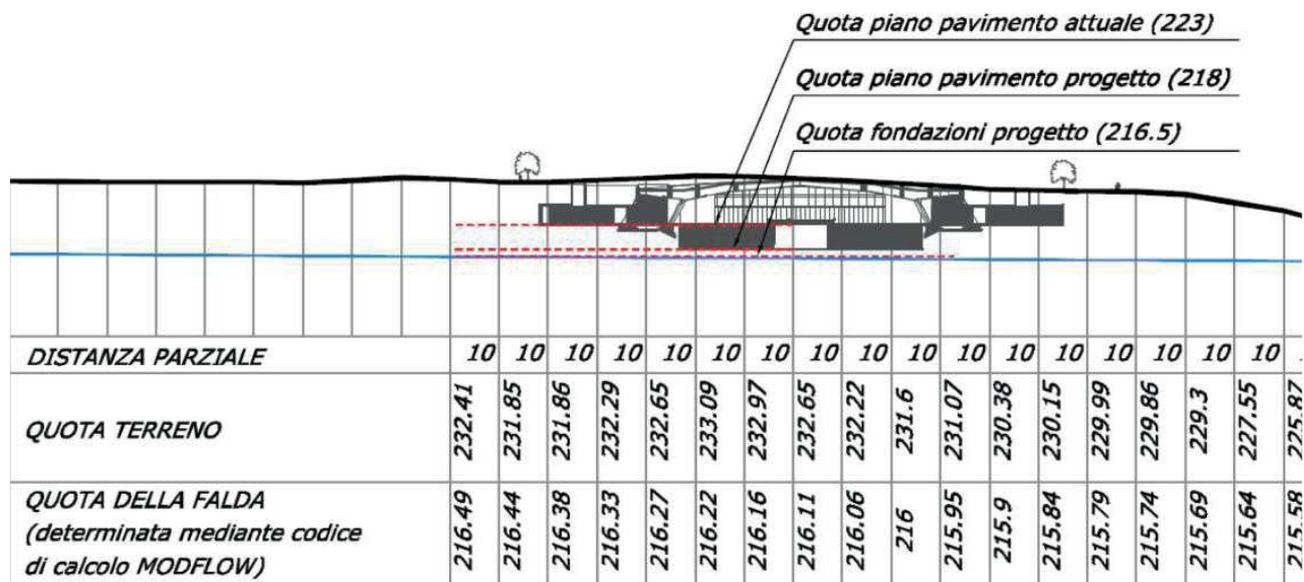


Figura 14 – Piena duecentennale – Quota di falda in sezione

Figura 14 - Rappresentazione in sezione della quota della falda calcolata con il codice di calcolo MODFLOW. Caratterizzazione dello scenario in condizioni idrogeologiche di falda in occasione del transito in Po della portata di piena duecentennale (tr 200 anni).

4 CONCLUSIONI

Gli approfondimenti predisposti riguardano le interferenze tra l'intervento, il livello di piena duecentennale del Po e la falda. A seguito delle indagini effettuate si conclude quanto segue:

1. Le indagini in merito al Po ed ai livelli della piena di riferimento (tr 200 anni), sono state condotte con riferimento ai valori riportati nel PGRA – 2016. Lo studio idraulico evidenzia che il livello del pelo libero del Po non ha influenza diretta sul sito dell'intervento in progetto.
2. Le indagini in merito alla falda sono state condotte con codice di calcolo alle differenze finite, operante in 3D, attivato in condizioni stazionarie (per indagare la condizione ordinaria) e transienti (per indagare gli effetti del transito della piena con tr 200 anni). Lo studio idrogeologico evidenzia quanto segue:

In condizioni idrogeologiche ordinarie di falda (transito della portata di magra nel Fiume Po q355):

- la falda converge verso l'asse drenante del Fiume Po in diretta connessione con il livello idrometrico di magra;
- non si evidenziano interferenze tra la falda e l'intervento. La superficie della falda si attesta ad una quota pari a circa 215 m, a fronte di una quota delle fondazioni di 216.5 m e del pavimento in progetto di 218 m;
- non si evidenziano cambiamenti nella superficie freatica nelle condizioni ante e post-intervento.

In condizioni idrogeologiche di falda perturbate (transito in Po della portata di piena tr 200 anni):

- nell'area di studio la falda converge verso l'asse drenante del Fiume Po;
- non si evidenziano interferenze tra la falda e l'intervento. La superficie della falda si attesta ad una quota pari a circa 216 m, a fronte di una quota delle fondazioni di 216.5 m e del pavimento in progetto di 218 m;
- non si evidenziano cambiamenti nella superficie freatica nelle condizioni ante e post-intervento.

In merito alla modellazione del comportamento delle acque sotterranee, si ribadisce che la modellazione è stata effettuata in assenza di dati diretti. Lo studio è stato condotto sulla base dei dati derivanti da sondaggi e pozzi ad oggi rinvenibili (in particolare si segnala che non sono disponibili letture ai piezometri rilevate in occasione di eventi di piena rilevanti). I risultati sono indicativi, pertanto si rimandano le conclusioni a quando saranno disponibili i dati derivanti dalle indagini dirette.

5 RIFERIMENTI

- Aquaveo (2017): GMS User Manual (v10.2) The Groundwater Modeling System, User manual;
- ARPA (2016): Analisi preliminare - Evento 21-26 novembre 2016;
- Autorità di Bacino del Fiume Po (1997): Piano Stralcio delle Fasce Fluviali - Norme di attuazione, Parma;
- Autorità di Bacino del Fiume Po (2001): PAI – Direttiva sulla piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica, Parma;
- Autorità di Bacino del Fiume Po (2015): Piano per la Valutazione e la Gestione del Rischio di alluvioni- Profili di piena dei corsi d’acqua del reticolo principale, Parma;
- Bernagozzi G. (2012): Studiare i flussi di falda con MODFLOW –Corso introduttivo:
- Città di Torino (2003): Studi idrogeologici di supporto alla Variante al PRGC, Torino;
- Fileccia A.: Corso di idrogeologia applicata, Università di Trieste (www.disgram.units.it/didattica/insegnamenti);
- Lancellotta R. (1993): Geotecnica, Zanichelli;
- Polithema Studio associato (2008): Intervento di restauro e rifunzionalizzazione del complesso “ex ristorante San Giorgio” al Borgo medioevale di Torino. Progetto di nuovo pozzo a servizio degli impianti tecnici. Domanda di nuova concessione di derivazione d’acqua – relazione tecnica integrativa (inedito);
- Prinetti T. (1888): I murazzi lungo il Po a Torino, Giornale del Genio Civile, Parte non ufficiale, 314-320;
- Regione Piemonte (2000): Rapporto sull’evento alluvionale del 13-16 ottobre 2000;
- Usgs (2013): MODFLOW–USG Version 1: An Unstructured Grid Version of MODFLOW for Simulating Groundwater Flow and Tightly Coupled Processes Using a Control Volume Finite-Difference Formulation, Reston Virginia.

6 APPENDICE A – Caratteristiche del codice di calcolo MODFLOW

La modellazione delle acque sotterranee rappresenta uno strumento per riprodurre i processi che si verificano nei sistemi idrogeologici naturali, sia nella fase di monitoraggio che in quella di previsione dell'effetto dell'interazione tra la falda e fattori esterni (come nel caso del presente studio). Questo tipo di analisi presuppone la conoscenza delle caratteristiche geologiche e idrogeologiche dell'acquifero oggetto di studio, al fine di ricostruire il campo di moto dell'acqua sotterranea.

L'analisi dei fenomeni di filtrazione a corredo del presente studio viene eseguita mediante il codice di calcolo MODFLOW. MODFLOW è una libreria software sviluppata da U.S. Geological

Survey basata sul codice di soluzione dell'equazione del flusso alle differenze finite (USGS – Mc Donald e Habaugh, 1988 – Public Domain). Creata nel 1980 e costantemente aggiornata, il suo utilizzo è ormai accettato a livello mondiale come riferimento e standard tecnologico. Sono disponibili numerose interfacce commerciali per pre-processare e post-processare i dati (es. GMS). Con MODFLOW, disponendo delle caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero oggetto di studio è possibile ricostruire le caratteristiche idrogeologiche dell'area di interesse introducendo fattori esterni naturali (es. pioggia, evapotraspirazione, ecc.) o di "disturbo" (es. pozzi, trincee drenanti, dreni, barriere, ecc.). MODFLOW utilizza un modello di calcolo modulare (MODular) per la simulazione del flusso (FLOW) delle acque sotterranee. Il modello, che opera con il metodo delle differenze finite simulando il flusso nelle tre dimensioni spaziali (x,y,z), offre la possibilità di simulare:

- diverse caratteristiche del sistema idrogeologico oggetto di studio (es. lussu da corpi idrici superficiali);
- lussi associati ad agenti artificiali e naturali (es. pozzi, ricarica, drenaggi, ecc.);
- differenti tipi di acquifero: libero, confinato, semiconfinato;
- anisotropia nelle caratteristiche dell'acquifero.

La simulazione può essere attivata in regime di flusso stazionario o di transizione.

Il movimento tridimensionale dell'acqua sotterranea (a densità costante) attraverso un mezzo poroso viene sviluppato con il metodo delle differenze finite derivante dall'equazione di continuità: la somma di tutti i flussi in ingresso ed in uscita dalle celle deve essere uguale alla variazione di storage (volume di acqua ricevuto o rilasciato quando il gradiente varia) nella cella.

Assumendo costante la densità dell'acqua, l'equazione di continuità che esprime il bilancio del flusso per una cella è: $\sum Q_i = S_s \Delta h \Delta V$ dove:

Q_i = velocità di flusso di una cella

S_s = "storage" specifico; volume di acqua che può essere immagazzinata per variazione unitaria di carico idraulico (L-1)

Δh = volume di una cella (L³)

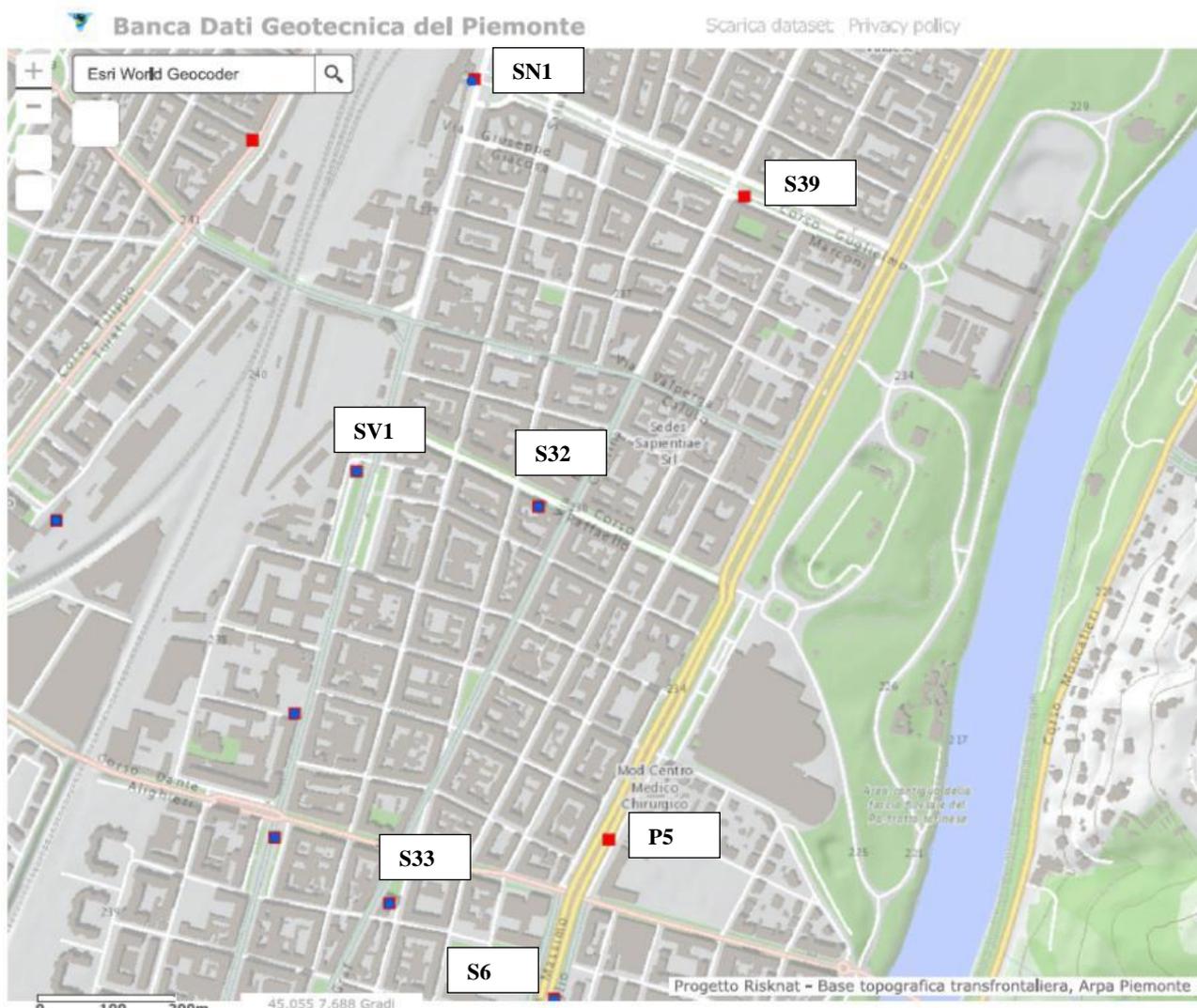
ΔV = variazione di carico idraulico nell'intervallo di tempo Δt

Il termine ΔV è equivalente al volume di acqua immagazzinata in un intervallo di tempo Δt per una data variazione di carico idraulico Δh . L'equazione viene definita in termini di ingresso e guadagno in storage: uscite e perdite vengono rappresentate definendo le uscite come flussi negativi e le perdite come guadagni negativi. Flussi esterni all'acquifero (drenaggi, ricarica, ecc.) dipendenti in qualche modo dal carico idraulico rappresentano per ogni cella un termine dell'equazione. Per ogni cella si costruisce l'equazione e quindi si risolve il sistema.

La distribuzione iniziale del carico idraulico fornisce un valore (h) per ogni nodo della griglia all'inizio del primo intervallo di tempo (*time step*). La soluzione viene approssimata calcolando il valore di h per ciascuno dei *time step* per ogni nodo della griglia (ad ogni *time step* il sistema di equazioni viene riformulato) iniziando con l'assegnare un valore arbitrario (h₀).

Il codice di calcolo sviluppa un metodo numerico iterativo per ottenere la soluzione del sistema di equazioni implementate per ogni *time step*. La procedura si ripete con valori che soddisfano con approssimazione crescente il sistema di equazioni. Il modello consente di scegliere tra differenti criteri di chiusura per arrestare le iterazioni.

7 ALLEGATO 1 – DATI TRATTI DALLA BANCA DATI GEOTECNICA DEL PIEMONTE



Banca Dati Geotecnica del Piemonte Scarica dataset Privacy policy

Feri World Geocoder

Perforazioni: P5

Codice perforazione	9983975
Nome perforazione	P5
Comune	TORINO
Codice ISTAT	001272
Provincia	TO
Località	corso Massimo d'Azeglio
Codice sezione CTR	156130
Nome sezione CTR	TORINO SUD-EST
Data inizio perforazione	
Data fine perforazione	
Cantiere	Area ex ISVOR
Formazione geologica	Depositi fluvio-glaciali ghiaioso-sabbiosi con paleosuolo rosso-arancio (Pleistocene)
Quota piano campagna (m s.l.m.)	258,00
Profondità sondaggio (m)	25,00
Livello falda freatica (m)	
Diametro perforazione (mm)	
Diametro rivestimento (mm)	
Inclinazione	
Tecnica di perforazione	non conosciuta
Tipo materiale	terreno
Tipo di perforazione	sondaggio
Tipo sonda	
Utensile di perforazione	non conosciuto
Prova SPT	-
Prova NSPT	Altre informazioni
Numero campioni	0
Prova permeabilità	-
Stratigrafia semplificata	Altre informazioni
Stratigrafia originate	-



Stratigrafia semplificata

I dati contenuti in questo servizio hanno finalità unicamente divulgative e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiti differenti da quelli originali.

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
P5	TORINO	TO	corso Massimo d'Azeglio
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
		25,00	Area ex ISVOR

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
9983975	3,00	ghiaia sabbiosa con ciottoli
9983975	3,30	ciottoli
9983975	4,80	ghiaia sabbiosa con frequenti ciottoli
9983975	5,00	ciottoli con ghiaia
9983975	10,30	sabbia e ghiaia; presenza di ciottoli
9983975	18,00	sabbia sciolta
9983975	25,00	ciottoli e sabbia

A cura di SIGIS - Sistema Informativo Geologico di ARPA Piemonte

[Contatta SIGIS](#)

Versione 1,0 2015 - Esecuzione: 2017-07-26 03:10:11pm



Questo lavoro è distribuito con Licenza [Creative Commons Attribuzione 3.0 Italia](#).

Banca Dati Geotecnica del Piemonte [Scarica dataset](#) [Privacy policy](#)

Ferri World Geocoder (1 di 7)

Perforazioni: 532

Codice perforazione	108853
Nome perforazione	S32
Comune	TORINO
Codice ISTAT	001272
Provincia	TO
Località	Torino, corso Raffaele
Codice sezione CTR	156090
Nome sezione CTR	TORINO NORD-EST
Data inizio perforazione	3/8/2001
Data fine perforazione	3/8/2001
Cantiere	Ipotesi di tracciato di Via Madama Cristina
Formazione geologica	Depositi fluvio-glaciali ghiaioso-sabbiosi con paleosuolo rosso-arancio (Pleistocene)
Quota piano campagna (m s.l.m.)	236,00
Profondità sondaggio (m)	47,00
Livello falda freatica (m)	15,80
Diametro perforazione (mm)	101
Diametro rivestimento (mm)	
Inclinazione	0
Tecnica di perforazione	rotazione a carotaggio continuo
Tipo materiale	terreno
Tipo di perforazione	sondaggio
Tipo sonda	
Utensile di perforazione	carotiere semplice o doppio
Prova SPT	Altre informazioni
Prova NSPT	Altre informazioni
Numero campioni	6
Prova permeabilità	-
Stratigrafia semplificata	Altre informazioni
Stratigrafia originale	Altre informazioni



Stratigrafia semplificata

I dati contenuti in questo servizio hanno finalità unicamente informative e pertanto ARPA Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiti differenti da quello originale.

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
S32	TORINO	TO	Torino, corso Raffaele
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
3/8/2001	3/8/2001	47,00	Ipotesi di tracciato di Via Madama Cristina
Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione	
108853	0,70	frammenti di asfalto e pietre sabbiose debolmente limose	
108853	1,20	limo sabbioso	
108853	1,90	ghiaie grosse con ciottoli sabbiosi	
108853	3,10	sabbia fine ghiaiosa con tracce di ciottoli	
108853	3,70	trevanti	
108853	8,90	sabbia fine ghiaiosa ciottolosa debolmente limosa, presenza di frammenti di trovanti	
108853	11,40	ghiaie grosse con sabbia media ciottolosa limosa, presenza di frammenti di trovanti	
108853	15,00	sabbia fine con ghiaie medio ciottolosa debolmente limosa	
108853	17,00	sabbia fine con limo, con tracce di ghiaie grosse	
108853	18,30	sabbia fine limosa con tracce di ghiaie media	
108853	20,80	sabbia media con ghiaie grosse ciottolosa limosa, presenza di trovanti	
108853	24,00	sabbia fine ghiaiosa debolmente limosa e debolmente ciottolosa	
108853	27,00	sabbia media ghiaiosa ciottolosa debolmente limosa	
108853	30,00	ghiaie grosse con sabbia media ciottolosa	
108853	33,20	sabbia media con ghiaie media debolmente ciottolosa e debolmente limosa	
108853	36,00	ghiaie media con sabbia grossa ciottolosa limosa	
108853	42,50	limo sabbioso debolmente argilloso	
108853	47,00	limo argilloso debolmente sabbioso	

A cura di S3Geo - Sistema Informativo Geologico di ARPA Piemonte

[Consulta S3Geo](#)

Versione 1.0 2015 - Esecuzione: 2017-07-26 09:12:34pm





Log stratigrafico originale

I dati contenuti in questo servizio hanno finalità unicamente divulgative e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errate interpretazioni o applicazioni scorrette dei dati in ambiti differenti da quelli originali.

Codice Perforazione	Cantiere	Profondità (m)	Falda freatica (m)
108853	Ipotesi di tracciato di Via Madama Cristina	47,00	15,00

Banca Dati Geotecnica del Piemonte

Scarica dataset Privacy policy



Perforazioni: S39

Codice perforazione	108868
Nome perforazione	S39
Comune	TORINO
Codice ISTAT	001272
Provincia	TO
Località	Torino, via Guglielmo Marconi
Codice sezione CTR	156090
Nome sezione CTR	TORINO NORD-EST
Data inizio perforazione	10/9/2001
Data fine perforazione	10/9/2001
Cantiere	Ipotesi di tracciato di Via Madama Cristina
Formazione geologica	Depositi fluvio-glaciali ghiaioso-sabbiosi con paleosuolo rosso-arancio (Pleistocene)
Quota piano campagna (m s.l.m.)	235,00
Profondità sondaggio (m)	38,00
Livello falda freatica (m)	14,50
Diametro perforazione (mm)	101
Diametro rivestimento (mm)	
Inclinazione	0
Tecnica di perforazione	rotazione a carotaggio continuo
Tipo materiale	terreno
Tipo di perforazione	sondaggio
Tipo sonda	
Utensile di perforazione	carotiere semplice o doppio
Prova SPT	-
Prova NSPT	Altre informazioni
Numero campioni	0
Prova permeabilità	-
Stratigrafia semplificata	Altre informazioni
Stratigrafia originale	Altre informazioni



Stratigrafia semplificata

I dati contenuti in questo servizio hanno finalità unicamente divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiti differenti da quelli originali.

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
S39	TORINO	TO	Torino, via Guglielmo Marconi
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
10/9/2001	10/9/2001	36,00	Ipotesi di tracciato di Via Madama Cristina

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
108868	2,20	sabbia fine con ghiaia grossa ciottolosa, presenza di grossi frammenti di pietre e mattoni
108868	2,40	limo sabbioso
108868	4,20	ghiaia grossa con sabbia media ciottolosa debolmente limosa, presenza di livelli sabbiosi ghiaiosi cementati
108868	5,00	sabbia fine con ghiaia media ciottolosa, con tracce di limo
108868	6,00	limo con sabbia fine debolmente ghiaioso
108868	7,80	sabbia fine con limo ghiaiosa
108868	9,00	ghiaia grossa con sabbia fine ciottolosa, presenza di trovante
108868	10,30	sabbia fine con ghiaia media debolmente limosa, con tracce di ciottoli
108868	12,20	ghiaia media con sabbia media ciottolosa debolmente limosa, presenza di frammenti di trovanti
108868	14,50	sabbia fine con ghiaia media ciottolosa debolmente limosa
108868	17,90	sabbia media con ghiaia media limosa ciottolosa
108868	19,30	limo con sabbia media ciottolosa ghiaioso, presenza di frammenti di trovanti
108868	21,00	sabbia grossa con ghiaia media ciottolosa limosa
108868	22,00	sabbia media ghiaiosa ciottolosa debolmente limosa
108868	25,00	sabbia fine con ghiaia media limosa ciottolosa, presenza di trovanti
108868	27,00	sabbia media con ghiaia grossa limosa
108868	29,00	sabbia media con ghiaia media limosa ciottolosa
108868	31,40	ghiaia grossa con sabbie media ciottolosa debolmente limose, presenza di frammenti di ciottoli granitici
108868	31,50	trovante
108868	33,00	sabbia media ghiaiosa limosa debolmente ciottolosa
108868	35,40	ghiaia grossa con sabbia media ciottolosa debolmente limosa
108868	36,80	sabbia media ghiaiosa limosa con tracce di ciottoli
108868	38,00	limo con sabbia fine debolmente ghiaioso

A cura di SIGEO - Sistema Informativo Geologico di ARPA Piemonte

[Consulta SIGEO](#)

Versione 1.0 2015 - Esecuzione: 2017-07-26 09:17:10pm



Log stratigrafico originale

I dati contenuti in questo servizio hanno finalità unicamente divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiti differenti da quelli originali.

Codice Perforazione	Cantiere	Profondità (m)	Palda freatica (m)
108868	Ipotesi di tracciato di Via Madama Cristina	36,00	14,50

Immagine (accesso riservato)

[Clicca per aprire](#)



Perforazione

I dati contenuti in questo servizio hanno finalità unicamente divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiti differenti da quelli originali.

Codice perforazione	Nome perforazione	Comune	Codice ISTAT	Provincia	Località	Codice Tavolettina CTR	Nome Tavolettina CTR	Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Cantiere
952	S6	TORINO	001272	TO	Corso Massimo Via Canova (Molinette) in Torino	156130	TORINO SUD-EST	2/6/1991	4/7/1991	Corso Massimo

Formazione Geologica	Quota piano campagna (m s.l.m.)	Profondità sondaggio (m)	Livello falda freatica (m P.c.s.)	Diametro perforazione (mm)	Diametro rivestimento (mm)	Inclinazione (°)	Tecnica di perforazione	Tipo materiale perforazione	Tipo perforazione	Tipo sonda	Utensile
Depositi fluvio-glaciali ghiaioso-sabbiosi con pebbles e sassi (Holocene)	233,00	15,00	14,40	101	127	0	rotazione e carotaggio continuo	terreno	sondaggio		carotiere semplice e doppio

Stratigrafia semplificata	Prova SPT	Prova NSPT (proximità alla perforazione 250m e 500m)	Permeabilità	Campioni	Immagini
Clicca per aprire	Clicca per aprire	Clicca per aprire	Prova non realizzata	Clicca per aprire	Clicca per aprire



Stratigrafia semplificata

I dati contenuti in questo servizio hanno finalità unicamente divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiti differenti da quelli originali.

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
S6	TORINO	TO	Corso Massimo Via Canova (Molinette) in Torino

Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
2/6/1991	4/7/1991	15,00	Corso Massimo

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
952	0,90	sabbia con ghiaia e laterizi
952	1,50	limo con sabbia debolmente argillosa con frammenti di laterizi
952	1,80	sabbia con ghiaia debolmente limosa rari ciottoli
952	2,40	sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa rari laterizi in frammenti
952	4,40	sabbia con ghiaia eterometrica debolmente limosa ciottoli in subordine
952	5,00	ghiaia fine media con sabbia
952	5,50	sabbia con ghiaia fine media con tracce di limo
952	7,80	ghiaia fine media con sabbia
952	9,10	sabbia con ghiaia eterometrica debolmente limosa rari ciottoli
952	11,40	ghiaia fine media con sabbia debolmente limosa ciottoli in subordine
952	12,00	sabbia fine con limo
952	12,90	limo con argilla e sabbia rara ghiaia eterometrica
952	15,00	sabbia con ghiaia eterometrica alterata limosa



Stratigrafia semplificata

I dati contenuti in questo servizio hanno finalità unicamente divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiti differenti da quelli originali.

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
SN1	TORINO	TO	Torino, via Guglielmo Marconi
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
20/3/2003	20/3/2003	35,00	Ipotesi di tracciato di Via Madama Cristina

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
108901	1,60	ghiaia grossa e ciottoli con sabbia fine debolmente limosa presenza di frammenti di mattoni e pietre
108901	1,80	limo ghiaioso
108901	6,00	sabbia ghiaiosa ciottolosa con tracce di limo, presenza di livelli cementati
108901	11,00	sabbia fine ghiaiosa debolmente ciottolosa e debolmente limosa
108901	12,00	sabbia media con ghiaia media limosa debolmente ciottolosa
108901	12,30	ciottoli e ghiaia media sabbiosa
108901	14,00	sabbia media con ghiaia media limosa ciottolosa
108901	15,30	sabbia fine ghiaiosa debolmente limosa
108901	16,50	ghiaia media con sabbia fine limosa ciottolosa, presenza di frammenti di trovanti
108901	18,00	sabbia fine ghiaiosa debolmente ciottolosa e debolmente limosa
108901	20,80	ghiaia media con sabbia fine ciottolosa limosa
108901	22,50	sabbia fine ghiaiosa limosa
108901	24,00	sabbia fine con ghiaia media ciottolosa limosa
108901	27,00	ghiaia media con sabbia media ciottolosa debolmente limosa, presenza di trovanti
108901	32,00	sabbia media debolmente ghiaiosa e debolmente limosa con tracce di ciottoli
108901	34,00	sabbia fine limosa ghiaiosa con tracce di argilla
108901	35,00	sabbia fine con ghiaia media ciottolosa debolmente limosa

A cura di SIGeo - Sistema Informativo Geologico di ARPA Piemonte

[Contatta SIGeo](#)

Versione 1,0 2015 - Esecuzione: 2017-07-26 03:19:39pm



Log stratigrafico originale

I dati contenuti in questo servizio hanno finalità unicamente divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiti differenti da quelli originali.

Codice Perforazione	Cantiere	Profondità (m)	Falda freatica (m)
108901	Ipotesi di tracciato di Via Madama Cristina	35,00	15,00

Immagine (accesso riservato)

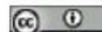
[Clicca per aprire](#)

[Clicca per aprire](#)

A cura di SIGeo - Sistema Informativo Geologico di ARPA Piemonte

[Contatta SIGeo](#)

Versione 1,0 2015 - Esecuzione: 2017-07-26 03:20:27pm



Esri World Geocenter (1 di 5)

Perforazioni: S33

Codice perforazione	108854
Nome perforazione	S33
Comune	TORINO
Codice ISTAT	001272
Provincia	TO
Località	Torino, corso Dante
Codice sezione CTR	156130
Nome sezione CTR	TORINO SUD-EST
Data inizio perforazione	27/7/2001
Data fine perforazione	27/7/2001
Cantiere	Ipotesi di tracciato di Via Madama Cristina
Formazione geologica	Depositi fluvio-glaciali ghiaioso-sabbiosi con paleosuolo rosso-arancio (Pleistocene)
Quota piano campagna (m s.l.m.)	236,00
Profondità sondaggio (m)	32,00
Livello falda freatica (m)	15,40
Diametro perforazione (mm)	101
Diametro rivestimento (mm)	
Inclinazione	0
Tecnica di perforazione	rotazione a carotaggio continuo
Tipo materiale	terreno e roccia
Tipo di perforazione	sondaggio
Tipo sonda	
Utensile di perforazione	carotiere semplice o doppio
Prova SPT	Altre informazioni
Prova NSPT	Altre informazioni
Numero campioni	4
Prova permeabilità	-
Stratigrafia semplificata	Altre informazioni
Stratigrafia originale	Altre informazioni



Stratigrafia semplificata

I dati contenuti in questo servizio hanno finalità unicamente divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiti differenti da quelli originali.

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
S33	TORINO	TO	Torino, corso Dante
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
27/7/2001	27/7/2001	32.00	Ipotesi di tracciato di Via Madama Cristina

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
108854	3.00	sabbia fine con ghiaia grossa ciottolosa , con tracce di limo e resti vegetali
108854	3.20	ciottoli
108854	4.00	sabbia fine limosa ghiaiosa con tracce di ciottoli e frammenti di mattoni
108854	6.80	limo sabbioso con tracce di ghiaia fine
108854	7.00	trovante
108854	9.00	sabbia media con ghiaia media ciottolosa debolmente limosa
108854	9.30	trovante
108854	12.00	ghiaia media con sabbia grossa limosa debolmente ciottolosa
108854	12.20	trovante
108854	15.00	sabbia fine ghiaiosa debolmente ciottolosa
108854	16.80	sabbia media ghiaiosa debolmente limosa con tracce di ciottoli
108854	18.00	frammenti di trovanti e ghiaia grossa limosa sabbiosa
108854	19.20	ghiaia grossa e ciottoli con sabbia fine debolmente limosa
108854	21.00	sabbia media ghiaiosa ciottolosa debolmente limosa
108854	21.20	trovante
108854	23.40	sabbia media con ghiaia media ciottolosa debolmente limosa
108854	27.00	ghiaia grossa con sabbia fine ciottolosa debolmente limosa , presenza di frammenti di trovanti
108854	29.00	sabbia grossa con ghiaia grossa ciottolosa limosa , presenza di frammenti di trovanti
108854	32.00	sabbia media con ghiaia media ciottolosa debolmente limosa

Banca Dati Geotecnica del Piemonte Scarica dataset Privacy policy

Feri World Geocoder (1 di 4)

Perforazioni: SV1

Codice perforazione	108921
Nome perforazione	SV1
Comune	TORINO
Codice ISTAT	001272
Provincia	TO
Località	Torino
Codice sezione CTR	156090
Nome sezione CTR	TORINO NORD-EST
Data inizio perforazione	8/10/2004
Data fine perforazione	8/10/2004
Cantiere	Ipotesi di tracciato di Via Madama Cristina
Formazione geologica	Depositi fluvio-glaciali ghiaioso-sabbiosi con paleosuolo rosso-arancio (Pleistocene)
Quota piano campagna (m s.l.m.)	236,00
Profondità sondaggio (m)	35,00
Livello falda freatica (m)	16,00
Diametro perforazione (mm)	101
Diametro rivestimento (mm)	
Inclinazione	0
Tecnica di perforazione	rotazione a carotaggio continuo
Tipo materiale	terreno
Tipo di perforazione	sondaggio
Tipo sonda	
Utensile di perforazione	carotiere semplice o doppio
Prova SPT	Altre informazioni
Prova NSPT	Altre informazioni
Numero campioni	3
Prova permeabilità	-
Stratigrafia semplificata	Altre informazioni
Stratigrafia originale	Altre informazioni



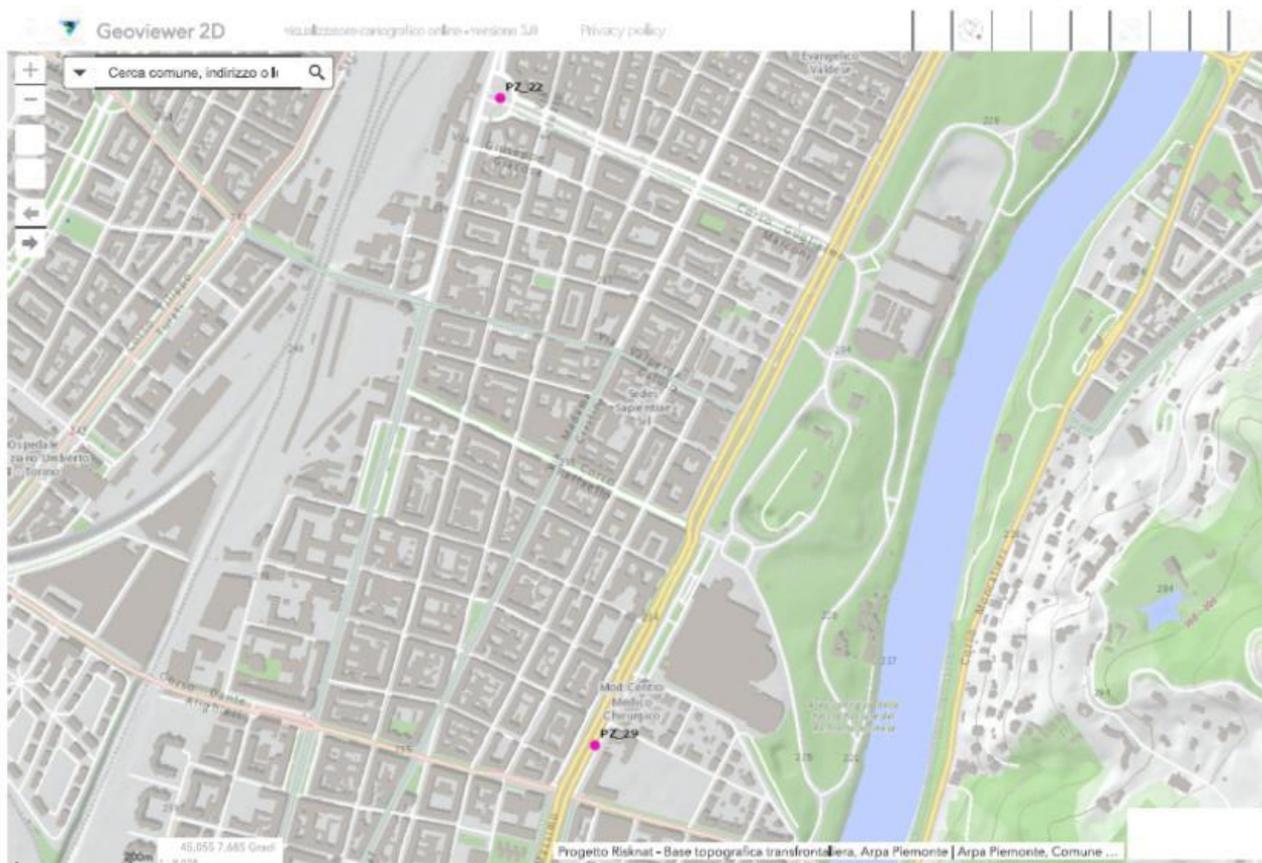
Stratigrafia semplificata

I dati contenuti in questo servizio hanno finalità unicamente divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiti differenti da quelli originali.

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
SV1	TORINO	TO	Torino
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
8/10/2004	8/10/2004	35,00	Ipotesi di tracciato di Via Madama Cristina

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
108921	1.20	sabbia fine ghiaiosa debolmente ciottolosa
108921	3.10	ghiaia media con sabbia fine ciottolosa debolmente limosa
108921	6.20	sabbia fine con ghiaia media debolmente ciottolosa con tracce di limo
108921	8.80	sabbia grossa ghiaiosa ciottolosa debolmente limosa
108921	12.00	ghiaia media con sabbia fine ciottolosa con tracce di limo
108921	12.30	ghiaia grossa e ciottoli sabbiosa
108921	14.80	sabbia media con ghiaia media ciottolosa debolmente limosa
108921	16.00	limo sabbioso con tracce di torba
108921	18.00	sabbia media limosa ghiaiosa debolmente ciottolosa
108921	18.20	ciottoli e ghiaia grossa
108921	19.80	sabbia media con ghiaia media limosa ciottolosa
108921	20.70	limo con sabbia fine con tracce di argilla
108921	24.00	ghiaia media con sabbia media limosa ciottolosa
108921	26.70	sabbia grossa con ghiaia media ciottolosa limosa , presenza di trovanti
108921	30.00	ghiaia media con sabbia grossa ciottolosa debolmente limosa
108921	35.00	ghiaia grossa con sabbia media ciottolosa debolmente limosa , presenza di trovanti

8 ALLEGATO 2 – DATI TRATTI DALLA RETE PIEZOMETRICA METROPOLITANA



Pozzi Torino

Note	Codice progressivo 10SMN
Profondità (m)	21,00
Profondità inizio finestratura (m su p.c.)	
Profondità fine finestratura (m su p.c.)	
Diametro tubo	4,00
Unità di misura diametro pozzo	pollici
Tipo Chiusura	Chiusino
Tipo pozzo	Pavimento
Soggetto Misuratore	ARPA Piemonte - SC22
Proprietario	Citta' di Torino
Nome Sito	GTT Metro
Indirizzo Sito	
Quota di riferimento (m)	237,20
Località	Largo Marconi - GTT Metro - Staz.Marconi
Comune	TORINO
Codice Pozzo	PZ_22
Data realizzazione	Luglio 3, 2000
Pozzo Campionabile	Si
X WGS84 (m)	395.847
Y WGS84 (m)	4.990.141
Link monografia	
Tipo misurazione posizione	Fornite dal proprietario
Link soggiacenza	Altre informazioni
Link perforazione	Altre informazioni
Link immagini	Altre informazioni
Geometria	



Soggiacenza

I dati contenuti in questo servizio hanno finalità unicamente divulgative e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiti differenti da quelli originali.

Codice piezometro	Comune	Sito	Indirizzo	Località
PZ_22	TORINO	GTT Metro		Largo Marconi - GTT Metro - Staz. Marconi

Data misura	Soggiacenza (m su p.c.)	Grado attendibilità della misura
2012-05-07	15,23	Attendibile
2012-09-20	15,23	Attendibile
2013-08-27	14,82	Attendibile
2013-10-15	15,10	Attendibile
2014-04-09	14,91	Attendibile
2014-09-30	15,10	Attendibile
2015-09-28	15,00	Attendibile
2016-07-08	15,22	Attendibile
2016-12-07	15,02	Attendibile
2017-09-15	15,15	Attendibile



Pozzi Torino

Note	Codice progressivo P5
Profondità (m)	25,00
Profondità inizio finestratura (m su p.c.)	14,00
Profondità fine finestratura (m su p.c.)	25,00
Diametro tubo	3,00
Unità di misura diametro pozzo	pollici
Tipo Chiusura	Chiusino
Tipo pozzo	Pavimento
Soggetto Misuratore	ARPA Piemonte - SC22
Proprietario	
Nome Sito	EX ISVOR
Indirizzo Sito	
Quota di riferimento (m)	231,90
Località	Corso Massimo d'Azeglio
Comune	TORINO
Codice Pozzo	PZ_29
Data realizzazione	
Pozzo Campionabile	Si
X WGS84 (m)	395.991
Y WGS84 (m)	4.989.035
Link monografia	
Tipo misurazione posizione	Fornite dal proprietario
Link soggiacenza	Altre informazioni
Link perforazione	-
Link immagini	-
Geometria	



Soggiacenza

I dati contenuti in questo servizio hanno finalità unicamente divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione e applicazione scorretta dei dati in ambiti differenti da quelli originali.

Codice piezometro	Comune	Sito	Indirizzo	Località
PZ_29	TORINO	EX ISVOR		Corso Massimo d'Azeglio

Data misura	Soggiacenza (m su p.c.)	Grado attendibilità della misura
2012-05-07	16,34	Attendibile
2012-09-20	16,54	Attendibile
2013-05-27	15,75	Attendibile
2013-10-15	16,40	Attendibile
2014-04-09	16,26	Attendibile
2014-09-30	16,40	Attendibile
2015-09-29	16,14	Attendibile
2016-07-08	16,19	Attendibile
2016-12-21	16,12	Attendibile
2017-05-27	16,18	Attendibile



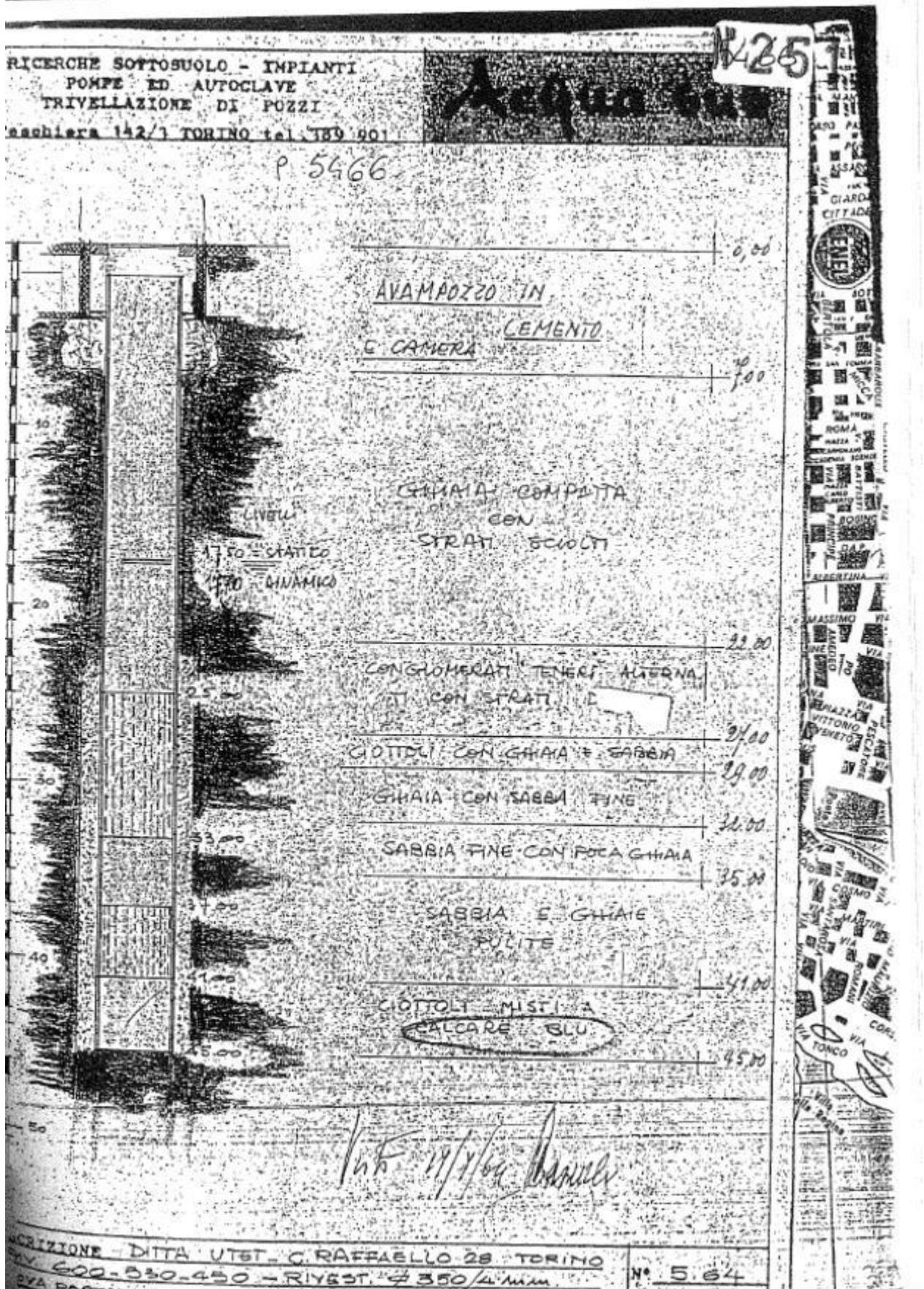
Stratigrafia semplificata

I dati contenuti in questo servizio hanno finalità unicamente divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione e applicazione scorretta dei dati in ambiti differenti da quelli originali.

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
SN1	TORINO	TO	Torino, via Guglielmo Marconi

Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
20/3/2003	20/3/2003	35,00	Ipotesi di tracciato di Via Madonna Cristina

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
108901	1,60	ghiaia grossa e ciottoli con sabbia fine debolmente limosa presenza di frammenti di mattoni e pietre
108901	1,80	limo ghiaioso
108901	6,00	sabbia ghiaiosa ciottolosa con tracce di limo , presenza di livelli cementati
108901	11,00	sabbia fine ghiaiosa debolmente ciottolosa e debolmente limosa
108901	12,00	sabbia media con ghiaia media limosa debolmente ciottolosa
108901	12,30	ciottoli e ghiaia media sabbiosa.
108901	14,00	sabbia media con ghiaia media limosa ciottolosa
108901	15,30	sabbia fine ghiaiosa debolmente limosa
108901	16,50	ghiaia media con sabbia fine limosa ciottolosa , presenza di frammenti di trovanti
108901	18,00	sabbia fine ghiaiosa debolmente ciottolosa e debolmente limosa
108901	20,80	ghiaia media con sabbia fine ciottolosa limosa
108901	22,50	sabbia fine ghiaiosa limosa
108901	24,00	sabbia fine con ghiaia media ciottolosa limosa
108901	27,00	ghiaia media con sabbia media ciottolosa debolmente limosa , presenza di trovanti
108901	32,00	sabbia media debolmente ghiaiosa e debolmente limosa con tracce di ciottoli
108901	34,00	sabbia fine limosa ghiaiosa con tracce di argilla
108901	35,00	sabbia fine con ghiaia media ciottolosa debolmente limosa





una piccola di ogni numero del
reticolato. Questi sono utili
solo nei calcoli.

ga le curve di idrostaticità
Preparare parimenti la designa

1/1000000

1130

599

