COMUNE DI FINALE LIGURE

Provincia di Savona



P.U.O. SUB DISTRETTO DI TRASFORMAZIONE DT1b
AREE PIAGGIO

committente

Piaggio Aero Industries S.p.a.

Via Cibrario 4, 16154 Genova

ARCHeT
SERVIZI PER ARCHITETTURA e TERRITORIO
SOCIETA' CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2000 CERTIFICATO RINA n.° 10005/03/S

responsabile progettazione

arch. PierGiorgio CASTELLARI

piazza del Popolo 3/8, 17100 Savona
tel 019 804597 - fax 019 8486939
e-mail archet@archet.it

arch. Valter CATTANEO

via Garibaldi 17, 17027 Pietra Ligure (SV)
tel 019 625320 - fax 019 629837
architetto.cattaneo@libero.it

consulenza per le tematiche geologiche

prof geol Pietro MAIFREDI

Studio Associato Maifredi
Via dei Giustiniani 26-1 16123 Ganova
tel. 0102471157 - fax 0239195539
e-mail mifredigeo@mclink.it

oggetto

Approfondimenti sulle problematiche idrogeologiche

elaborato

G1 bis

data giugno 2008

scala

cod.	003006	percorso file Archivio su server/utente base/003-006 Piaggio/PUO/consegne/Regione 7-4-08/elab G1	redatto	corretto	approvato
data	27-07-2007	motivo emissione per conferenza dei servizi	Maifredi	Maifredi	castellari-cattaneo
data	31-03-2008	motivo Aggiornamenti. Emissione per conferenza dei servizi	Maifredi	Maifredi	castellari-cattaneo
data		motivo			
data		motivo			
data		motivo			
data		motivo			
data		motivo			

PIETRO MAIFREDI
geologo, prof in geologia applicata
Università di Genova

COMUNE DI FINALE LIGURE
(Provincia di Savona)

APPROFONDIMENTI SULLE PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE NELL'AMBITO DELLA RELAZIONE DI SCREENING RELATIVA ALLA *"INDAGINE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA PER IL PROGETTO DI P.U.O SUB DISTRETTO DI TRASFORMAZIONE DTb - AREE PIAGGIO"*

Premessa

L'evolversi della progettazione nell'ambito del sub distretto in epigrafe ha portato a modificare il piano di imposta degli edifici che in un primo tempo non avevano alcuna interferenza con la zona satura dei terreni sedimentari sciolti che costituiscono il fondovalle del tratto terminale del T. Pora.

Le considerazioni che seguono costituiscono un approfondimento più dettagliato rispetto a quelle esposte nello studio di fattibilità geologica del progetto e si sono rese necessarie per valutare quali perturbazioni -si vedrà che sono minime e persino positive- potrebbero derivare dal fatto che una parte degli edifici interessano la parte superficiale della falda freatica.

Per quanto riguarda le caratteristiche dei terreni, si sono utilizzati soprattutto i dati raccolti dagli studi degli ingegneri Galli e Maione associati (di seguito G.&M.), per gli aspetti idraulici degli interventi di messa in sicurezza del tratto terminale del T. Pora, nonché le conoscenze dirette e bibliografiche dello scrivente.

a) caratteristiche dei terreni in substrato

L'acquifero alluvionale costiero del T. Pora, nel tratto interessato dall'intervento, è costituito da sedimenti sciolti, in prevalenza ghiaie e sabbie, depositati in un'ampia valle il cui substrato è costituito in sponda destra da calcari dolomitici e probabilmente quarziti di età triassica (formazioni delle dolomie di S. Pietro a Monti e delle Quarziti di Ponte di Nava) e forse, in profondità, anche da calcari puri (Formazione dei calcari di Val Tanarello, del Malm), ed in sponda sinistra da rocce metamorfiche di età permiana (formazione degli scisti di Gorra)

Le formazioni calcaree sono permeabili per fessurazione e localmente per carsismo, ma comunque molto meno permeabili, nel loro complesso, dei depositi alluvionali soprastanti; le formazioni scistose, ancorché il linea teorica siano anch'esse

permeabili per fessurazione, sono nella realtà praticamente impermeabili ai nostri effetti.
Nelle elaborazioni prodotte dagli Studi Galli e Maione, il substrato viene pertanto ritenuto un "impermeabile relativo", che lo scrivente considererebbe quasi del tutto impermeabile per almeno metà della superficie a contatto con i depositi alluvionali.

b) caratteristiche della falda

Nell'area in esame la circolazione dell'acqua avviene soprattutto attraverso i depositi alluvionali, permeabili per porosità, sabbioso-ghiaiosi, anche se con presenza di alcuni livelli limoso-argillosi talora di discreto spessore ma molto localizzati.

La potenza dei terreni alluvionali raggiunge nel tratto interessato i 42 metri, già dalla confluenza tra i Torrenti Aquila e Pora e poi sino alla costa.

Nel tratto più vicino al mare la valle diventa molto ampia ed i sedimenti torrentizi si fondono con quelli marini con una sezione di notevole sviluppo.

E' probabile anche un'alimentazione attraverso il reticolo di fessure più o meno profondamente incarsite che si sviluppano nei calcari, calcari dolomitici e nelle dolomie, che è congruente anche con l'abbondanza di acqua fornita dai pozzi sia all'interno che all'esterno dell'area in esame, ma non si hanno dati certi su questa ipotesi.

I pozzi per alimentazione umana più vicini sono quelli della Società Piaggio, all'estremità di monte del comparto e quelli del Comune, ubicati in Via Ippolito Nievo e non hanno avuto, per quanto consta, interferenze negative con l'area Piaggio, insediata con industrie da oltre un secolo.
Anche il Pozzo della ditta Ghigliazza, profondo 12 metri e quasi al mare, posizionato nel parcheggio presso il bivio con la SP per il colle del Melogno, ha una produzione notevole (oltre 20 l/s) con acque ottime, testimoniando le buone condizioni della falda. Va osservato che esso non coincide con il "pozzo Ghigliazza" utilizzato negli studi citati che è un pozzo molto più a monte, vicino a Via del Cigno.

Lo schema di calcolo utilizzato dai citati Studi di Ingegneria considera giustamente la falda come relativamente omogenea, tutta freatica, poiché le lenti impermeabili sono modeste e discontinue, con un substrato "impermeabile relativo" dotato di continuità spaziale (vedi fig. 33 del citato lavoro).
Tutte le acque hanno una conducibilità decisamente bassa, in un panorama "carbonatico" (attorno ai 300 microSiemens/cm), conseguenza di un ridotto contenuto in carbonati, in genere non superiore a 120 mg/l.

Questi valori confermano l'ipotesi di una circolazione in subalveo (il bacino del Pora è percentualmente povero in rocce carbonatiche), ma, soprattutto, che anche le acque eventualmente circolanti nei calcari scorrono in realtà velocemente dentro di essi per poi spostarsi sul contatto con le rocce metamorfiche silicee, che, ovviamente, non cedono ioni calcio.

Sotto l'aspetto idrogeologico possiamo già dire, anche solo dalle analisi dettagliate che il Comune di Finale Ligure saggiamente mette "in rete", che non si ha una circolazione rilevabile di inquinanti.
La superficie freatica mostra una soggiacenza che, in magra, la posiziona degradante da circa un metro sopra il livello medio mare a monte del tratto in questione, sino, ovviamente, a zero in battigia.

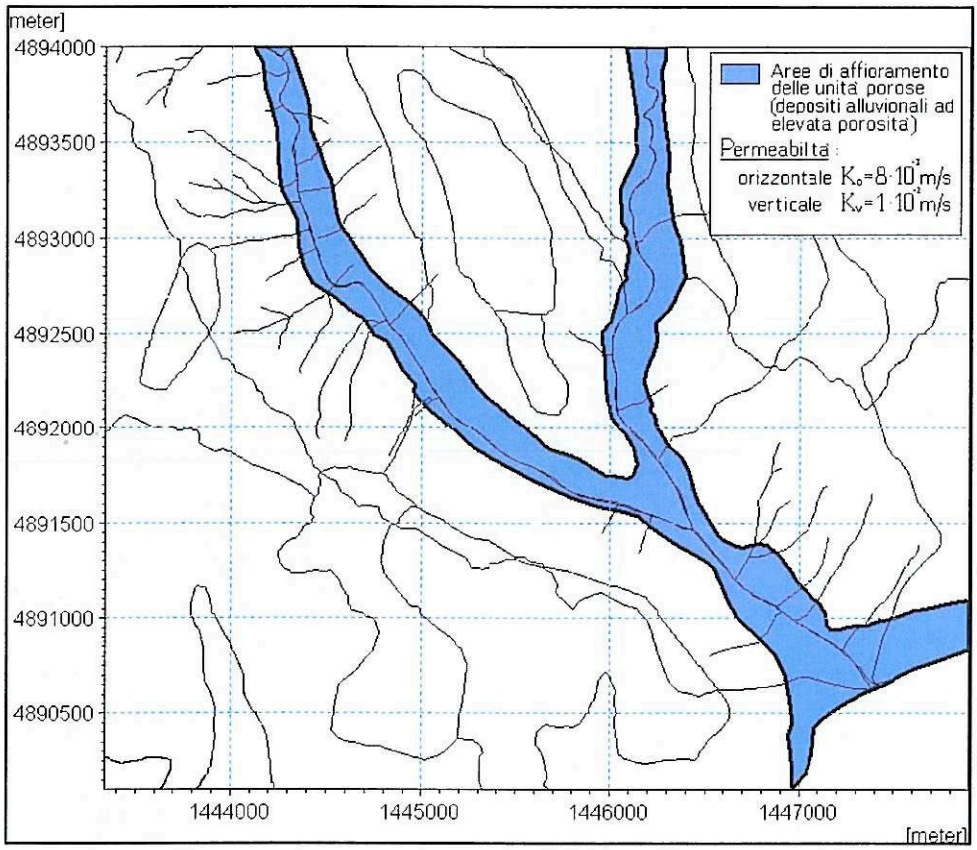
La permeabilità del materasso alluvionale è stata valutata dai citati Studi Galli e Maione dell'ordine di $8x10^{-3}$ m/s per lo scorrimento orizzontale, che è quello che ci interessa e lo scrivente condivide pienamente tale valutazione.
Per quanto riguarda l'infiltrazione delle acque correnti, è stato stimato (G.&M.), con lo studio di analogie con torrenti vicini più indagati, che si infiltrino circa 200 l/s su tutto il tratto terminale interessato da alluvioni, e che solo portate superiori generino deflussi superficiali.
Il volume di acqua gravifica potenzialmente presente nel materasso alluvionale, nel tratto interessato, che schematicamente considereremo iniziare all'apice dell'area di intervento, immediatamente a valle del ponte metallico sul Pora, è stato calcolato come segue: La superficie interessata è dell'ordine di 360.000 m^2 per una potenza massima di almeno 42 metri, scendente a zero ai margini laterali dell'area.
Nell'ipotesi cautelativa che i versanti sepolti siano simmetrici, il volume complessivo dei terreni acquiferi, in questo solo tratto, ammonterebbe a

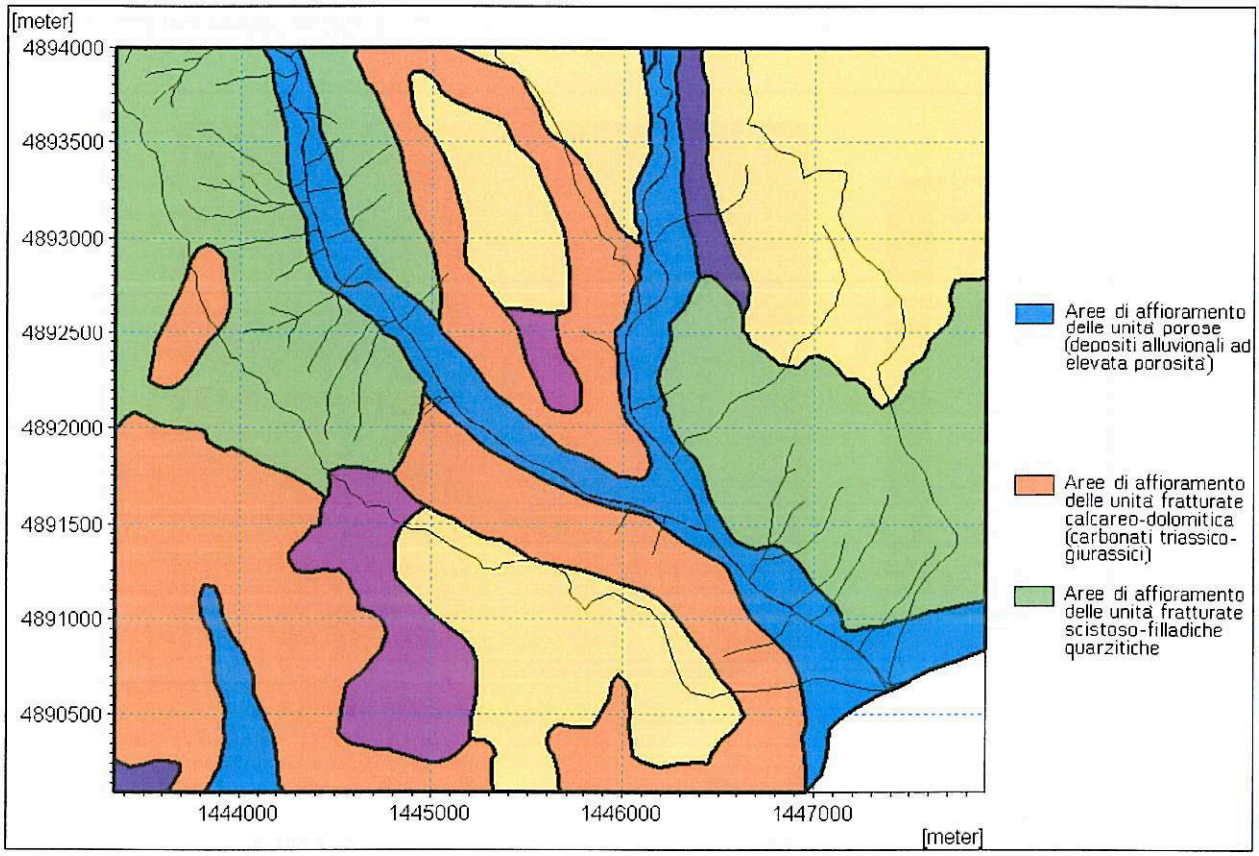
$$360.000x42/2=7.560.000\ m^3$$

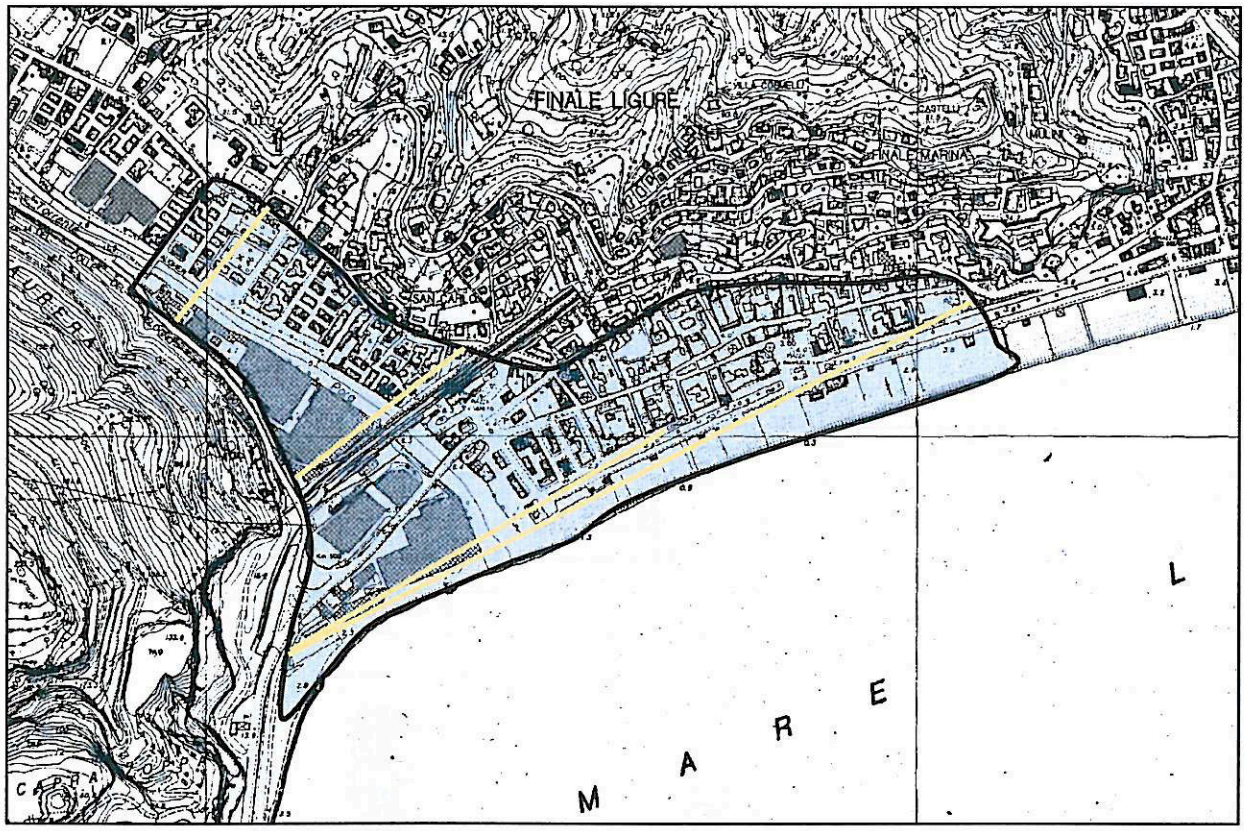
Che, per una porosità efficace del 20% ragionevolmente attendibile per le granulometrie presenti (Castany, 1967) significa

$$7.560.000*0,2=\ 1.512.000\ m^3.$$

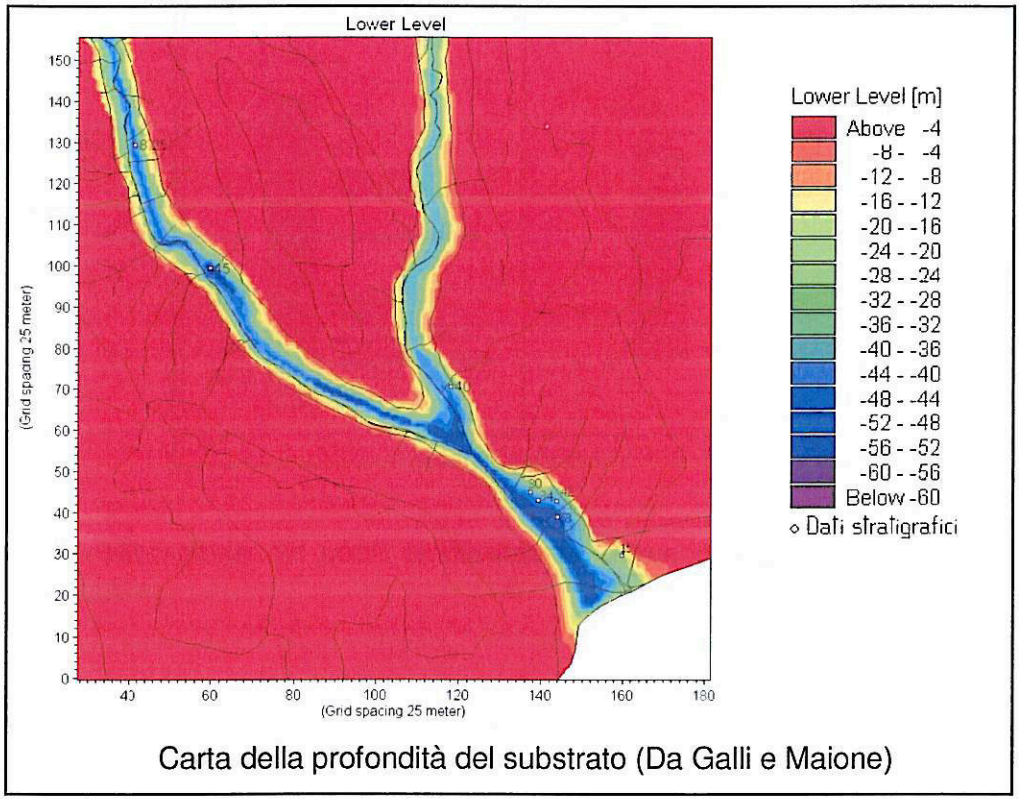
Con questi dati, è possibile procedere ad una valutazione, sempre a livello di studio di fattibilità, ma del tutto aderente alla realtà nelle sue linee essenziali, delle interferenze dei nuovi edifici con la falda.


meter]
4894000
4893500
4893000
4892500
4892000
4891500
4891000
4890500
1444000
1445000
1446000
1447000
[meter]
Aree di affioramento delle unita' porose (depositi alluvionali ad elevata porosita')
Permeabilta':
orizzontale Ko=8·10-3 m/s
verticale Kv=1·10-3 m/s

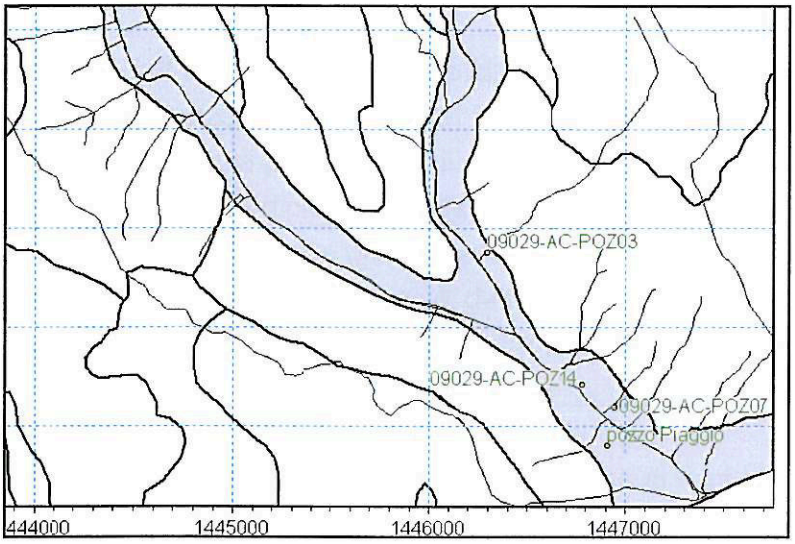

[meter]
4894000
4893500
4893000
4892500
4892000
4891500
4891000
4890500
1444000
1445000
1446000
1447000
[meter]
Aree di affioramento delle unita' porose (depositi alluvionali ad elevata porosita')
Aree di affioramento delle unita' fratturate calcareo-dolomitica (carbonati triassico-giurassici)
Aree di affioramento delle unita' fratturate scistoso-filladiche quarzitiche

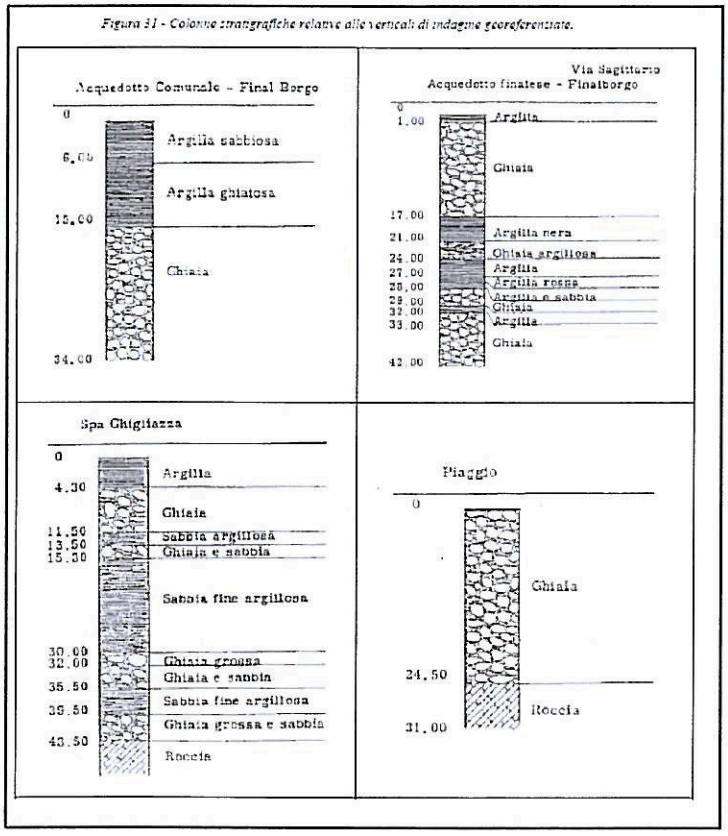


Tratto di acquifero considerato per i calcoli di massima dell'interferenza e sezioni citate nel testo, scala 1:10.000



Carta della profondità del substrato (Da Galli e Maione)





Localizzazione dei pozzi di riferimento e loro stratigrafia (da Galli e Maione)

c) interferenze possibili dell'intervento con la Falda.

Per quanto riguarda l'interferenza degli edifici con la falda, si è seguito un percorso logico che tiene conto dell'influenza percentuale di ogni gruppo di edifici, sia in termini di volume occupato che di superficie intercettata perpendicolarmente alle linee preferenziali di deflusso idrico considerate praticamente parallele all'asse della valle.
Si è valutato, molto prudenzialmente, come si è detto, che la porosità efficace di questi terreni sia dell'ordine del 20%, sulla base della granulometria dei materiali.

c.1 in regime ordinario

L'intervento ha richiesto, nella sua evoluzione, la progettazione di vani interrati adibiti a parcheggi, che, in alcuni punti, interferiscono con la zona satura, ma, come vedremo, in modo del tutto accettabile.
Con i Progettisti è stato concordato di mantenere quanto più alta possibile la quota di imposta degli edifici a monte della ex SS. Aurelia, che scendono a poco sopra il livello medio mare (0,80 come piano di calpestio, poco più di 0 m s.l.m come piano di imposta.
Per questi edifici, se, nella peggiore delle ipotesi, si considera un livello statico della falda a 1 m sul livello mare, in regime ordinario, con un volume di terreno intercettato di circa 12.000 m^3 complessivi, con una porosità efficace del terreno di circa il 20%, si sottrarrebbero alle riserve della falda non più di 2.400 m^3, entità del tutto trascurabile rispetto ai volumi immagazzinati nella falda del T. Pora anche se consideriamo solo la parte di materasso dal mare al punto più a monte dell'intervento il cui volume di acqua gravifica è stato valutato in circa 1.500.000 m^3. Si tratterebbe di un impoverimento della falda dell'ordine delle 0,16%, quasi del tutto trascurabile.
Se consideriamo tutto il materasso alluvionale, partendo da un punto a monte della confluenza Pora-Aquila dove supera la potenza di 10 m, il volume di acqua gravifica può essere stimato in circa il doppio di tale valore e l'effetto sulla falda scenderebbe a circa 0,08%.

L'interferenza con i deflussi sarebbe anche questa modesta poiché l'intercettazione avverrebbe del tutto in superficie e lateralmente alla falda, lasciando pervia una percentuale molto elevata della falda stessa.
Se consideriamo infatti che la sezione intercettata, perpendicolarmente alle linee di deflusso non supera per gli edifici più a monte i 20 m^2 sugli oltre 4.000 di sezione della falda (circa 0,5%), e per l'edificio a monte dell'a ex S.S. Aurelia che intercetta 165 m^2 la sezione della falda sale a oltre 6.000 m^2 e quindi la percentuale non supera il 3%.

Un ragionamento diverso è stato effettuato per gli edifici a valle della ex strada statale: la necessità di una piastra parcheggi importante comporta una maggior interferenza con la falda, ma questa ha un lato positivo: in questa zona il rischio di un'intrusione del cuneo salino è elevato ed un innalzamento eventuale del battente idraulico comporta solo vantaggi.
Gli edifici hanno, schematicamente, un piano di imposta medio a circa 3 metri di sotto del livello del mare su una lunghezza di circa 300 m, parallelamente alla spiaggia. L"impronta complessiva degli edifici è di circa 27.000 m^2.
La riduzione del volume di acqua gravifica nelle riserve della falda sarà di circa:
27.000x3x0,2 = 16.200 m^3 che è ancora modesta rispetto ai volumi immagazzinati in questa parte terminale della falda nel tratto considerato, pari, si ricorda, a circa 1.500.000 m^3 ossia si supera di poco l'1% dell'acqua gravifica immagazzinata.
Se poi si considera tutto il materasso alluvionale anche a monte dell'intervento, la percentuale scende a meno dello 0,5%.

Per quanto riguarda l'intercettazione, in questo caso si avranno circa 900 m^2 di superficie intercettata, ma lateralmente alla falda in un tratto in cui la falda, ha una sezione non inferiore a 12.000 m^2, ma molto più verosimilmente di circa 22.000 m^2; la percentuale di intercettazione pertanto è del 7,5% nell'ipotesi più cautelativa ed il 4% in quella più realistica.
Questo significa che una leggera interferenza si avrà, con un modesto innalzamento della falda a monte degli edifici ma, trovandoci a breve distanza dalla battigia, questo può essere un notevole vantaggio.
E' infatti noto che in questi casi si può applicare la formula di Ghyben-Herzberg che dimostra che, con un peso di volume dell'acqua di mare di circa 1.025 g/l, l'interfaccia che separa l'acqua dolce dall'acqua salata è ubicata a circa 40 volte il valore del battente idraulico sul livello medio del mare.
In parole semplici, ogni centimetro di innalzamento della superficie freatica comporta un abbassamento dell'interfaccia acqua dolce-acqua salata di circa 40 centimetri, a tutto vantaggio della protezione della falda stessa.
E' anche dimostrato che in realtà la profondità è leggermente maggiore, poiché la falda è soggetta a movimento, sia pure lento, e l'interfaccia viene spostata comunque verso mare.
L'intercettazione della falda o la sua sovralimentazione artificiale per poter aumentare il battente idraulico è una soluzione che frequentemente si crea artificialmente proprio per consentire un miglior utilizzo della falda (ad esempio ad Imperia, a monte dell'autostrada, o a Varazze, con un ravvenamento artificiale con le acque della

galleria Giulia, per rimanere in Liguria); in questo caso sarebbe una conseguenza positiva di una scelta urbanistica.
Ovviamente se il progetto sarà adottato nelle sue linee essenziali, si potrà anche quantificare esattamente l'effetto dell'interferenza, che già sin d'ora si può sicuramente definire modesto ma positivo.

c.2 in situazioni di piena idrologica

Sin qui le osservazioni in condizioni normali della falda; in caso di piena idrologica, la situazione non cambia sostanzialmente perché se prendiamo in considerazione i livelli normali e di piena, valutati con le simulazioni degli Studi Galli e Maione possiamo fare alcune considerazioni.

In particolare nella zona di monte la falda non supera, dai dati disponibili, i 2 m di quota massima, il che è ovvio, trovandoci a circa 350 m dal mare, che poi scende a meno di un metro verso la foce, con una pendenza media dell'alveo del T. Pora nell'attraversamento del comparto, che corrisponde con buona approssimazione a quella della falda, di circa il 5 per mille e nell'ultimo tratto di circa il 7 per mille.
Questo significa che con i deflussi in piena idrologica, della durata di poche ore con massimi duecentennali alla foce di 600 m^3/s, (G&M), per il contributo del subalveo tutto, considerando una sezione massima dell'ordine di 300x4m=1200m^2 occupata dagli edifici con un gradiente idraulico del 7 per mille, con un coefficiente di permeabilità orizzontale di $8x10^{-3}$ m/s si avrebbe una riduzione dei deflussi in subalveo di

$$300x4x7x10^{-3}x8x10^{-3}\ m^3/s \text{ ossia circa } 0{,}067\ m^3/s.$$

Questo in condizioni assolutamente cautelative di situazione catastrofica, e non realistiche, di intercettazione della falda.
In percentuale si avrebbe una riduzione del deflusso complessivo dello 0,1%, praticamente impercettibile sugli effetti della piena.
Le fondazioni non sono ancora state calcolate poiché non è definitivo l'assetto urbanistico, ma, stanti le caratteristiche del terreno, saranno prevedibilmente dirette, e quindi corrispondenti a quanto sopra esposto.
Se in sede di progetto esecutivo le indagini di approfondimento, prescritte dal geologo per la fase successiva allo studio di fattibilità, dovessero consigliare fondazioni indirette, con un ragionamento analogo quello suesposto, esteso a tutta lo potenza della falda e valutando la superficie occupata dai pali, l'interferenza con i deflussi continuerebbe ad essere molto ridotta (nei calcoli suesposti si considerava una vera barriera ipotetica per tutta la larghezza del comparto), tenuto conto che la falda nel

nostro tratto è quasi tutta sotto il livello del mare e quindi con velocità di deflusso molto ridotte.

c.3 effettti impermeabilizzanti degli edifici nuovi.

La superficie complessiva del comparto che interessa il bacino del Pora è di circa sette ettari in cifra tonda, e cioè circa lo 0,12% della superficie del bacino, ubicata immediatamente a monte della foce; tutta la zona che defluisce verso il Torrente Pora è attualmente per il 98% impermeabile (strade, piazzali, edifici).

La differenza di deflussi, accettata in genere in bibliografia, tra un terreno permeabile ed uno impermeabile, sotto pioggia battente durante un nubifragio, non supera il 20%, poiché anche un terreno permeabile non riesce ad assorbire più acqua di quanto gli compete in base alla sua permeabilità e quindi in caso di pioggia intensa non riesce comunque ad assorbire che una piccola percentuale dell'acqua precipitata, fatta eccezione per i terreni carsici.

Questo significa che allo stato attuale il comparto drena tutte le acque di pioggia verso il Pora contribuendo per lo 0,12% ai deflussi complessivi, ma praticamente poco più di nulla alle portate di piena alla foce, poiché i tempi di corrivazione sono molto diversi tra quelli dell'intero bacino e quelli della zona di foce, e pertanto le due onde di piena non sono contemporanee.

In questo quadro complessivo di "non influenza" del comparto sulle piene del Pora, qualunque miglioramento nell'assorbimento in acqua del terreno è sempre il benvenuto, e di miglioramenti ve ne sono molti come aree verdi, compresa la copertura della ferrovia, poiché sicuramente durante una pioggia intensa anche la copertura a verde accumula acqua che cederà poi lentamente per drenaggio, sicuramente dopo il passaggio dell'onda di piena.

Ad avviso dello scrivente l'effetto positivo delle nuove zone verdi nel loro complesso, pur essendo, come abbiamo visto, praticamente ininfluente sulle portate di piena, esiste ed è comunque migliorativo.

CONCLUSIONI

Sono state esaminate le caratteristiche idrogeologiche dei depositi alluvionali del T. Pora nei suoi rapporti con il substrato che costituisce un "impermeabile relativo" nei confronti della zona satura. Questa è rappresentata da una falda freatica sostanzialmente omogenea, ed è stato possibile valutare l'incidenza percentuale nella circolazione delle acque della parti più profonde degli edifici sia sotto l'aspetto della risorsa idrica sia sotto l'aspetto dell'ostacolo al deflusso delle acque sotterranee.

Per quanto riguarda la risorsa, l'intervento non sottrae più dell'1% dell'acqua immagazzinata nella parte di acquifero interessato (ossia dal punto più a monte sino al mare, e non più dello 0,5% di tutto l'acquifero dei T. Pora e Aquila.
Per quanto concerne l'ostacolo ai deflussi sotterranei, la parte a monte della ex S.S. Aurelia ha un effetto molto modesto, con una riduzione della sezione del 3% e quella più vicina al mare ha un'interferenza che va dal 7,5% nell'ipotesi più cautelativa che prende in considerazione solo la parte più vicina all'asse della valle, al 4% circa nel caso si prenda in considerazione tutta la larghezza del materasso alluvionale, ipotesi ad avviso dello scrivente più vicina alla realtà.

L'interferenza del complesso più a mare potrà avere come conseguenza un leggero innalzamento della piezometrica, con effetti benefici poiché si avrà un allontanamento verso mare del cuneo di intrusione salina, tipico di una zona costiera.

Gli effetti sui deflussi sotterranei in caso di piena non superano i 70l/s, pari a 0,07 m^3/s, del tutto trascurabile in rapporto ai 600 m^3/s previsti per le piene più importanti.

L'intervento, nella sua versione aggiornata, è pertanto **sicuramente fattibile**, ad avviso dello scrivente, anche sotto l'aspetto idrogeologico.
Il quadro della situazione è sufficientemente chiaro nel suo insieme e non si hanno da temere imprevisti ostativi, anche se ovviamente, così come per la parte geotecnica, anche per la parte idrogeologica, nella fase di progettazione definitiva ed esecutiva, sarà opportuno approfondire adeguatamente l'argomento con indagini puntuali a conferma e predisporre una rete di monitoraggio omogeneamente distribuita.

Genova, 20 Giugno 2007

prof. Pietro Maifredi