Copia conforme all'orginale

Firmato digitalmente da Arch Maurizio Ostini
Data: 2013.05.06 18:04:49 +02'00'

CONCESSIONI AUTOSTRADALI LOMBARDE

Autostrada Pedemontana Lombarda

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE

DALMINE-COMO-VARESE-VALICO DEL GAGGIOLO E OPERE AD ESSO CONNESSE

CODICE C.U.P. F11B06000270007

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA B2

STUDI E INDAGINI

GEOLOGIA

RELAZIONE GEOLOGICA-IDROGEOLOGICA

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

FASE PROGETTUALE	AMBITO	WBS TRATTA	WBS CATEGORIA	WBS OPERA	PARTE DI OPERA	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVA	REVISIONE ESTERNA
D	GG	B2	A00	GE00	000	RG	001	A

I. D.

DATA Feb. 2009

SCALA -

PROGETTAZIONE

CONSORZIO ITALIANO PER LE INFRASTRUTTURE LOMBARDE

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE TRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Massimo Raccosta

DATA	REVISIONE	
Feb. 2009	EMISSIONE	A

ELABORAZIONE PROGETTUALE

idroesse

ITALIA Padova/Ponte nelle Alpi (BL)

PROGETTISTA
Dott. Geol. G.Falaschi
Dott. Ing. G.De Stavola

DIRETTORE TECNICO
Dott. Ing. M.Zanchettin

Redatto DE LAZZER | Visto ZANCHETTIN | Approvato FALASCHI

CONCEDENTE

CONCESSIONI AUTOSTRADALI LOMBARDE

CONCESSIONARIO

Autostrada Pedemontana Lombarda

Direttore Tecnico: Dott. Ing. Giuliano Lorenzi
Coordinatore Tecnico Operativo: Dott. Arch. Giovanni Cannito
Referente Tecnico: Dott.Geol. Matteo Colombo

VERIFICA E VALIDAZIONE

ITALSOCOTEC S.p.A.
SOCOTEC S.p.A.
CONTECO S.p.A.

Il presente documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato in tutto o in parte senza il consenso scritto di Autostrada Pedemontana Lombarda S. p. A. Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguito a norma di legge.
This document may not be copied, reproduced or published either in part or entirely without the written permisson of Autostrada Pedemontana Lombarda S. p. A. Unauthorized use will be persecuted by law.

Autostrada Pedemontana Lombarda

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE
DALMINE – COMO – VARESE – VALICO DEL GAGGIOLO
E OPERE CONNESSE

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTE B1, B2, C, D
2° LOTTO DELLA TANGENZIALE DI COMO
2° LOTTO DELLA TANGENZIALE DI VARESE

TRATTA B2

RELAZIONE GEOLOGICA IDROGEOLOGICA

Elaborazione:

CONSORZIO ITALIANO PER LE INFRASTRUTTURE LOMBARDE

INDICE

1. INTRODUZIONE 3
1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 4
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 5
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO 6
3.1 EVOLUZIONE TETTONICA 8
4. INQUADRAMENTO SISMICO 10
5. GEOLOGIA 15
5.1 formazioni geologiche 16
5.1.1. - Unità del Bacino di Verbano 17
5.1.2. - Unità del Bacino del Lario 18
6. GEOMORFOLOGIA 20
7. - IDROGEOLOGIA 23
7.1 – MODELLO IDROGEOLOGICO 23
7.2 – Complessi acquiferi 25
7.3 – Quadro piezometrico 27
7.4 – Variazioni piezometriche 29
7.5 - punti di approvvigionamento idrico 32
8. PROBLEMATICHE GEOLOGICHE LUNGO IL TRACCIATO 37
9. BIBLIOGRAFIA 40

1. INTRODUZIONE

Il Raggruppamento “Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde” è stato incaricato dalla Società Autostrada Pedemontana Lombarda della redazione del Progetto Definitivo della Autostrada Pedemontana Lombarda .

Nella presente "relazione geologica", redatta nell'ambito del progetto definitivo, sono sintetizzati i risultati, i rilievi e gli studi eseguiti per la caratterizzazione:

- litologico-strutturale e tettonica;
- sedimentologico-stratigrafica;
- geomorfologica;
- idrogeologica.

Lo studio si è articolato in alcune fasi fondamentali:

- raccolta, archiviazione ed elaborazione di dati geologici e geomorfologici raccolti presso gli enti preposti, quali Province, Regione Lombardia, ARPA Lombardia, Parchi ed Enti gestori situati nelle aree di interesse progettuale. I dati sono stati elaborati sulla base del Sistema Informativo Territoriale e con l'ausilio di appositi codici di calcolo.
- Raccolta di tutte le altre “fonti” disponibili (lavori professionali precedenti, ricerche scientifiche non pubblicate, etc.).
- Raccolta del materiale cartografico di base, sua organizzazione, verifica di adeguatezza e di completezza
- Raccolta ed organizzazione del materiale cartografico “tematico”
- Ripetuti sopralluoghi per l’effettiva determinazione delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche locali delle aree interessate
- Analisi della campagna di indagine di prima fase redatta dalla Società Pedemontana Lombarda,
- Analisi della campagna di indagine di seconda fase, coordinata dal “Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde”
- Analisi ed interpretazione delle foto aeree di tutta l’area interessata dal tracciato autostradale. Per la suddetta analisi sono stati utilizzati fotogrammi a colori a scala diversa (1:20.000 e 1:4.000) eseguiti nel 2007 dalla C.G.R. s.p.a. per conto di A.P.L..

- Predisposizione degli elaborati di progetto: planimetrie geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche in scala 1: 5.000 di tutte le tratte interessate (tracciato principale e opere connesse), profili geologici in scala 1:5000/1:500 dei tracciati principali e delle opere connesse.
- Stesura del rapporto conclusivo alla luce dei dati geognostici ad oggi disponibili.

La base cartografica utilizzata è costituita dalla Carta Tecnica della Regione Lombardia digitalizzata e georeferenziata (in formato "raster", alla scala 1:10.000) e, nell'intorno del tracciato, dalla restituzione (specificamente realizzata) alla scala 1:5.000.

1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta rispettando le seguenti norme e raccomandazioni:

- Legge n° 1684/1962 e s.m. e i.;
- Legge n° 64/1974 e s.m. e i.;
- AGI “Raccomandazione sulla programmazione ed esecuzione delle prove geotecniche”, 1977
- D.M. Min. LL.PP. 11 Marzo 1988 – Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Circolare Min. LL.PP. 24 Settembre 1988, n° 30483 Legge 02/02/1974, n° 64, art. 1 D.M. 11/03/1988 - Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Legge 109/94 e s.m. e i;
- D.P.R. 554/99;
- Ordinanza Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 (20.03.2003) e n. 3316 (02.10.2003) – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e s.m. e i

- Regione Lombardia - Direzione Generale Territorio e Urbanistica - L.R. 41/97 "Prevenzione del rischio geologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti" - Direttive regionali in attuazione dell'art. 3 per lo studio geologico a supporto dei P.R.G.
- Deliberazione Giunta Regionale 29 ottobre 2001 - N. 7/6645 - Approvazione direttive per la redazione dello studio geologico ai sensi dell'art. 3 della L.R. 41/97

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'Autostrada Pedemontana Lombarda è una grande infrastruttura viaria che si va ad inserire nel territorio fortemente urbanizzato dell'interland settentrionale di Milano realizzando una connessione che parte dalla provincia di Varese fino ad arrivare a quella di Bergamo.

Il sistema autostradale attraversa, in particolare, 5 province (Varese, Como, Milano, Monza e Brianza, Bergamo) e 78 comuni, interessando una delle aree più urbanizzate d'Italia con un bacino di popolazione di circa 3,5 - 4 milioni di abitanti. Lo sviluppo complessivo dell'intero sistema pedemontano (tratte A, B1, B2, C, D, tangenziali di Varese e Como) risulta pari a circa 85 chilometri, FIG.1.

La tratta B2 si sviluppa in sovrapposizione e sostituzione della SS35 "Milano-Meda", dall'interconnessione con la SS35 in località Lentate all'interconnessione con la SS35 in località Cesano Maderno, per complessivi 9,515 km. La riqualificazione dell'attuale superstrada SS 35 prevede modifiche radicali di asse, altimetria, piattaforma. Il progetto può essere suddiviso, per omogeneità di intervento, in tre sottotratte distinte:

- variante di Lentate, a due corsie per senso di marcia, in cui il progetto propone un ampliamento dell'attuale variante di Lentate della SS 35;
- tratto Barlassina-Meda, a due corsie per senso di marcia, caratterizzato da un lungo tratto di galleria naturale;
- tratto Meda-Cesano Maderno, a tre corsie per senso di marcia, prevalentemente in trincea o galleria artificiale.

Oltre all'intervento di autostradalizzazione della Milano-Meda è prevista anche la realizzazione di una nuova viabilità a carattere locale.

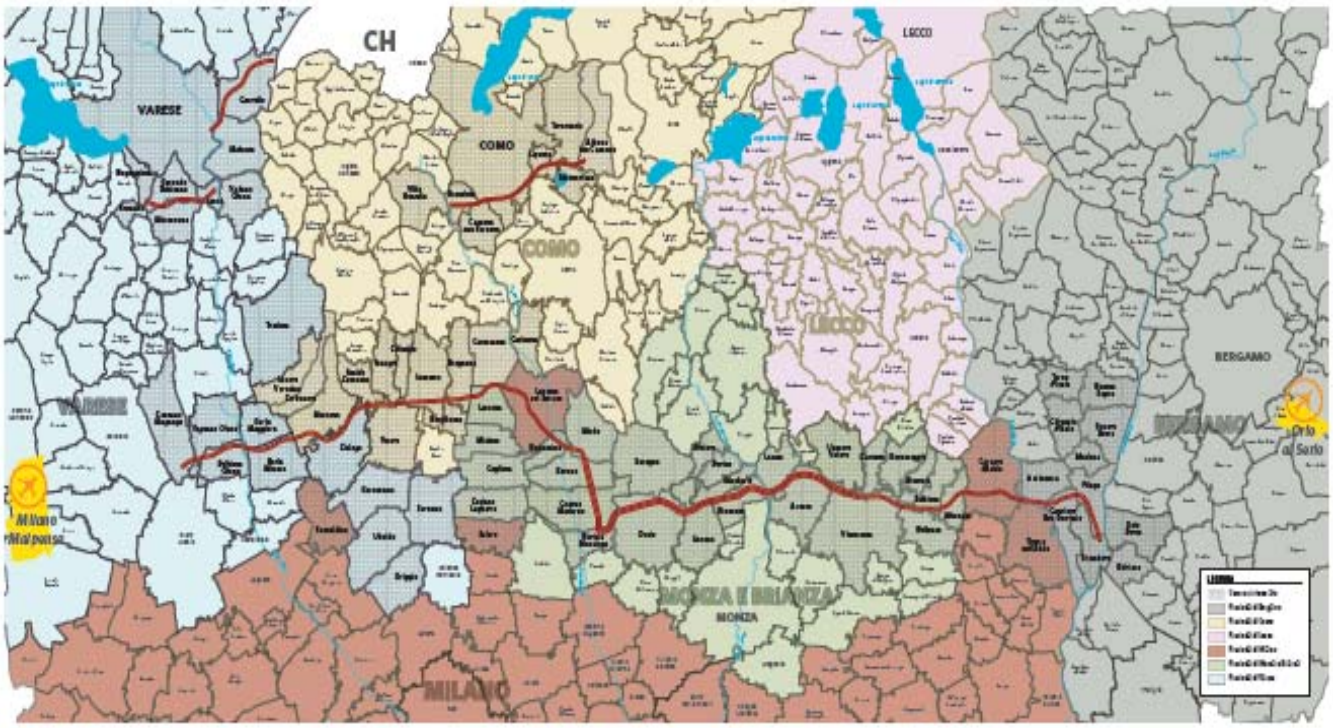


FIG. 1 Tracciato A.P.L.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area oggetto del presente studio si colloca nell'alta Pianura Padana centro-settentrionale. L'area di pertinenza del tracciato risulta impostata su depositi in giacitura sub-orizzontale con spessori di migliaia di metri, di età pliocenico-quaternaria e di ambiente marino e continentale. Tali materiali, disposti prevalentemente con giacitura monoclinale verso le Alpi si sono adeguati inferiormente alle superfici morfologiche formatesi nel periodo precedente alla trasgressione pliocenica: le indagini, effettuate in svariati decenni nell'area, solo raramente sono riuscite ad attraversare la spessa coltre pliocenica.

I sedimenti pliocenici ricoprono in discordanza formazioni conglomeratico-arenacee mioceniche ed un substrato marino, piegato e fagliato (faglie listriche), costituito da rocce carbonatiche e terrigene mesozoiche facente parte, da un punto di vista strutturale, della catena sudalpina cioè quel settore alpino che si sviluppa a sud della Linea Insubrica (o Linemento Periadriatico). Questa porzione di catena è stata soggetta ad una serie di eventi di *back-thrusting* con formazione di sovrascorrimenti sud vergenti e pieghe

associate che la differenziano dall'edificio strutturale alpino principale a nord della Linea Insubrica, caratterizzato invece da unità tettoniche nord vergenti. La struttura a *thrust* e pieghe, legata ad un sistema di ricoprimento tipo "imbricate fan" e successivamente fagliata, può essere interpretata come il risultato dell'interferenza della più recente tettonica appenninica con l'assetto strutturale della Pianura Lombarda "foreland" del ricoprimento alpino, già piegato quando la recente tettonica appenninica lo aveva coinvolto. In altre parole, la sequenza pre-pliocenica, sempre caratterizzata da strutture con polarità sudalpina, potrebbe aver reagito alla susseguente compressione appenninica prima innalzando le strutture pre-esistenti e quindi piegando con esse anche la sequenza pliocenica.

La zona, come quasi tutto il territorio padano, è stata investigata tramite perforazioni petrolifere e tecniche esplorative superficiali (sismica a riflessione). La massima profondità raggiunta da queste indagini ha consentito di investigare le serie del Paleocene e dell'Eocene, consentendo quindi di evidenziare la presenza della "Scaglia Rossa" (che testimonia un regime di deposizione pelagico). Durante il Miocene, l'area ha continuato ad essere un ambiente deposizionale di tipo marino, interessato da apporti prevalentemente terrigeni grossolani. I termini miocenici possono raggiungere, nella Pianura Padana, complessivamente anche i 3.000 m; a sud di Milano tali depositi sono rappresentati solo da materiali ascrivibili al Miocene inferiore sui quali giacciono, trasgressivi, i sedimenti grossolani pliocenici.

La Pianura Padana durante il Pliocene era un ambiente deposizionale prevalentemente di tipo marino; si trattava di un ampio braccio di mare che partendo dal margine meridionale delle Alpi occupava completamente l'attuale pianura e buona parte delle aree ove attualmente si rilevano le propaggini settentrionali dell'Appennino. I depositi pliocenici, costituiti perlopiù da sabbie e ghiaie alle quali si associano lateralmente depositi argillosi, sono stati più volte sollevati durante il Pleistocene inferiore. Sempre durante il Pleistocene, alle fasi di innalzamento subite dal substrato è seguita una fase di consistente subsidenza che portò le alluvioni pleistoceniche ad eliminare completamente la complessa struttura del sottosuolo padano.

Nel Quaternario padano si possono distinguere due serie stratigrafiche: una più superficiale, continentale, e una più profonda, marina; la prima si caratterizza per l'intensa fase erosiva e per i consistenti depositi terrigeni alluvionali (fase post–glaciale, Olocenica),

la seconda per l'inizio della fase regressiva subita dal "Mare Padano" e per la sedimentazione dei depositi fluvio-lacustri, deltizi e di pianure costiere su parte della pianura (Pleistocene inferiore). Alle due serie stratigrafiche, come limite di demarcazione delle suddette successioni, deve essere aggiunta una terza serie che più marcatamente ha interessato il territorio d'interesse, nel Pleistocene: la serie delle principali successioni glaciali, note in letteratura con i nomi di Biber, Donau, Gunz, Mindel, Riss e Würm.

Con il Quaternario la subsidenza inizialmente si accentua: il dominio marino si estende maggiormente andando ad interessare i margini di bacino padano non ancora interessati dalla sedimentazione; successivamente si sviluppa un'evoluzione importante del fenomeno in atto (infossamento differenziato del substrato), che porta il bacino padano ad assumere una morfologia caratterizzata da alti e bassi strutturali.

Le litofacies presenti nei depositi quaternari risultano estremamente mutevoli, con frequenti fenomeni di eteropia e discordanza: si può dunque osservare che i litotipi predominanti sono rappresentati da ghiaie, sabbie e limi.

La geologia della zona interessata dall'opera autostradale in progetto è quindi caratterizzata dalla presenza di un'estesa piana connessa agli scaricatori fluvio glaciali quaternari e più recentemente ai corsi d'acqua attuali. Nella zona difficilmente si riescono a ricostruire gli aspetti morfologici originali e, di conseguenza, non è sempre agevole determinare modalità e gerarchie che hanno contribuito a modellare il territorio. Gli elementi morfodinamici, di primaria importanza, che rimangono attivi sono rappresentati dalle aste fluviali dei vari corsi d'acqua che caratterizzano l'area.

3.1 EVOLUZIONE TETTONICA

L'assetto strutturale del settore lombardo della catena sudalpina e la sua prosecuzione sepolta nella Pianura Padana è stato periodicamente oggetto di approfonditi studi sia di geologia di superficie che profonda attraverso l'acquisizione di profili sismici crostali e la realizzazione di sondaggi esplorativi per la ricerca di idrocarburi.

Partendo dal settore interno della catena si distinguono i "thrust e le anticlinali orobiche" che coinvolgono il basamento ercinico e la sua copertura sedimentaria e vulcanica di età permiana. Nella parte centrale, in cui affiorano prevalentemente le formazioni triassiche e

giurassiche, si evidenziano le “Unità carbonatiche alloctone” e la “Flessura pedemontana” mentre al margine della catena affiorante è presente ancora un sistema di pieghe e thrust.
Nel margine sepolto della catena, nel settore pedemontano, sono state individuate le “Unità terziare embricate” in cui è stata evidenziata un elevata profondità della successione carbonatica mesozoica e una importante deformazione della successione clastica terziaria, con un assetto strutturale caratterizzato da una geometria di tipo *imbricate fan* e con il livello di scollamento basale dei thrust collocato nelle peliti eo-oligoceniche al tetto della Scaglia.
Infine nell’avampaese padano, a sud di Milano, si distinguono strutture che coinvolgono le unità carbonatiche mesozoiche e il basamento cristallino in pieghe chilometriche mentre la successione clastica terziaria presenta blande anticlinali.
Per quanto riguarda la cronologia degli eventi che hanno portato a questo assetto strutturale, un elemento di demarcazione utilizzato in letteratura, oltre alla distinzione in fasi eoalpine (Cretaceo superiore), mesoalpine (Eocene medio) e neoalpine (a partire dall’Oligocene superiore), è rappresentato dall’intrusione dell’Adamello datata a 42-30 Ma, con le strutture del settore interno della catena sudalpina datate pre-Adamello (che corrisponde all’eoalpino). Alle fasi post-Adamello possono essere attribuite le “Unità terziare embricate” la cui deformazione prosegue fino al Tortoniano (neoalpine). Le strutture compressionali più esterne dell’avampaese padano evidenziano un età di disattivazione post Messiniano inferiore. Infine dall’analisi dei dati profondi si evince come durante il Plio-Quaternario le strutture più esterne dell’edificio sudalpino siano intersecate e deformate dalla traslazione verso nord della deformazione appenninica. Per quanto riguarda l’area oggetto di studio assumono particolare importanza due fasi deformative del neoalpino che corrispondo ad altrettante fasi di marcata flessurazione dell’avampaese padano in cui si depone la potente successione clastica, spessa fino a 3000 m, della “Gonfolite lombarda” che giace in *discordanza* sulla successione carbonatica meso-cenozoica; la prima che va dal Cattiano al Langhiano, la seconda estesa dal Serravalliano al Messiniano superiore.
Questa successione torbiditica di avanfossa è stata successivamente coinvolta in un evento deformativo che ha dato origine ad un *backthrust* nord-vergente localizzato alla base del rilievo montuoso, con forma arcuata, che si estende dalla zona del lago di Montorfano in provincia di Como al M. Morone situato a ESE di Varese. Sebbene questa

struttura sia stata in passato datata al Miocene, secondo molti autori ci sono molte evidenze di un attività più recente con i rilievi ubicati nell'*hangingwall* questo *backthrust* che mostrano segnali di un sollevamento post-Miocene fino al Pleistocene e con i depositi pliocenici e pleistocenici dell'area in questione che evidenziano fratturazione e faglie con rigetti da centimetrici a decimetrici.

Un'altra struttura che mostra i segni di una tettonica recente è rappresentata dall'anticlinale di Albese con Cassano, ad est di Como, che è stata interpretata come un anticlinale di crescita legata ad una struttura di tipo *fault-propagation folding* sopra ad un *blind-thrust* che rappresenterebbe la terminazione occidentale del *thrust* di M. Barro. I segnali di un attività tettonica dal Pleistocene medio all'attuale sarebbero ben testimoniati dalla presenza di una sequenza deposizionale sin-tettonica deformata, costituita da conglomerati con la presenza di "strati di crescita" caratteristici appunto di una deposizione sin-tettonica.

Questi eventi tettonici risultano avere una particolare importanza anche dal punto di vista geomorfologico. Infatti i sollevamenti indotti da questa tettonica compressiva, che prosegue fino al Pleistocene, uniti alla crisi di salinità del Messiniano superiore, tra 5 e 6 Ma, quando nel Mediterraneo il livello del mare si abbasso drasticamente da 2 a 3 km sotto il livello del geoide terrestre a causa dell'interruzione di comunicazione con l'oceano atlantico e nell'area padana si abbassò il "livello fondamentale della pianura", portarono in alcuni settori della Lombardia a aventi erosivi importanti con profonde e rapide incisioni esercitate dai fiumi che scendevano dalle Alpi come è il caso degli alvei profondamente incisi del F. Brembo e del F. Adda e di altri corsi minori quali il T. Lura ecc..

4. INQUADRAMENTO SISMICO

L'area è come detto caratterizzata da potenti depositi di età pliocenica-quaternaria in discordanza su formazioni conglomeratico-arenacee mioceniche ed un substrato mesozoico piegato e fagliato (faglie listriche). La struttura a faglie, legata ad un sistema di ricoprimento tipo "imbricate fan", è come già descritto interpretata come il risultato dell'interferenza della più recente tettonica appenninica con l'assetto strutturale della Pianura Lombarda "foreland" del ricoprimento alpino, già piegato quando la recente tettonica appenninica lo aveva coinvolto. La sequenza pre-pliocenica, sempre

caratterizzata da strutture con polarità alpina, sembra aver reagito alla susseguente compressione appenninica prima innalzando le strutture pre-esistenti e quindi piegando con esse anche la sequenza pliocenica.

L'assetto geostrutturale della Pianura Padana è quindi stato fortemente condizionato dalla presenza delle due catene: Alpi Meridionali e Appennino. L'attività tettonica lungo le due catene ha prodotto e ancora produce deformazioni che si manifestano attraverso l'attività sismica.

Come ampiamente documentato da dati geologici regionali e da misure geodetiche, lungo l'Avanfossa Appenninica i tassi di deformazione quaternaria diminuiscono procedendo verso ovest, vale a dire passando dall'arco di Ferrara verso quello Emiliano e del Monferrato. Questa tendenza trova riscontro nella relativa diminuzione del grado di sismicità lungo i tre archi (Catalogo storico, Boschi et al. 2000; CPTI 2004): i terremoti a maggiore intensità, a magnitudo compresa fra M5 e M5.5, diminuiscono di frequenza spostandosi dall'Emilia verso il Piemonte (Monferrato), FIG.2..

I dati storici a disposizione testimoniano come in genere i sismi nelle Alpi Meridionali presentano magnitudo massime (M 6.5) maggiori rispetto a quanto mostrato dall'Appennino.

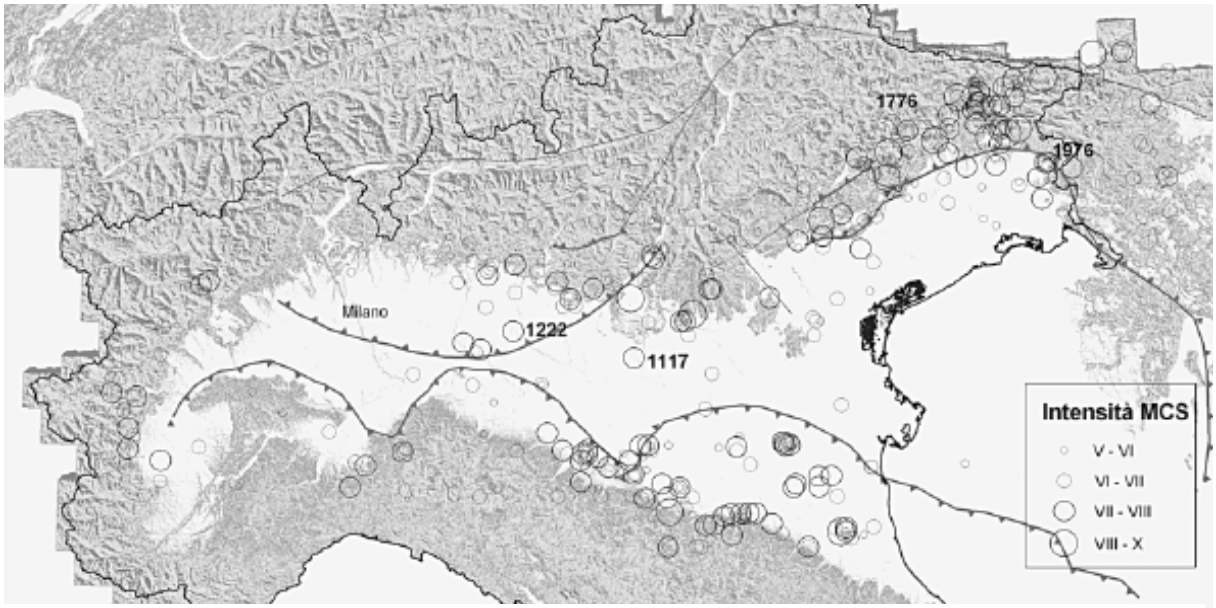


FIG.2 - Estratto da GNGTS Atti del 23° convegno nazionale 07.19 (Sileo, Giardina et Al.)

Questi forti terremoti storici hanno tempi di ritorno più lunghi nelle zone occidentali (Garda) che in quelle orientali (Friuli). I meccanismi focali dei terremoti recenti di più bassa magnitudo (come l'evento del 13 Novembre 2002, M 4.2, al Lago d'Iseo, e del 24 novembre 2004, M 5.2, a Salò, sulle rive occidentali del Lago di Garda) sono in accordo con l'assetto tettonico compressivo definito dalle evidenze geologiche e da profili sismici lungo la base delle Alpi Meridionali (Castellarin e Cantelli 2000; Fantoni et al. 2004).

Nell'arco del Monferrato, lungo il fronte appenninico, alle significative deformazioni tettoniche quaternarie (illustrate ad esempio dai profili di sismica a riflessione dall'industria petrolifera; Bello & Fantoni 2002) è associato un livello di sismicità che, anche se minore di quello presente nell'arco Ferrarese, non può essere considerato trascurabile in termini di pericolosità sismica.

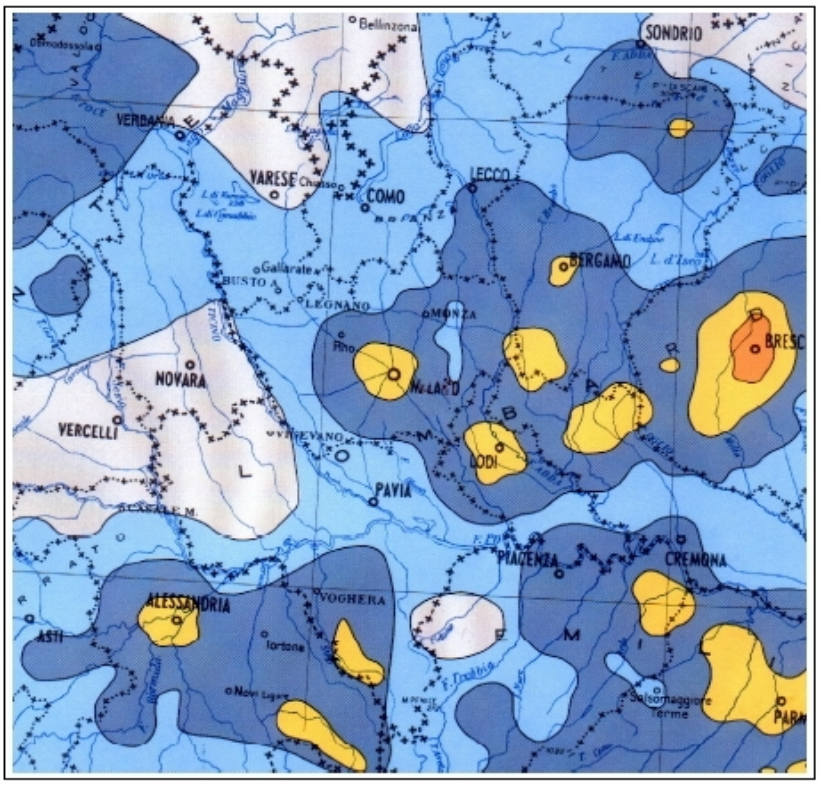
Nell’area pedemontana fra i laghi di Como e Maggiore, al fronte della catena Sudalpina, nonostante anche qui si abbiano chiare evidenze di tettonica quaternaria, descritte in letteratura (Orombelli 1976; Bini et al. 1992; Zanchi et al. 1997; Bini et al. 2001), la pericolosità sismica viene considerata praticamente insignificante. Tale valutazione si basa esclusivamente sul dato storico, in pratica sull’assenza nel catalogo sismico di terremoti con intensità epicentrale maggiore di VI (MCS), FIG.2.

Studi eseguiti nel settore insubrico (Sileo-Giardina-Michetti et al. 2004, Orombelli 1976, Zanchi et al. 1997) in particolare nei siti di Albese con Cassano, Monte Olimpino e Monte Campo di Fiori, attraverso analisi geomorfologiche e rilevamenti sul terreno hanno evidenziato particolari condizioni geostrutturali che rivelano un’attività tettonica ancora in corso.

L’area dell’alta pianura è marcata da intensità sismiche relativamente più elevate variabili dal VI al VII (MCS), FIG.3.

I territori comunali attraversati dalla tratta B2 secondo la vecchia normativa sismica (DM del 5/3/84 e D.M. 24/01/1986) non erano considerati tra quelli sismici. La nuova Classificazione Sismica (Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/03/03 e successive modifiche ed integrazioni) che ha in parte recepito i risultati e le indicazioni scaturite dai vari studi e/o progetti di neotettonica eseguiti nell’ultimo decennio e/o in corso, ha portato ad una riclassificazione dell’intero territorio italiano e quindi anche di quello regionale lombardo. Tale nuova classificazione comprende i territori comunali citati entro la Zona 4 di sismicità.

Stralcio tratto da:
"MASSIMA INTENSITÀ RISENTITA IN ITALIA" 1995
(Scala 1:1.500.000)
a cura di: C.N.R. ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA



LEGENDA

Intensità espresse in scala M.C.S.

- Inferiore al VI grado / *Less then VI degree*
- VI grado / *VI degree*
- VII grado / *VII degree*
- VIII grado / *VIII degree*
- IX grado / *IX degree*

FIG. 3 – Carta delle massime Intensità sismiche

Le condizioni geologiche e geomorfologiche locali possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica producendo effetti diversi che devono essere presi in considerazione nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area ai fini progettuali. Gli scenari sismici che si possono individuare qualitativamente attraverso un'analisi di valutazione della pericolosità sismica locale di 1° livello, sono riassunti nella tabella seguente:

SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

La tratta in questione non presenta elementi significativi di possibile amplificazione topografica. I vari terrazzi morfologici, legati a dinamica fluviale, hanno altezze limitate e degradano dolcemente.

Elementi di possibile amplificazione per cedimenti e/o liquefazioni, lungo la tratta, possono identificarsi all'inizio, al raccordo con la tratta B1, per lo più caratterizzata da terreni alterati argillificati dell'allogruppo del Bozzente. Peraltro la presenza di orizzonti argillificati e/o di lenti argillose porta a non escludere l'esistenza di falde sospese entro i primi 10-15 metri dal p.c.. Le unità alterate e argillificate presentano in genere parametri litotecnici mediocri.

5. GEOLOGIA

La geologia della zona interessata dall'opera autostradale in progetto, compresa grosso modo tra il Fiume Olona ad ovest e il Fiume Adda ad est, è caratterizzata dalla presenza di un'estesa piana connessa agli scaricatori fluvio glaciali quaternari e più recentemente ai corsi d'acqua attuali. Essa è quindi costituita, nella sua parte superficiale, dai sedimenti trasportati dai ghiacciai plio-pleistocenici degli anfiteatri del Verbano e del Lario e dai corrispettivi depositi fluvioglaciali. Fanno eccezione solo alcuni conglomerati fluviali che si inseriscono nel lungo periodo interglaciale intercorso tra le glaciazioni del Pliocene superiore e quelle del Pleistocene medio.

I principali agenti modellatori di questo settore della fascia pedemontana negli ultimi 2,5 milioni di anni sono stati i ghiacciai e le acque correnti. Nelle fasi di avanzata glaciale che si sono succedute, l'area è stata alternativamente interessata dai due agenti che sono all'origine dei depositi sedimentari che si riconoscono nell'area di studio.

In letteratura era uso suddividere i depositi quaternari glaciali in quattro glaciazioni, denominate dalla più giovane: Würm, Riss, Mindel e Günz, mentre i depositi terrazzati venivano distinti in Diluvium antico, Diluvium medio e Diluvium recente. Le conoscenze attuali hanno consentito di identificare più di quattro fasi glaciali, forse 20 negli ultimi 800.000 anni.

Secondo le più recenti interpretazioni geologiche, i depositi quaternari vengono suddivisi in Unità (Alloformazioni) indipendentemente dall'età. Il N.A.S.C. (North American Stratigraphic Code) definisce Unità Allostratigrafica un corpo di rocce sedimentarie cartografabile, identificato sulla base delle discontinuità che lo delimitano. La gerarchia di queste Unità è, in ordine decrescente: Allogruppo, Alloformazione e Allomembro. L'Alloformazione è l'unità fondamentale della classificazione allostratigrafica; essa comprende i sedimenti appartenenti ad un determinato evento deposizionale. In una Unità Allostratigrafica le caratteristiche interne (litologiche, tessiturali, fisiche, chimiche, paleontologiche, ecc.) possono variare lateralmente e verticalmente. I limiti delle Unità Allostratigrafiche sono costituiti da superfici di discontinuità cartografabili, ivi compresa

l'attuale superficie topografica. I limiti delle allo formazioni sono rappresentati da superfici di discontinuità corrispondenti a lacune stratigrafiche (per erosione o mancata sedimentazione) di estensione cronologica ed areale significativa. L'interpretazione genetica, la storia geologica e l'età sono criteri che non possono essere utilizzati per definire un'Unità Allostratigrafica, ma possono però influenzare l'identificazione dei limiti. Una superficie morfologica può essere utilizzata come limite di una Unità Allostratigrafica; il nome della superficie non può tuttavia essere esteso all'Unità. Suoli e paleosuoli non entrano direttamente nella definizione di Unità Allostratigrafiche, che sono unità deposizionali. Ma i caratteri dell'alterazione, i suoli e i paleosuoli possono concorrere a identificare le superfici che delimitano l'unità. Dato che un'Unità Allostratigrafica è un corpo reale di sedimenti, essa è svincolata dai concetti di tempo abitualmente in uso in ambito geologico, infatti le superfici limite delle unità non sono mai isocrone ossia non si sono formate nello stesso istante, ma sono più giovani, in genere a monte del bacino, e più vecchie a valle. Si pensi a depositi alluvionali progradanti su una pianura. Per questi motivi un’Unità Allostratigrafica non può essere attribuita ad un intervallo tempo definito. Sono introdotte a tal fine le unità diacrone che rappresentano il tempo durante il quale è stata deposta un’Unità Allostratigrafica. I limiti di queste unità sono diacroni per definizione. L'unità diacronica principale è l'Episodio, di rango inferiore è la Fase. Si riconoscono varie Alloformazioni a ciascuna delle quali corrisponde un Episodio; ad esempio l'Alloformazione di Cantù rappresenta un corpo di sedimenti che è stato deposto durante l'Episodio di Cantù.

5.1 FORMAZIONI GEOLOGICHE

L’area entro cui si sviluppa l’Autostrada Pedemontana Lombarda è stata suddivisa in 3 bacini: Verbano, Lario e Brembo. Corrispondentemente per ogni bacino sono state individuate le varie Unità/Alloformazioni di interesse, evidenziandone le caratteristiche principali.

La Carta Geologica allegata alla presente relazione alla scala di 1:5.000 illustra la distribuzione delle varie Unità/Alloformazioni presenti lungo la tratta B2. I rapporti

geostratigrafici ed eteropici sono invece illustrati dai profili geologici. Di seguito, con riferimento alla tratta di competenza si descrivono le varie formazioni affioranti.

5.1.1. - Unità del Bacino di Verbano

Unità Postglaciale (Pg) [Depositi fluviali]

L'unità è costituita prevalentemente da alternanze di ghiaie matrice-sostenute, non alterate, ghiaia fine con sabbia grossolana grano-sostenute, sempre con matrice abbondante, e sabbia grossolana; clasti da subarrotondati a spigolosi, poligenici. L'Unità comprende i depositi dell'ultimo evento sedimentario iniziato subito dopo il ritiro del ghiacciaio dell'Episodio Cantù e tuttora in corso di evoluzione. Il deposito si presenta, generalmente, da sciolto a poco addensato con caratteristiche litotecniche da medie a discrete in funzione della granulometria e dell'addensamento. Permeabilità, di tipo primario, elevata.

Allogruppo di Venegono (Ve) [Depositi di versante]

Limo argilloso con clasti alterati sparsi. Superfici limite costituite da superfici di erosione. Caratteristiche litotecniche da scadenti a scarse. Permeabilità, di tipo primario, bassa.

Alloformazione di Cantù (Ca) [Depositi fluvioglaciali, fluviali]

L'unità è costituita da ghiaie medie e grossolane stratificate matrice-sostenute (matrice sabbiosa) e da alternanze lentiformi di sabbie, sabbie e limi, sabbie con ciottoli.

Superficie limite superiore caratterizzata da morfologia ben conservata, copertura loessica assente, profilo di alterazione poco evoluto con profondità massima di circa 2 metri. Cementazione solo locale.

Caratteristiche litotecniche da discrete a buone in relazione alla granulometria, all'alterazione e alla cementazione. Permeabilità, di tipo primario, da media a elevata.

Allogruppo di Besnate (Be) [depositi glaciali, fluvioglaciali]

L'Unità è costituita ghiaie e sabbie stratificate e gradate. Presentano un profilo di alterazione poco evoluto (2-5-5 m di spessore); alterazione, in genere, limitata al 30% dei clasti, localmente fino al 70%: ciottoli carbonatici alterati, clasti granitoidi e scistosi parzialmente alterati, gneissici con patina di ossidazione, quarzitici non alterati. Caratteristiche litotecniche discrete in relazione alla granulometria e all'alterazione. Permeabilità, di tipo primario, media-elevata.

Allogruppo del Bozzente (Bo)

Depositi fluviali e fluvioglaciali. Ghiaie massive o poco stratificate con decarbonatazione, argillificazione e arenizzazione dei clasti ad eccezione dei ciottoli quarzosi. Presenza di patine e screziature Fe-Mn. Copertura loessica complessa sempre presente. Caratteristiche litotecniche generalmente discrete. Dove l'alterazione e l'argillificazione prevalgono le caratteristiche possono risultare decisamente più scadenti Permeabilità, di tipo primario, media.

Conglomerati di incerta attribuzione (CI)

Trattasi di unità conglomeratiche di incerta attribuzione, le cui caratteristiche sono affini alle contigue unità del tipo Ceppo e fra esse va comunque considerata. Caratteristiche litotecniche generalmente buone. Localmente le caratteristiche litotecniche possono risultare più scadenti in corrispondenza di zone fratturate e/o alterate. Permeabilità di tipo primario bassa, di tipo secondario da media a localmente elevata.

5.1.2. - Unità del Bacino del Lario

Alloformazione di Cantù (Ca) [Depositi fluvioglaciali e alluvionali]

Ghiaie e sabbie stratificate, limi di esondazione. Clasti di litotipi dell'Alto Lario e della Valtellina. Cementazione solo locale. Superficie limite superiore caratterizzata da: morfologia ben conservata, copertura loessica assente, profilo di alterazione poco evoluto

con profondità massima del fronte di decarbonatazione di circa 1,5 m. Caratteristiche litotecniche da discrete a buone in relazione alla granulometria, all'alterazione e alla cementazione. Permeabilità, di tipo primario, da media a elevata.

Alloformazione di Binago (Bi) [Depositi fluvioglaciali]

Ghiaia a supporto di matrice, poligenica o a dominanza di litologie locali. Superficie limite superiore caratterizzata da un profilo di alterazione evoluto, di spessore non valutabile. Copertura loessica a fragipan sempre presente. Caratteristiche litotecniche generalmente discrete-buone. Dove l'alterazione e l'argillificazione prevalgono le caratteristiche possono risultare decisamente più scadenti. Permeabilità, di tipo primario, da media a elevata.

Le varie alloformazioni come descritto presentano talora coperture loessiche. Il loess è un sedimento di facies eolica, molto fine (0,001 e 0,05 mm) costituito in genere da silt con una certa frazione di argilla (fino al 30%) e frazioni di sabbia variabile sino al 10%, originato dal trasporto e dalla deposizione di particelle da parte del vento. Ciò causa la particolare selezione granulometrica che lo caratterizza.
Le aree di origine del sedimento possono essere diverse: di frequente le particelle provengono da depositi non consolidati di origine glaciale che sono molto suscettibili di erosione, soprattutto da parte del vento. Dopo la rideposizione, i depositi loessici rimangono spesso instabili e possono essere erosi in tempi relativamente brevi.
Le estese e spesse coltri di loess presenti in Pannonia, Austria, Rep. Ceca, Slovacchia e Normandia testimoniano come in Europa, durante il Pleistocene, il trasporto e l'accumulo di polveri eoliche sia stato particolarmente rilevante.
La sedimentazione eolica che ha interessato il bacino padano durante il Pleistocene superiore è stata determinata da due fattori concomitanti:

- la grande estensione delle possibili aree sorgente di deflazione costituite sia dai corpi dei depositi fluvioglaciali formatisi in prossimità dei ghiacciai pedealpini che dall'emersione di un ampio tratto di Pianura Padana causato dal generale abbassamento eustatico del livello marino;

- il cambiamento climatico con l'instaurasi di condizioni continentali causate dall'aumento della superficie della Pianura Padana che venne a trovarsi priva dell'effetto mitigatore del mare e divenne l'estrema propaggine dei bacini loessici pannonici con un clima tipico della steppa.

In Italia, i depositi di loess più consistenti si trovano nella parte settentrionale soprattutto lungo i margini del bacino padano. Nelle aree pedemontane contornano i sistemi morenici del Pleistocene superiore, sono presenti sulle superfici delle aree non soggette a glaciazione e ricoprono i terrazzi fluvioglaciali delle fasi glaciali rissiane, mindeliane e wurmiane. Nell'alta pianura milanese e comasca tra l'Adda e l'Olona sono presenti, con un manto relativamente continuo, sopra i depositi morenici e i terrazzi rissiani e mindeliani con spessori variabili di circa 20-80 cm sui terrazzi e le morene mindeliane, circa 80-200 cm su quelli rissiane, con un contatto con le unità litologiche sottostanti di tipo erosivo.
In considerazione del loro limitato spessore questi depositi loessici superficiali risultano profondamente alterati e rimaneggiati dall'azione antropica soprattutto laddove ci sia stata un intensa coltivazione agricola.
Per quanto riguarda l'evoluzione pedologica di questi terreni, si sono sviluppati dei suoli a gley sui terrazzi mindeliani a "ferretto" e delle "terre brune" lisciviate sui terrazzi e sulle morene rissiane. Generalmente lo spessore di loess evoluto in suolo raggiunge lo spessore dell'intero deposito loessico.

6. GEOMORFOLOGIA

L'area dell'Alta Pianura Lombarda interessata dal progetto dell'Autostrada Pedemontana Lombarda, compresa tra il Fiume Olona ad ovest e il Fiume Brembo ad est, è sostanzialmente costituita, nella sua parte superficiale, dai sedimenti trasportati dai ghiacciai pliopleistocenici degli anfiteatri del Verbano e del Lario e dai corrispettivi depositi fluvioglaciali. Successivamente ai periodi glaciali è intervenuta l'azione morfogenica dei principali corsi d'acqua che caratterizzano l'area. Il risultato è un assetto geomorfologico alquanto articolato poiché morfologie più antiche, quali terrazzi e cerchie moreniche, sono state tagliate da valli e piane fluvioglaciali più recenti; le valli, inoltre, hanno spesso subito

più cicli di riempimento ed erosione che hanno talora totalmente obliterato l'idrografia più antica

I principali agenti modellatori di questo settore della fascia pedemontana negli ultimi 2.5 milioni di anni sono stati quindi i ghiacciai e le acque correnti. Nelle fasi di avanzata glaciale che si sono succedute, l'area è stata alternativamente interessata dai due agenti che sono all'origine dei depositi sedimentari che si riconoscono nell'area di studio.

A questo modellamento si è sovrapposto l'effetto di un plurisecolare modellamento antropico. Precedentemente al periodo medioevale, prima che l'uomo (tramite sistematici e continui interventi sugli argini) costringesse i fiumi entro percorsi obbligati, in corrispondenza di prolungati cicli di piovosità, si verificavano delle rotte che provocavano dissesti e variazioni dei corsi stessi. Questi antichi percorsi fluviali, denominati paleoalvei, sono tra le forme geomorfologiche più caratteristiche presenti nella pianura. Essi, oltre ad essere importanti ai fini della ricostruzione storico-ambientale e paleogeografica del territorio, rivestono anche notevole importanza dal punto di vista idrogeologico. I paleoalvei costituiscono, infatti, direttrici preferenziali di deflusso idrico sotterraneo, essendo costituiti da materiali a permeabilità medio elevata.

L'ambito territoriale di interesse dell'infrastruttura viaria, ove difficilmente si riescono a ricostruire gli aspetti morfologici originali e, di conseguenza, a determinare modalità e gerarchie che hanno contribuito a modellare il territorio, è caratterizzato da una leggera variazione altimetrica da nord verso sud con pendenza regolare e vede la presenza di un unico elemento morfologico di riguardo, i fiumi.

L'intensa antropizzazione subita dalle aree ha peraltro spesso notevolmente modificato le caratteristiche morfologiche della zona, livellando le ondulazioni preesistenti e mascherando, talora, la presenza di alcune strutture a terrazzi presenti lungo il corso dei fiumi.

Altri elementi morfodinamici che probabilmente hanno contribuito alla caratterizzazione e modellazione delle aree, possono essere le antiche divagazioni dei corsi d'acqua non più identificabili e talora ancora sede di colatori.

La forma che domina il paesaggio dell'alta pianura alluvionale è quindi il terrazzo fluviale, lungo il tracciato si incontrano diverse di queste forme. I terrazzi che interessano le unità più antiche, anche quando presentano una altezza decisamente marcata, presentano orli poco accentuati e digradano dolcemente verso le piane contigue. I terrazzi in unità più recenti (p.e. Allogruppo di Besnate) presentano invece profili e orli più marcati anche quando sono di altezza piuttosto modesta e rimaneggiati antropicamente.

La Carta Geomorfologica allegata alla relazione illustra il quadro geomorfologico rilevato lungo le tratta ed è il risultato di un rilevamento sul terreno, basato su una preventiva l'analisi fotogeologica che ha permesso di analizzare in quadro geomorfologico più ad ampia scala e quindi di individuare tutte le forme e gli elementi geomorfici altrimenti difficilmente rilevabili sul terreno, considerato il particolare contesto fisiografico della pianura. Sulla carta sono state quindi evidenziate le varie dinamiche geomorfologiche in atto o quiescenti, e anche tutte quelle fenomenologie non più attive, ma testimoni di una passata attività.

La tratta non presenta elementi geomorfologici di rilievo. Lungo il tracciato, collocato per gran parte in settori subpianeggianti, non si rilevano aree da poter considerare potenzialmente soggette ad instabilità dei versanti. Sono presenti orli di terrazzi più marcati solo nella tratta iniziale, in uscita da Lentate scendendo verso la valle del Seveso (comunque nell'ordine o di poco superiori ai 10 metri di altezza). L'analisi fotogeologica non ha rilevato segni che possano indicare condizioni di instabilità né tanto meno sono emersi elementi in tal senso dai rilievi in situ.

La tratta è caratterizzata dalla presenza di alcune attività estrattive ancora in atto (zona di Meda) e da aree invece interessate in passato da tali attività.

Altri elementi rilevati, legati alla dinamica fluviale, sono rappresentati da orli di terrazzi delimitanti morfologie blandamente più depresse e riconducibili a paleoalvei del Seveso e mostrano andamenti pressoché paralleli al corso del sistema torrentizio, per lo più orientati nord - sud.

7. - IDROGEOLOGIA

L'area dell'Alta Pianura Lombarda interessata dal progetto dell'Autostrada Pedemontana Lombarda, compresa tra il Fiume Olona ad ovest e il Fiume Brembo ad est, è sostanzialmente costituita, nella sua parte superficiale, dai sedimenti trasportati dai ghiacciai plio-pleistocenici degli anfiteatri del Verbano e del Lario e dai corrispettivi depositi fluvioglaciali.

7.1 – MODELLO IDROGEOLOGICO

A livello regionale nello schema idrogeologico della pianura lombarda si distinguono generalmente i depositi del "livello fondamentale della pianura", rappresentati nell' area di studio dalle ghiaie e sabbie passanti a sabbie prevalenti, dai sottostanti conglomerati ("Ceppo") e dai sedimenti prevalentemente argilloso-limosi con sabbie e ghiaie subordinate dell'Unità Villafranchiana". Quest'ultima costituisce la base impermeabile relativa degli acquiferi sovrastanti a contiene essa stessa acquiferi generalmente riuniti sotto la denominazione di "acquiferi profondi".

Tale distinzione individua un primo acquifero (acquifero tradizionale) sovrastante l'Unità Villafranchiana e comprendente la falda superficiale freatica (primo acquifero) e falde semi-artesiane, talora presenti e con essa in comunicazione, limitate da setti impermeabili privi di grande potenza e/o continuità laterale (secondo acquifero). Vengono invece riuniti sotto la denominazione di acquifero profondo (terzo acquifero) i depositi contenenti le falde in pressione appartenenti all'Unità Villafranchiana, separati dai precedenti da livelli impermeabili arealmente molto estesi e sovente anche di spessore significativo. L'alimentazione di tali falde avviene normalmente nell'area pedemontana. Un sintetico schema della serie idrogeologica è illustrato dalla FIG. 4.

Sottounità	Unità idrogeologica		Caratteri idrogeologici	Spessore	
				Alta pianura	Bassa pianura
Alluvioni e fluvioglaciale recente	Acquifero superficiale o primo acquifero	Aquifero tradizionale	Falde libere, di elevata trasmissività nella parte alta della pianura (Milano compresa)	In media 40 m	Circa 10 m
Fluvioglaciale antico o "Diluvium Medio"	Secondo acquifero		Falde semiconf. nell'alta pianura, confinate nella media e bassa pianura, trasmissività media	In media 80 m	In media 120 m
Fluvioglaciale antico o "Diluvium Antico"					
Ceppo					
Acquifero sotto il Ceppo					
Villafranchiano	Acquifero profondo o terzo acquifero		Falde confinate, trasmissività scarsa	Circa 150 m	

FIG. 4 – Schema unità idrogeologiche pianura lombarda (da Regione Lombardia: Acque sotterranee in Lombardia gestione sostenibile di una risorsa strategica)

Nell'area interessata dall'autostrada pedemontana, il primo acquifero è costituito essenzialmente da depositi ghiaioso-sabbiosi, con un graduale diminuzione della granulometria dei sedimenti ed un aumento dello spessore complessivo dell'acquifero verso sud, dove le sabbie con ghiaie e lenti di argille e subordinatamente limi diventano prevalenti.

Il tetto dell'impermeabile relativo si presenta piuttosto irregolare, manifestando diverse incisioni successivamente colmate dai sedimenti ghiaioso-sabbiosi posteriori che conferiscono localmente un maggior spessore all'acquifero corrispondente. Verso sud la complessità morfologica si attenua, concordemente con un generale approfondimento della base impermeabile del primo acquifero, mentre ad ovest quest'ultima si riporta a quote più elevate.

I depositi che costituiscono il primo acquifero sono alimentati direttamente dalle piogge, dai corsi d'acqua a in subordine dalle irrigazioni. Gli acquiferi sottostanti (semiconfinati), sono a loro volta alimentati dalla falda freatica. Nella media pianura, l'ispessimento dei livelli argilloso-limosi contenuti nei depositi fluvioglaciali, soprattutto in quelli più antichi, limita in modo rilevante il trasferimento di acque dalla prima falda agli acquiferi

semiconfinati, che divengono quindi pressoché ovunque acquiferi confinati veri a propri; si produce così, procedendo verso valle, la separazione delle falde più profonde, in pressione, da quelle libere del primo acquifero, FIG.5.

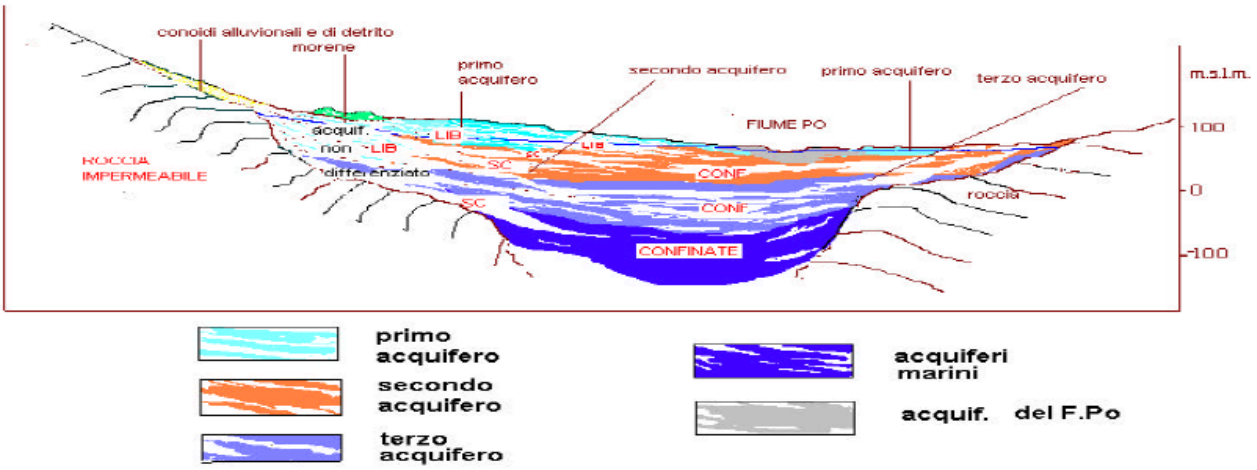


FIG. 5 – Schema idrogeologico pianura lombarda (da Regione Lombardia: Acque sotterranee in Lombardia gestione sostenibile di una risorsa strategica)

Questi ultimi, legati ad erosione e successiva deposizione operata dai corsi d'acqua principali, costituiscono antichi alvei riempiti da sedimenti mediamente più grossolani (ghiaie e sabbie con scarsi livelli argilloso-limosi) dei circostanti depositi fluvioglaciali.

Date le caratteristiche tipologiche dell'opera in progetto il primo acquifero risulta essere l'unico sistema idrogeologico interessato.

7.2 – COMPLESSI ACQUIFERI

L'area interessata dalla tangenziale e quindi dalla tratta B2 è caratterizzata da più complessi acquiferi:

Complesso superficiale

<u>Complesso Ghiaioso-Sabbioso</u>: si tratta di depositi ghiaioso-sabbiosi recenti (Unità Postglaciale) o comunque caratterizzati da profili di alterazione, al tetto del complesso

stesso, contenuti nell'ordine di pochi metri (tra tutte, le Unità di Besnate e del Bozzente). L'origine dei depositi è alluvionale, per quelli attribuibili all'Olocene, fluvioglaciale e/o glaciale per i meno recenti. Generalmente si rinvengono come estese unità costituenti il livello principale della Pianura Lombarda. Tale complesso è sede dell'acquifero libero principale, sostenuto, contestualmente, dai successivi complessi più profondi. La permeabilità media del complesso è variabile nell'ordine di 10^{-4} m/s -10^{-5} m/s. Localmente prove eseguite nei sondaggi, pur considerando i limiti del sistema Lefranc adottato, hanno indicato mediamente permeabilità variabili dai 10^{-3} cm/s a 10^{-4} cm/s, con punte fini a 10^{-5} cm/s. I valori più bassi sono evidentemente legati ad una maggiore componente limosa argillosa nell'intervallo testato, cosa frequente specie nell'unità del Bozzente.

Complesso profondo

Complesso del "Ceppo": si tratta di unità conglomeratiche, comunemente note in letteratura come "Ceppo". Si presentano come depositi ghiaiosi-sabbiosi caratterizzati da un grado di cementazione variabile da scarso ad ottimo (Ceppo dell'Olona, Ceppo del Brembo, Ceppo dell'Adda). Quando i clasti si presentano a mineralogia carbonatica, tale complesso risulta spesso carsificato ed è dunque caratterizzato da circolazione idrica sotterranea di rilevanza progettuale. Insieme ai precedenti è parte integrante dell'acquifero principale. La permeabilità media del complesso è estremamente variabile, funzione del grado di cementazione, da 10^{-1} m/s a 10^{-5} m/s.

Le ghiaie e sabbie superficiali assieme al "Ceppo" costituiscono come detto un unico acquifero, solo localmente il "Ceppo" presenta condizioni di confinamento. La trasmissività del complesso di questi depositi è molto elevata e arriva in alcuni punti del milanese ad avere valori prossimi al m^2/s. Tale complesso caratterizza pressoché tutta l'area interessata dal tracciato della tratta B2 e dell'intera pedemontana.

Il particolare quadro litostratigrafico caratterizzato frequentemente, nei primi 10 max 20 m dal p.c., da lenti argillose e/o limose argillose più o meno estese inglobate entro depositi incoerenti permeabili, può dar luogo a particolari sistemi idrogeologici, di limitata

estensione, con acquiferi sospesi per cui la falda assume carattere locale e temporaneo. Un acquifero sospeso è costituito da un impermeabile relativo, caratterizzato da una estensione discontinua ed una granulometria eterogenea, su cui poggiano depositi incoerenti dotati di discreta trasmissività idraulica. Nonostante le perforazioni dei vari sondaggi e la messa in opera di piezometri non abbia verificato tale evenienza, non si può escludere del tutto la possibilità di riscontrare sistemi acquiferi sospesi, anche alle quote interessate dalle opere in trincea e/o in galleria. Peraltro, alcune unità geologiche, per le loro peculiarità possono localmente assumere il ruolo di impermeabile relativo e quindi, potenzialmente, sospendere un sistema acquifero. Un ruolo rilevante in tal senso è svolto dall'Alloformazione del Bozzente, pressoché affiorante solo lungo tutta la tratta iniziale della B2. Tale Unità fluvioglaciale, costituita all'atto della sua deposizione da ghiaie e sabbie prevalenti, si presenta oggi quasi completamente decarbonata, argillificata e arenizzata su tutto il proprio spessore.

L'entità variabile dell'alterazione e l'elevata eterogeneità dei depositi hanno determinano una discontinua presenza di lenti e banchi argillosi e/o limosi, i quali possono localmente assumere un ruolo di impermeabile relativo. Tale evenienza è particolarmente probabile dove tali orizzonti non si presentano in affioramento ma, bensì, soggiacenti a strati incoerenti.

7.3 – QUADRO PIEZOMETRICO

La carta idrogeologica allegata alla relazione illustra il quadro piezometrico lungo la tratta di competenza (B2).

E’ stata ottenuta confrontando i dati forniti dalla Provincia di Milano con i dati rilevati dai piezometri attrezzati nell’ambito delle due campagne geognostiche eseguite per il progetto (Campagna di prima e seconda fase) e/o misurati in pozzi ricadenti nell’area d’interesse e/o reperiti presso gestori acque.

I dati provinciali a cui si è fatto riferimento sono quelli della campagna Marzo 2008, che possono ritenersi sostanzialmente rappresentativi di "condizioni di morbida" del sistema idrogeologico, ovvero del massimo livello piezometrico stagionale.

Per la ricostruzione del profilo di soggiacenza in asse al tracciato, riportato sui vari profili geologici, si è proceduto all'inviluppo del massimo assoluto dei livelli piezometrici ricavabile ancora dai dati del marzo 2008, opportunamente integrati e/o confrontati con quelli provenienti dai rilievi dei piezometri realizzati lungo la tratta autostradale. In tal senso è da rilevare che la quasi totalità dei piezometri, che hanno raggiunto profondità variabili dai 20 ad oltre 40 metri massimo, non ha mai rilevato presenza di falda, evidenziando quindi come il livello piezometrico della falda del primo acquifero si trovi a profondità significativamente inferiori rispetto a quelle dell'asse tracciato, quadro confermato dai dati forniti dalla Provincia di Milano.

Sulle varie carte, con opportuna simbologia, sono altresì riportati i pozzi rilevati nell'area, distinti con diversa simbologia a seconda che abbiano destinazione idropotabile pubblica o irrigua/domestica. Per i pozzi pubblici ad uso idropotabile è riportata anche l'area di protezione, che quando in assenza d'individuazione della stessa da parte degli enti gestori e/o della Regione o delle Province, ai sensi del comma 1 del D.Lgs. 152/06 è stata definita su base geometrica, la medesima ha un'estensione di 200 metri di raggio rispetto al punto di captazione o di derivazione. Sulla carta, quando significativi, sono altresì stati riportati i principali assi di drenaggio e di spartiacque idrogeologico.

L'assetto piezometrico generale è quello tipico delle ampie pianure alluvionali, con linee di flusso dirette verso sud e gradiente idraulico pressoché costante.

Lungo il tracciato le quote piezometriche dell'acquifero principale diminuiscono da ovest verso est, passando dai circa 190 ai 155 m s.l.m. o poco meno nel settore finale. Corrispondentemente la soggiacenza del livello di falda rispetto al piano campagna varia mediamente dai 70-75 metri della tratta iniziale ai circa 40 metri del tratto finale.

7.4 – VARIAZIONI PIEZOMETRICHE

Negli anni successivi alla fine della Seconda Guerra Mondiale si è assistito, come ben noto, ad un cospicuo abbassamento della superficie piezometrica in corrispondenza della città di Milano a seguito degli ingenti prelievi indotti dalla ripresa economica con riflessi e andamenti molto meno marcati ma di eguale tendenza anche nelle parti più a nord della provincia.

Si può distinguere, dopo una fase (1945 ÷ 1951) caratterizzata da una variazione limitata, un primo sostanziale abbassamento nell'intervallo dal 1952 al 1958; da questa data al 1966 l'approfondimento è proseguito vigorosamente con un cospicuo ampliamento dell'area interessata.

L'approfondimento è proseguito sino al 1974, data che ha marcato, a Milano, una inversione di tendenza durata, nel complesso, sino ad oggi.

Al fine di valutare l'oscillazione piezometrica stagionale, in assenza di una serie storica di misurazioni del livello piezometrico, si è fatto riferimento ai dati forniti dalla Provincia di Milano.

In particolare si sono confrontati i dati piezometrici del Marzo 2008, come detto significativi di un periodo di morbida, con quelli del Settembre 2007, che possono essere considerati rappresentativi di un periodo di magra, peraltro direttamente antecedente alla morbida del Marzo 2008.

Il quadro che ne deriva è sostanzialmente caratterizzato da una diminuzione dell'entità dell'oscillazione procedendo da nord verso sud e da ovest verso est. In particolare si rileva una oscillazione stagionale che mediamente è intorno ai 5-6 metri, ma che nel settore centrale della tratta (zona Seveso, Cesano Maderno e verso Desio) può raggiungere anche i 10 metri.

Tale variazione della superficie di falda viene sostanzialmente confermata anche dalla Carta della escursione massima e dell'escursione media (per il periodo 1992-1995) pubblicata dal Settore Ecologia della Provincia di Milano (Fig. 6), che per la zona

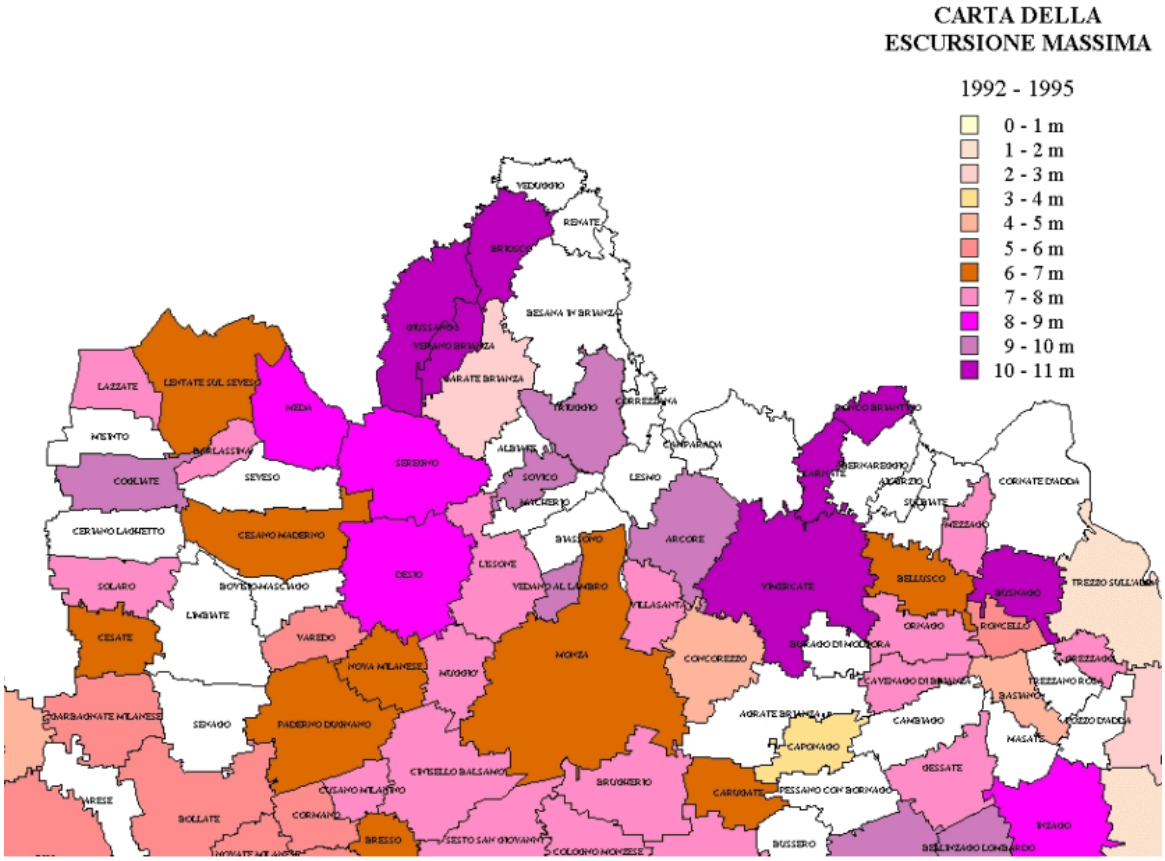
d'interesse indica escursioni massime e medie rispettivamente variabili da 5 a 7 metri e da 8 a 9 metri.

Con riferimento a dati piezometrici di un pozzo gestito da Brianza Acque ubicato non lontano dalla tratta e reperiti su uno studio geologico di supporto alla Variante Generale del PRG comunale di Cesano Maderno (dott. Geol. G. Ascari) e forniti dal C.A.P. (consorzio Acqua Potabile), che si riferiscono ad un periodo di osservazione che va dal 1990 al 1995, si deducono dati di variazione piezometrica che oscillano da una quota massima di 159,06 m s.l.m. ad una quota minima di 152,66 m s.l.m. .

La tabella che segue, ripresa dallo studio citato, illustra l'andamento del livello riferito al pozzo. Suddetta tabella, sebbene non è conosciuto se i livelli riportati sono statici o dinamici, mostra la tendenza a rialzarsi della falda, che nel triennio 90-95 ha recuperato di livello passando dai 152-153 m s.l.m. ai 158-159 m s.l.m., dopo un biennio in cui era stato registrato un abbassamento. Oggi nella stessa zona la falda risulta attestata intorno a quote di 162-163 m e circa 155 m s.l.m rispettivamente in periodo di morbida e magra idrogeologica (dati 2008).

ANNO	1990	1991	1992	1993	1994	1995	*MAX*	*MEDIA*	*MIN*
GEN	157,46	155,31	153,86	153,06	155,96	158,76	158,76	155,74	153,06
FEB	157,06	155,26	153,46	153,21	156,16	159,06	159,06	155,70	153,21
MAR	156,86	154,86	153,31	153,16	156,51	158,96	158,96	155,61	153,16
APR	156,71	154,76	153,26	153,36	157,16	158,66	158,66	155,65	153,26
MAG	156,56	154,56	153,01	153,46	-	158,66	158,66	155,25	153,01
GIU	156,26	154,26	152,96	153,36	157,16	158,86	158,86	155,48	152,96
LUG	-	154,16	152,66	153,26	-	-	154,16	153,36	152,66
AGO	156,26	-	-	153,66	-	-	156,26	154,96	153,66
SET	155,96	154,36	152,66	153,86	157,86	-	157,86	154,94	152,66
OTT	155,56	154,36	152,66	154,06	158,06	-	158,06	154,94	152,66
NOV	155,46	154,26	152,66	155,06	158,46	-	158,46	155,18	152,66
DIC	155,46	154,26	152,86	155,91	158,66	-	158,66	155,43	152,86
MAX	*157,46*	*155,31*	*153,86*	*155,91*	*158,66*	*159,06*	***159,06***	*156,71*	*153,86*
MEDIA	*156,33*	*154,58*	*153,03*	*153,79*	*157,33*	*158,83*	*158,83*	***155,65***	*153,03*
MIN	*155,46*	*154,16*	*152,66*	*153,06*	*155,96*	*158,66*	*158,66*	*154,99*	***152,66***

Stratto da: Valutazione della componente Geologia. Variante Generale PRG del Comune di Cesano Maderno. Dott. G. Ascari



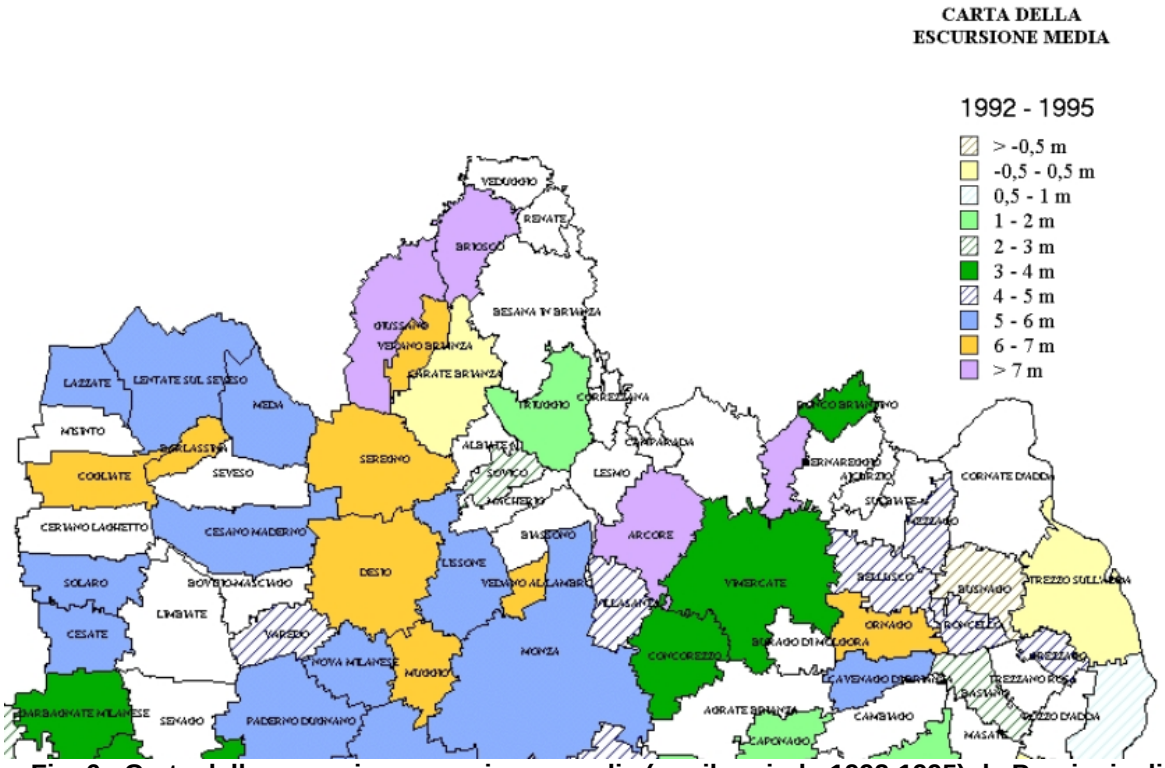


Fig. 6 - Carta della escursione massima e media (per il periodo 1992-1995) da Provincia di Milano.

7.5 - PUNTI DI APPROVVIGIONAMENTO IDRICO

Sulla Carta Idrogeologica, sono riportati oltre ai piezometri anche i pozzi utilizzati per la ricostruzione della piezometria, distinti con diversa simbologia a seconda che avessero destinazione idropotabile pubblica o irrigua/domestica.

Particolare importanza, sotto l'aspetto dell'impatto dell'opera sul sistema idrogeologico locale, assume la presenza di alcuni pozzi pubblici ad uso idropotabile ubicati a breve distanza dal tracciato autostradale, anche se solamente due di questi (B2_P10 e B2_P11), con la propria area di protezione interferiscono con il tracciato. Si precisa comunque che l'area di salvaguardia dei due pozzi, seppur determinata in maniera geometrica, risulta solo minimamente coinvolta dall'opera. Debbono infatti considerarsi come critici, dal punto di vista di una possibile interferenza opera-pozzo, tutti i pozzi posti ad una distanza inferiore od uguale a 200 metri dalla autostrada o da una variante. La distanza è stata calcolata da un punto centrato sul pozzo sino al margine esterno dell'opera stradale. Nel caso in esame l'area di protezione è interessata lateralmente dal tracciato, rispetto alle direzioni di flusso della falda. Per le due captazioni ad oggi non è possibile determinare l'area di protezione con metodi diversi da quello geometrico. Dei due pozzi citati si hanno infatti dati relativamente alla sola stratigrafia e alla posizione dei filtri, peraltro non certi, in quanto ricavati da uno studio geologico di supporto alla Variante Generale del PRG comunale di Cesano Maderno (dott. geol. G. Ascari). La società Brianza Acque, gestore dei due pozzi, nonostante le richieste inoltrate, non ha ancora fornito dati né relativamente a caratteristiche costruttive del pozzo né relativamente a quelle idrogeologiche (portata captata, abbassamento dinamico e parametri T e K). Né d'altra parte tali parametri sono desumibili dalle informazioni fornite dalla Provincia di Milano, in quanto esse stesse carenti di tali dati.

La stratigrafia, fino ai 61 metri di profondità mostra una successione di ghiaie con sabbie e ciottoli con livelli di conglomerati più o meno spessi a partire dalla profondità di circa 20 m dal p.c. . Sotto tale profondità compaiono argille che divengono prevalenti. Un livello di

sabbia fine acquifera è segnalato tra i 102 e i 105 m dal p.c.. A profondità superiori prevalgono ancora argille compatte.

Entrambi i pozzi captano l'acquifero ghiaioso sabbioso e/o conglomeratico superficiale con filtri mediamente posizionati tra i -40 m e -50 m (B2_P10) e tra i -47 m e i -61 m (B2_P11) dal p.c.. Quest'ultimo pozzo oltre all'orizzonte acquifero superficiale sembra captare anche il livello sabbioso presente tra -102 e -105 m dal p.c. .

E' quindi più che evidente l'assenza di una protezione geologica per l'acquifero superficiale. La granulometria grossolana garantisce permeabilità medie-elevate e i livelli conglomeratici, peraltro non sempre continui non possono rappresentare elementi né di confinamento né di protezione nei confronti di infiltrazioni di inquinanti dalla superficie.

In ogni caso in prima approssimazione, seppur in assenza di calcoli e/o modelli, che saranno eseguiti appena disponibili dati da parte di Brianza Acque, ci si deve attendere un'area che si estende maggiormente a monte del pozzo lungo la direzione di flusso per un estensione che presumibilmente potrà variare dai 190 ad 220 m, lateralmente da150 a 170 metri ed a valle da 130 a 150 metri. Tali valori sono estrapolati da modelli eseguiti per pozzi ubicati nell'area milanese.

Nella zona di rispetto, come previsto dall'articolo 21 comma 5 del D.Lgs. 152/06, è vietato l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurati;
- accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;
- apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
- apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione della estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;
- gestione di rifiuti;

- stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;

La disciplina delle zone di rispetto, dettata dalla D.g.r. 10 aprile 2003 n. VII/12693, prevede inoltre che :

" Le infrastrutture viarie a elevata densità di traffico (autostrade, strade statali, provinciali, urbane a forte transito) devono essere progettate e realizzate in modo da garantire condizioni di sicurezza dallo sversamento ed infiltrazione di sostanze pericolose in falda, prevedendo allo scopo un manto stradale o un cassonetto di base impermeabili e un sistema per l'allontanamento delle acque di dilavamento che convogli gli scarichi al di fuori della zona indicata o nella fognatura. …omissis … Lungo tali infrastrutture non possono essere previsti piazzali per la sosta, per il lavaggio di mezzi di trasporto o per il deposito, sia sul suolo sia nel sottosuolo, di sostanze pericolose non gassose. …omissis… Per le opere viarie o ferroviarie da realizzare in sottosuolo deve essere garantita la perfetta impermeabilizzazione delle strutture di rivestimento e le stesse non devono interferire con l'acquifero captato, in particolare dovrà essere mantenuta una distanza di almeno 5 m dalla superficie freatica, qualora l'acquifero freatico sia oggetto di captazione. .omissis . ".

Risulta quindi indispensabile che tutte le aree di cantiere vengano ubicate al di fuori delle zone di rispetto dei due pozzi idropotabili e che venga ottemperato quanto richiamato dal D.g.r. 10 aprile 2003 n. VII/12693. In particolare, nei tratti stradali ricadenti nelle aree di rispetto dei pozzi pubblici dovrà essere assicurata l'impermeabilità della struttura rispetto al terreno sottostante e dovrà essere progettato un sistema di allontanamento delle acque di dilavamento della piattaforma stradale al di fuori delle aree stesse con una condotta di raccolta delle acque di prima pioggia opportunamente dimensionata.

Si ritiene opportuno prevedere anche un monitoraggio ambientale periodico con analisi chimiche di campioni di acqua da effettuarsi prima, durante e dopo la realizzazione dell'opera in corrispondenza dei due pozzi idropotabili citati oppure in apposito piezometro di monitoraggio da ubicare a monte flusso, tra l'opera e i due pozzi.

Il monitoraggio dovrà essere realizzato in continuo, preferibilmente con apposite sonde multiparametriche, a cui si aggiungeranno prelievi di campioni con frequenza bisettimanale durante la realizzazione dell'opera e per i primi due mesi dopo la realizzazione dell'opera;

la frequenza di campionamento dovrà essere mensile dal terzo al sesto mese dalla realizzazione dell'opera. I parametri minimi che dovranno essere monitorati sono i seguenti: temperatura, pH, conducibilità elettrica, ossigeno disciolto, Potenziale di ossidoriduzione, ammoniaca, nitrati, calcio, magnesio, manganese, potassio, solfati, cloruri, bicarbonati, metalli, idrocarburi totali. In aggiunta dovranno essere monitorati Coliformi totali, Coliformi fecali, Streptococchi fecali.

Per quanto riguarda una possibile interferenza quantitativa tra le portate emungibili dai pozzi e la struttura in progetto, le caratteristiche idrogeologiche dei luoghi (innanzi tutto la soggiacenza, la permeabilità, la trasmissività degli acquiferi, e l'entità della ricarica della falda da monte) e le caratteristiche delle opere fanno ritenere del tutto trascurabile tale evenienza.

I pozzi, sia ad uso pubblico che privato, rilevati e censiti sono riportati in carta con un apposito codice e in un tabulato allegato e vengono distinti in:

- pozzi pubblici ad uso idropotabile

- pozzi pubblici ad uso diverso (in genere irriguo)

- pozzi privati (comprendono i pozzi ad uso industriale, zootecnico, domestico e irriguo).

Nella cartografia idrogeologica prodotta, per motivi di chiarezza e sinteticità, i pozzi sono solo distinti in pubblici e privati. Nel tabulato tutti i pozzi vengono ulteriormente distinti in attivi e non attivi. Vengono considerati attivi tutti quelli di cui non si è ottenuta notizia certa dello stato di non attività. Nel tabulato per ogni pozzo sono riportati, quando disponibili, notizie riguardo a:

- **Comune** - in cui ricade il punto di prelievo.
- **Gestore** - Nome della società che gestisce il pozzo (per i pozzi pubblici).
- **Località** - toponimo dell'area circostante il pozzo.
- **Indirizzo** - nome attribuito al pozzo (in genere derivante dal nome della località).
- **Latitudine** - espressa in metri, data da coordinate geografiche Gauss-Boaga.
- **Longitudine** - espressa in metri, data da coordinate geografiche Gauss-Boaga.
- **Tipologia utilizzazione**- viene indicato il tipo di utilizzo del pozzo (pubblico, privato, consorzio).

- **Utilizzo** - viene indicato il tipo di utilizzo (idropotabile, industriale ecc.).
- **Stato captazione** - viene indicato l'attuale stato di attività del pozzo (attivo, non attivo).
- **Profondità** - viene indicata la profondità raggiunta dal pozzo (espressa in metri).
- **Diametro tubazione** - viene indicato il diametro (o i diametri) della tubazione di rivestimento (spesso il pozzo è telescopico).
- **Misure di collaudo** - vengono indicate alcune misure registrate durante lo sviluppo del pozzo, in particolare:
  - Portata di captazione.
  - Portata max del pozzo.
  - Soggiacenza livello.
  - Posizione dei filtri da p.c..
- **Codice captazione Provincia** - viene indicato il codice attribuito dalla provincia, quando il pozzo rientra tra quelli censiti dall'ente.

Si precisa che la soggiacenza riportata nel tabulato, quando disponibile, è riferita spesso al valore presente nelle stratigrafie e che solo per alcuni pozzi monitorati da Enti o Consorzi è stato possibile reperire un dato recente. Per i pozzi privati non si è ritenuto opportuno effettuare delle misure dirette del livello di falda in considerazione delle difficoltà tecniche (molto spesso non si ottiene l'autorizzazione, oppure la bocca del pozzo è inaccessibile perché ostruita da tombini o pompe) e della scarsa rilevanza del dato. Si ricorda infatti che la conoscenza di una singola misura del livello statico o pseudo-statico non è significativa per una corretta caratterizzazione dell'andamento della falda e quindi per una valutazione della compatibilità idrogeologica dell'opera in progetto. Per la ricostruzione del quadro piezometrico, come detto si è fatto riferimento alle piezometrie direttamente fornite dalla Provincia di Milano integrate ed eventualmente implementate con i dati dei piezometri realizzati in fase di indagini geognostiche.

8. PROBLEMATICHE GEOLOGICHE LUNGO IL TRACCIATO

La tratta B2 può essere suddivisa, per omogeneità di intervento, in tre sottotratte distinte:

- variante di Lentate, in cui il progetto propone un ampliamento dell'attuale variante di Lentate della SS 35;
- tratto Barlassina-Meda, caratterizzato da un lungo tratto di galleria naturale;
- tratto Meda-Cesano Maderno,prevalentemente in trincea o galleria artificiale.

Di seguito si descrivono le principali problematiche rilevate.

Nel tratto corrispondente alla B2 i terreni attraversati sono prevalentemente ghiaiosi e/o conglomeratici con scarsa alterazione. Tali terreni si presentano talora mediamente sciolti superficialmente ma tendono velocemente ad aumentare di addensamento con la profondità. Nei tratti in rilevato basso e/o a raso del tracciato si potrà prevedere uno scotico molto contenuto (indicativamente h<50 cm) e bonifica superficiale (indicativamente h= 50-70 cm) dove si ha presenza in superficie di litotipi prevalentemente limosi e/o argillosi.

Per i tratti in trincea, salvo possibili interferenze con falde temporanee superficiali, non si ravvedono particolari problematiche se non quelle legate al normale dimensionamento degli eventuali paramenti di contenimento laterali e delle scarpate di scavo per la cui definizione si rimanda alla Relazione Geotecnica di tratta.

Non si ravvedono altresì particolari problematiche per le tratte in galleria naturale: galleria di Camnago Lentate, dove la soggiacenza della falda principale rispetto all'opera risulta superiore ai 20 metri, e per quelle in artificiale (galleria Seveso).

Una relativa attenzione dovrà essere posta alla progettazione delle opere di fondazione dei vari ponti di attraversamento della viabilità esistente nella zona di Seveso per la presenza superficiale di orizzonti limosi di mediocri caratteristiche litotecniche con spessori nell'ordine di 4-6 metri.

E' possibile avanzare una semplificativa suddivisione delle terre e rocce di scavo in funzione della litologia delle "formazioni" affioranti, suddividendo il materiale interessato dal tracciato della tratta in:

materiale granulare-grossolano

materiale sabbioso

materiale fine.

Una stima in percentuale della tipologia di materiale che caratterizza la tratta è espressa dalla tabella seguente:

Tratta	**Materiale interessato [%]**			
	Roccia	**Ghiaioso-grossolano**	**Sabbia e sabbia limosa**	**Materiale fine**
B2	0	30	40	30

Sulla base delle analisi granulometriche e geotecniche condotte su vari campioni prelevati dai sondaggi eseguiti, i terreni della tratta B2 possono essere invece classificati secondo le norme CNRUNI 10006 nel modo seguente:

Progressive (m)	**Formazione geologica affiorante**	**Classificazione CNR UNI 10006**	**Possibile riutilizzo**	**Qualità terreni**
0 - 1000	Allogruppo del Bozzente	A6; A2-4; A2-6	A1, A2-4, A2-5, A3: qualità da eccellenti a buone come terreno di sottofondo e per rilevati stradali. A2-6, A2-7: qualità media, possono essere utilizzati per la formazione degli strati basali dei rilevati stradali.. A4, A5, A6, A7: qualità mediamente scadente; un loro utilizzo è condizionato da eventuali correzioni e/o stabilizzazioni.	Qualità buona a media: 65% Qualità scadente: 35%
1000 - 3900	Allogruppo di Besnate	A6; A2-4		
3900 - 6500	Alloformazione di Cantù / Depositi alluvionali Pg	A1; A2-4; A6		
6500 - fine tratta	Allogruppo di Besnate	A1; A2-4; A4; A6		
La stima percentuale dei terreni, classificabili secondo CNR UNI 10006, è stata effettuata sulla base dei risultati delle analisi di laboratorio sui campioni prelevati durante le campagne geognostiche di I e II fase.				

Parte dei materiali estratti, in particolare la componente ghiaiosa grossolana e quella sabbiosa, previa caratterizzazione ambientale e tenuto conto del bilancio terre progettuale, potranno essere riutilizzabili all'interno dell'opera stessa per rinterri o rilevati, per ripristino aree di cantiere o destinati alla produzione di calcestruzzi; la parte eccedente, sulla base dei risultati di una preventiva caratterizzazione ambientale, potrà essere inviata in siti di destinazione finale o presso impianti di recupero/smaltimento.

La quasi totalità dei piezometri realizzati con la campagna geognostica di supporto alla progettazione (prima e sonda fase), che hanno raggiunto profondità variabili dai 20 ad oltre 40 metri massimo, non ha mai rilevato presenza di falda, evidenziando quindi come il livello piezometrico della falda del primo acquifero si trovi a profondità significativamente superiori rispetto a quelle dell'asse tracciato, quadro confermato dai dati forniti dalla Provincia di Milano. Lungo il tracciato le quote piezometriche dell'acquifero principale diminuiscono da ovest verso est, passando dai circa 190 ai 155 m s.l.m. o poco meno nel settore finale. Corrispondentemente la soggiacenza del livello di falda rispetto al piano campagna varia mediamente dai 70-75 metri della tratta iniziale ai circa 40 metri del tratto finale.

Tuttavia si segnalano, nonostante le campagne geognostiche eseguite (di prima e seconda fase) non abbiano dato evidenze in tal senso, potenziali criticità legate a possibili falde sospese favorite dalla presenza di orizzonti alterati argillificati all'interno dei depositi sabbiosi ghiaiosi superficiali, e quindi possibilità di interferenze con le opere in progetto.

Sotto il profilo sismico la tratta in questione non presenta elementi significativi di possibile amplificazione topografica. Elementi di possibile amplificazione per cedimenti e/o liquefazioni, lungo la tratta, possono invece identificarsi all'inizio, al raccordo con la tratta B1, per lo più caratterizzata da terreni alterati argillificati dell'allogruppo del Bozzente. Peraltro, la presenza di orizzonti argillificati e/o di lenti argillose porta a non escludere l'esistenza di falde sospese entro i primi 10-15 metri dal p.c.. Le unità alterate e argillificate presentano in genere parametri litotecnici mediocri.

9. BIBLIOGRAFIA

- AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, PARMA. "Linee generali di assetto idrogeologico e quadro degli interventi - Bacino dell'Olona": 111 - 127.
- BERETTA G.P., GALLI A. E PEZZERA G., 1989: "Influenza della struttura idrogeologica della pianura bergamasca sull'inquinamento da atrazina delle acque sotterranee". Acque sotterranee, 45 - 62.
- BERETTA G.P., DENTI E., FRANCANI V. E SALA P., 1984: "Lineamenti idrogeologici del settore sublacuale della provincia di Como". Acque sotterranee, 23-43.
- BERNOULLI D., BERTOTTI G., GELATI R., NAPOLITANO A., VALDISTURLO A. E
- ZINGG A., 1987: "The relations of the Gonfolite Lombarda (South - Alpine Molasse) to the Mesozoic sequence of the Southern Alps." Bull. Nat. Forschungs Programme 20(4): 13-14.
- BERTI P., 1994: "Studio dei canyon messiniani nelle aree di Malnate ed Uggiate Trevano mediante prospezione gravimetrica." Tesi di Laurea, Università degli Studi di Milano.
- BINI A., CITA M.B. E GAETANI M., 1978: "Southern Alpine lakes. Hypothesis of an erosional origin related to the Messinian entrenchment." Marine Geology 27(3 - 4): 271 - 288.
- BINI A., BREVIGLIERI P., FELBER M., FERLIGA C, GHEZZI E., TABACCO I. E UGGERI A., 1994: "// problema dell'origine delle valli. I depositi Plio-Quaternari e l'evoluzione del territorio varesino." Guida alle escursioni Riunione autunnale Gruppo
- Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia CNR, Varese: 100 - 149.
- BINI A., 1997a: "Problems and methodologies in the study of the quaternary deposits of the southern side of the Alps. Southern Alps Quaternary Geologf, IGCP 378 Meeting, Lugano ottobre 1995. Geologia Insubrica 2(2): 11 - 20.
- BINI A., 1997b: "Stratigraphy, chronology and palaeogeography of Quaternary deposits of the area between the Ticino and Olona rivers (Italy-Switzerland). Southern Alps Quaternary Geologf, IGCP 378 Meeting, Lugano ottobre 1995. Geologia Insubrica 2(2): 21 - 46.
- BINI A., FELBER M., POMICINO N. E ZUCCOLI L, in stampa: "Geologia del Mendrisiotto (Canton Ticino, Svizzera): Tardo Terziario e Quaternario". Servizio Idrologico e Geologico Nazionale Svizzero.
- BRAMBILLA G. E LUALDI A., 1988: "// Pliocene della Valle Olona (Varese, Italia NW) nelle collezioni Sordelli 1874 - 79, Parona 1883 e Nangeroni 1928'. Atti Soc. Ital. Se. Nat. Museo Civ. Storia Nat. Milano 129(1): 5 - 32.

- CITA M.B., BINI A. E CORSELLI C., 1990: "Superfici di erosione messiniane: una ipotesi sull'origine dei laghi sud-alpini'. In: Barbanti L., Giussani G. e De Bernardi R. (eds.) "Il Lago Maggiore dalla ricerca alla gestione". Simp. 50° Anniv. Fondaz. Ist. Ital. Idrobiol., Pallanza 1988: 33 - 54.
- CORSELLI C, CREMASCHI M. E VIOLANTI D., 1985: "Il canyon messiniano di Malnate (Varese); pedogenesi tardomiocenica ed ingressione marina pliocenica al margine meridionale delle Alpi'. Riv. It. Paleont. Strat. 91(2): 259 - 286.
- CRIPPA F.A., 2002: "Le strutture polliniche: discontinuità geomeccaniche presenti nel sottosuolo in parte del settore milanese". Professione geologo, n. 15, novembre 2002, 11 -21.
- DENTI E., FRANCANI V., FUMAGALLI L, PEZZERA G. E SALA P., 1988: "Studio idrogeologico del foglio Vimercaté
- DA ROLD O., 1990: "L'Apparato Glaciale del Lago Maggiore, settore orientale". Tesi diDottorato di ricerca, Università degli Studi di Milano: 1 -122.
- FELBER M., FREI W. E HEITZMANN P., 1991 a: "Seismic evidence of pre-pliocene valley formation and filling in the region of Novazzano (Southern Ticino, Switzerland)". Eclogae geol. Helv. 84(3): 753 - 761.
- FELBER M., FREI W. E HEITZMANN P., 1991b: "// canyon sepolto di età messiniana nella regione di Novazzano (Ticino meridionale, Svizzera)". Boll. Soc. Tic. Sci. Nat. 79(2): 11-23.
- FELBER M., 1993: "La storia geologica del Tardo Terziario e del Quaternario nel Mendrisiotto (Ticino meridionale, Svizzera)". Diss. ETH 10125.
- FELBER M., BINI A., HEITZMANN P. E FREI W., 1994: "Evidenze sismiche di valli sepolte nel Mendrisiotto e nel Piano di Magadino (Ticino, Svizzera)". Proc. Symp. Crop - Alpi Centrali, Sondrio 1993, in: Quaderni di Geodinamica Alpina e Quaternaria 2: 103 - 133.
- FELBER M., BINI A., HEITZMANN P. E FREI W., 1995: "Seismic evidence of pre - Pliocene buried valleys in the area Como - Varese (N - Italy) - Lugano (South of Ticino, Southern Switzerland) and in the Magadino piane (Central Ticino, Southern Switzerland)". Abstracts XIV International Congress INQUA, Berlin 1995, Terra Nostra 2/95,81.
- FELBER M. E BINI A., 1997: "Seismic survey in alpine and prealpine valleys of Ticino (Switzerland): evidences of a Late-Tertiary fluvial origin. Southern Alps Quatemary Geologf, IGCP 378 Meeting, Lugano ottobre 1995. Geologia Insubrica 2(2): 46 - 67.
- FRANCANI V. E ELEFANTI A. (a cura di,) 2001: "Acquo sotterraneo in Lombardia - Gestione sostenibile di una risorsa strategica". Regione Lombardia, Risorse idriche e Servizi di pubblica utilità.
- GELATI R., NAPOLITANO A. E VALDISTURLO A., 1988: La "Gonfolite Lombarda - stratigrafia e significato nell'evoluzione del margine sudalpino". Riv. Ital. Paleont. Strat. 94(2): 285 - 332.

- GELATI R., NAPOLITANO A. E VALDISTURLO A., 1991: "Results of studies on the Meso - Cenozoic succession in the Monte Olimpino 2 Tunnel. The Tectono - sedimentar/ significance of the "Gonfolite Lombarda'" Riv. Ital. Paleont. Strat. 97(3-4): 565 - 598.
- NANGERONI G., 1931: "/ terrazzi della Valle del Fiume Olona". Ann. R. Ist. Tecnico "F. Daverio", Varese 1928-29 e 1929-30.
- GIUSSANI A., 1992. "Movimenti franosi e superficiali lungo il Naviglio di Paderno (F. Adda, Lombardia)" Tesi di Dottorato in Scienze della Terra, Università di Milano: 1 - 453.
- STRINI A., 2001: "Gli "occhi pollini" nella Brianza orientale: genesi ed evoluzione nel quadro geologico regionale". Tesi di Dottorato di Ricerca, Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Milano.
- TARDY M., 1872: "Esquisse des periodes miocène, pliocène et quaternaire dans la Haute - Italie". Bull. Soc. Geol. France S2 29: 547 - 568.
- TOGNINI P. (1999) - Individuazione di un nuovo processo speleogenetico: il carsismo del M. Bisbino (Lago di Como). Tesi di dottorato di ricerca, Università degli Studi di Milano, 427 pp.
- UGGERI A., 1992: "Analisi geologico ambientale di un massiccio carbonatico prealpino (M. Campo dei Fiori, Varese): geologia, geologia del Quaternario, idrogeologia". Tesi di Dottorato di Ricerca, Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Milano.
- UGGERI A., FELBER M., BINI A., BIGNASCA C. E RAVAZZI C, 1994: "La successione della Val Fornace. I depositi Plio-Quaternari e l'evoluzione del territorio varesino". Guida alle escursioni Riunione autunnale Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia CNR, Varese: 63 - 92.
- UGGERI A., FELBER M., BINI A., RAVAZZI C, BIGNASCA C. E HELLER F., 1995: "Pliocene - Pleistocene environmental evolution in the Varese region (NW Lombardia, Northern Italy): evidence of a pliocene glaciation". Abstracts XIV International Congress INQUA, Berlin 1995, Terra Nostra 2/95: 280.
- UGGERI A., FELBER M., BINI A., BIGNASCA C. E HELLER F., 1997:" The Valle della Fornace succession. Southern Alps Quaternary Geologf, IGCP 378 Meeting, Lugano ottobre 1995. Geologia Insubrica 2(2): 69 - 80.
- ZANCHI A., RIGAMONTI I., FELBER M. E BINI A., 1995: "Evidenze di tettonica recente e di glaciotettonica nel Mendrisiotto (Ticino meridionale, Svizzera)". Il Quaternario 8(2): 279 - 290.
- ZANCHI A., BINI A., FELBER M., RIGAMONTI I. E UGGERI A., 1997: "Neotectonic evidences along the Lombardian foothills of the Southern Alps". Geol. Insubr. 2(2): 99 - 112.
- ZUCCOLI L. E BUSSOLINI C, 1997: "The Pliocene - Pleistocene deposits in Valle Olona (Varese, Northern Italy)." Southern Alps Quaternary Geology, IGCP 378 Meeting, Lugano ottobre 1995. Geologia Insubrica 2(2): 113 -120.

- ZUCCOLI L., 1997: "Geologia dell'Alta Pianura lombarda tra i Pianalti di Castelseprio e Tradate-Appiano Gentile". Tesi di Dottorato in Sienze della Terra, Università di Milano: 1-453.
- ZUCCOLI L., 2000: "Geologia dei Pianalti di Castelseprio e Tradate (Provincia di Varese)". Il Quaternario 13(1/2): 57 - 80.

ALLEGATO

POZZI PUBBLICI E PRIVATI

Autostrada Pedemontana Lombarda

ID POINT	TIPOL	STATO CAPT	COMUNE	COD_CAPT	INDIRIZZO	EST (X)	NORD (Y)	UTILIZZO	TIPOL_UTILIZZO	GESTORE	PROFONDITA' (m)	DIAMETRO (cm)	INIZIO_PRIMO FILTRO (m)	FINE_PRIMO FILTRO (m)	INIZIO_ULTIMO FILTRO (m)	FINE_ULTIMO FILTRO (m)	SOGGIACENZA (m)
B2_P1	POZZO	ATTIVA	LENTATE SUL SEVESO	0151190031	VIA V GIORNATE - LOC. COPRENO	1508415	5059220	POTABILE	PUBBLICO	AMIACQUE							
B2_P2	POZZO	ATTIVA			POZZO CAVA				PRIVATO								35.60
B2_P3	POZZO	ATTIVA			CAMPO DA GOLF				PRIVATO								70.00
B2_P4	POZZO	ATTIVA	BARLASSINA	0150130013	EX AREA MILITARE - VIA MARCONI	1510780	5056260	POTABILE	PUBBLICO	AMIACQUE							
B2_P5	POZZO	ATTIVA	BARLASSINA	0150130002	PIAZZA CAVOUR - MARCONI II	1510179	5055891	POTABILE	PUBBLICO	AMIACQUE							50.50
B2_P6	POZZO	ATTIVA	BARLASSINA	0150130001	PIAZZA CAVOUR-MARCONI I	1510181	5055898	POTABILE	PUBBLICO	AMIACQUE							
B2_P7	POZZO	ATTIVA	MEDA	0151380001	VIA NINO BIXIO	1512492	5055759	POTABILE	PUBBLICO	BRIANZA ACQUE							
B2_P8	POZZO	ATTIVA	MEDA	0151380006	VIA NINO BIXIO	1512522	5055748	POTABILE	PUBBLICO	BRIANZA ACQUE							
B2_P9	POZZO	ATTIVA	SEVESO	0152120004	VIA TRENTO TRIESTE - BARUCCANA	1512899	5053988	POTABILE	PUBBLICO	BRIANZA ACQUE							
B2_P11	POZZO	ATTIVA	CESANO MADERNO	0150750002	VIA DEI MILLE	1512467	5053077	POTABILE	PUBBLICO	BRIANZA ACQUE							
B2_P10	POZZO	ATTIVA	CESANO MADERNO	0150750010	VIA DEI MILLE	1512471	5053097	POTABILE	PUBBLICO	BRIANZA ACQUE	62.0		40.00	49			
B2_P12	POZZO	ATTIVA	CESANO MADERNO	0150750006	VIA MASSIMO	1513591	5051853	POTABILE	PUBBLICO	BRIANZA ACQUE	75.0		39.00	43	59	72	
B2_P13	POZZO	ATTIVA	SEVESO					POTABILE	PUBBLICO	BRIANZA ACQUE	110?		47?	61?	102,5?	105?	
B2_P14	POZZO		BARLASSINA						PRIVATO								

Elaborazione:

CONSORZIO ITALIANO PER LE INFRASTRUTTURE LOMBARDE