



COMUNE DI CAVAGNOLO

PROVINCIA DI TORINO

PIANO REGOLATORE GENERALE

VARIANTE DI ADEGUAMENTO P.A.I.

Relazione Geologica

L.R. 56/77 e s.m.i.

Incarico con Det. Resp. U.T. n° 200 del 06 / 12 / 2006 .

Delibera C.C. adozione prog. preliminare n° _____ del _____

Progetto preliminare pubblicato all'albo pretorio dal _____ al _____

Delibera C.C. di approvazione condoneduzione oss.ni n° _____ del _____

Delibera C.C. di adozione del Progetto Definitivo n° _____ del _____

Il geologo: **Dr. Geol. Paolo Sassone**
n° 279 Ordine dei Geologi Del Piemonte

Giugno 2007



INDICE

I - INQUADRAMENTO NORMATIVO E METODOLOGICO	2
1 - PREMESSA.....	2
2 - LINEE GUIDA METODOLOGICHE SEGUITE NELLO STUDIO	3
2.1 - CONCETTO DI RISCHIO GEOLOGICO	3
2.2 - PRIMA FASE	3
2.3 - SECONDA FASE	3
2.4 - TERZA FASE	3
2.5 - METODOLOGIA UTILIZZATA PER L'INDAGINE GEOLOGICA.....	5
2.5.1 - <i>Legenda regionale per la redazione della carta geomorfologica e del dissesto.....</i>	<i>6</i>
2.6 - TEMATISMI GEOLOGICO-TECNICI AFFRONTATI IN CARTOGRAFIA	6
2.6.1 - <i>Allegato 1 -Carta geomorfologica, dei dissesti e della dinamica del reticolo idrografico minore</i>	<i>6</i>
2.6.2 - <i>Allegato 2 - Carta geologica-idrologica, della caratterizzazione litotecnica, censimento SICOD e reticolato idrografico classificato</i>	<i>7</i>
2.6.3 - <i>Allegato 3 - Carta dell'acclività.....</i>	<i>7</i>
2.6.4 - <i>Allegato 4 - Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica.</i>	<i>7</i>
II - RELAZIONE GEOLOGICA.....	8
3 - INDAGINE STORICA, INQUADRAMENTO GEOLOGICO E DELLE FENOMENOLOGIE DI DISSESTO NOTE PER IL SETTORE IN STUDIO.....	8
3.1 - SINTESI BIBLIOGRAFICA E STUDI GEOLOGICI PREGRESSI.....	8
3.2 - INDAGINE STORICA DI ARCHIVIO	10
3.2.1 - <i>Informazioni tratte dall'Archivio storico comunale di Cavagnolo</i>	<i>10</i>
3.3 - ANALISI DEI PROCESSI GRAVITATIVI E DELLE CONDIZIONI GENERALI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO DESUNTI DALLA BANCA DATI GEOLOGICA	10
3.4 - INDAGINI D'ARCHIVIO IN RELAZIONE AI PROGETTI PIÙ RILEVANTI	11
4 - LINEAMENTI METEO-CLIMATICI	13
4.1 - CARATTERISTICHE TERMO-PLUVIOMETRICHE	13
4.2 - PRECIPITAZIONI CRITICHE	14
4.3 - BILANCIO IDRICO	15
5 - LINEAMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI	16
5.1 - BACINO TERZIARIO PIEMONTESE.....	16
5.1.1 - <i>Il Monferrato in rapporto con la Collina di Torino</i>	<i>18</i>
5.1.2 - <i>Il Monferrato.....</i>	<i>21</i>
5.2 - CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRITORIO	35
5.3 - CARATTERI GEOLITOLOGICI LOCALI.....	35
6 - ANALISI MORFOLOGICA DEL TERRITORIO COMUNALE	38
6.1 - ACCLIVITÀ.....	39
7 - CARATTERI DI DINAMICA FLUVIO-TORRENTIZIA	40
7.1 - IL PO: CARATTERISTICHE IDRAULICHE E MORFOLOGICHE, MEMORIE STORICHE E RACCOLTA DATI ESISTENTI, TENDENZE EVOLUTIVE, DINAMICA E FENOMENI DI DISSESTO DELLE PIENE DEL 1994 E DEL 2000.....	40
7.1.1 - <i>Caratteristiche idrauliche e morfologiche (tratto Chivasso-Crescentino).....</i>	<i>40</i>
7.1.2 - <i>Trasformazioni idrografiche del F. Po</i>	<i>46</i>
8 - PROPENSIONE AL DISSESTO IDROGEOLOGICO DEL TERRITORIO.....	48
8.1 - INDICAZIONI SULLA DEGRADABILITÀ, DELLE FORMAZIONI GEOLOGICHE AFFIORANTI NEL TERRITORIO	48
8.2 - PROCESSI DEGRADATORI PREVALENTI	49
8.3 - LE AREE DISSESTATE PRESENTI NEL TERRITORIO DEL TERRITORIO COMUNALE.....	50
9 - IDROGEOLOGIA	53
10 - SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA DEL TERRITORIO	55
11 - BIBLIOGRAFIA E OPERE CONSULTATE	56
BANCHE DATI ED ARCHIVI CONSULTATI.....	58



I - INQUADRAMENTO NORMATIVO E METODOLOGICO

1 - PREMESSA

La presente relazione geologica, ha lo scopo di presentare la sintesi degli studi effettuati a seguito dell'incarico affidato dal Comune di Cavagnolo (TO) con Determina del Responsabile dell'Ufficio Tecnico del 06 dicembre 2006.

Lo studio ha lo scopo di evidenziare all'Amministrazione ed all'Urbanista incaricato i caratteri geologico-tecnici del sito, inserendo eventuali prescrizioni - in linea con la normativa dettata dal PAI - da recepirsi a livello di Normativa Tecnica di Attuazione.

Nell'affrontare lo studio geologico, si è fatto scrupoloso riferimento alle normative vigenti quali la L.R. 56/77 e s.m.i. e, in particolare ai recenti disposti della Circ. P.G.R. n°7/LAP del 08/05/96 "L.R. 5 dicembre 1977, n°. 56 e successive modifiche ed integrazioni. Specifiche tecniche per l'elaborazione degli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici" nonché alla relativa "Nota Tecnica Esplicativa" del dicembre 1999.

Si è fatto inoltre riferimento a quanto introdotto dalla DGR 6 agosto 2001 n°31-3749 ed alla recente DGR n°45-6656 (pubblicata sul BURP n°30 del 25/7/2002), al fine di razionalizzare ed uniformare la rappresentazione del dissesto anche a fini di verifica di compatibilità PAI.

Una specifica relazione, che costituisce parte integrante dello studio (cfr. All. 5), è stata redatta specificatamente al proposito di illustrare la compatibilità dello strumento urbanistico alle disposizioni e procedure introdotte dall'approvazione del PAI.

Il presente lavoro è suddivisibile in due parti fondamentali: a una prima parte di inquadramento metodologico e di descrizione del quadro normativo che regola la pianificazione urbanistica sotto il profilo geologico-tecnico, segue la relazione geologica vera e propria che descrive sotto tutti gli aspetti il territorio comunale; si allega a parte (Allegato 7) la Normativa di Attuazione di carattere geologico-tecnico da recepirsi nelle N.T.A. della Variante del P.R.G.C.



2 - LINEE GUIDA METODOLOGICHE SEGUITE NELLO STUDIO

Quale introduzione al lavoro svolto per la Variante di adeguamento al P.A.I. al Piano Regolatore Generale di Cavagnolo, redatto sulla base delle norme tecniche di recente introduzione che prevedono una maggiore attenzione ed un maggiore approfondimento degli studi geologici di supporto alla pianificazione urbanistica (cfr. Circ. Pres. Giunta Regionale n°7/LAP approvata in data 6/5/96 e relativa Nota tecnica esplicativa del Dicembre 1999), occorre premettere alcune definizioni della terminologia utilizzata ed alcuni richiami alla metodologia prescritta dalle citate norme di legge.

2.1 - CONCETTO DI RISCHIO GEOLOGICO

Secondo la più recente letteratura internazionale il rischio geologico é definito dalla probabilità che un determinato evento naturale si verifichi, incidendo sull'ambiente fisico in modo tale da recare danno all'uomo ed alle sue attività.

La valutazione in termini probabilistici dell'instabilità potenziale, indipendentemente dalla presenza antropica, definisce invece il grado di pericolosità di una certa area in funzione della tipologia, della quantità e della frequenza dei processi che vi si possono innescare.

La pericolosità, dunque, si traduce in rischio non appena gli effetti dei fenomeni naturali implicano un costo socio-economico da valutarsi in relazione all'indice di valore attribuibile a ciascuna unità territoriale. Tale misura di valore socio-economico integra i parametri indicatori dei processi naturali nella determinazione dei diversi livelli di rischio".

In riferimento a quanto citato, l'intervento del geologo deve consistere nella valutazione della pericolosità delle aree oggetto di studio, tramite le metodologie di seguito esposte, demandando ad altra figura professionale, competente dal punto di vista socio-economico, la valutazione del rischio.

La determinazione della pericolosità acquista estrema importanza non solo in riferimento alle scelte di Piano Regolatore, ma anche nella definizione dei Piani Comunali di Protezione Civile. In questo ambito, tenuto conto dei limiti imposti dalla L.R. 56/77 (art. 13 e 30) si intende per pericolosità una valutazione di tipo geomorfologico, intrinseco, che prescinde da valutazioni di tipo probabilistico.

Per giungere ad una zonazione del territorio sulla base di quanto al punto precedente devono prevedersi tre fasi operative.

2.2 - PRIMA FASE

Essa comprende l'analisi di tutti gli elementi di carattere geolitologico, geomorfologico, idrogeologico, idrologico, ecc. e di quant'altro consenta una valutazione oggettiva della propensione al dissesto dell'intero territorio comunale e, laddove necessario, per un intorno significativo al di fuori dei limiti amministrativi (Carte geotematiche alle scale opportune).

2.3 - SECONDA FASE

In questa fase la valutazione della tipologia e della quantità dei processi sulla base dei dati precedenti deve condurre alla zonazione dell'intero territorio comunale per aree omogenee dal punto di vista della pericolosità geomorfologica intrinseca, indipendentemente dai fattori antropici ("Carta di sintesi della pericolosità e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica" alla scala opportuna).

La stessa cartografia deve riportare, infatti, nell'apposita legenda, anche la descrizione della propensione all'uso urbanistico dei settori omogeneamente distinti secondo tre classi di idoneità d'uso. Il documento cartografico relativo a questa fase deve pertanto essere obbligatoriamente sottoscritto sia dal geologo che dall'urbanista (come già indicato dalla Circ. del P.G.R. - del 18/7/89, n. 16/URE in riferimento alla art. 14 punto 2 della L.R. 56/77, al punto 3.2.1 comma 4.2).

2.4 - TERZA FASE

La "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica", di cui al punto precedente, elaborata su tutto il territorio alla scala 1:10.000, deve essere ulteriormente dettagliata con cartografie alla scala di piano non inferiori alla scala



1:5.000, per tutte le aree destinate a nuovi insediamenti, completamenti e interventi pubblici di particolare rilevanza estese ad un intorno significativo - come già previsto dalla Circolare n. 16/URE (punto 3.2.1) "...devono essere rappresentate le perimetrazioni e la denominazione delle aree normative individuate dal piano, al fine di rendere evidenti le condizioni di edificabilità e d'uso di ciascuna di esse...".

Con riferimento a quanto sopra, mentre per la redazione degli elaborati del presente Piano (vista l'estensione delle aree comunali e le oggettive necessità di dettaglio cartografico), si è scelto di utilizzare la scala di rappresentazione di insieme al 1/10000, quale sovrapposizione alle previsioni di PRG si è optato per la scala 1/5000.

Per l'individuazione dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica sono da proporsi tre classi di idoneità (Circ. Pres. Giunta Regionale n°7/LAP del 6/5/96):

CLASSE I

Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche: gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11/03/88 e del D.M. 14/09/05.

CLASSE II

Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate al D.M. 11/03/88 e al 14/09/05 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio.

Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionarne la propensione all'edificabilità.

Si riporta a titolo puramente indicativo, e non esaustivo, i seguenti esempi:

a) settori di territorio condizionati da modesti allagamenti dovuti all'azione antropica sul reticolato minore dove, comunque, l'azione delle acque di esondazione presenti caratteri di bassa energia;

b) in modo analogo ci si riferisce a quelle aree di pianura limitrofe a linee di drenaggio minori (acque non classificate, canali irrigui, fossi, ecc ...), per le quali si evidenzia la necessità di interventi manutentivi (pulizia costante dell'alveo, investimento dei canali e dei fossi, adeguamento di attraversamenti, ecc ...) e nelle quali il rischio di inondabilità, di acque sempre a bassa energia, sia legato esclusivamente alla scarsa manutenzione.

CLASSE III

Porzioni di territorio nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio, derivanti questi ultimi dalla urbanizzazione dell'area, sono tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate, richiedendo, viceversa, la previsione di interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio esistente.

Si possono identificare le seguenti sottoclassi:

- **Classe III Indifferenziata**

Rientrano in tale classe parte delle aree di affioramento delle singole formazioni litologiche, caratterizzanti areali più o meno estesi con dubbia stabilità, ove la propensione al rischio idrogeologico in generale, la possibilità di allagamenti ad elevata energia, la pendenza dei versanti associata alla presenza di potenti coltri di copertura non consente, senza specifici accertamenti, di definirne al momento l'edificabilità. Tali aree vengono pertanto attualmente ritenute inedificabili. Sulla base delle normative tecniche di settore vigenti (cfr. Nota tecnica Esplicativa alla Circ. P.G.R. n° 7/LAP), sarà possibile in futuro valutare localmente l'edificabilità di alcune porzioni di territorio inserite in tale classe, ma solo a seguito di specifici e rigorosi accertamenti geologico-tecnici di dettaglio (e/o specifiche verifiche idrauliche in caso di aree poste in vicinanza di corsi d'acqua) da eseguirsi nel corso di future varianti.



• **Classe IIIa**

Porzioni di territorio inedificate ed inadatte che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inadatte a nuovi insediamenti (aree dissestate, in frana, potenzialmente dissestabili o soggette a pericolo di valanghe, aree alluvionabili da acque di esondazione ad elevata energia).

Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili (con specifico riferimento ad es., ai parchi fluviali), vale quanto già indicato all'art. 31 della L.R. 56/77.

• **Classe IIIb**

Porzioni di territorio edificate nelle quali gli elementi di pericolosità e di rischio geologico sono tali da imporre in ogni caso interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico a tutela del patrimonio urbanistico esistente.

Pertanto attraverso idonei strumenti attuativi (es.: Piani Tecnici Esecutivi di cui all'art.47 L.R. 56/77), dovranno essere programmati i necessari interventi di riassetto geologico atti a eliminare o almeno a minimizzare il rischio.

In assenza di tali interventi di riassetto saranno consentite solo trasformazioni che non aumentino il carico antropico; per le opere di interesse pubblico non altrimenti localizzabili varrà quanto previsto all'art. 31 della L.R. 56/77.

Nuove opere o nuove costruzioni saranno ammesse solo a seguito dell'attuazione degli interventi di riassetto e dell'avvenuta eliminazione e/o minimizzazione del rischio. Gli strumenti attuativi del riassetto idrogeologico e i Piani Comunali di Protezione Civile dovranno essere reciprocamente coerenti.

• **Classe IIIc**

Porzioni di territorio edificate ad alta pericolosità geomorfologica e ad alto rischio geologico, per le quali non è proponibile un'ulteriore utilizzazione urbanistica neppure per il patrimonio esistente rispetto al quale dovranno essere adottati provvedimenti di cui alla Legge 2/2/74 n. 64 art. 2 e 13 (abitati da consolidare o trasferire ai sensi della Legge 9/7/1908 n. 445).

Sono ovviamente ammesse tutte le opere di sistemazione idrogeologica, di tutela del territorio e difesa del suolo.

In fase di piano, devono essere evidenziati i necessari interventi di riassetto idrogeologico atti a salvaguardare l'edificato; i comuni interessati dovranno tenere in adeguata considerazione l'esistenza di tali aree nella redazione del Piano Comunale di Protezione Civile, ai sensi della normativa vigente.

Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili (con specifico riferimento ad es. ai parchi fluviali), vale quanto già indicato all'art. 31 della L.R. 56/77.

2.5 - METODOLOGIA UTILIZZATA PER L'INDAGINE GEOLOGICA

Il presente studio relativo al Progetto di Variante è stato redatto recependo in toto le indicazioni della più recente normativa tecnica vigente (in particolare la Circ. Pres. G.R. 7/LAP e successiva relativa Nota Tecnica Esplicativa); si è fatto inoltre riferimento alla D.G.R. 15 Luglio 2002 n°45-6656 che introduce nuovi indirizzi per l'attuazione del PAI nel settore urbanistico.

In tal senso l'analisi e lo studio geologico hanno previsto il progressivo svolgimento, in fase di completamento per quanto attiene il restante territorio comunale, delle indicazioni di legge di cui ai seguenti punti:

Ricerca bibliografica dei lavori esistenti, da citare nella relazione geologica la quale, nel caso delle varianti, assume la valenza di un'analisi critica degli elaborati geologici a corredo dello strumento urbanistico esistente.

Consultazione della documentazione pubblicata dalla Banca Dati Geologica Regionale.

Esecuzione di una ricerca storica degli eventi avvenuti in passato condotta presso fonti predefinite a livello Comunale, Provinciale e Regionale, che deve essere confrontata con le indicazioni della Banca Dati Geologica e risultare comunque verificabile.

Occorre inoltre tenere conto che le indicazioni di normativa prevedono i seguenti aspetti:



In sede preliminare di progetto di piano le diverse problematiche possono essere affrontate privilegiando l'aspetto qualitativo.

In sede definitiva/esecutiva, a fronte di ben evidenziate situazioni di pericolosità, è necessario che queste siano valutate sotto il profilo quantitativo, eventualmente anche attraverso l'esecuzione di indagini di carattere indiretto e diretto, al fine di valutare la fattibilità urbanistica delle previsioni. La sussistenza di circoscritti e moderati elementi di pericolosità, superabili con modesti accorgimenti tecnici di agevole attuazione, non può tassativamente consentire l'elisione del livello di pericolosità dominante nell'intorno significativo. Tale prescrizione assume particolare valore in sede di PEC, PEEP, e S.U.E. in genere.

Per il patrimonio urbanistico esistente, l'analisi di rischio, comprensiva delle sue componenti antropiche ed economiche, mira alla sua salvaguardia ed alla conseguente possibile riduzione del rischio stesso, in relazione anche al Piano Comunale di Protezione Civile. (L. 225/92).

L'analisi dei diversi processi e fenomeni viene estesa all'intero territorio sul quale viene risentita la loro influenza, superando quindi i limiti di stretta pertinenza comunale, considerando che qualora il territorio comunale in esame sottenda un bacino di notevole estensione, rispetto al territorio indagato, è inevitabile che le analisi siano condotte ad una scala di maggior dettaglio.

2.5.1 - Legenda regionale per la redazione della carta geomorfologica e del dissesto

La Legenda regionale, ufficializzata con la DGR n°45-6656, redatta nell'ambito della commissione alla quale hanno partecipato i rappresentanti dei Settori di Prevenzione Territoriale del Rischio Geologico della Direzione Regionale Servizi Tecnici di Prevenzione ed i rappresentanti dell'Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte, nasce al fine di uniformare le indicazioni contenute negli studi geologici a supporto dei P.R.G.C. e di facilitare la trasposizione dei dati inerenti al dissesto negli strumenti di pianificazione a scala di bacino (P.A.I.).

La legenda proposta classifica il dissesto, lo codifica, propone una sua rappresentazione grafica nella carta geomorfologica ed in quella di sintesi, ponendosi come uno strumento operativo in sintonia con le regole regionali assunte come riferimento (Circolare P.G.R. n. 7/LAP/96 con le relative schede e successiva N.T.E./99) e di approfondimento ed integrazione del P.A.I., così come previsto dall'art. 18 delle N.T.A. del P.A.I. stesso.

La legenda unificata permette, inoltre, di agevolare la trasposizione del dissesto risultante dagli studi geologici a supporto dei P.R.G.C. nelle cartografie del P.A.I., che sarà così aggiornato sulla scorta delle indagini di maggior dettaglio elaborate per la pianificazione territoriale.

La legenda, si propone come uno strumento di riferimento, di minima, che potrà essere maggiormente dettagliato in fase di redazione degli studi geologici a supporto dei P.R.G.C., sulla scorta dei rilievi effettuati nelle varie realtà territoriali presenti nell'ambito piemontese.

Per quanto riguarda i tematismi FRANE, CONOIDI si evidenzia che l'attività dei fenomeni non viene strettamente collegata ad un intervallo temporale di 30 anni come nel P.A.I., ma si preferisce adottare una visione tecnica, temporale e storica più ampia e quindi maggiormente cautelativa. Ciò anche al fine di garantire un quadro normativo non vincolato al riferimento temporale, per sua definizione mutevole nel tempo.

2.6 - TEMATISMI GEOLOGICO-TECNICI AFFRONTATI IN CARTOGRAFIA

Sono sinteticamente esposti di seguito i contenuti delle cartografie tematiche previste a corredo del progetto definitivo.

2.6.1 - Allegato 1 - Carta geomorfologica, dei dissesti e della dinamica del reticolo idrografico minore

È un documento che riporta esclusivamente l'assetto geomorfologico, con annessi dissesti gravitativi ed idraulici e dinamica fluviale utilizzabile anche ad evidenziare il quadro di sintesi del dissesto ai fini P.A.I.

I dati salienti riportati in tale carta sono descritti puntualmente nei distinti successivi capitoli.

E' stata inoltre redatta a parte due tavole riportanti gli effetti delle alluvioni 1994 e 2000.



2.6.2 - Allegato 2 - Carta geologica-idrologica, della caratterizzazione litotecnica, censimento SICOD e reticolato idrografico classificato

Per quanto concerne il substrato essa sintetizza i dati di rilevamento e la delimitazione degli affioramenti principali e dei dissesti attraverso la restituzione dei dati sul supporto topografico tratto dalla Carta Tecnica Regionale alla scala 1/10.000.

Attraverso tale documento appare possibile tracciare uno schema tettonico dell'area ed evidenziare le maggiori distinzioni litologiche, anche sulla base delle indicazioni fornite del Foglio n°157 Trino in scala 1/50.000 della Carta Geologica d'Italia o dai più recenti dati di letteratura. Sono inoltre esposti i dati relativi agli affioramenti principali, alla giacitura dei corpi rocciosi ed alle caratteristiche deformative principali.

Sulla base del rilevamento geolitologico e della raccolta dei dati geologici e geotecnici esistenti si é pervenuti al raggruppamento dei terreni in considerazione delle loro caratteristiche litotecniche associate a parametri geotecnici rilevati, riportati in precedenti studi sull'area o stimati in base a dati di letteratura. Le caratteristiche idrogeologiche del substrato sono ricostruite, anche in assenza di dati specifici, sulla base delle caratteristiche idrogeologiche evidenziate dai corpi litologici in aree contigue. Risultano di particolare importanza nella valutazione gli eventuali dati stratigrafici e idrogeologici desumibili da terebrazioni e prove di pompaggio di eventuali pozzi.

La documentazione cartografica illustra le condizioni idrogeologiche fondamentali quali, andamento presunto delle isopieze, tipologia di falda ed acquiferi, localizzazione di captazioni, centri di rischio, fasce di rispetto di pozzi, reticolo idrografico principale e, con idonei sovrasimboli, il coefficiente di permeabilità k stimato dei vari corpi litologici presenti nell'area.

Sono inoltre riportati alcuni dati orientativi circa le proprietà litotecniche medie dei terreni; tali indicazioni non hanno la presunzione di dare per verificato e costante il dato per tutto il territorio e rimandano i progettisti a delle verifiche puntuali sul sito di edificazione mediante idonee prove di caratterizzazione geotecnica. Sono infine classificati, secondo le proprietà amministrative, i corsi d'acqua presenti nel territorio.

2.6.3 - Allegato 3 - Carta dell'acclività

Le classi di acclività sono individuate per lo specifico ambito collinare, quale é quello prevalentemente caratterizzante la morfologia del Monferrato occidentale.

Esse sono state definite tenendo conto dei possibili risvolti applicativi tipici di tale ambiente.

Seguendo gli indirizzi dalla Circ. P.G.R. n°7/LAP, risultata opportuno non distinguere classi di acclività oltre i 35°.

Per le aree di pianura risulterebbe invece necessario estendere il dettaglio al di sotto dei 10-15°; nell'ambito dell'area studiata, le zone pianeggianti-subpianeggianti si concentrano nella zona di pianura in adiacenza al tracciato del Fiume Po; in questo ambito si é tentato di evidenziare quest'ultimo tipo di dettaglio morfologico con opportuni simboli (All. 1) al fine di cartografare i settori lievemente terrazzati.

2.6.4 - Allegato 4 - Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica.

Il documento di sintesi deriva dall'esame comparato delle varie cartografie geotematiche redatte e dall'analisi critica di tutta la documentazione raccolta.

In esso sono compendiate, previa perimetrazione e numerazione, tutti i dissesti già presentati nell'Allegato 1, cui si associa la relativa normativa geologico-tecnica ai sensi della Circ. PGR 7/Lap e del PAI.

Tale documento assume, una volta approvato dai competenti uffici regionali, sistematica validità per le successive varianti non dovendo subire ulteriori modificazioni, fatto salvo che per fenomeni calamitosi che si vengano a manifestare in futuro, specie se a carico di aree di classe I e classe II. Ne deriva che la redazione dell'intero studio, incluse tutte le fasi conoscitive che stanno a monte della redazione degli elaborati geotematici definitivi, implica una necessaria ed approfondita analisi dei dati territoriali, al fine di pervenire ad una consapevole garanzia che quanto riportato negli elaborati urbanistici conclusivi possieda quel sufficiente rigore tecnico che assicuri scelte urbanistiche definitive e non improvvisate.



II - RELAZIONE GEOLOGICA

3 - INDAGINE STORICA, INQUADRAMENTO GEOLOGICO E DELLE FENOMENOLOGIE DI DISSESTO NOTE PER IL SETTORE IN STUDIO

3.1 - SINTESI BIBLIOGRAFICA E STUDI GEOLOGICI PREGRESSI

La geologia del settore collinare compreso tra Torino e Valenza è stato oggetto in passato di studi e rilevamenti a vasta scala finalizzati soprattutto all'approfondimento di quelle caratteristiche stratigrafico-strutturali che potessero fornire elementi di raffronto e di conferma delle teorie e conoscenze già emerse dalla più approfondita analisi delle problematiche che venivano dallo studio e dalle interpretazioni evolutive della catena appenninica e dall'arco alpino.

Si ritrovano infatti descrizioni generali dell'areale della Collina Torino-Valenza già in un antico lavoro di SISMONDA (1842) che tratta dei terreni delle formazioni terziarie e cretacee in Piemonte nell'introduzione del suo trattato. L'Autore già sottolinea l'interpretazione di zona di raccordo di questo settore:

"I terreni terziari, dalla cima degli Appennini negli Stati Sardi, si estendono alle falde delle Alpi, formando un vasto spazio da queste due catene circoscritto pianori e colline.

Le valli, che in varia guisa gli solcano, sono in massima parte opera delle furiose acque alluviali, in seguito modificate dagli agenti atmosferici di continuo luttanti contro l'ultimo ordinamento del nostro globo.

Esistonovi i due terreni meno antichi della formazione, il terziario medio, chiamato da LYELL Miocene, ed il terziario superiore (Subappennino) detto dallo stesso autore Pliocene antico. Il terreno inferiore, ossia Eocene, finora non si è trovato nel Paese nostro. Pel solito risiedono sulla creta superiore, e quando sono ammantati, lo sono dal terreno alluviale. La giacitura non è sola ad aprire la via alla conoscenza dell'età loro, svelandocela in modo da togliere ogni sorta di dubbiezza le numerosissime spoglie animali, che vi hanno naturale sepoltura.

Or riuniti ed or disgiunti corrono dalle Alpi all'estremo punto opposto dell'Italia senza mutazione essenziale, e senza perdere certe relazioni coi depositi della stessa epoca di altre parti d'Europa."

Negli anni a seguire si ha l'apporto del Prof. Ardito DESIO (1968), maestro dei geologi italiani di questo secolo ed autore del volume "Geologia d'Italia". Nel descrivere le conoscenze più aggiornate sulle formazioni della Collina Torino-Casale-Valenza egli annota: *"Nella collina Torino-Casale-Valenza gli strati dell'Oligocene si trovano in situazione tettonica ben diversa rispetto al bacino meridionale in quanto sono sempre fortemente corrugati e prendono parte alla costituzione di strutture anticlinali più o meno deformate e di veri propri diapiri.*

Queste condizioni, al di là dell'incisione del Tanaro, presso Alessandria, si ritrovano nelle colline di Tortona e nel Preappennino Emiliano. Anche per i rapporti che ha con gli strati al letto questa serie oligocenica differisce da quella dell'area meridionale.

Essa infatti è generalmente sovrapposta, anche se localmente con lacune e discordanze, a livelli eocenici (marne e calcari di Gassino, calcari marnosi a fucoidi del casalese, <<banchi rossi>> dell'Appennino emiliano) con i quali costituisce a volte una formazione di transizione (Marne di Montepiano).

La serie eocenica a sua volta è sovrapposta alla serie cretacea autoctona (Alberese) o sicuramente alloctona (Falda dei Flysch a helmintoidi) in modo che vi è comunque, in quest'area una relativa continuità stratigrafica, che manca invece nell'area meridionale.

L'Oligocene arenaceo-conglomeratico può essere indicato in questo settore complessivamente come Formazione di Ranzano o meglio Arenarie di Ranzano. Nella Collina Torino-Casale-Valenza si tratta di conglomerati o arenarie non o scarsamente fossiliferi, indicanti un ambiente essenzialmente deltizio e, con le dimensioni spesso notevolissime dei blocchi che contengono, la presenza di un paleorilievo accentuato nelle immediate vicinanze.

Conglomerati con il medesimo carattere deltizio si trovano, nella Collina di Torino, anche nella parte più alte della serie oligocenica e facenti passaggio ai conglomerati acquitaniani.

Nel preappennino Emiliano...le Arenarie di Ranzano si presentano come un flysch con banchi prevalentemente arenacei, ma talora anche conglomeratici; questi depositi hanno, almeno



localmente, i caratteri di tipiche torbiditi. Si passa per gradi a situazioni di più o meno evidente alloctonia."

Discutendo del settore preappenninico alessandrino DESIO inoltre evidenzia che: *"...La formazione stratigraficamente più bassa (del Miocene; N.d.R.) è rappresentata dalle Marne di Antognola (che poggiano sulle Arenarie di Ranzano, oligoceniche). Nello Sperone di Tortona alle Marne di Antognola o, direttamente alle Arenarie di Ranzano, si sovrappone la formazione di Mombisaggio, che per certi suoi caratteri ricorda la Formazione della Pietra da Cantoni del Monferrato..."*.

Tale passaggio, oltre a quello riportato precedentemente, descrive e allo stesso tempo consente di cogliere un quadro "dinamico" dei processi di sedimentazione che portarono alla messa in posto delle formazioni oligo-mioceniche, la cui distribuzione spaziale e temporale risulta marcata da facies sedimentarie transizionali che evidenziano le varie caratteristiche paleogeografiche di un bacino di sedimentazione decisamente vasto.

È del 1969 l'uscita delle Note Illustrative alla Carta Geologica d'Italia. F.56-57, Torino-Vercelli, a cura dei rilevatori BONSIGNORE G., BORTOLAMI G., ELTER G., MONTRASIO A., PETRUCCI F., RAGNI U., SACCHI R., STURANI C., ZANELLA E.

Successivi importanti contributi che seguono sono quelli a cura di STURANI (1973); ELTER (1973); ELTER P., PERTUSATI P.(1973).

L'interesse che viene progressivamente ad assumere il Bacino Ligure-Piemontese, assieme alla Collina Torino-Valenza, nel corso del susseguirsi degli studi è quello di "palestra" a cielo aperto, ovvero l'affioramento di un unico esempio (per il Piemonte) di un bacino di sedimentazione che conserva la registrazione di variazioni stratigrafiche e di movimenti di strutture deformazionali avvenute in un periodo in cui l'orogenesi Alpina faceva registrare, in concomitanza dei suoi ultimi movimenti tettonici, corrispondenti effetti stratigrafico-sedimentari; in parallelo tra l'Oligocene ed il Miocene la catena appenninica è in via di formazione e in questa fase tettonica e sedimentazione vanno a determinare situazioni geologiche ora cristallizzate e conservate negli affioramenti del Monferrato occidentale, centrale ed orientale.

La comprensione che tali affioramenti, specie se studiati alla luce delle più recenti conoscenze derivanti dalle intense campagne geofisiche e geognostiche condotte a più riprese e per vari scopi tra gli Anni Sessanta e gli Anni Novanta, avrebbero consentito di formulare interpretazioni più complete circa l'evoluzione tettono-stratigrafica di questo importante settore di raccordo tra le Alpi e l'Appennino, viene espressa in dati concreti dal recente lavoro di alcuni ricercatori (POLINO & PIANA, 1994; 1995), in particolare quelli dell'Università di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra e del C.N.R. di Torino.

A partire da un sistematico lavoro di rilevamento geologico, finalizzato alla recente revisione della Carta Geologica d'Italia - Foglio Trino, inizialmente avviatosi nella zona collinare torinese e gradualmente estesosi al Monferrato Centrale e, ultimamente, al Monferrato Orientale, si è delineato un quadro tettonico e stratigrafico inizialmente insospettato (vedasi opere enumerate in bibliografia).

Per la parte stratigrafica e sedimentologica sono stati condotti approfonditi studi su quasi tutti i terreni della serie stratigrafica sino a portare alla segnalazione di alcune importanti novità dal punto di vista della ricostruzione paleogeografica della zona (vedasi rassegna bibliografica).

Per la parte geologica e geostrutturale (quest'ultima non disgiunta dai dati geofisici) sono stati invece parallelamente condotti approfonditi studi sino a portare alla segnalazione di alcune importanti novità dal punto di vista della ricostruzione paleotettonica e geostrutturale della zona (vedasi rassegna bibliografica). In particolare RUFFINI et Alii (1991) evidenziano la presenza di livelli vulcanoclastici di nuova segnalazione e ne ricostruiscono il quadro stratigrafico. Tale segnalazione è seguita da approfondimenti da parte di RUFFINI & CADOPPI (1994) che si soffermano a descrivere le evidenze di un vulcanismo trachitico e riolitico nella successione Miocenica del Monferrato (vedasi bibliografia). Inoltre si segnala l'importanza degli studi di PIANA F., POLINO R. (1994, 1995) sulla zona tranpressiva di Rio Freddo e l'evoluzione della Collina di Torino e del Monferrato durante il Terziario.



3.2 - INDAGINE STORICA DI ARCHIVIO

Come richiesto dalle normative e linee guida tecniche, si é provveduto ad apposita indagine storica presso quelle fonti che potessero fornire dati ed informazioni di carattere storico sulle fenomenologie di dissesto che hanno interessato il territorio comunale.

3.2.1 - Informazioni tratte dall'Archivio storico comunale di Cavagnolo

Il Comune di Cavagnolo esiste quanto tale a partire dal 1957 a seguito della scissione dal comune di Brusasco per cui l'archivio storico é limitato se non inesistente per quanto riguarda gli aspetti di nostro interesse.

3.3 - ANALISI DEI PROCESSI GRAVITATIVI E DELLE CONDIZIONI GENERALI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO DESUNTI DALLA BANCA DATI GEOLOGICA

Questa parte di indagine si é sviluppata secondo due distinte modalit :

- é stata eseguita una specifica verifica presso l'archivio Banca Dati Geologica regionale al fine di individuare eventuali registrazioni o annotazioni di eventi relativi a dissesti, inondazioni o altre catastrofi naturali; per quanto concerne le segnalazioni contenute nella Banca Dati Geologica del Settore Geologico. Sono emersi alcuni dati di danni noti nell'ambito del territorio comunale.
- é stata consultata la cartografia ufficiale della Banca Dati Geologica (www.regione.piemonte.it) per i seguenti vari tematismi: Frane, Danni alla rete viaria ed ai ponti, Tributari minori e conoidi potenzialmente attive, alveo-tipi e portate, aree inondabili, ecc.

In particolare:

La Carta delle frane

La Carta dei danni alla rete viaria ed ai ponti

La Carta dei tributari minori e delle conoidi potenzialmente attive

La Carta delle aree inondabili

La Carta degli alveo-tipi e portate

Si riportano di seguito gli stralci relativi alle suddette carte, quello relativo alla la Carta delle frane é stato invece riportato nell'Allegato 5: Relazione conclusiva di verifica PAI.

Nella tabella seguente sono comunque elencati, in ordine temporale, i fenomeni di dissesto che hanno coinvolto il territorio comunale, censiti ed archiviati nel Sistema Informativo Geologico "Processi-Effetti" della regione Piemonte:

ANNO	TIPOLOGIA	AREE COINVOLTE	DANNI
1900	Scivolamento rotazionale del substrato, collasso	Loc. Casamosso	danni strutturali ad edifici
1914	Frana generica	Ferrovia Asti-Chivasso	Danni funzionali alla ferrovia
1914	Scivolamento rotazionale del substrato	Loc. Casamosso	N.P.
1968	Frana generica	S.S 590	Danni funzionali alla strada statale
1969	Frana generica	Ferrovia Asti-Chivasso	Danni funzionali alla ferrovia
1969	Scivolamento rotazionale del substrato	Loc. Casamosso	danni strutturali ad edifici
1976	Piena del F. Po	Territorio comunale di pianura	Danni funzionali ad edifici sparsi
1982	Scivolamento rotazionale del substrato, riattivazione	Loc. Casamosso	Danni funzionali ad edifici e infrastrutture
1988	Frana generica	Punto Verde, strada Comunale di Gerbole	Danni funzionali ad edifici sparsi e strutturali alla strada comunale
1993	Piena del Rio S. Fede	Non esistono indicazioni cartografiche	Danni funzionali alla viabilit� provinciale



3.4 - INDAGINI D'ARCHIVIO IN RELAZIONE AI PROGETTI PIÙ RILEVANTI

Si riporta a seguire l'elenco completo delle relazioni geologiche e geotecniche consultate e reperite presso l'Archivio Ufficio tecnico, alcune supportate da specifiche indagini, la cui ubicazione è riportata nell'Allegato 2; in ogni caso si rimanda ai lavori originali per ogni approfondimento e per trarre eventuali dati geologici geotecnici progressi.

- *Lavori di costruzione ponticello su rio santa fede* (dicembre 1993)
Dott. Ing . Pacielli Michele
- *Progetto di sistemazione argine Rio S. Lorenzo* (gennaio 2002)
Dott. Ing Ravarino Giovanni
- *Perizia geotecnica per strada di accesso a C.na Pozzetto* (1994)
Dott. Ing Borgis Roberto
- *Progetto di recinzione e sistemazioni esterne: Condominio Punto Verde* (luglio 2000)
Dott. Geol. Dela Pierre Ugo Alberto
- *Progetto di recinzione e modifica strada di accesso della proprietà Iacoviello in località Luschetto* (giugno 2000)
Dott. Geol. Genovese Giuseppe
- *Intervento di scavo e riporto per la formazione di area da adibirsi a parcheggio (?)*
Dott. Geol. Genovese Giuseppe
- *Progetto di autorimessa interrata* (giugno 2000)
Dott. Geol. Genovese Giuseppe
- *Progetto di edificio di civile abitazione a due piani f.t. più interrato uso box e cantine in Via E. Fermi ("Residenza Pomaretto")* (agosto 2001)
Dott. Geol. Michelangelo Di Gioia
- *Costruzione di edificio residenziale in Cavagnolo* (ottobre 2003)
Dott. Geol. Michelangelo Di Gioia
- *Relazione geologica relativa alla realizzazione di un impianto di subirrigazione con drenaggio delle acque reflue provenienti da una fossa Imhoff, presso l'edificio (ad uso civile abitazione), sito in via Scallaro 22, Cavagnolo (TO)* (febbraio 2003)
Dott. Geol. Marco Balestro
- *Progetto di costruzione di edificio residenziale quadrifamigliare in zona Rtr D1 del P.E.C. approvato* (novembre 2003)
Dott. Geol. Michelangelo Di Gioia
- *Ristrutturazione ed ampliamento fabbricato uso civile abitazione, di proprietà Sig.ra Osti Maria, Comune di Cavagnolo, Via Montechiaro n.18/A* (novembre 2003)
Dott. Ing . Pacielli Michele
- *P.E.C. per la realizzazione di n.9 edifici in Zona Rc, Via Gaiette - Lotto F. Edificio monofamiliare a 2 piani f.t.* (novembre 2005)
Dott. Geol. Innocenti Marco
- *Relazione geologico-tecnica inerente al progetto di costruzione edificio di civile abitazione* (aprile 2006) Dott. Geol. Coppo Luigi
- *Relazione geologico-tecnica inerente al progetto di costruzione edificio di civile abitazione* (giugno 2006) Dott. Geol. Coppo Luigi
- *Relazione geologica e geotecnica per l'estensione della rete idrica in via Gaiette, Comune di Cavagnolo* (novembre 2005)
Dott. Geol. Boano Paola
- *Progetto di realizzazione di un porticato e una tettoia in località Case Porta n.4* (gennaio 2005)
Dott. Geol. Cornaglia Davide
- *Progetto di costruzione terrazzo pertinenziale presso unità abitativa esistente Complesso residenziale Villaggio Punto Verde* (luglio 2004)
Dott. Geol. Elia Massimo
- *Progetto di villetta a 2 p. f.t. in via S. Fede (F. 20 particelle e geotecnica)* (maggio 2005)
Dott. Geol. Innocenti Marco



- *Progetto di costruzione autorimessa interrata (ottobre 2004)*
Dott. Geol. Elia Massimo
- *Estensione rete idrica in via Tre Po (gennaio 2005)*
Dott. Ing. Bignante Corrado
- *Relazione idrologica ed idraulica su un tratto del rio San Lorenzo ubicato a valle di un versante interessato da un fenomeno morfogenico gravitativo, attivatosi in data 27 febbraio 2004 e perduratosi per alcuni giorni, in comune di Cavagnolo, via San Lorenzo-complexo residenziale "Villaggio Punto Verde" (giugno 2004)*
Dott. Geol. Valente Andrea
- *Relazione geologico-tecnica su un tratto del rio San Lorenzo ubicato a valle di un versante interessato da un fenomeno morfogenico gravitativo, attivatosi in data 27 febbraio 2004 e perduratosi per alcuni giorni, in comune di Cavagnolo, via San Lorenzo-complexo residenziale "Villaggio Punto Verde" (maggio 2004)*
Dott. Geol. Valente Andrea
- *Relazione geologico-tecnica terreno di fondazione cabina pompe Loc. S. Lorenzo (aprile 1988)* Dott. Geol. Foglino Luigi
- *Relazione geologico-tecnica terreno di fondazione serbatoio Loc. Scallaro (aprile 1988)*
Dott. Geol. Foglino Luigi
- *Verifica fondazioni speciali, Villaggio Punto Verde (maggio 2005)*
Dott. Ing. Bauducco Silvio Mario
- *Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica (maggio 2006)*
Dott. Geol. Cornaglia Davide
Dott. Geol. Momo Paolo
- *Relazione geologica e geotecnica per l'estensione della rete idrica in via C. Colombo (luglio 2004)*
Dott. Geol. Boano Paola
- *Relazione tecnica Lavori rete idrica in Strada Comunale Are n.8 - B.ta Are (giugno 2006)*
Dott. Ing. Bignante Corrado
- *Progetto di edificio residenziale a 3 unità immobiliari (ottobre 2004)*
Dott. Geol. Innocenti Marco
- *Nota geologico-tecnica integrativa a supporto di un progetto di ristrutturazione edilizia per consolidamento e realizzazione di pavimentazione in asfalto del tornante della strada interna alla proprietà condominiale, ai sensi dell'art. 3, comma 1, lettera d del DPR n. 380 del 6 giugno 2001, in comune di Cavagnolo, via S. Lorenzo, Villaggio Punto Verde. Indicazione degli interventi prioritari di messa in sicurezza e consolidamento del tornante stradale in dissesto. (aprile 2005)*
Dott. Geol. Innocenti Marco
- *Frana in loc. Casamosso (varie). Si rimanda all'Allegato 5 ove vengono analizzati dettagliatamente i dati consultati, le interferenze con gli abitati e quanto prodotto in merito al suddetto dissesto*
- *Progetto di costruzione edificio residenziale.*
Dott. Geol. Sassone Paolo



4 - LINEAMENTI METEO-CLIMATICI

Da un punto di vista climatico l'area in esame é condizionata innanzitutto dalla posizione geografica "interna" rispetto all'arco alpino. Quest'ultimo esercita un'azione di "barriera" nei confronti delle perturbazioni, che sono costrette a scaricare gran parte dell'umidità prima di raggiungere l'area di pianura.

Un altro fattore importante é rappresentato dall'azione periodica di correnti dominanti fredde e calde che si alternano con ritmo stagionale. L'interferenza reciproca dei suddetti fronti termici é responsabile delle perturbazioni stagionale accompagnate da intense precipitazioni. Inoltre anche la vicinanza del Fiume Po, la ridotta soggiacenza dell'acquifero nelle zone di pianura e la diffusa presenza di terreni adibiti all'uso agricolo (in particolare risicolo e vitivinicolo) possono intervenire nel modificare il clima anche nei prospicienti settori collinari.

L'esame dei dati storici ed il loro confronto con quelli attuali permette di dare un quadro dettagliato di alcuni importanti parametri del clima quali la piovosità, la temperatura e le loro variazioni.

4.1 - CARATTERISTICHE TERMO-PLUVIOMETRICHE

I dati seguenti sono tratti e sintetizzati dagli Annali Meteorologici della Regione Piemonte, relativamente alle stazioni più vicine al territorio di Cavagnolo.

PRECIPITAZIONI MENSILI RILEVATE - VEROLENGO - VIVAIO FORESTALE(165 s.l.m.) - misura in mm

Fonte: Annali Meteorologici Regione Piemonte

Periodo 90-99

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOT.
1990	2,6	1,8	13,2	166,8	96	*	*	*	3,2	183,8	18	47,6	533
1991	50,8	3,6	129,4	76,6	115,2	44,6	19,4	26,6	133,8	89,4	7,8	1	698,2
1992	18	14	22,8	71,6	51,6	196,2	43	92	85,4	189	35,2	31,6	850,4
1993	2,4	20,4	89,8	161,6	78,4	34,6	60,8	77,8	133,4	116,2	75,6	0,2	851,2
1994	64,6	88	20,2	80,8	220,6	36,8	17,6	16,8	193	43,6	209,8	11,2	1003
1995	10,4	40,4	2	124,6	97,6	101,6	27,4	135,6	140,4	21,2	119,2	50,6	873
1996	158,8	45,6	15	60,6	66,6	34	53,4	134,2	53,6	103,2	1,4	133,4	859,8
1997	59,6	0	0,2	2	32	202,6	29,8	42,4	4	2,4	38,6	62	475,6
1999	*	30,4	5,4	120,2	140	42,8	22,8	19,4	59,6	98,2	6,8	10	565,6
1999	84,2	0	90,2	32,2	100,8	76,6	59,2	119,6	72,2	78,6	73,2	7,4	794,2

* dati incompleti o non rilevati

Dato medio periodo 90-99

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOT
90-99	45,1	24,4	38,8	89,7	99,8	76,9	33,3	78,3	87,9	93,7	58,6	35,5	749,2

L'analisi dei dati meteo per il periodo compreso tra il 1990-1999 consente di definire un quadro, seppure se riferito ad un periodo ristretto, piuttosto interessante circa i cicli di piovosità stagionale. Nel periodo considerato i mesi maggiormente piovosi risultano, a conferma dei dati riferiti al periodo precedente considerato, quelli di aprile- maggio (dato medio rispettivamente di 89,7 mm e 99,8 mm) per la primavera e quelli di settembre e ottobre per l'autunno (dato medio rispettivamente di 87,9 mm e 93,7 mm).

I minimi stagionali si presentano durante l'estate in luglio (dato medio 33,3 mm) e durante l'inverno in febbraio (dato medio 24,4 mm).



N° gg. piovosi

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOT
1990*	2	1	2	11	12	*	*	*	2	14	2	4	50
1991	3	1	11	6	9	4	1	2	8	9	2	0	56
1992	4	1	3	8	8	18	7	7	6	10	2	4	78
1993*	1	2	4	12	10	6	4	7	7	15	8	0	76
1994	6	5	2	7	12	4	4	4	12	6	9	2	73
1995	1	5	1	8	10	9	2	10	8	2	7	7	65
1996	13	6	3	10	6	7	10	7	9	9	0	9	89
1997	8	0	0	1	6	13	5	7	1	1	4	5	51
1998	*	2	1	11	8	8	4	4	4	9	2	2	55
1999	5	0	4	5	7	9	4	10	6	8	9	3	70

* dati incompleti o non rilevati

Dato medio periodo 88-94

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOT
90-99	4,3	2,3	3,1	7,9	8,8	7,8	4,1	5,8	6,3	8,3	4,5	4,6	67,8

Per quanto riguarda la media dei giorni piovosi durante l'anno l'analisi dei dati medi del periodo 90-99 vedono punte di 8,8 giorni piovosi su base mensile nel mese di maggio e di 8,3 giorni nel mese di ottobre; nel mese di giugno si evidenzia un dato di 7,8 giorni che appare elevato rispetto alle medie dei mesi estivi. I periodi con meno giorni di pioggia sono il mese di febbraio con 2,3 giorni, il mese di luglio con un dato medio di 4,1 giorni.

Per quanto riguarda la temperature, facendo riferimento ai dati di Temperatura e piogge di Torino, il mese più caldo risulta quello di luglio seguito da quello di agosto, mentre il periodo più freddo é quello di dicembre-gennaio.

I valori corrispondenti ai mesi suddetti evidenziano altresì una sensibile escursione termica pari a circa 22-25 °C. Le temperature medie annuali oscillano intorno ad un valore di poco superiore ai 12°C.

4.2 - PRECIPITAZIONI CRITICHE

Un'attenzione particolare va rivolta ai dati pluviometrici nei periodi delle due alluvioni più recenti ed importanti: il settembre 1993, il novembre 1994 e ottobre 2000.

Il settembre 1993 é stato, con 133,8 mm, il mese più piovoso dell'anno (responsabile di eventi di dissesto significativi), mentre il novembre 1994 non ha fatto registrare i valori più alti, ma nei soli giorni 2-3-4-5 e 6 si sono avuti in totale ben 107 mm di pioggia, cioè più dei due terzi di quelli caduti nell'intero periodo mensile; questo evidenzia come gli eventi alluvionali siano collegati a brevi ed intense precipitazioni piuttosto che a piogge diffuse su un lungo periodo. Anche i primi dati di pioggia relativi al recente evento alluvionale evidenziano la tendenza descritta.

Dall'analisi degli eventi forniti dal Servizio Meteoidrografico della Regione Piemonte (Banca dati storica meteoidrografica) sono state estrapolate le registrazioni dei seguenti eventi di picco ed evidenziati in neretto quelli che hanno determinato dissesti significativi sul territorio:



ANNO	1 ora	DATA_MAX_1H	3 ore	DATA_MAX_3H	6 ore	DATA_MAX_6H	12 ore	DATA_MAX_12 H	24 ore	DATA_MAX_24 H
1991	32	12/09/1991	59	12/09/1991	66	12/09/1991	74	12/09/1991	89	12/09/1991
1992	32	24/06/1992	33	24/06/1992	36	05/10/1992	58	05/10/1992	75	05/10/1992
1993	39	24/08/1993	39	24/08/1993	39	24/08/1993	55	23/09/1993	80	23/09/1993
1994	32	18/05/1994	54	18/05/1994	78	18/05/1994	95	18/05/1994	111	05/11/1994
1995	57	14/08/1995	61	14/08/1995	61	14/08/1995	72	18/09/1995	76	18/09/1995
1996	48	24/08/1996	50	24/08/1996	50	24/08/1996	50	24/08/1996	64	09/12/1996
1997	32	28/06/1997	37	28/06/1997	37	28/06/1997	41	28/06/1997	48	28/06/1997
1999	33	29/08/1999	39	29/08/1999	46	29/08/1999	51	29/08/1999	58	10/01/1999
2000	62	13/06/2000	75	13/06/2000	75	13/06/2000	100	29/09/2000	129	29/09/2000
ANNO	1 g	DATA_MAX_1G	2 gg	DATA_MAX_2G	3 gg	DATA_MAX_3G	4 gg	DATA_MAX_4G	5 gg	DATA_MAX_5G
1991	51	12/09/1991	93	12/09/1991	93	12/09/1991	93	12/09/1991	93	12/09/1991
1992	75	05/10/1992	120	04/10/1992	154	03/10/1992	158	02/10/1992	161	02/10/1992
1993	64	25/04/1993	97	23/09/1993	110	23/09/1993	110	22/09/1993	127	23/09/1993
1994	105	18/05/1994	148	05/11/1994	180	04/11/1994	188	03/11/1994	193	02/11/1994
1995	64	19/09/1995	76	18/09/1995	93	23/04/1995	105	22/04/1995	110	21/04/1995
1996	55	10/12/1996	91	09/12/1996	94	09/12/1996	94	09/12/1996	102	09/12/1996
1997	45	05/06/1997	48	28/06/1997	54	18/12/1997	61	26/06/1997	84	01/06/1997
1999	51	29/08/1999	61	10/01/1999	63	17/05/1999	70	26/08/1999	71	25/08/1999
2000	91	15/10/2000	139	15/10/2000	145	15/10/2000	182	20/09/2000	183	19/09/2000

*Massime precipitazioni dell'anno per più ore consecutive
(stazione di VEROLENGO - FORESTALE(165 s.l.m.)) - periodo 1990-2000.*

4.3 - BILANCIO IDRICO

A questo proposito sono stati elaborati i dati termopluviometrici medi desunti dal CdRom "Precipitazioni e Temperature" della Regione Piemonte (1998).

Secondo la classificazione climatica di Thornthwaite la stazione rientra nei tipi C2 B2 rb'3. Le lettere che descrivono il tipo climatico indicano il valore dell'indice di umidità globale, il tipo di variazione stagionale dell'umidità, l'efficienza termica annua ed il valore della concentrazione estiva dell'efficienza termica. Si tratta quindi di un clima xeroterico.

I mesi più piovosi dell'anno sono risultati quelli di aprile, maggio, ottobre e novembre.

Si riscontrano quindi due massimi di precipitazione praticamente corrispondenti alle stagioni primaverile ed autunnale.

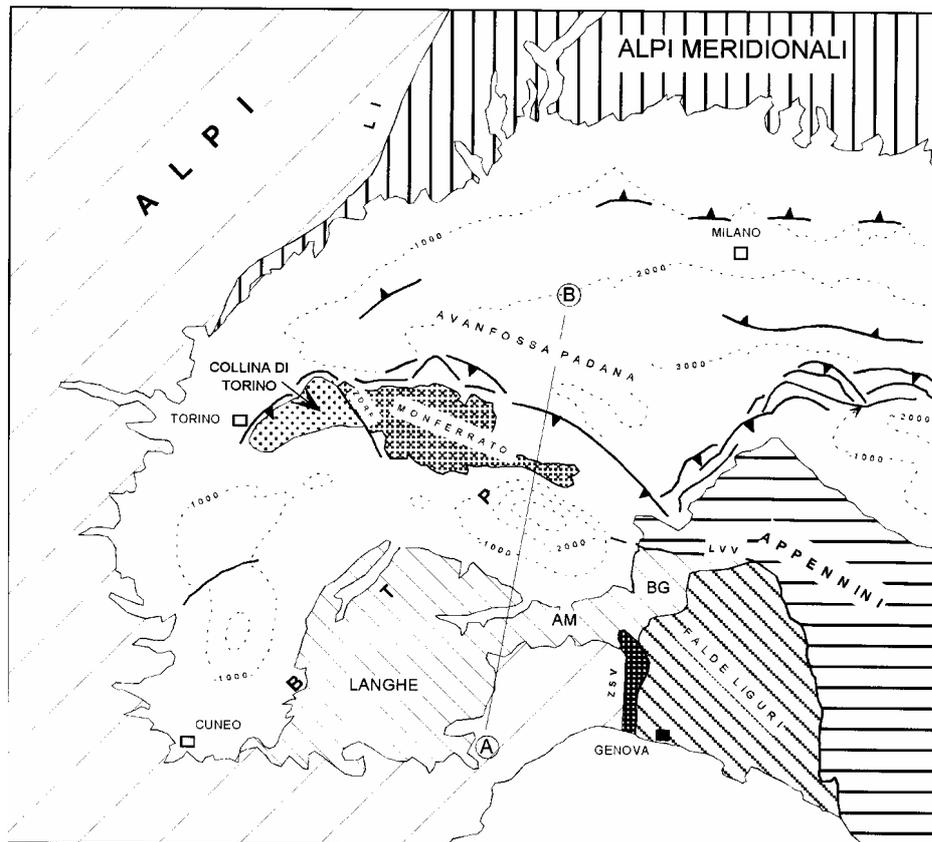
Il valore medio di precipitazione nell'ultimo decennio é stato di circa 798 mm.



5 - LINEAMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI

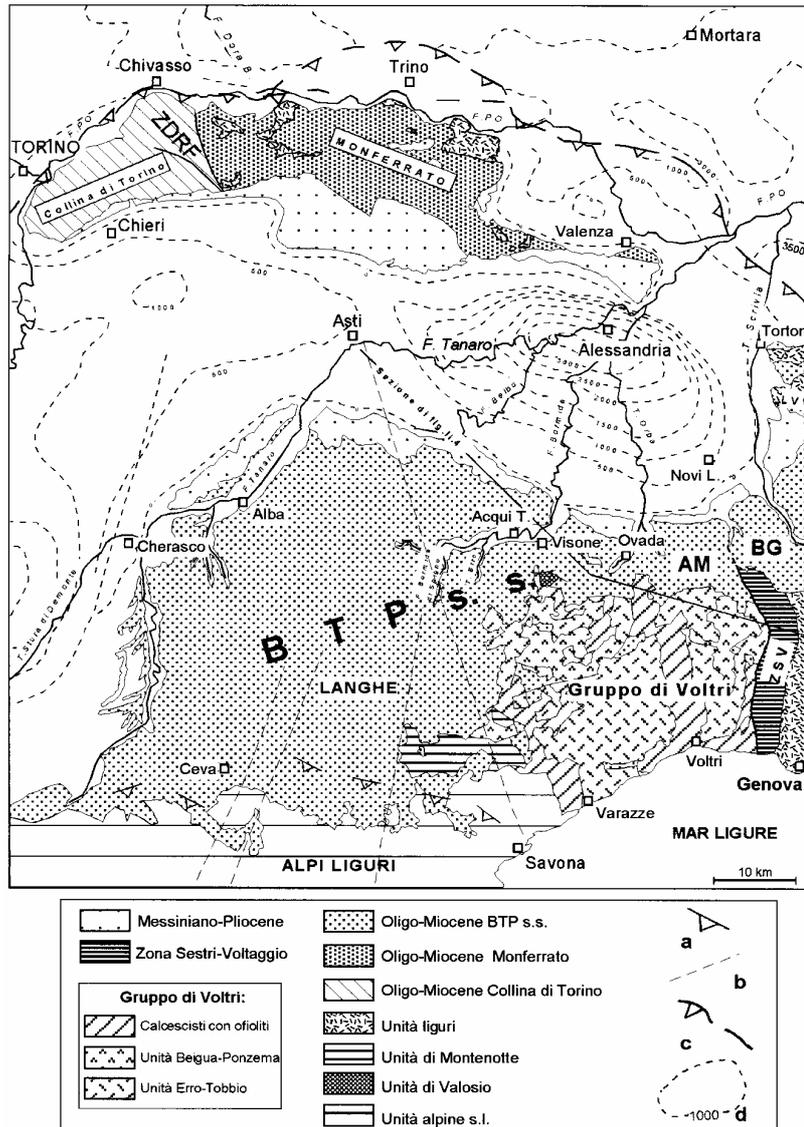
5.1 - BACINO TERZIARIO PIEMONTESE

II Bacino Terziario Piemontese (BTP) può essere suddiviso in alcune grandi unità geometrico-paleogeografiche: a) il BTP s.s., comprendente il Bacino delle Langhe (LA), l'Alto Monferrato (AM), la -zona Borbera-Grue; b) il Monferrato (MO); c) la Collina di Torino (Gelati & Gnaccolini, 1988; Biella et al., 1997).



Schema strutturale dei bacini terziari nella zona di giunzione tra Alpi ed Appennini. LI: Linea Insubrica; LVV: Linea Villalvernia-Varzi, ZDRF: Zona di Deformazione di Rio Freddo, ZSV: Zona Sestri-Voltaggio; BTP: Bacino Terziario Piemontese; AM: Alto Monferrato; BG: Zona Borbera-Grue. Le linee tratteggiate indicano le isobate della base del Pliocene. Modificato da Structural Model of Italy (1990).

Le successioni del BTP ricoprono in discordanza unità di tipo diverso (unità metamorfiche alpine ed unità liguridi) la cui giustapposizione tettonica è avvenuta in concomitanza della fase "ligure" (Elter & Pertusati, 1973), corrispondente alla fase collisionale mesoalpina eocenica (Trümpy, 1961; Hunziker et al., 1992; Castellarin, 1994). Durante tale evento è avvenuta la traslazione di rocce ad elevata velocità sismica (unità metamorfiche alpine) su rocce a velocità sismica minore (unità sedimentarie liguridi-appenniniche). Questo corpo crostale è attualmente riconoscibile nel Piemonte meridionale a profondità sempre inferiori ai 6-7 km (Bozzo et al., 1992; Biella et al., 1992; Laubscher, 1992).



Schema strutturale del Bacino Terziario Piemontese (da Piana et al., 1997, modificato). BTP s.s.: Bacino Terziario Piemontese s.s.; AM: Alto Monferrato; BG: Zona Borbera-Grue; LVV: Linea Villalvernia-Varzi; ZSV: Zona Sestri-Voltaggio; ZDRF: Zona di deformazione di Rio Freddo. Legenda: a, b: sovrascorrimenti (a) e faglie (b) del basamento magnetico (da Cassano et al., 1986); c: sovrascorrimenti plio-pleistocenici dell'avanfossa padana; d: isobate della base del Pliocene (da Structural Model of Italy, 1990).

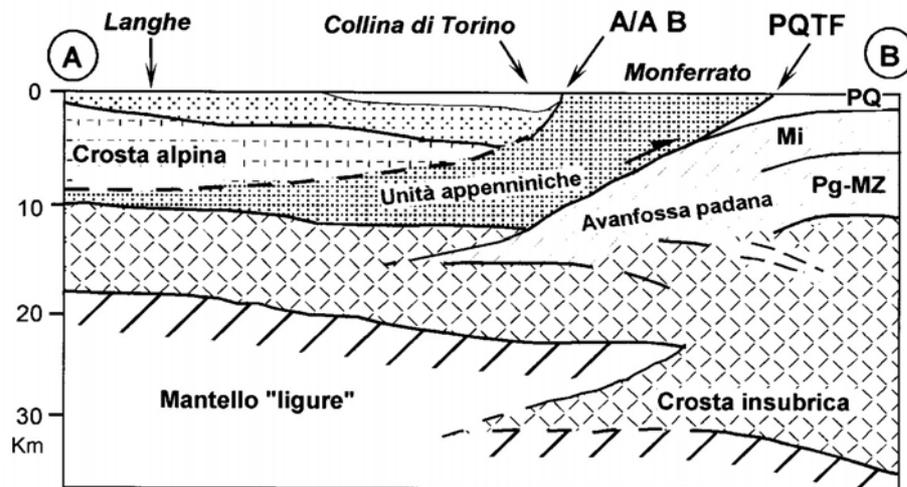
L'attuale assetto strutturale è però legato alla evoluzione post-oligocenica che ha ampiamente modificato le configurazioni mesoalpine. Tra l'Oligocene superiore ed il Miocene medio (fase neoalpina *sensu* Castellarin, 1994) i processi geodinamici connessi all'apertura del Mediterraneo nord-occidentale hanno infatti indotto la riattivazione delle strutture impostatesi durante la fase mesoalpina (Mutti et al., 1995).

La fase neoalpina ha determinato la traslazione verso NE di unità tettoniche costituite da diverse porzioni della successione stratigrafica del BTP e da scaglie del substrato ligure. In questo contesto vanno inquadrati anche i complessi rapporti geometrici realizzatisi tra le unità del Gruppo di Voltri e la successione sedimentaria oligo-miocenica affioranti in Alto Monferrato. Questa evoluzione, che è coeva alla costruzione della catena appenninica, non può essere interpretata semplicemente nell'ottica di una propagazione da Sud (AM) a Nord (MO), a partire dall'Oligocene superiore, di fronti di sovrascorrimento che avrebbero dislocato unità alpine e liguridi precedentemente accoppiate durante l'evento mesoalpino-ligure. Il quadro regionale deve tenere conto infatti di ingenti spostamenti laterali in direzione da Est-Ovest a NW-SE, ben



testimoniati dalla tettonica trascorrente del MO. Il risultato è l'instaurazione di aree a forte subsidenza e di coevi settori in sollevamento.

Cinematiche trascorrenti, regimi compressivi e distensivi si alternano nel tempo e nello spazio.



Sezione regionale N-S della configurazione crostale nella zona di raccordo tra Alpi ed Appennini (da Polino et al., 1992. modificato). A/AB. limite Alpi/Appennini; PQTF: fronti di sovrascorrimento plio-quadernari della Pianura Padana; PQ: depositi plio-quadernari; Mi: Miocene; Pg-Mz. Paleogene-Mesozoico sup.

5.1.1 - II Monferrato in rapporto con la Collina di Torino

La successione del Monferrato ha registrato una progressiva evoluzione tettonica transtensiva e transpressiva dall'Oligocene inf. al Burdigaliano, con importanti effetti sulla sedimentazione (Dela Pierre & Piana, 2002). I sistemi di faglie trascorrenti del MO hanno direzione media NW-SE e avrebbero agito in transtensione nell'Oligocene e in transpressione nell'Aquitano-Burdigaliano inf.; esse si sarebbero propagate, a passo sinistro, da Est verso Ovest. Tale assetto strutturale è interpretabile come il risultato del trasferimento laterale sinistro, avvenuto a partire dall'Oligocene, tra il basamento alpino (substrato delle Langhe e dell'Alto Monferrato) e la pila di falde liguri che costituiscono il substrato del MO. I sistemi di faglie preburdigaliane sono tagliate da faglie inverse a direzione media NE-SW sviluppate maggiormente nei settori occidentali del MO, dove presentano i rigetti maggiori. Questa cinematica, riferibile al Serravalliano, è compatibile con un raccorciamento regionale in direzione NNW-SSE, conseguente all'inizio di una tettonica a *thrust* a vergenza padana registrata principalmente a livelli strutturali più profondi di quelli della successione del MO (impostazione del *thrust* basale padano e dell'avanfossa padana).

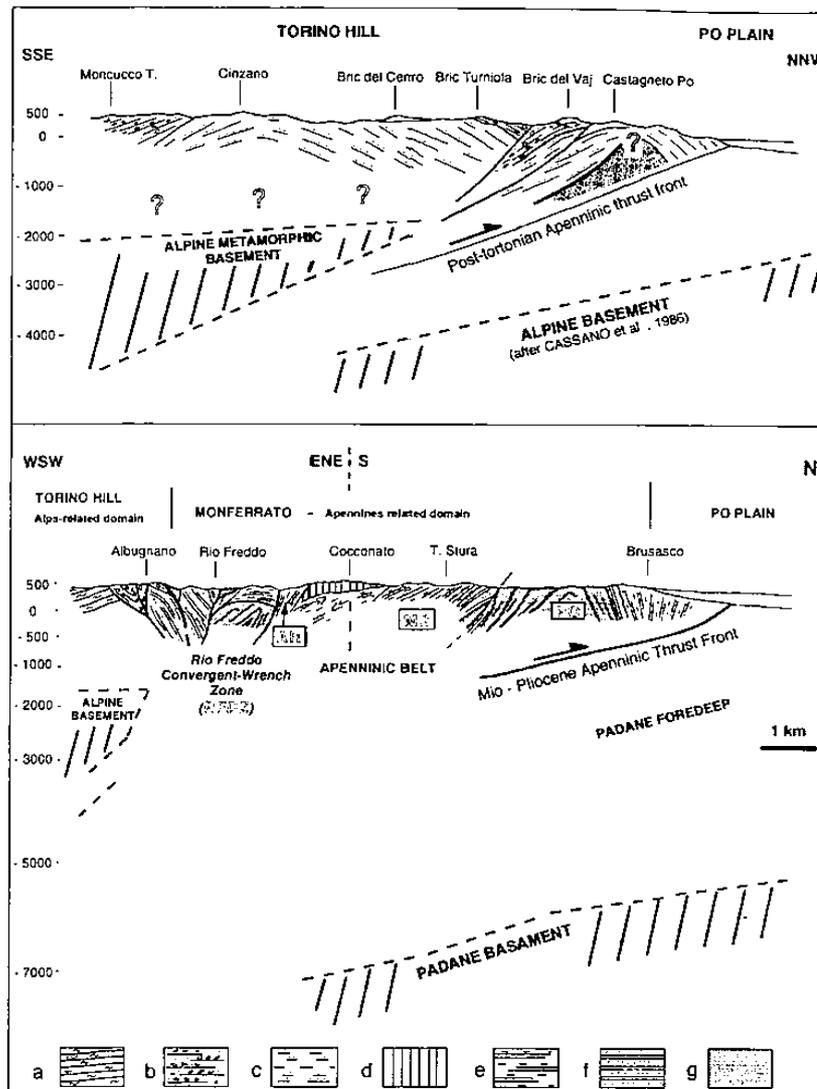
Il taglio "fuori-sequenza" del *thrust* basale padano ha determinato, nel Messiniano, una generale traslazione verso Nord di tutto il MO, che tuttavia si trovava ormai in una posizione strutturale elevata del *thrust belt* sud-padano, tanto da risentire solo marginalmente degli effetti di questo evento regionale. Infatti, traslazioni e tassi di subsidenza di modesta entità caratterizzano le successioni messiniano-plioceniche di questo dominio.

Per contro, in questo intervallo temporale la deformazione tettonica sembra essere connessa alla presenza di ingenti quantità di fluidi, spesso ricchi in idrocarburi leggeri, ai quali andrebbero collegati i fenomeni di diapirismo e di caoticizzazione dei sedimenti messiniani recentemente descritti da Dela Pierre et al. (2002).

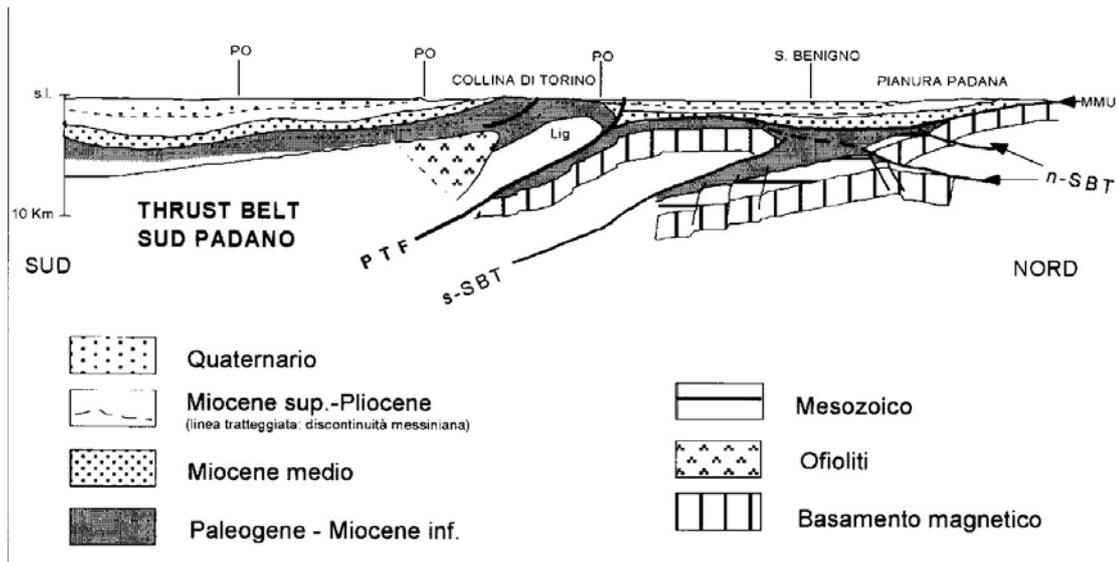
L'adiacente dominio della Collina di Torino è caratterizzato da una potente successione terrigena, che si discosta da quella del Monferrato fino al Tortonian (Bonsignore et al., 1969). Anche l'assetto strutturale, caratterizzato da una anticlinale ad asse NE-SW non è confrontabile con quello del Monferrato. Tuttavia anche la Collina di Torino è stata traslata verso Nord, a



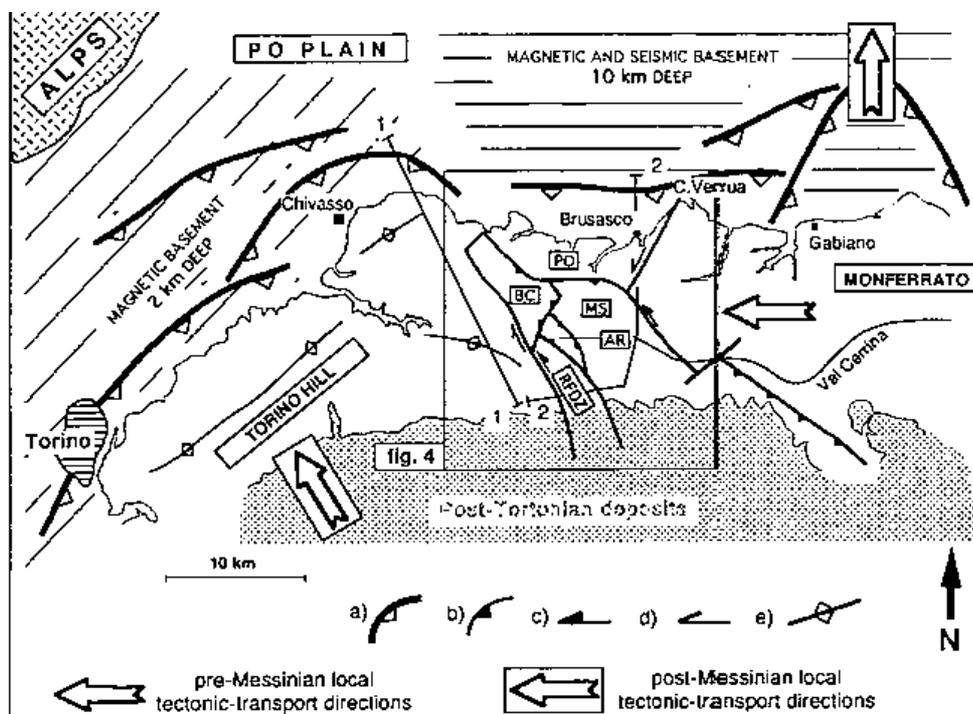
partire dal Messiniano, dal sovrascorrimento frontale padano, seppur con rigetti orizzontali minori rispetto a quelli che caratterizzano il fronte padano del Monferrato.



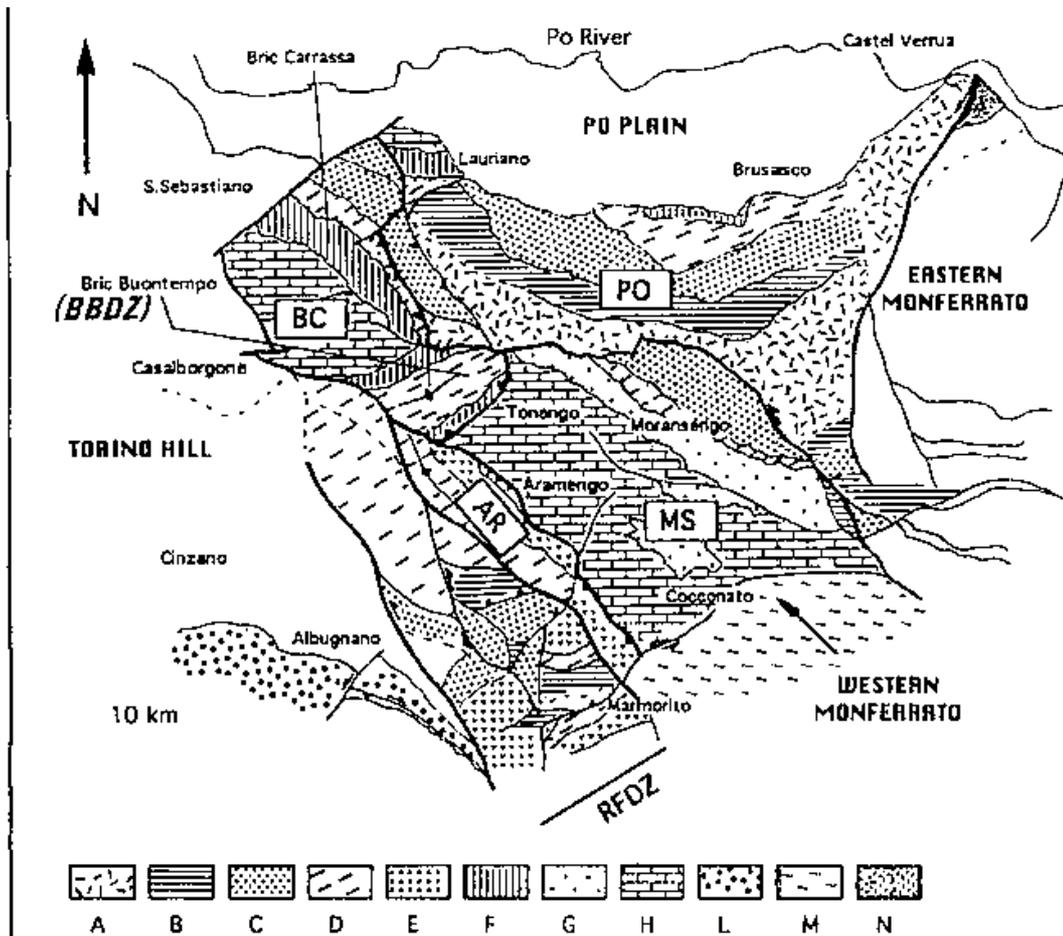
Sezioni geologiche attraverso la parte orientale della Collina di Torino (in alto) e il Monferrato occidentale (in basso). **AR**, Unità di Aramengo; **MS**, Unità di Moransengo; **PO**, Unità del Po; **R.F.D.Z.**, Zona di deformazione di Rio Freddo. **1** e **2**, tracce di sezione geologica. **a)** sedimenti Tortoniani della Collina di Torino; **b)** torbiditi post e sin-Burdigaliano della Collina di Torino; **c)** sedimenti pre-Burdigaliani della Collina di Torino; **d)** calcareniti planctoniche ricche in foraminiferi post-Burdigaliane e arenarie del Monferrato; **e)** sedimenti fini e areniti pre-Burdigaliane del Monferrato; **f)** conglomerati Oligocenici del Monferrato; **g)** elementi del Paleogene della Collina di Torino e elementi del Cretaceo-Paleogene del Monferrato (da Piana & Polino, 1995).



Sezione geologica lungo un profilo sismico AGIP passante in direzione circa N-S attraverso la Collina di Torino e il settore settentrionale della Pianura Padana. s-SBT: thrust di San Benigno Sud; n-SBT (thrust di San Benigno Nord); PTF: fronti di sovrascorrimento padani; MMU: discordanza del Miocene medio; Lig: unita liguri. Il prolungamento verso Sud del n-SBT è riportato con una linea a punti. Il n-SBT viene considerato più recente rispetto al s-SBT (come nel lavoro di Schumacher & Laubscher, 1996). Ridisegnato e modificato da Cassano et al. (1986).



Schema strutturale e ricostruzione cinematica del sistema collinare torinese-monferrino. Sono riportate le unità geometriche nell'area di giunzione fra Collina di Torino e Monferrato. **AR**, Unità di Aramengo; **Bc**, Unità del Bric Carassa; **MS**, Unità di Moransengo; **PO**, Unità del Po; **R.F.D.Z.**, Zona di deformazione di Rio Freddo. **1** e **2**, tracce di sezione geologica. **a)** Sovrascorrimenti sepolti; **b)** sovrascorrimenti; **c)** faglie trascorrenti pre-Messiniane; **d)** faglie trascorrenti post-Messiniane; **e)** assi di anticlinale (da Piana & Polino, 1995).

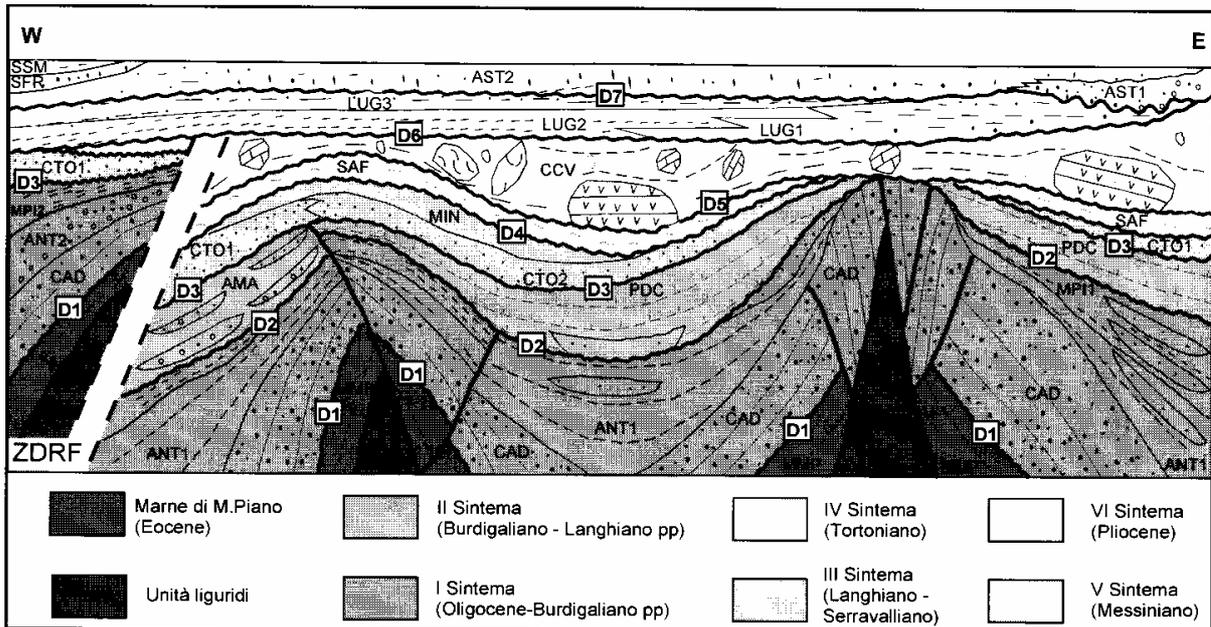


Carta geologica schematica dell'area di giunzione tra Collina di Torino e Monferrato: a, Complesso indifferenziato Auct. (Cretaceo-Paleocene); b, marne e siltiti (Eocene); c, arenarie e conglomerati (F. Ranzano, Membro di Camagna, "Unità di Cardona"; Oligocene); d, marne, siltiti e arenarie ("Marne di Antognola" Auct, Oligocene sup.-Burdigaliano inf.); e, arenarie e diatomiti di Marmorito (Aquitano-Burdigaliano); f, Marne a Pteropodi (Aquitano-Burdigaliano inf.); g, arenarie di Moransengo (Burdigaliano sup.); h, Calcareni di Tonengo (Langhiano); i, Complesso di Baldissero (Serravalliano-Langhiano); m, Marne di S. Agata Fossili (Tortoniano) e depositi Messiniani; n, depositi Pliocenici (da Piana & Polino et al., 1995).

5.1.2 - Il Monferrato

Il Monferrato è uno dei domini tettonico-sedimentari in cui si articola il BTP ed è stato oggetto di recenti studi di carattere biostratigrafico, stratigrafico e strutturale (Clari et al. 1987; 1995; Bicchi et al., 1994; Dela Pierre et al., 1995; Falletti, 1994; Falletti et al., 1995; Ferrero et al., 1994a, b; Novaretti et al., 1995; Piana & Polino, 1994; 1995; Piana, 2000; Valleri et al., 1995). Precedentemente considerato come un unico dominio corrispondente all'intero sistema collinare Torino-Valenza, viene attualmente distinto dalla Collina di Torino da cui differisce sia per quanto riguarda la successione stratigrafica sia per l'assetto strutturale. I due domini sono separati da una zona di taglio transpressiva di orientazione NNW-SSE di estensione plurichilometrica (zona di deformazione di Rio Freddo, Piana & Polino, 1994; 1995) che ha fortemente controllato la sedimentazione delle successioni oligo-mioceniche.

Il Monferrato è contraddistinto da un assetto stratigrafico e strutturale che riflette un'evoluzione avvenuta in un contesto caratterizzato da una notevole mobilità tettonica esplicitasi in maniera continua durante la sedimentazione.



Spaccato stratigrafico, non in scala, della successione del Monferrato, mostrandone la distribuzione dei sintemi riconosciuti.

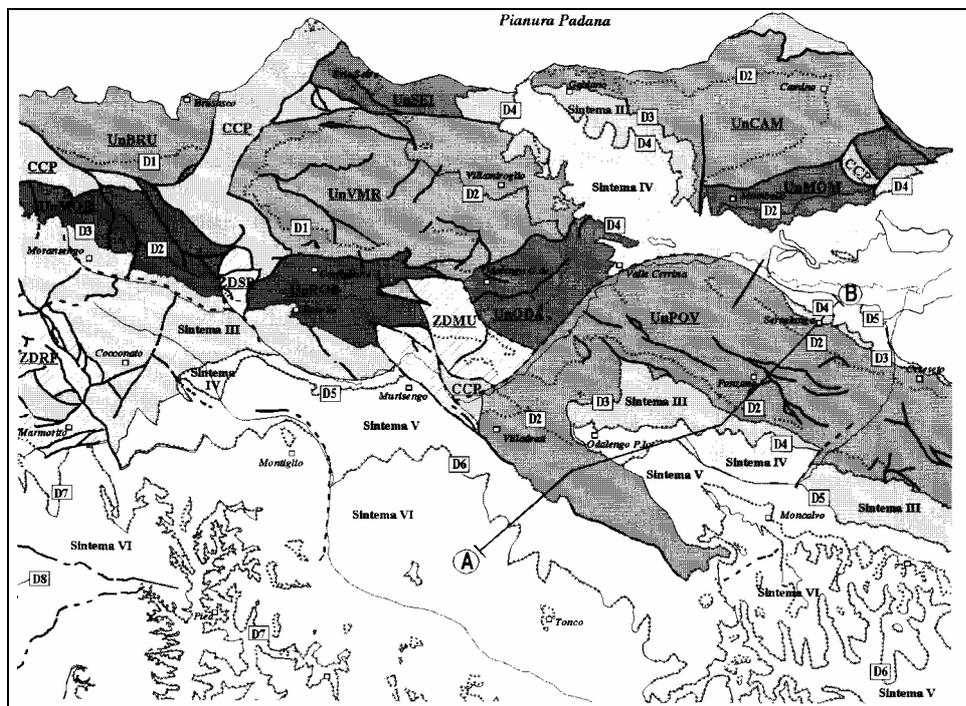
I sintemi sono i seguenti:

- CCP:** Complesso caotico di La Pietra (Cretacico sup.);
MMP: Marne di Monte Piano (Eocene sup.);
CAD: Formazione di Cardona (Oligocene p.p.);
ANT1: membro siltoso-marnoso della Formazione di Antognola (Oligocene sup.-Aquitaniense);
ANT2: membro arenaceo-conglomeratico della Formazione di Antognola (Aquitaniense?);
MPI1: membro marnoso-siliceo delle Marne a Pteropodi inferiori (Aquitaniense-Burdigaliano inf.);
MPI2: membro diatomitico delle Marne a Pteropodi inferiori (Burdigaliano inf.); PDC: Pietra da Cantoni (Burdigaliano-Langhiano p.p.);
AMA: Arenarie di Moransengo (Burdigaliano-Langhiano p.p.);
CTO1: membro terrigeno delle Arenite di Tonengo (Langhiano);
CTO2: membro carbonatico delle Arenite di Tonengo (Langhiano);
MIN: Marne di Mincengo (Serravalliano);
SAF: Marne di S. Agata Fossili (Tortoniano);
CCV: Complesso caotico della Valle Versa (Messiniano);
LUG1: membro siltoso delle Argille di Lugagnano (Pliocene inferiore);
LUG2: membro argilloso delle Argille di Lugagnano (Pliocene inferiore);
LUG3: membro siltoso-sabbioso delle Argille di Lugagnano (Pliocene inferiore);
AST1: membro calcarenitico delle Sabbie di Asti (Pliocene inferiore);
AST2: membro sabbioso delle Sabbie di Asti (Pliocene inferiore);
SFR: Sabbie di Ferrere (Pliocene medio);
SSM: Silt di San Martino.
ZDRF: Zona di deformazione di Rio Freddo.
DI. 02...D7: discontinuità stratigrafiche.

La successione stratigrafica è tradizionalmente suddivisa in un "substrato", costituito da unità liguri ad assetto caotico, seguito in discordanza da una successione "molassica" estesa dall'Eocene al Pliocene (Bonsignore et al., 1969). I recenti rilievi eseguiti per la realizzazione del Foglio Trino (progetto "CARG") hanno evidenziato che la successione è caratterizzata,



nell'intervallo compreso tra l'Oligocene ed il Pliocene, da brusche variazioni laterali di facies e di potenza ed è interrotta da superfici di discontinuità stratigrafica tracciabili lateralmente a scala dell'intera area studiata. Queste superfici costituiscono la registrazione stratigrafica delle più importanti fasi deformative. La loro correlazione laterale ha consentito di suddividere la successione in sei unità a limiti inconformi (sintemi, Chang, 1975) che sono stati utilizzati come riferimento per l'interpretazione dell'evoluzione tettonico-sedimentaria del Monferrato. I primi due sintemi (Oligocene inf.-Burdigaliano) sono intensamente dislocati e attualmente preservati all'interno di unità tettoniche ad assetto geometrico distinto, bordate da faglie o da "zone di deformazione" caratterizzate dalla presenza di sistemi di faglie nastriformi. La geometria di queste unità tettoniche è l'elemento fondamentale per la definizione del modello geometrico dell'intero Monferrato. I sintemi più recenti sono invece meno deformati e non facilmente suddivisibili in unità geometriche. Essi ricoprono parzialmente in discordanza le unità strutturali pre-langhiane.



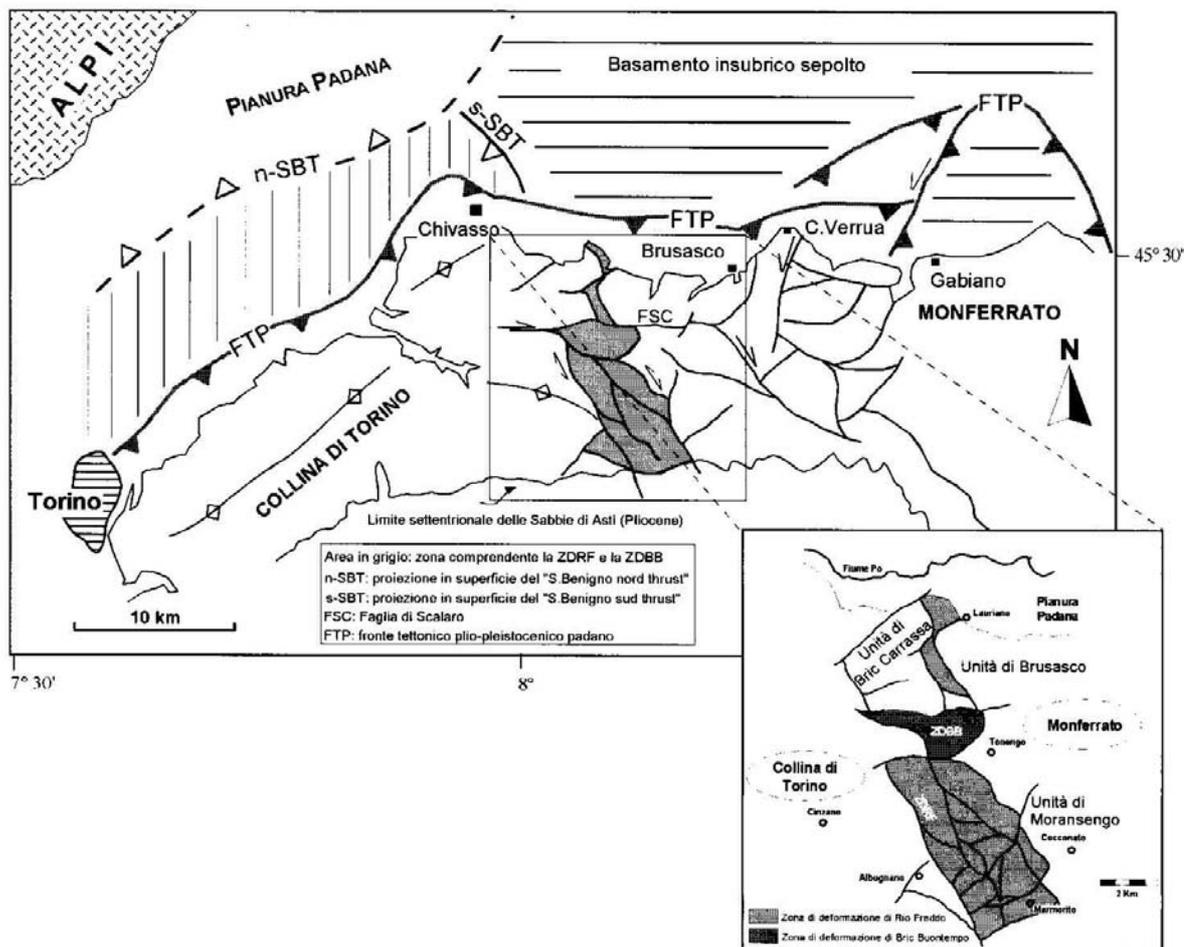
Schema strutturale del Monferrato (modificato da Boano et al., in stampa). Legenda: Unità tettoniche: UnBRU: Unità di Brusasco; UnMOR: Unità di Moransengo; UnSEI: Unità di Bric Seiva; UnVUR: Unità di Villamiroglio; UnROB: Unità di Robella; UnCAM: Unità di Camino; UnMOM: Unità di Mombello; UnODA: Unità di Odalengo; UnPOV: Unità di Ponzano-Villadeati. CCP: Complesso Caotico di La Pietra; ZDRF: zona di deformazione di Rio Freddo; ZDSB: zona di deformazione di San Biagio; ZDMU: zona di deformazione di Murisengo. D1,2...n: discontinuità stratigrafica bordante alla base rispettivamente il sintema 1,2...n.

Il principale sistema di faglie del Monferrato ha direzione compresa tra WNW-ESE e NNW-SSE ed è costituito da superfici plurichilometriche, in genere molto inclinate e ad andamento anastomosato. Il cinematiso di queste strutture è principalmente trascorrente (con prevalenza di movimenti sinistri) e subordinatamente inverso. Esse sono spesso associate a sub-parallele antiformali asimmetriche (ripetute a scala chilometrica) che costituiscono l'elemento strutturale più indicativo del Monferrato ("stile eietivo" *Auctorum*).

Queste strutture sono spesso costituite da due fianchi asimmetrici, caratterizzati da strati da molto inclinati a subverticali, giustapposti al centro dell'antiforme da faglie individuali o da zone di faglia; esse includono al nucleo porzioni di successioni talora rovesciate o interessate da pieghe di trascinamento. L'insieme delle caratteristiche geometriche e cinematiche di



queste strutture inducono ad interpretarle come "flower structures" (*sensu* Harding & Lowell, 1979; vedi anche Harding, 1985) connesse a zone di faglia trascorrenti. La continuità laterale delle strutture NW-SE è interrotta da strutture da NE-SW a ENE-WSW che mostrano prevalenti movimenti inversi-destri e generalmente determinano il sovrascorrimento verso SE del loro *hangingwall*. Le faglie di questo sistema immergono prevalentemente a NW, con angoli di inclinazione medio-bassi e sono associate a subparallele zone di taglio inverse e pieghe di trascinamento. La persistenza laterale di questo sistema é minore rispetto a quella del sistema NW-SE, mentre la potenza dalle zone di faglia é generalmente maggiore. Una delle più importanti strutture di questo sistema affiora al margine occidentale del Monferrato: si tratta della zona di faglia di Bric Buontempo (Piana, 2000), che si prolunga nell'adiacente dominio della Collina di Torino.



Schema strutturale della zona di raccordo Collina di Torino Monferrato e della terminazione nord-occidentale della Pianura Padana. I thrust di San Benigno sono qui riportati *sensu* Schumacher & Laubscher (1996). Le unità di Brusasco e di Moransengo (vedi riquadro) appartengono alla successione del Monferrato, mentre l'Unità di Bric Carrassa a quella della Collina di Torino (modificato da Piana, 2000).

Un terzo sistema, sviluppato in direzione NNE-SSW, è invece caratterizzato principalmente da movimenti trascorrenti sinistri o normali.

Le faglie hanno geometria relativamente semplice, poco evoluta, essendo rappresentate da superfici individuali ad andamento rettilineo. I rapporti di precedenza con gli altri sistemi ne suggeriscono un'età di attivazione relativamente recente. E' inoltre presente un sistema a direzione E-W meno frequente dei precedenti, ma talora corrispondente a zona di faglia



composite (nastriformi) di dimensioni plurichilometriche, prevalentemente trascorrenti o più raramente inverse.

Infine, si riconosce un sistema di faglie Nord-Sud che rappresenta la famiglia meno importante dal punto di vista statistico, sia per quel che riguarda la frequenza delle strutture, sia in merito al rigetto stratigrafico. Recenti studi di immagini satellitari (Morelli, 2000; Morelli et al. 2002) hanno però messo in risalto un notevole sviluppo di lineamenti sub-paralleli a questo sistema all'intero dei depositi pliocenici, lasciando supporre che la scarsa rappresentatività di questo sistema sia da imputare ad una sua età relativamente recente. L'intersezione tra diversi sistemi di faglie ha localmente generato lo scompaginamento delle relazioni primarie tra le successioni stratigrafiche, individuando zone di deformazione caratterizzate da scaglie tettoniche di successioni sedimentarie appartenenti ad unità tettoniche diverse, giustapposte o sovrapposte con una geometria "a mosaico" risultante dalla convergenza di segmenti di faglia distinte.

La più significativa di queste è la Zona di deformazione di Rio Freddo (ZDRF) (Piana & Polino, 1995; Piana, 2000). Si tratta di una fascia allungata in direzione NNW-SSE, di 2-3 km di larghezza a persistenza dell'ordine dei 10 km, cui è stato attribuito il ruolo di zona di taglio polifasica, separante le successioni dei Monferrato da quella della Collina di Torino. La ZDRF sarebbe stata attiva soprattutto nell'intervallo di tempo compreso tra l'Aquitano ed il Messiniano. La cinematica della ZDRF sarebbe legata prima ad una transpressione regionale lungo direzioni NW-SE ed in un secondo tempo ad un raccorciamento regionale in senso NNW-SSE. In questo contesto, i diversi sistemi di faglia che la costituiscono avrebbero agito con cinematismi diversi in conseguenza dell'inversione del campo di sforzo regionale, e con conseguenti variazioni della gerarchia delle discontinuità strutturali (Piana, 2000).

Evoluzione tettonico-sedimentaria oligocenico-miocenica del Monferrato

(da F. Dela Pierre, F. Piana & P. Clari, 2002)

I termini più antichi affioranti in Monferrato sono costituiti da depositi caotici (Complesso caotico di La Pietra), composti da una matrice di argille varicolori ("argille scagliose" Auct.) inglobante blocchi e lembi disarticolati di rocce mesozoiche confrontabili con quelle del dominio ligure esterno dell'Appennino settentrionale (Elter et al., 1966; Sturani, 1973; Bonsignore et al. 1969). Si riconoscono infatti calcari marnosi cretaci confrontabili con in vari Flysch ad Helmitoidi delle liguridi, arenarie micacee correlate alle "Arenarie di Osta", conglomerati poligenici analoghi ai Conglomerati dei Salti del Diavolo dei complessi di base dei flysch appenninici. I depositi caotici sono seguiti da marne emipelagiche dell'Eocene superiore (Marne di Monte Piano, biozone P 15 p.p. -P16, Berggren et al., 1995), che rappresentano i primi termini depositi dopo la fase mesoalpina in risposta ad un rapido sollevamento del livello marino relativo, controllato principalmente da un elevato tasso di subsidenza tettonica (Mutti et al., 1995). Il contatto stratigrafico tra le Marne di Monte Piano e le unità liguri non è però preservato perché modificato ovunque dalla tettonica post-deposizionale.

Come già accennato, la sovrastante successione risulta invece molto articolata ed è stata suddivisa in sei sistemi, delimitati a base e a tetto da superfici di discontinuità di significato regionale.

Primo sistema (Oligocene –Burdigaliano p.p.)

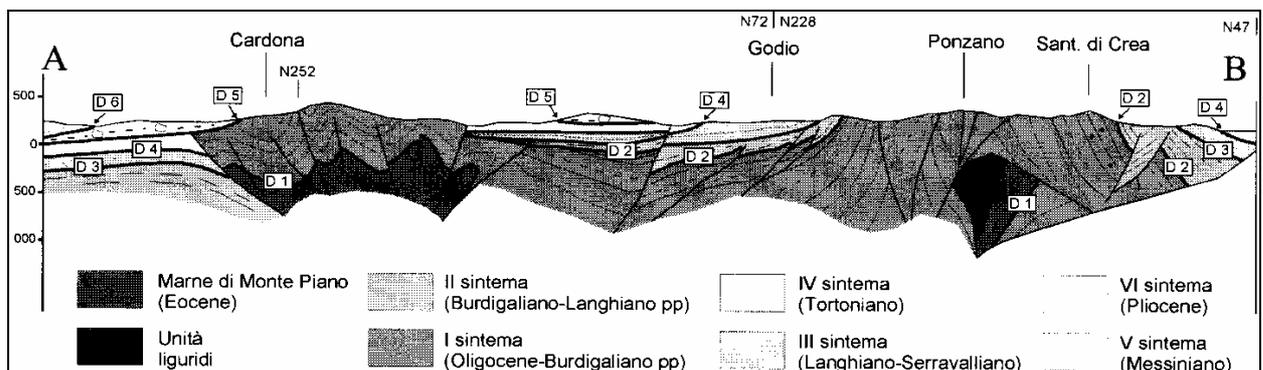
E' costituito da sedimenti prevalentemente terrigeni ed è delimitato alla base dalla discontinuità DI che mette a contatto le Marne di Monte Piano a letto con la Formazione di Cardona a tetto. Quest'ultima unità, riferibile all'Oligocene p.p. (biozone P18 - P21), è costituita da depositi grossolani continentali (?) e marini-marginali, passanti verso l'alto ad alternanze arenaceo-pelitiche deposte in un contesto di piattaforma (Clari et al., 1987). La discontinuità DI evidenzia una brusca diminuzione batimetrica che può essere messa in relazione con un sollevamento regionale riconducibile alle fasi liguri tardive {sensu Mutti et al., 1995) che, nel settore meridionale del BTP, hanno comportato l'accavallamento del Gruppo di Voltri sull'unità dell'Antola.



La successione prosegue verso l'alto con le formazioni di Antognola (Oligocene sup. - Aquitaniano, biozone P21b- N4 p.p.) e delle Marne a Pteropodi inferiori (Aquitaniano-Burdigaliano p.p., biozone N4b - N5/6, Novaretti et al., 1995) che evidenziano un progressivo approfondimento del bacino (Falletti, 1994; Falletti et al., 1995). Si tratta infatti di depositi fini di scarpata che, nel caso delle Marne a Pteropodi inferiori, contengono una rilevante frazione silicea riconosciuta anche in coeve successioni della regione circummediterranea (Amorosi et al., 1995).

Le formazioni comprese in questo sintema sono caratterizzate da brusche variazioni laterali di faciès e soprattutto di potenza che testimoniano come il bacino fosse articolato in zone di alto strutturale affiancate da settori maggiormente subsidenti. Nei primi, la successione è poco potente (150-200 m) ed è priva di intercalazioni terrigene, mentre nei secondi si osservano spessori di circa 400-500 m e la presenza di corpi arenitici risedimentati a marcata geometria lenticolare (livelli bioclastici a Miogypsinidi, Ferrero et al., 1994a, b).

Nei settori occidentali del Monferrato compreso nella zona di deformazione di Rio Freddo, si osservano, nello stesso intervallo stratigrafico sedimenti terrigeni grossolani aquitaniani riferibili ad un ambiente di delta-conoide, seguiti da depositi diatomitici del Burdigaliano inferiore (biozona N5/6, Bonci et al., 1990; Valleri et al., 1995) depositi in un contesto di alto strutturale non raggiunto da rilevanti apporti terrigeni (Bonci et al., 1990).



Sezione geologica nel Monferrato orientale.

I diversi settori fisiografico-deposizionali sono bordati da faglie trascorrenti subverticali, a direzione NW-SE, talora sottolineate da ampie pieghe di trascinalamento ad assi verticali, rilevabili a scala chilometrica, ben esposte lungo la sezione Cardona-Ponzano. Il quadro stratigrafico e strutturale evidenzia un forte controllo tettonico sulla sedimentazione, compatibile con una tettonica transpressiva o trascorrente che avrebbe portato all'individuazione di settori subsidenti e altri strutturali allungati in direzione NW-SE. A scala regionale, questo régime corrisponderebbe al trasferimento laterale sinistre delle unità liguri, che costituiscono il substrato del Monferrato, rispetto al substrato dell'adiacente dominio della Collina di Torino (Piana & Polino, 1995).

Secondo sintema (Burdigaliano p.p. - Langhiano p.p.)

A partire dal Burdigaliano, i caratteri della sedimentazione cambiano a seguito di un evento tettonico regionale collegato ad una importante fase di costruzione della catena appenninica (Boccaletti et al., 1990). In Monferrato, questo evento è registrato dalla discontinuità D2, conseguente ad una fase di sollevamento accompagnata, in vasti settori, da una brusca variazione della composizione dei sedimenti. I sedimenti del secondo sintema sono infatti essenzialmente carbonatici e, pur mostrando una distribuzione più omogenea rispetto a quelli costituenti il primo sintema, evidenziano ancora una distribuzione laterale delle faciès congruente con un bacino articolato in settori a diversa mobilità. Infatti, all'estremità occidentale del Monferrato (Marmorito), il sintema non è rappresentato, a testimoniare come questo settore costituisse, anche nel Burdigaliano, un alto strutturale soggetto a scarsa o nulla sedimentazione. Immediatamente



più a Est (unità di Moransengo), si osserva invece una potente successione di scarpata ("Arenarie di Moransengo", biozone N7 e N8 *p.p.*, Novaretti et al., 1995) che evidenzia la presenza di un solco subsidente alimentato da vicine aree in erosione. Nel Monferrato centro - orientale si osservano infine i sedimenti car-bonatici della Pietra da Cantoni (biozone N7 e N8 *p.p.*, Novaretti et al., 1995), che testimoniano l'instaurarsi di un ambiente di piattaforma carbonatici di tipo "foramol" (Falletti, 1994; Clan et al., 1995; Bicchi, 1998). Nei settori più orientali sono presenti facies prossimali di piattaforma interna (biocalciruditi ad alghe e molluschi) passanti verso ovest a facies di piattaforma esterna, rappresentate da calcareniti a foraminiferi planctonici e glauconia e marne calcaree con intercalazioni silicee. La distribuzione laterale delle facies indica che nel settore occidentale, ove i caratteri della sedimentazione non cambiano radicalmente, l'evento tettonico burdigaliano ha riattivato le zone di taglio preesistenti, conservando la fisiografia del bacino. Al contrario, nei settori orientali essa ha determinato il sollevamento di una vasta area, che viene a costituire una piattaforma ormai isolata dai canali di alimentazione detritica.

Questa evoluzione è inquadrabile, a scala regionale, nell'evento compressivo burdigaliano, che nell'Appennino settentrionale ha portato alla formazione di sovrascorrimenti vergenti a Est e NE (Boccaletti et al., 1990). Nella terminazione occidentale della catena appenninica, corrispondente al dominio del Monferrato, questo evento si è espresso con una tettonica transpressiva che ha indotto l'inversione del senso di movimento (da sinistre a destro) delle principali zone trascorrenti, con conseguente espulsione e risalita di cunei listrici compresi tra le strutture principali.

Tale cinematica avrebbe interessato maggiormente i settori orientali, dove si sono i registrati i sollevamenti maggiori, mentre i settori occidentali verranno interessati da forti sollevamenti solo nel Langhiano. Questa evoluzione è interpretabile nell'ambito di una propagazione da Est verso Ovest dei fenomeni di inversione cinematica del sistema di zone di faglia trascorrenti a direzione NW-SE che, in accordo con i modelli di evoluzione delle zone di taglio trascorrenti (Gamond, 1987, *cum bibl.*), raggiungono in questa fase una maggiore maturità strutturale.

Terzo sintema (Langhiano *p.p.* - Serravalliano)

E' delimitato alla base dalla discontinuità D3, che corrisponde ad una discordanza angolare. La superficie contrassegna una fase deformativa intra-langhiana, seguita da una omogeneizzazione delle condizioni deposizionali. In tutto il Monferrato, i sedimenti del III sintema sono infatti costituiti da areniti di piattaforma esterna (Areniti di Tonengo, Langhiano, zona N8 e subzona N9a, Novaretti et al., 1995), seguite da depositi di scarpata (Marne di Mincengo) di età serravalliana (subzona N9b, Bicchi et al., 1994, Bicchi, 1998) che testimoniano un générale approfondimento del bacino. Nel settore occidentale del Monferrato (unità di Moransengo), la brusca sovrapposizione delle Areniti di Tonengo sui depositi di scarpata delle Arenarie di Moransengo testimonia il générale sollevamento anche di questo settore, che doveva essere prossimo ad un'area in attiva erosione, come evidenziato dai potenti corpi microconglomeratico-arenacei intercalati nelle areniti. Il régime tettonico associabile a questa evoluzione è di tipo compressivo e si ipotizza che esso abbia portato al "blocco cinematico" del sistema di faglie trascorrenti e all'innescio di sovrascorrimenti vergenti a SE. Tale cinematica avrebbe indotto la propagazione, ai settori occidentali del Monferrato, dei fenomeni di inversione tettonica determinando il loro sollevamento. La zona di deformazione di Rio Freddo avrebbe continuato invece la sua attività tettonica, persistendo come zona di alto strutturale e di svincolo latérale delle traslazioni tettoniche dirette verso NW e verso SE. La generalizzata subsidenza nel corso del Serravalliano testimonierebbe la cessazione dei movimenti trascorrenti che avevano caratterizzato il Monferrato nell'Oligocene e nel Miocene inferiore.

Quarto sintema (Tortoniano)

E' interamente costituito da una monotona successione di marne argillose (Marne di S. Agata Fossili) che poggiano, tramite una discordanza angolare (D4) su vari termini della successione sottostante. Questi depositi, riferibili alla biozona a *Globigerinoides obliquus extremus* di

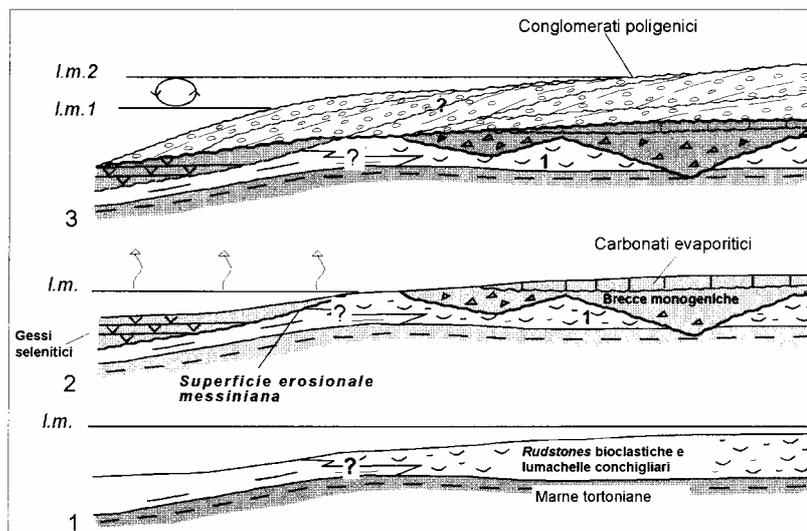


Iaccarino (1985), mostrano una forte omogeneità anche se gli spessori sono maggiori nel settore nordorientale del Monferrato rispetto a quelle sudoccidentale, dove essi sono localmente assenti. Ciò può essere imputato sia ad una eterogeneità laterale del bacino tortoniano, sia all'erosione differenziale messiniana. Le evidenze strutturali dirette dell'evento tettonico sigillato della D4 sono scarse; tuttavia esso può essere correlato alla fase tettonica tardo-serravalliana riconoscibile anche nel bacino delle Langhe e responsabile dell'individuazione dell'avanfossa sud-padana (Roure et al., 1996). Questo evento avrebbe attivato sistemi di faglie inverse vergenti a E-SE a persistenza chilometrica, facenti parte di un sistema di sovrascorrimenti regionali est-vergenti (Cassano et al., 1986; Schumacher & Laubscher, 1996). Il passaggio da tettonica transpressiva (faglie subverticali) a tettonica compressiva (sovrascorrimenti a basso angolo) è indicato anche dai rapporti di precedenza tra le strutture tettoniche: le faglie inverse serravalliane tagliano infatti le faglie trascorrenti che bordano i diversi settori fisiografico-deposizionali evidenziati dai sedimenti oligo-miocenici.

Quinto sistema (Messiniano)

E' costituito dai depositi messiniani, che sono delimitati alla base da una discordanza angolare (D5) e sono seguiti, sempre in discontinuità (D6), dai depositi pliocenici.

A differenza di altri settori del BTP, ove il Messiniano è costituito da una successione "normale" ben conosciuta grazie ai lavori di Sturani (1973; 1976), in gran parte del Monferrato si osserva il Complesso caotico della Valle Versa, costituito da blocchi di varia composizione e dimensioni, inglobati da una matrice fine. Gran parte dei blocchi, tuttavia, sono riferibili alle tre fasi in cui, tradizionalmente, viene suddiviso il Messiniano:



Rappresentazione schematica delle tre fasi deposizionali messiniane, desunte dalla composizione dei blocchi costituenti il Complesso caotico della Valle Versa. 1) fase pre-evaporitica; 2) fase evaporitica; 3) fase post-evaporitica (sono rappresentati i conglomerati poligenici, tentativamente interpretati come depositi di fan delta). Da Dela Pierre et al. (2002).

- alla fase pre-evaporitica sono da riferire blocchi di *rudstones* bioclastiche e lumachelle conchigliari, spesso dolomitizzate, a bivalvi, gasteropodi, frammenti di echinoidi, alghe corallinacee, briozoi e foraminiferi bentonici (Dela Pierre et al., 2002) che mostrano forti analogie composizionali e diagenetiche con i carbonati del Messiniano inferiore pre-evaporitico della regione mediterranea (Esteban, 1996);
- la fase evaporitica è rappresentata da alternanze cicliche di gessi selenitici e di peliti anossiche, confrontabili con i coevi depositi delle successioni appenniniche (Vai & Ricci Lucchi, 1977). Sono inoltre riconoscibili blocchi di breccie monogeniche a clasti di sedimenti conchigliari e di calcari dolomitici vacuolari ("carbonati evaporitici") testimonianti complessi processi;



- i diagenetici avvenuti durante la fase evaporitica (Cavagna et al., 2002);
- alla fase post-evaporitica possono essere riferiti blocchi di conglomerati poligenici e di calcari "laminati". Questi ultimi sono interpretabili, sulla base delle caratteristiche geochimico-isotopiche, come depositi salmastri (Cavagna et al., 2002). Altri blocchi sono costituiti da calcari micritici e breccie carbonatiche molto cementati con abbondanti resti di faune oligotipiche a grandi bivalvi riferibili al género *Lucina*. Sulla base delle caratteristiche petrografiche e geochimico-isotopiche, essi sono stati definiti come calcari metano-derivati, risultanti cioè dalla fuoriuscita di fluidi freddi e ricchi di idrocarburi leggeri (metano) sul fondo del bacino (Clari et al 1994).

La matrice che ingloba i blocchi è esposta solo localmente (Parona) ed è costituita da *mud breccias* contenenti clasti da millimetrici a centimetrici di marne e siltiti poco cementate (Dela Pierre et al., 2002).

Il Complesso caotico della Valle Versa sembra estendersi, con uguali caratteristiche, anche nella Collina di Torino. Tuttavia, studi in corso sulla successione esposta nella cava di Moncucco Torinese, stanno evidenziando una situazione piuttosto articolata: qui infatti i depositi caotici poggiano, tramite una superficie di discontinuità, su marne tortoniano - messiniano inferiori e gessi svenitici giustapposti da strutture tettoniche transpressive e sono seguiti da alcuni metri di marne e peliti verdastre a *Limnocardium* sp., *Congerina* sp., *Melanospis* sp. E *Melanoides* sp., riferibili alla faciès di "Lago Mare".

Le caratteristiche del complesso caotico della Valle Versa ne rendono piuttosto difficoltosa l'interpretazione genetica (Dela Pierre et al., 2002). Il fatto che esso sia "inquadrato" da sedimenti marini normali attraverso superfici di chiara origine sedimentaria (discontinuità D5 e D6) suggerisce che esso sia il prodotto di processi di risedimentazione gravitativa che hanno coinvolto la successione messiniana prima deposta. Tuttavia, la presenza di blocchi di carbonati metano-derivati impone di considerare anche il contributo dei fluidi ricchi di idrocarburi nella genesi di questo deposito. Nella loro risalita verso la superficie i fluidi in sovrappressione possono infatti trascinare quantità notevoli di sedimenti fini e non consolidati, dando origine in profondità a diapiri di fango ed in superficie a vulcani di fango costituiti da depositi caotici del tutto analoghi a quelli prodotti da eventi di risedimentazione gravitativa.

Il diapirismo e l'espulsione dei fluidi da un lato e i processi di risedimentazione gravitativa dall'altro sono spesso associati e possono avere una causa comune. Ad es., la deformazione tettonica di successioni sedimentarie solo parzialmente consolidate può facilitare la risalita di fluidi lungo discontinuità tettoniche preesistenti e, al contempo, innescare eventi di risedimentazione gravitativa a grande scala (ad es. Brown & Westbrook, 1988). Gli stessi processi possono essere indotti da un abbassamento del livello del mare il quale, attraverso una drastica riduzione della pressione idrostatica, può causare la dissociazione dei gas idrati (clatrati) eventualmente presenti nella colonna sedimentaria e la repentina liberazione di ingenti quantità di fluidi (acqua e gas) (Mc Iver, 1982; Henriët & Meniert, 1998; Pierre et al., 2002). Questo processo può a sua volta ridurre la coesione dei sedimenti e può causare la destabilizzazione della colonna d'acqua soprastante, innescando fenomeni di scivolamento gravitativo e la formazione di depositi caotici.

Nel Messiniano, sono ben conosciute ripetute oscillazioni del livello marino (Esteban, 1996), ma a scala regionale è anche documentata un'intensa deformazione tettonica che ha determinato il sovrascorrimento delle successioni cenozoiche del BTP sull'avanfossa padana, a causa della propagazione verso N del *thrust* padano (Piana, 2000). E' quindi difficile, se non impossibile, riconoscere quale di questi due fattori abbia maggiormente contribuito alla messa in posto finale del Complesso caotico della Valle Versa. Tuttavia, la presenza di una marcata discordanza angolare alla base del V sistema suggerisce che la deformazione tettonica conseguente all'attivazione del sovrascorrimento padano abbia giocato un ruolo determinante, innescando da una parte imponenti fenomeni di scivolamento gravitativo e dall'altra la risalita di fluidi ricchi di idrocarburi, attraverso la riattivazione di discontinuità tettoniche preesistenti che hanno agito come via di risalita preferenziale per i fluidi stessi.



Evoluzione tettonico-sedimentaria pliocenico-quadernaria del Monferrato

(da P. Boano, G. Fioraso & M.G. Forno, 2002)

Sesto sistema (Pliocene)

E' costituito dai depositi pliocenici, delimitati alla base dalla superficie di discontinuità D6: tale superficie corrisponde ad una discordanza angolare di pochi gradi ed è sottolineata da un notevole salto verticale di facies. La successione del VI sistema evidenzia un trend *shallowing upward*.

Il termine basale è costituito da argille, silt, sabbie fini di colore grigio, prive di una evidente stratificazione, complessivamente riferibili ad un ambiente di piattaforma esterna, di età pliocenica inferiore (Formazione delle Argille di Lugagnano, biozone MP1 2 - MP1 3). La distribuzione delle facies indica un progressivo approfondimento verso Sud: i depositi più grossolani infatti, corrispondenti a silt, sabbie fini, e subordinate ghiaie e arenarie in corpi canalizzati, sono distribuiti nel settore settentrionale, a ridosso del Monferrato, dove poggiano generalmente sui depositi messiniani del Complesso caotico della Valle Versa; la frazione argillosa prevale invece verso Sud, dove non è però possibile osservarne la base.

Le Argille di Lugagnano sono seguite da sabbie medio-fini, omogenee, di colore giallo e spesso cementate, caratterizzate da locali strutture da moto ondoso ed evidenti tracce di bioturbazione, complessivamente attribuibili ad un ambiente da litorale a infra-circalitorale, ancora di età pliocenica inferiore (Formazione delle Sabbie di Asti).

Poggiano sui sedimenti sottostanti tramite una superficie erosionale (D7) osservabile chiaramente solo al margine settentrionale del loro areale di distribuzione. Tale superficie non è stata elevata a rango di limite di sistema perché non sottolinea significative variazioni fisiografiche del bacino. Una situazione particolare è poi osservabile nel settore sud-orientale del Monferrato (Moncalvo) dove sono presenti depositi costieri costituiti da arenarie bioclastiche medio-grossolane caratterizzate da una vistosa stratificazione incrociata.

Questi sedimenti, coevi alle Sabbie di Asti, poggiano in *onlap* sui depositi messiniani, testimoniando il progressivo sollevamento del loro substrato.

Al margine sud-occidentale del Monferrato si sviluppa, in continuità di sedimentazione con i termini marini, la parte inferiore della successione villafranchiana: essa è costituita da un potente complesso di sedimenti deltizi sabbiosi e siltosi (Sabbie di Ferrere e Silt di San Martino), il cui abbondante contenuto fossile di vertebrati continentali, molluschi, macroresti vegetali e pollini consente un riferimento al Pliocene medio. La diffusione areale di questi sedimenti è in accordo con lo sviluppo dapprima di un esteso apparato deltizio sommerso e successivamente di una vasta pianura costiera, in origine entrambi debolmente inclinati verso Nord o Nord-Est. La composizione essenzialmente quarzifica di questo termine indica l'alimentazione da Sud o Sud-Ovest; il notevole spessore, fino a circa un centinaio di metri, suggerisce inoltre condizioni di relativa subsidenza (Carraro, 1996; Boano & Forno, 1999).

Al tetto di questa successione sono conservati localmente sedimenti pedogenizzati e prodotti colluviali antichi, caratteristici per le concentrazioni di resti fossili riferibili al Pliocene medio, indicativi di una relativa stabilità al termine della sedimentazione deltizia (Boano et al., 1999).

L'area di distribuzione dei sedimenti villafranchiani risulta delimitata lateralmente da discontinuità strutturali subverticali, sviluppate ad Est di Piea con orientazione rispettivamente circa Est-Ovest e compresa tra N30°E e N50°E, che la separano dall'area di affioramento dei termini marini (Zona di Faglia di Castelnuovo e Faglia di Serra-Capriglio in Boano & Forno, 1999): le *soft sediments deformations* che interessano i sedimenti affioranti in prossimità a tali strutture ne testimoniano una evoluzione sinsedimentaria. Localmente, in corrispondenza a fasce allungate parallelamente a queste ultime, si sviluppano corpi caoticizzati legati a fenomeni di rielaborazione gravitativa dei sedimenti di pianura costiera, osservabili ad esempio presso Castelnuovo Don Bosco: la presenza di sedimenti rielaborati in un ambiente caratterizzato da gradienti modesti e la loro distribuzione sono in accordo con l'evoluzione sinsedimentaria delle faglie principali.



Sintema di Morialdo (Pleistocene inferiore)

Al margine sud-occidentale dei rilievi del Monferrato, al di sopra della successione delizia, affiora un complesso di modesto spessore di sedimenti fluviali sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (Sintema di Morialdo), corrispondenti alla parte superiore della successione villafranchiana: la scarsità dei resti fossili ne consente un riferimento dubitativo al Pleistocene inferiore. Il complesso si sviluppa al di sopra di una superficie di erosione articolata arealmente, che tronca a diversi livelli i sedimenti sottostanti (Superficie di Cascina Viarengo e di Cascina Guerrina in Boano & Forno, 1999): la presenza di questa discontinuità stratigrafica, indicata come D8 e osservabile ad esempio presso la Cascina S. Martino, implica che si siano verificati ripetuti fenomeni di erosione areale entro l'esteso intervallo di tempo compreso tra il Pliocene medio e il Pleistocene inferiore. L'importanza di questa superficie è sottolineata dallo sviluppo di una discordanza angolare tra i sedimenti delizia, costituenti una sinclinale con asse inclinato di una decina di gradi verso Ovest, e quelli fluviali, costituenti una più blanda sinclinale con asse orizzontale.

La distribuzione localizzata di questo complesso fluviale, costituente il riempimento di depressioni relativamente accentuate legate ad un sensibile approfondimento dei corsi d'acqua e indicato nelle diverse aree come Unità di Cascina Gherba e Sintema di Morialdo, suggerisce un sollevamento riferibile al Pleistocene inferiore.

Sintema di Cerrina (Pleistocene inferiore)

La morfologia rilevata dell'area, connessa con la progressiva emersione dei rilievi del Monferrato settentrionale iniziata nelle fasi iniziali del Pliocene inferiore, ha rappresentato nel Quaternario un limite geografico alla sedimentazione della successione continentale e ha determinato l'instaurarsi di episodi caratterizzati da prevalenti e diffusi fenomeni erosivi. Questa evoluzione ha comportato lo smantellamento pressoché completo della successione continentale pleistocenica media ed inferiore, rendendo il record stratigrafico in quest'intervallo di tempo estremamente frammentato. Sedimenti riferibili al Pleistocene inferiore affiorano infatti quasi esclusivamente nel tratto terminale della Val Cerrina: qui è conservata una successione di depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi e silteosi (Sintema di Cerrina), ospitati in un'ampia incisione valliva modellata nel substrato miocenico, dal quale sono separati tramite un'importante discontinuità erosiva. Questi sedimenti, contenenti resti fossili di mastodonti e rinoceronti (Giraudi, 1981), sono riferibili a diversi complessi sovrapposti, situazione indicativa di una sostanziale stabilità dell'incisione valliva principale per un intervallo di tempo relativamente lungo; tale ipotesi è inoltre in accordo con la natura prevalentemente fine della successione, depostasi in un ambiente caratterizzato da condizioni di sedimentazione di bassa energia.

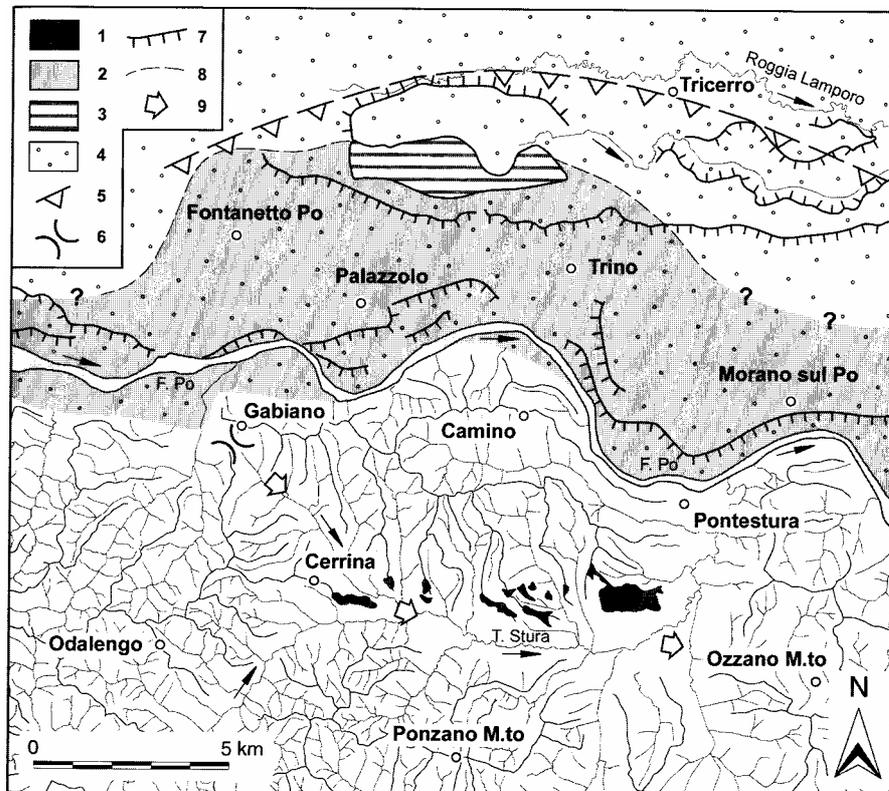
La natura litologica di tale successione consente di ipotizzare che la valle originariamente costituisse il prolungamento verso Sud dell'attuale bacino idrografico della Dora Baltea, in un intervallo di tempo peraltro caratterizzato dall'assenza del F. Po lungo il margine settentrionale dell'area collinare (Carraro et al., 1995). Il tratto terminale della Val Cerrina rappresenta quindi il relitto di un lembo di pianura che separava l'estesa porzione del Monferrato già emersa da un rilievo isolato in incipiente sollevamento localizzabile nell'area attualmente compresa tra gli abitati di Gabiano e di Camino.

Questo lembo di pianura, solo recentemente inglobato nei rilievi collinari, è indicativo di una sensibile deformazione pleistocenica differenziale del margine settentrionale dell'area collinare, ricollegabile alla strutturazione e alla migrazione verso Nord del *thrust* padano. L'innalzamento del rilievo isolato di Gabiano-Camino ha infine determinato la diversione del corso d'acqua e il passaggio da un reticolato idrografico di importanza regionale (rappresentato dalla paleo-Dora) all'attuale reticolato locale (il T. Stura di Cerrina). La testimonianza morfologica più evidente di tale variazione è rappresentata dalla sella di Gabiano, relitto più settentrionale conservato in ambito collinare dell'originario fondovalle modellato della paleo-Dora.

Quest'ultimo è stato interessato da una progressiva decapitazione, legata inizialmente alla migrazione verso Sud della paleo-Dora e successivamente, a partire dalla parte alta del



Pleistocene sup. (Carraro et al., 1995) dall'attuale F. Po, episodio che oltre a smantellare una parte dei rilievi collinari ha determinato il modellamento dell'antistante platea sepolta di Trino.



Schema morfo-evolutivo dell'area del rilievo isolato di Trino V. se. 1: depositi sabbioso-gliaiosi del Sintema di Cerrina; 2: platea sepolta di Trino V.se; 3: rilievo isolato di Trino V.se; 4: depositi alluvionali dei F. Po e della Dora Baltea; 5: thrust padano; 6: sella di Gabiano; 7: cigli di terrazzo; 8: limite riconosciuto della platea sepolta di Trino V.se; 9: andamento della paleo-Dora.

Sintema di Zanco (Pleistocene medio-superiore)

Nel corso del Pleistocene medio-superiore e contestualmente al graduale sollevamento dei rilievi del Monferrato, l'area collinare era interessata da distinti e successivi episodi di modellamento fluviale operati da corsi d'acqua a sviluppo regionale, i depositi riconducibili a queste fasi di modellamento, raggruppati nel Sintema di Zanco, sono conservati solo localmente nella parte settentrionale e più elevata del Monferrato mentre risultano distribuiti in modo generalizzato nell'area di affioramento della successione pliocenico-messiniana.

Nel settore compreso tra gli abitati di Coconato e Brusasco, caratterizzato da valori dell'energia del rilievo discretamente elevati, è conservata una successione di superfici terrazzate il cui allineamento suggerisce il legame con corsi d'acqua ad andamento Ovest-Est: tali superfici sono distribuite nelle fasce altimetriche più elevate delle dorsali collinari e solo localmente conservano gli originari sedimenti fluviali, che risultano interessati da un elevato grado di evoluzione pedogenetica. I sensibili dislivelli esistenti tra le diverse superfici, pari ad alcune decine di metri, sono indicativi di un notevole approfondimento erosionale operato dai corsi d'acqua e suggeriscono un sollevamento relativamente rapido dell'area: questa evoluzione è connessa, secondo ogni evidenza, con la particolare posizione di questo settore, posto in prossimità del *thrust* padano.

Nella porzione meridionale del Monferrato, caratterizzata da rilievi con inclinazione complessivamente minore, sono invece riconoscibili ampi relitti di meandri che conservano frequentemente gli originari sedimenti fluviali: l'orientazione di queste forme di modellamento implica il legame, anche in questo caso, con corsi d'acqua ad andamento Ovest-Est (Carraro et al., 1982). L'analogia morfologica delle diverse forme, l'analogia nella facies e nella



L'evoluzione descritta si è protratta per tutto l'Olocene, periodo contraddistinto inoltre da un progressivo approfondimento delle incisioni vallive nell'intera area collinare, caratterizzate come si è detto da un andamento prevalentemente N-S congruente con le attuali direzioni di massima pendenza: questo fenomeno è responsabile sia della conservazione sospesa dei relitti delle idrografie precedenti, sia dei numerosi fenomeni di cattura da parte del reticolato idrografico nei confronti delle forme precedenti, non più congruenti con le inclinazioni attuali.

Serie Sedimentaria Quaternaria

Depositi alluvionali tardo-pleistocenici, olocenici ed attuali. Corrispondono a alluvioni sabbioso-limose limitate al fondo dei solchi vallivi secondari e non ricollegabili agli apparati morenici di età compresa tra il Pluviale Wurm e l'attuale; esse occupano le depressioni dei fondovalle principali essendo il risultato dell'azione di dilavamento e ruscellamento ad opera degli agenti esogeni sui terreni estremamente erodibili affioranti in zona;

La composizione è prevalentemente limosa, con frazione sabbiosa (sabbie e limi, con locali orizzonti conglomeratici); questi sedimenti risultano essere stati depositi nel periodo post-glaciale, conosciuto col nome di Olocene, dagli attuali corsi d'acqua.

Questi sedimenti sono stati depositi durante alluvioni di intensità più o meno grande, nel periodo compreso tra le ultime fasi della preistoria e l'attuale.

I sedimenti superficiali sono stati infatti lasciati durante le ultime alluvioni in seguito ai periodici straripamenti dei corsi d'acqua.

In cartografia non sono stati distinti i depositi più antichi (spesso riconoscibili per le deboli e residue forme terrazzate) da quelli recenti ed attuali che occupano in genere la fascia di pertinenza dell'alveo, a causa di una difficile esecuzione della rappresentazione cartografica e della non sempre certa riconoscibilità, a fronte di una certa similitudine dal punto di vista litologico.

Accumuli di Frana. Gli accumuli delle principali frane e paleofrane sono stati distinti cartograficamente poichè non possiedono, a causa del trasporto subito, le stesse caratteristiche geologiche della roccia madre da cui la frana si è staccata, devono essere considerati come unità litologiche a sé stante caratterizzate da "litogenesi" e morfogenesi" proprie.

Questi accumuli sono costituiti principalmente da materiale sciolto a litologia limoso-argillosa, inglobanti frammenti o blocchi di natura marnoso-argillosa o arenacea, a struttura spesso caotica.

La composizione litologica e strutturale di tale ammasso è legata al fatto di avere subito trasporto o, in certi casi, fenomeni di colamento durante l'evento o gli eventi franosi.

Essi sono stati distinti all'All. 1, sulla base della tipologia prevalente di movimento gravitativo. Occorre segnalare che in alcuni casi la loro perimetrazione, emersa sia dai rilievi di terreno che dal raffronto delle precedenti cartografie geotematiche di PRG; non hanno trovato coerente o pieno riscontro localizzativo con le segnalazioni della banca dati geologica regionale, Rugar, Iffi; al fine di fornire un'informazione più completa si è deciso di rappresentare in carta anche le informazioni desunte anche da quest'ultima fonte; la difficoltà di una corretta perimetrazione di tali dissesti, visto il profondo rimodellamento cui i litotipi della zona possono essere soggetti per l'azione degli agenti esogeni e dell'attività agricola, obliterando le morfologie dissestive.

Accumuli Colluviali. Tali depositi, non cartografabili, non sono stati distinti nella carta di cui all'All.2. Sulle parti inferiori dei versanti e sul fondo delle vallecicole modellate dal reticolato idrografico minore si accumulano depositi di materiali mobilizzati ad opera delle acque di ruscellamento (erosione laminare e per rivoli), provenienti dalla coltre pedogenetica che riveste i pendii soprastanti. Tale deposito (detto *colluvium*) forma coltri di spessore variabile che raccordano i versanti con il fondovalle, anche con possibili indentazioni con depositi tardo pleistocenici localmente presenti specie lungo il piede dei versanti.

Data la natura del deposito non è sempre facile distinguere il *colluvium* dalle alluvioni e dai sedimenti terziari quando sono ricoperti dal suolo agrario e di alterazione.



5.2 - CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRITORIO

Tenendo presente i dati tettonici noti in letteratura, con l'ausilio delle principali monografie riguardanti gli eventi sismici e i bollettini delle Società Sismologiche e degli Istituti Nazionali di Geofisica, il CNR ha indicato le zone maggiormente interessate nel tempo da eventi sismici. Lo spessore della coltre quaternaria può ritenersi comunque sufficiente per smorzare l'energia di sismi partenti dalle strutture prequaternarie sepolte o dalla ragione prealpina ove invece è conosciuta una certa sismicità benché non elevatissima.

Tutta l'area del Comune è in una zona ritenuta sulla scorta dei documenti storici praticamente asismica. Infatti la recente Ordinanza del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/03 e smi inserisce il territorio Comunale in Zona 4, ovvero pressoché asismica, e le passate classificazioni lo non classificavano neppure.

La tabella seguente riporta gli eventi di maggiore entità registrati nel passato in Piemonte e Valle d'Aosta.

Località	Anno	Grado
Issime - Valle d'Aosta (a 75 km da Morano sul Po)	1600	IX
Alessandria	1345	VIII
Ivrea	1676	VIII
San Damiano d'Asti	1542	VII
Tortona	1780	VII
Carmagnola	1542	VI

Da recenti reinterpretazioni risulterebbe che l'evento di Issime sia da ascrivere ad un'esplosione di una polveriera che avrebbe generato effetti analoghi ad un sisma e come tali erroneamente interpretati.

Per le finalità che si propone il presente studio non è possibile approfondire queste affermazioni che per essere maggiormente significative dovrebbero essere suffragate da indagini enormemente più costose e sofisticate. Per maggiori dettagli sull'argomento si rimanda ai risultati delle indagini eseguite dall'ENEL, dal CNEN e dalla Regione Piemonte.

I recenti eventi sismici con epicentro nella zona di Incisa Scapaccino (AT) e la zona di Sant'Agata Fossili nell'Alessandrino evidenziano la necessità di porre comunque attenzione su tale problematica.

Proprio in ordine a ciò le indagini di caratterizzazione geologica e geotecnica propedeutica allo specifico progetto di edificazione appaiono di estrema utilità al fine di riscontrare problemi geotecnici la cui entità e presenza a priori non è possibile affinare in questa sede e che in qualche modo potrebbero portare a situazioni di dissesto in caso di evento sismico.

5.3 - CARATTERI GEOLITOLGICI LOCALI

Dal punto di vista geologico-strutturale il territorio di Cavagnolo si colloca al confine tra il Monferrato Occidentale e quello Orientale, segnato dalla faglia trascorrente sinistra NNE-SSW di Castel Verrua.

La successione stratigrafica è stata desunta dal foglio n°157 "Trino" della CGI in scala 1:50000. Dal punto di vista litostratigrafico, in ordine dai termini più recenti a quelli più antichi, è possibile, nella zona di Cavagnolo, effettuare le seguenti suddivisioni litologiche e formazionali (cfr. All.2):

SUCCESSIONE QUATERNARIA Bacini tributari

SINTEMA DI GAMBARELLO

Subsintema di Gaminella: Depositi siltosi e siltoso-sabbiosi debolmente addensati e non alterati con locali intercalazioni ghiaiose. Clasti con composizione petrografica differenziata in funzione del bacino di appartenenza (depositi fluviali) (PNT2b). OLOCENE -ATTUALE



Subsistema di Pontestura: Depositi siltosi e siltoso-sabbiosi privi di stratificazione, debolmente alterati (7,5-10 YR), con sporadiche intercalazioni ghiaiose. Clasti con composizione petrografica differenziata in funzione del bacino di appartenenza. Costituiscono lembi di superfici terrazzate sospesi di pochi metri sugli attuali fondovalle (depositi fluviali) (PNT1b). PLEISTOCENE SUP. - OLOCENE

Bacino del Fiume Po

SINTEMA DI PALAZZOLO

Subsistema di Ghiaia Grande: Depositi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi a supporto di clasti, non alterati, con locali intercalazioni sabbiose a laminazione piano-parallela e incrociata, coperti in modo generalizzato da una coltre di spessore decimetrico o metrico di sabbie e sabbie siltose (depositi fluviali) (CSN3b). OLOCENE -ATTUALE

Subsistema di Crescentino: Depositi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi a supporto di clasti, debolmente alterati (7.5-10 YR), con locali intercalazioni di livelli sabbiosi a laminazione piano-parallela e incrociata, coperti in modo generalizzato da una coltre di spessore decimetrico o metrico di sabbie e sabbie siltose (depositi fluviali) (CSN2b). PLEISTOCENE SUP. - OLOCENE

Bacino del F. Dora Baltea

SINTEMA DI BORGO REVEL: Depositi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi a supporto di clasti, mediamente alterati (5-7.5 YR), con locali intercalazioni sabbiose a laminazione incrociata, coperti da una coltre di spessore decimetrico di silt e silt sabbiosi. Clasti costituiti da gneiss, micascisti, quarziti, metagranitoidi, kinzigiti, metagabbri, serpentiniti, granuliti e andesiti porfiriche (depositi fluviali) (BRRb). PLEISTOCENE SUP.

Bacino del F. Stura di Lanzo

SINTEMA DI OSTINO: Depositi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi mediamente alterati con clasti di prasiniti, serpentiniti, gneiss, micascisti, calcari, calcari marnosi, quarzo filoniano, rare quarziti e probabili vulcaniti, costituenti lembi di superfici terrazzate sospese di circa 30 m rispetto all'alveo attuale del F.Po (depositi fluviali) (OSNb). PLEISTOCENE MEDIO

SUCCESSIONE PALEOGENICO-NEOGENICA

Arenarie di Morasengo

Conglomerati grossolani a matrice arenacea con ciottoli di serpentiniti, granitoidi e calcari tipo Maiolica, *pebbly mudstone*, arenarie microconglomeratiche gradate, con intercalazioni di marne siltose e calcaree grigiastre a foraminiferi planctonici; nella parte superiore, marne calcaree biancastre, con intercalazioni di marne silicizzate a frattura scheggiata (AMA). BURDIGALIANO P.P - LANGHIANO P.P.

Discontinuità stratigrafica (D2)

Marne a Pteropodi inferiori

Membro marnoso-siliceo (MPI1): marne siltose bioturbate a foraminiferi planctonici, con intercalazioni di marne silicizzate a frattura scheggiata a radiolari, spicole di spugna, squame di pesce e scarsi foraminiferi planctonici. AQUITANIANO P.P. - BURDIGALIANO P.P.

Formazione di Antognola

Membro marnoso-siltoso (ANT1): marne siltose brune e grigiastre bioturbate, a stratificazione mal distinta passanti a marne biancastre.. Nel settore di Cervotto, sono presenti corpi arenacei lenticolari di potenza decametrica (ANT1a). OLIGOCENE SUP. -AQUITANIANO

Formazione di Cardona: conglomerati ad abbondante matrice arenaceo-pelitica con ciottoli di calcari, selci, graniti e pietre verdi; arenarie microconglomeratiche giallastre poco cementate senza evidenti strutture, passanti ad una fitta alternanza intensamente bioturbata di peliti e marne verdastre e di arenarie in strati decimetrici, con tetto spesso ondulato. Sono talvolta presenti forme eoceniche rimaneggiate (CAD). OLIGOCENE P.P.



Discontinuità stratigrafica (D1)

Marne di Monte Piano: marne calcaree grigio-verdastre a frattura concoide, a stratificazione mal distinta, con ricca associazione a foraminiferi planctonici. Sono presenti intercalazioni decimetriche di arenarie giallastre cementate (Cascina Palma) e di calcareniti a foraminiferi planctonici (Bric del Sac) (MMP). EOCENE SUP.

Contatto tettonico

Complesso caotico di la Pietra: argille varicolori estremamente clivate (CCP) esposte solo localmente (La Pietra, Cascina Montaldo), inglobanti blocchi da decametrici a metrici di: calcari micritici biancastri a frattura concoide, calcari marnosi grigio-rossastri bioturbati con associazione a spicole di spugna e rari foraminiferi planctonici; calcareniti e areniti ibride a cemento carbonatico con granuli ben arrotondati a composizione silicoclastica (quarzo, feldspati, frammenti di rocce magmatiche e metamorfiche) e carbonatica. CRETACICO SUP. - PALEOGENE ?

Il foglio "Trino" (n° 157) della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 comprende una sezione geologica, che risulta attraversare il settore collinare di Cavagnolo in direzione NE-SW. Procedendo da SW la sezione incontra una struttura di tipo anticlinale, il cui nucleo risulta essere costituito dal Complesso Caotico di La Pietra; il quale appare delimitato e giustapposto alle altre unità presenti da un sistema di faglie a carattere prevalentemente trascorrente sinistro. Tali strutture risultano caratterizzate da un andamento variabile da E-W a NW-SE.

Nella porzione di territorio collinare a sud rispetto della zona di affioramento del Complesso Caotico, risultano affiorare le Arenarie di Moransengo, la Formazione di Antognola e la Formazione di Cardona; tali unità in questo settore appaiono caratterizzate da giaciture di stratificazione immergenti principalmente verso S-SW, con un'inclinazione variabile da 30° a 60°.

Procedendo lungo la sezione verso NE, a nord del sistema di faglie che isola il Complesso Caotico, sono visibili in affioramento, dal basso verso l'alto (in senso stratigrafico), le Marne di Monte Piano, la Formazione di Cardona, la Formazione di Antognola e le Marne a Pteropodi Inferiori.

In questa porzione del territorio comunale, la successione stratigrafica risulta invece caratterizzata da giaciture di stratificazione immergenti generalmente verso N, con inclinazione molto elevata, generalmente superiore ai 60°.

Il settore collinare appare raccordarsi a quello di pianura tramite unità di depositi fluviali di età diversa (dal Pleistocene medio all'attuale), in reciproco rapporto di terrazzamento.

Una sezione geologica, caratterizzata da ubicazione e orientamento analoghi a quella appena descritta, è presente all'interno del Foglio Vercelli (N.7) della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.

Anche in questo caso la sezione risulta mettere in evidenza una struttura di tipo anticlinale, di dimensioni plurichilometriche, il cui nucleo appare rappresentato dal *Complesso Indifferenziato* auct., corrispondente al sopradescritto Complesso caotico di la Pietra.

Nei fogli della carta geologica "Vercelli" (a scala 1:100.000) e "Trino" (a scala 1:50.000) la successione stratigrafica eocenico-miocenica, presente nell'area, risulta esser stata suddivisa in unità stratigrafiche leggermente differenti. In particolare la formazione delle Marne a Pteropodi Inferiori (MP1), individuata sul foglio "Trino" nella parte settentrionale del settore collinare del comune di Cavagnolo, risulta esser suddivisa nel foglio "Vercelli" (dal basso verso l'alto in senso stratigrafico) in due unità distinte: le Marne a Pteropodi inferiori e la Formazione di Termo Forà.

Nel settore a N di B.ta Porta sono stati individuati alcuni affioramenti principali, che permettono di osservare la porzione di successione stratigrafica sopra citata e il relativo assetto strutturale, che risulta analogo a quello indicato dalla cartografia ufficiale.



6 - ANALISI MORFOLOGICA DEL TERRITORIO COMUNALE

Il territorio comunale di Cavagnolo presenta una superficie di circa 12,37 km² ed è situato in un'area a prevalente morfologia collinare prospiciente sul fiume Po, che scorre all'estremità settentrionale del territorio comunale. Tra i principali corsi d'acqua che marcano le principali incisioni del settore collinare ricordiamo il T. Trincavenna, il rio Santa Fede, il rio San Lorenzo, il rio Novarese, il rio Praie e il rio Fontana.

Esso presenta confini amministrativi con i Comuni di Brusasco (TO), Moransengo, Tonengo, Lauriano e Monteu da Po.

Nell'analisi delle caratteristiche geomorfologiche ha costituito particolare utilità l'ausilio della fotointerpretazione mediante lo studio dei fotogrammi relativi al volo *Alluvione 2000* della Regione Piemonte in scala 1:15000. Sono state così individuate particolari situazioni altresì non ravvisabili con il solo rilevamento di terreno.

Il territorio di Cavagnolo è costituito da due settori caratterizzati da differente assetto geomorfologico:

Un settore di pianura, localizzato nella porzione settentrionale, che risulta caratterizzato da una morfologia pianeggiante o debolmente ondulata per la presenza di leggere depressioni morfologiche legate alla dinamica fluviale del Po (paleoalvei e rami secondari); tale settore è posto ad una quota media di circa 160 m s.l.m. e mostra una leggera pendenza verso NE.

Un settore collinare che presenta la morfologia tipica dei rilievi collinari del Monferrato, caratterizzata da dorsali e crinali, separati da valli più o meno incise con versanti ad acclività variabile. Si tratta di rilievi collinari ad altezza variabile comprese tra circa 160 m s.l.m. (quota media delle aree di pianura prospicienti la collina) e 450 m s.l.m. con pendici più o meno scoscese, intersecate da una fitta rete di valli e vallecole, che localmente possono mostrare morfologie calanchive.

Si osserva una direzione preferenziale SW-NE dell'orientamento delle principali morfostrutture; risulta comunque osservabile la presenza di tratti minori degli spartiacque principali orientati E-W e N-S. Il reticolo idrografico principale risulta orientato in direzione N-S, come nel caso del torrente Trincavenna, del rio Fontana e di parte del rio Santa Fede e in direzione SW-NE, come per il rio Novarese, il rio San Lorenzo, il rio Praie e gran parte dell'asta del rio Santa Fede.

Il reticolo idrografico secondario risulta caratterizzato da un'orientazione spaziale variabile, funzione dell'andamento locale dello spartiacque principale.

L'andamento generale dei corsi d'acqua presenti sul territorio comunale non sembra subire uno stretto controllo da parte dell'assetto geologico-strutturale dell'area, è infatti possibile osservare come le aste dei rii principali tendano ad intersecare i limiti tra le diverse formazioni geologiche, senza che la loro orientazione ne risulti influenzata in modo significativo.

Il paesaggio attuale si è formato in seguito all'interferenza di vari fattori naturali, quali la litologia, l'azione sedimentaria ed erosiva dei corsi d'acqua, l'azione del clima, l'esistenza di movimenti neotettonici, che hanno cominciato ad agire fin dal momento in cui questa zona è emersa dal mare. Le caratteristiche principali del territorio sono dunque connesse al rimodellamento di un paesaggio relitto da parte della rete idrografica attuale, che procede allo smantellamento delle forme esistenti per erosione lungo le aste torrentizie e inducendo innumerevoli fenomeni gravitativi. Tali processi producono una instabilità generalizzata che evolve verso nuove condizioni di equilibrio geomorfologico, e l'energia che attiva tali meccanismi è da ricondursi, a scala regionale, al sollevamento in atto dei rilievi del Monferrato e della Collina di Torino.

Alcune di queste frane, le più antiche, sono state obliterate quasi totalmente, altre sono ancora ben visibili. Tutte o quasi le principali frane presenti nel territorio, sia quelle ormai stabilizzate, sia quelle ancora attive, si sarebbero quindi formate durante la fase erosiva suddetta, o come conseguenza di questa. La frequenza e la tipologia dei fenomeni gravitativi, risente anch'essa della litologia affiorante (c.f.r. par. 8.3).

I corsi d'acqua che percorrono le valli secondarie hanno, nel loro complesso tendenze evolutive non immediatamente comprensibili, poichè il loro corso può essere più o meno lungo e la loro portata molto diversa. In generale si riscontra una generale tendenza all'erosione rimontante dei corsi d'acqua minori che, anche in alcune zone dei quadranti settentrionali del territorio, hanno prodotto forti erosioni lineari e di testata anche ad evoluzione recente.



Si può quindi affermare che il settore in oggetto è posto in un'area molto attiva sia dal punto di vista geologico-strutturale che geomorfologico, in continua e rapida evoluzione. In particolare i processi di dinamica geomorfologica appaiono guidati da vari fattori, i principali dei quali possono essere ricondotti a motivi strutturali e tettonici che coinvolgono il substrato appartenente alla successione terziaria del Monferrato (che favoriscono situazioni di deposito o di erosione), unitamente a variazioni nell'assetto idrodinamico che caratterizza i bacini idrografici posti a monte ed a condizioni climatiche e meteorologiche a scala regionale.

6.1 - ACCLIVITÀ

Lo studio delle pendenze dei versanti è di importanza fondamentale negli studi di base per la pianificazione territoriale, per le diverse possibilità di utilizzo di cui il territorio può essere oggetto.

La pendenza dei versanti è infatti uno dei fattori principali da valutare per l'esecuzione della Carta di Sintesi, essendo evidente che a certi valori di pendenza, nelle diverse formazioni litologiche, si riscontra un potenziale elevato grado di instabilità.

La distinzione in classi di acclività segue la seguente ripartizione:

- Classe 1: pendenza media 0 -10%
- Classe 2: pendenza media 10 -20%
- Classe 3: pendenza media 20 -30%
- Classe 4: pendenza media oltre 30%

Non sono state individuate ulteriori suddivisioni nella classe 1 (0-10%) poiché, nelle aree sub-pianeggianti, il materiale cartografico a disposizione (Base cartografica C.T.R. a scala 1:10.000) non è sufficientemente dettagliato per permettere ulteriori distinzioni. La pendenza dei depositi alluvionali lungo il fiume Po è nettamente inferiore al 10%.

I valori di pendenza dei versanti sono legati direttamente a due parametri fondamentali: la litologia del substrato e la posizione strutturale. La litologia determina il grado di degradabilità, quindi le zone più degradabili assumono un aspetto più dolcemente ondulato con pendenze ridotte, mentre le aree ove affiorano formazioni litologiche meno degradabili sono caratterizzate da morfologia più marcata e di conseguenza da versanti più acclivi. Le strutture tettoniche condizionano le pendenze dei versanti in quanto, come si è visto, nell'ambito delle strutture anticlinali si è avuto un maggiore sollevamento rispetto alle aree a struttura sinclinale.

Se a ciò aggiungiamo che le aree coinvolte in anticlinali sono spesso soggette ad erosione più intense, si intuisce come il risultato debba essere la presenza di versanti molto più pendenti rispetto al resto del territorio.

Passando ad una analisi sommaria dei dati di pendenza rappresentati sulla Carta delle Acclività, si può notare che le zone più acclivi corrispondano al settore centro-meridionale del territorio di Cavagnolo; in questo settore risulta osservabile una fascia caratterizzata da pendenze medio-basse con direzione SW-NE, corrispondente al fondovalle del rio Santa Fede.

Un settore analogo è presente lungo il corso del torrente Trincavenna, nella fascia circa corrispondente al confine orientale del territorio comunale.

Le aree meno acclivi giacciono nelle porzioni di pianura caratterizzanti il settore N e NE del comune.

Sulla base della carta dell'acclività realizzata, è stato possibile valutare la ripartizione percentuale del territorio comunale all'interno delle sopracitate classi di acclività: il 31,3% del territorio rientra nella prima classe, il 16,1% nella seconda, il 21,1% in terza classe e il 31,3% risulta ricadere nella classe quarta.



7 - CARATTERI DI DINAMICA FLUVIO-TORRENTIZIA

Il reticolo idrografico principale é costituito dai seguenti corsi d'Acqua Pubblica:

- Fiume Po
- Torrente Trincavenna
- Rio di Santa Fede
- Rio Valentino

Le caratteristiche tecnico-amministrative di tali corpi idrici é sintetizzata nella tabella a seguire.

ACQUE PUBBLICHE IN COMUNE DI CAVAGNOLO

n°	DENOMINAZ.	FOCE O SBOCCO	LIMITI entro i quali si ritiene pubblico il corso d'acqua
1	FIUME PO	Mare Adriatico	Tutto il corso
2	Torrente Trincavenna	Po	Dallo sbocco a Km 1,500 a monte della confluenza in ciascuno dei due rami in cui si divide sotto e a SW di Castellazzo
3	Rio di Santa Fede	Torrente Trincavenna	Dallo sbocco a Km 2,000 a monte della confluenza con il rio Valentino
4	Rio Valentino	Rio di Santa Fede	Dallo sbocco al confine di Provincia (Passa in provincia di Asti ove ha le sue origini)

Le suddette denominazioni dei corsi d'acqua sono state tratte dall'Elenco delle acque pubbliche della provincia di Torino, pubblicato come supplemento alla Gazzetta Ufficiale del Regno d'Italia.

In realtà il Rio Valentino é generalmente assimilato al Rio Santa Fede e quest'ultimo, a monte della confluenza col Rio Valentino, é generalmente noto come Rio San Lorenzo; nella presente relazione si fa riferimento a quest'ultimo sistema di nomenclatura, dato il legame che il documento possiede con la vita ordinaria del territorio comunale.

Sono presenti inoltre altri rii minori, il cui significato idrologico e geomorfologico é molto limitato; si tratta di impluvi naturali ad attività essenzialmente temporanea, impostati lungo i fondovalle secondari le cui testate presentano evidenti fenomeni di erosione rimontante.

Alcuni di essi si distinguono per la discreta ampiezza del bacino idrografico e per una certa attività in occasione di piogge intense; in particolare si segnala il Rio Fontana, che risulta attraversare il centro abitato e intersecare la linea ferroviaria e la ex S.S 590 a W della località Ostino.

7.1 - IL PO: CARATTERISTICHE IDRAULICHE E MORFOLOGICHE, MEMORIE STORICHE E RACCOLTA DATI ESISTENTI, TENDENZE EVOLUTIVE, DINAMICA E FENOMENI DI DISSESTO DELLE PIENE DEL 1994 E DEL 2000

7.1.1 - Caratteristiche idrauliche e morfologiche (tratto Chivasso-Crescentino)

Il Po é l'elemento idrografico più importante dell'area in corrispondenza della quale sottende più di un quarto del suo bacino imbrifero totale (al Ponte di Casale Monferrato sottende una superficie imbrifera di circa 14.000 kmq), in quanto ha già raccolto le acque di alcuni affluenti di rilievo come la Dora Riparia, la Stura di Lanzo, l'Orco e la Dora Baltea.

A sud del tratto in questione, il Po lambisce il Monferrato con andamento tortuoso e meandriforme. Attualmente la sinuosità risulta comunque piuttosto moderata e l'alveo é caratterizzato da una pendenza media dello 0,1%.

La larghezza dell'alveo é variabilissima; l'acqua delle piene contenute occupa una sezione di ampiezza notevole. In condizioni di piena essa varia infatti dai 250 m ai 400 m. In condizioni di magra-morbida l'alveo passa invece ad una larghezza media dell'ordine di 150-200 m.

Così come riportato nello studio dell'IRES sul Po (IRES, 1988, pp. 94-95 - Progetto Po - Problemi e caratteri idrogeologici a cura di Leporati). "Il fiume Po nel tratto in esame, ha un pendenza media del 1,45‰ con un fondo costituito da ghiaie e sabbie piuttosto grossolane. La larghezza dell'alveo é molto variabile con una sezione compresa tra i 200 e i 1200 metri Il suo tratto evolutivo più evidente, é rappresentato dal passaggio da un andamento meno



ramificato, con conseguente canalizzazione dell'alveo di magra; il passaggio ad alveo tipo monocursale, per progressiva disattivazione e occlusione dei rami secondari, è molto spesso correlabile con evidenza all'inserimento delle opere di difesa spondale e di regimazione".

Gli alvei del Po e della Dora Baltea possiedono in questo settore un andamento che può essere riferibile, in accordo alla classificazione utilizzata da Maione e Brath (1994), ad un sistema fluviale unicorsale di tipo "*wondering meandering*", a sviluppo più o meno sinuoso. Si tratta di una tipologia derivata da precedenti forme pluricursali in seguito alla progressiva perdita dei canali alternativi a causa di un naturale approfondimento della quota di fondo dell'alveo ma anche a causa di interventi antropici connessi all'occupazione delle aree di pertinenza fluviale. Durante le portate di magra è presente un unico canale di modesta sinuosità, inciso in sponde ghiaioso-sabbiose solo localmente ben definite. Si rileva la presenza di lateral bars e point bars (queste ultime in corrispondenza delle anse a maggiore curvatura), mentre a centro alveo non sono frequenti isolotti di deposito di varia grandezza (generalmente mid-channel bars e diagonale bars).

Durante eventi di piena importanti o di carattere eccezionale viene riattivato momentaneamente il più antico sistema pluricursale, le cui tracce, ove non completamente obliterate o disgiunte dal sistema attuale a causa dell'occupazione antropica, vanno ad individuare la fascia di territorio che contribuisce alle portate di piena. In questo caso si verificano frequenti ed estesi allagamenti sul piano campagna al di fuori dell'alveo attuale, talora non ben definito, con vistose erosioni causate da acque veloci.

L'osservazione della cartografia tecnica recente e delle fotografie aeree realizzate successivamente agli eventi alluvionali del novembre '94 e dell'ottobre 2000, unitamente al loro raffronto con tavole e rilievi topografici più antichi, tra i quali quello datato fine 1700 le cui informazioni sono state riportate, congiuntamente all'insieme dei dati emersi nel corso del presente studio negli allegati cartografici, indica chiaramente che il settore di pianura è caratterizzato da una rapida e continua evoluzione geomorfologica.

I percorsi degli alvei del Po e della Dora Baltea, suo affluente sinistro, sono mutati notevolmente e velocemente nel corso del tempo, con ampie divagazioni laterali che hanno lasciato più o meno evidenti impronte sul territorio, come si può agevolmente osservare sulle fotografie aeree dei recenti voli effettuati negli immediati post-alluvione, dove si riconoscono ancora gli alvei abbandonati ad andamento sinuoso-meandriforme in una fascia piuttosto estesa compresa tra i rilievi collinari del Monferrato a S e la piana vercellese a N.

La confluenza tra Po e Dora è molto prossima al territorio di Cavagnolo e tale posizione può risultare interferente con lo stesso.

In particolare si riconoscono alcuni paleoalvei riattivati nel corso degli eventi alluvionali citati sia in sponda destra che sinistra a monte ed a valle del ponte sul Po.

L'esistenza di tali tracciati abbandonati e la loro riattivazione, conseguente anche alla rottura di tratti d'argine, è responsabile dell'allagamento dei settori circostanti.

Come si può dedurre dall'osservazione di un rilievo topografico del XVIII secolo, a quei tempi il punto principale di confluenza tra Po e Dora Baltea era situato nei pressi di loc. S. Maria a valle anche dell'abitato di Crescentino, sebbene un primo punto di contatto fosse già presente all'incirca in corrispondenza dell'attuale settore di confluenza. Si può dire, con maggiore esattezza, che l'unione tra i due fiumi avveniva in modo complesso, lungo una fascia di lunghezza pari a circa una decina di km dove scorrevano praticamente affiancati. In concomitanza di eventi di piena lungo questa fascia piuttosto ampia le acque dei due corsi si mescolavano tra loro, dando origine a vastissimi allagamenti.

Attualmente invece il punto di confluenza dei due corsi d'acqua unicorsali avviene ben più ad W, a monte anche della loc. Galli.

Da tale ricostruzione emerge un progressivo spostamento del punto di confluenza da valle verso monte, partendo dal '700 ad oggi; parimenti si osserva una progressiva trasformazione degli alveo tipi passando da un sistema pluricorsale ad un sistema di stampo maggiormente unicorsale.

Percorsi abbandonati della Dora sulle fotografie aeree risultano ancora chiaramente riconoscibili in sinistra orografica, con tracciati che lambiscono l'area industriale della Teksid e attraversano la frazione Galli, intersecano il settore meridionale del concentrico di Crescentino



passando a N delle frazioni Mezzi Po dirigendosi verso i piccoli nuclei abitati di Sasso e S. Maria.

Allo stesso tempo in destra idrografica il canale del *Po Vecchio* ed il *Canale Navigabile del Po* (cfr. Cartografia storica del 1778) ad andamento fortemente sinuoso fino a meandriforme, sono andati progressivamente abbandonati. In seguito ad un progressivo processo di interrimento si è avuta una trasformazione d'uso dell'area di pertinenza fluviale, che è stata ben presto recuperata a fini agricoli.

Tale cambiamento nell'idrografia superficiale, favorito anche dall'antropizzazione dell'area, ha sicuramente sbilanciato l'equilibrio naturale, innescando frequenti fenomeni di erosione delle sponde e di inondazione ai danni di vaste aree, in modo talora difficilmente controllabile.

Il percorso del Fiume Po ha subito nel corso del tempo numerose modificazioni; in particolare lo sviluppo pluricursale che caratterizzava, in base a quanto si osserva nei documenti storici, l'area di confluenza con la Dora, si è via via andato trasformando in un sistema unicursale leggermente sinuoso con maggiori raggi di curvatura delle anse, caratteri che stanno chiaramente ad indicare un aumento dell'energia del deflusso e della capacità erosiva.

L'attuale risposta della dinamica fluviale del Po, in sponda destra, a queste variazioni di assetto è sotto gli occhi di tutti, ripresentandosi regolarmente, in concomitanza di ogni evento di piena importante se non eccezionale, una tendenza a riconquistare gli antichi percorsi con rotture di sponda multiple e di devastante energia.

Nel zona si è venuta quindi a creare attualmente una fascia di larghezza compresa tra 1,5 e 3 km circa, ad orientazione E-W, costituita dall'alveo attuale del Po in continua e rapida evoluzione e da un numero elevato di paleoalvei potenzialmente riattivabili, dove in assenza di adeguate difese spondali si verificano estese esondazioni in concomitanza con eventi di piena, che possono andare ad interessare anche zone urbanizzate e la viabilità principale e secondari. Tale strozzatura, in parte naturale perché impostata in corrispondenza del promontorio collinare di Verrua (Rocca di Verrua) ma enfatizzata dall'azione antropica (abitato e circonvallazione di Crescentino, rilevato di accesso al ponte sul Po, ...), rappresenta sicuramente un nodo idraulico ad elevata criticità essendo posto a monte e a valle di settori caratterizzati da ampie divagazioni del corso d'acqua ed instabilità della sua sezione d'alveo.

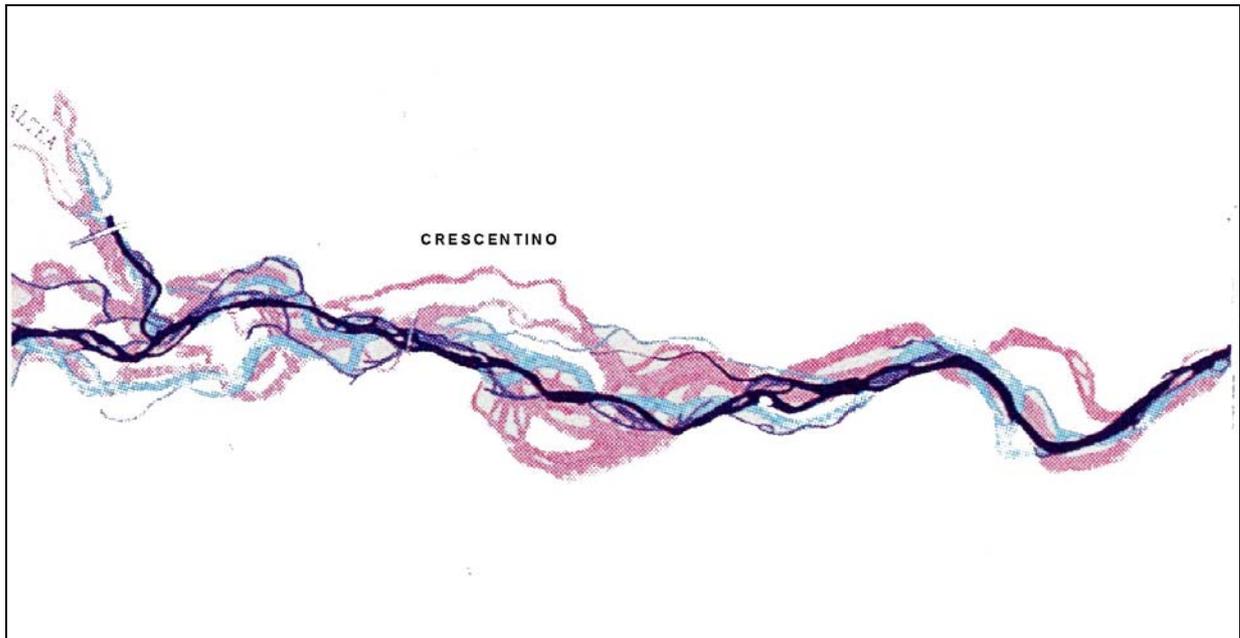
Quest'ultimo mostra valori di pendenza tutt'altro che trascurabili, per cui l'energia del deflusso appare discretamente elevata. Di questo fatto è testimonianza la formazione e la migrazione accelerata degli accumuli di deposito grossolano costituenti le barre fluviali che si vengono a formare in alveo.

Ciò è avvenuto ad esempio in modo parossistico durante l'evento alluvionale del 1994 in sponda destra a monte del ponte, dove si sono formate in poche ore barre di deposito di grandi dimensioni; le stesse barre sono in parte migrate in seguito all'evento del 2000, evidenziando una continua modificazione dell'assetto del corso d'acqua.

Alla luce di quanto affermato prima è evidente che nel trattare delle caratteristiche geomorfologiche del letto del Po non si può trascurare che l'attuale tendenza evolutiva, delineatasi chiaramente negli ultimi decenni per vari tratti del fiume tra i quali ricade quello in esame, è quella di sovraescavazione dell'alveo ordinario. Le cause di questo fenomeno sono ancora in discussione, ma il motivo principale sembra essere rappresentato non solo dalle opere di difesa a cui prima si accennava, ma anche dal fatto che le acque del fiume hanno dovuto, negli ultimi decenni, assumere in carico una certa quantità di sedimento dall'alveo a causa di una loro diminuita torpidità (fenomeno collegabile con le estrazioni dei materiali dagli alvei del Po e dei suoi affluenti, con opere di bonifica montana e con la costruzione di dighe e di laghi artificiali nel bacino padano).

Questo fenomeno presenta degli aspetti positivi, come l'abbassamento dei livelli di piena e la conseguente minor urgenza di ricorrere alla sopraelevazione di certi tratti d'argine, ma anche non pochi aspetti negativi fra i quali vanno sottolineati l'aggravamento dei processi erosivi a carico delle sponde e dei relativi problemi di stabilità, nonché la possibilità che si manifestino processi di scalzamento delle pile dei ponti, dei manufatti di difesa e delle prese irrigue.

Sull'andamento del Po si è intervenuti in questi ultimi decenni in modo massiccio con la costruzione di numerose opere di difesa dagli allagamenti e contro le corrosioni spondali.



Divagazioni del fiume Po riconosciute negli ultimi secoli.

Valori di portata in condizioni di massima piena

Nello studio Progetto Po (PTO - Tutela e valorizzazione delle risorse ambientali del Po e PIANO D'AREA - Sistema regionale delle aree protette della fascia fluviale del Po, novembre 1993) si sono indicate le portate massime di riferimento e le portate massime storiche (indicate nella tabella seguente) per i tronchi del fiume Po esaminati:

TRONCO ESAMINATO	PORTATA MASSIMA DI RIFERIMENTO (mc/s)	POSSIBILE CAMPO DI VARIAZIONE (mc/s)
Conf. Dora B. - Conf. Sesia	5000	4250-5000
Conf. Sesia - Conf. Tanaro	7000	7000

Gli allegati che seguono sono tratti da "Approfondimenti di carattere idraulico e redazione di progetti di massima ed esecutivi relativi ad interventi. di riassetto idrogeologico, territoriale ed ambientale del fiume Po, con specifico riferimento alla provincia di Vercelli"(Regione Piemonte - parco Fluviale del Po e dell'Orba - Risorse Idriche s.r.l., marzo 1995)" in cui sono riportate le portate di piena al colmo delle sezioni del Po relative a diverse fonti.

Nella Proposta di Progetto Territoriale operativo "Tutela e valorizzazione delle risorse ambientali del Po" sono riportati i dati relativi alla Valutazione delle portate massime giornaliere e al colmo nelle sezioni più rappresentative del tronco del fiume Po oggetto del PTO, assegnati i tempi di Ritorno (Tr). Di questi dati sono illustrati nelle seguenti tabelle quelli che interessano il tratto in esame e le aree limitrofe.

In ogni caso per il continuo aggiornamento dei dati e delle normative inerenti il fiume Po si rimanda al sito dell'Autorità di Bacino del Po (www.aipo.it).



Valutazione delle portate massime giornaliere (m ³ /s) nelle sezioni più rappresentative del tronco del fiume Po oggetto del PTO, assegnati i Tempi di Ritorno (Tr).							
1000 anni	2 anni	5 anni	10 anni	20 anni	50 anni	100 anni	
SEZIONE							
A valle confl. Dora Baltea	1.353	2.115	2.677	3.218	3.895	4.613	6.891
Casale	1.469	2.282	2.880	3.452	4.273	4.925	7.318
A valle confl. Sesia	1.782	2.731	3.424	4.077	5.014	5.752	8.440

Valutazione delle portate massime al colmo (m ³ /s) nelle sezioni più rappresentative del tronco del fiume Po oggetto del PTO, assegnati i Tempi di Ritorno (Tr).							
1000 anni	2 anni	5 anni	10 anni	20 anni	50 anni	100 anni	
SEZIONE							
A valle confl. Dora Baltea	1.544	2.440	3.050	3.620	4.512	5.193	7.482
Casale	1.664	2.615	3.261	3.860	4.800	5.514	7.903
A valle confl. Sesia	1.986	3.084	3.821	4.495	5.555	6.356	8.900

Con riferimento allo studio idraulico svolto dall'Ing. Livio Martina per il nuovo argine in loc. Rocca di Verrua Savoia, vengono di seguito riportati i valori di portata del Po nei pressi di Verrua, desunti peraltro da varie fonti.

Dalla Tabella 2 (di 31) della "Direttiva sulla Piena di Progetto da assumere per la Progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica" vengono riportate le Portate di Piena per il Po nel tratto da Martiniana a Isola Sant'Antonio (confluenza Tanaro). In particolare la suddetta tabella riporta per il Po a Palazzolo i seguenti valori di portata

Po a Palazzolo Tempo di ritorno (anni)	Portata m ³ /s
100	5600
200	6100
500	6900

Tali valori di portata sono significativi ma si riferiscono ad un bacino di estensione pari a 13.640 km² mentre il bacino in esame risulta di dimensioni inferiori e pari a circa 13.100 km². La sezione più a monte riportata nella direttiva è quella di San Mauro, i cui dati non appaiono significativi in quanto non tiene conto della confluenza della Dora Baltea.

Nel precedente studio svolto da Martina (1997), e qui adottati, veniva indicato per l'argine di Crescentino, situato in corrispondenza del territorio di Verrua, il seguente valore di portata di progetto:

Po a Palazzolo Tempo di ritorno (anni)	Portata m ³ /s
200	6300

Tale assunzione era stata fatta in linea con quanto definito nell'ambito del PS45 dall'Autorità di Bacino del fiume Po del quale erano state assunte le curve di possibilità climatica regionalizzate.



Eventi alluvionali recenti

Si elencano alcuni dati salienti inerenti le più recenti alluvioni:

- 1926, prob novembre – risulta documentata la piena del Po che ha asportato il rilevato stradale in sinistra della strada Crescentino-Verrua. Risulta esistente una foto con erosione rilevato in sx Po per circa 100/150 m.
- 1951, piena del Po determina abbandono ramo attivo a sud della cascina Baraccone e la nuova confluenza con Dora avviene a sud della Fraz. Galli. Il ramo abbandonato diviene una lanca.

Evento novembre 1994

Gli ultimi eventi alluvionali riguardano gli anni 1992, 1993 e 1994. Mentre le piene degli autunni '92 e '93 non sono state di intensità considerevole, quella del novembre 1994 è stato un evento particolarmente catastrofico.

Dall'analisi degli eventi alluvionali avvenuti sia in passato che in tempi più recenti è possibile constatare che la gravità degli effetti producibili dalle inondazioni del Fiume Po dipende fondamentalmente dai seguenti fattori:

- impulsività dello straripamento delle onde di piena attraverso più rotte arginali;
- durata della piena e quindi volumi d'acqua in esondazione;
- dimensione dell'area invasa dalle acque;
- altezza delle acque d'inondazione e giorni di permanenza degli allagamenti;
- stagionalità dei fenomeni in relazione alla fase di sviluppo delle produzioni agricole;
- modalità di espansione dell'inondazione in relazione alle microomie della pianura ed alle strutture antropiche;
- interazione degli allagamenti con gli insediamenti abitativi;
- grado di preparazione delle comunità residenti a fronte degli eventi straordinari. La piena straordinaria del F. Po, il cui colmo si è verificato il giorno 6 novembre 1994, è stata l'ultima manifestazione in ordine di tempo di un ciclo idraulico già anticipato dalle piene degli autunni '92 e '93.

I dati del Servizio Idrografico indicano che le precipitazioni medie in Piemonte nei giorni dal 3 a 6 novembre 1994 sono state di circa 210 mm.

Questi valori eguagliano sostanzialmente quelli registrati nel novembre 1951 durante la piena del Polesine (fonte: Parco Fluviale del Po e dell'Orba, 15/11/94). La piena ha eguagliato il valore massimo storico precedente e sono pertanto state sollecitate pesantemente le strutture difensive esistenti.

In riferimento al territorio comunale di Cavagnolo le problematiche sono state le seguenti (da Di Gioia 2003):

- Il Fiume Po ha allagato la pianura fino oltre i laghi di cava, e più a valle fino a N di loc. Il Ghiaro (comune di Brusasco, oltrepassando in più punti il limite tra la Fascia B e la Fascia C del del P.S.F.F. e del P.A.I. Le acque di esondazione hanno infatti riattivato alcuni canali abbandonati in seguito a tracimazioni e fenomeni erosivi sulla sponda destra nel territorio di Monteu da Po;
- Il piccolo lembo del comune di Cavagnolo sulla sponda sinistra del Po, è stato completamente allagato, come ampiamente prevedibile, essendo questo compreso tra la sponda e l'argine di C.na Battagliana, dove si sono registrate altezze d'acqua intorno al metro;
- L'episodio di tracimazione lungo il basso corso del Rio Trincavenna sarebbe da mettersi in relazione a fenomeni di rigurgito determinati dall'innalzamento rapido del livello base durante la piena del Fiume Po.

Evento settembre 2000

Negli ultimi giorni del settembre 2000 (verosimilmente il giorno 29 ove i dati pluviometrici evidenziano un forte picco di pioggia), quindi prima dell'evento catastrofico dell'ottobre, un complesso residenziale di Cavagnolo, ubicato in sinistra Trincavenna immediatamente a monte



del ponte per Brusasco, ha subito un'alluvionamento di circa 1,5 m con allagamento dei piazzali e del piano terreno adibito prevalentemente a cantine e box rimessa.

Come è possibile evincere dai dati pluviometrici riportati nell'Allegato 5, le portate unitarie di pioggia in questa zona risulterebbero più elevate rispetto a quanto sarebbe accaduto due settimane più tardi.

Tale dissesto, da interviste orali eseguite in loco, si sarebbe verificato anche a causa dello svuotamento istantaneo per rottura del paramento di un vaso presente nel comune di Brozolo che avrebbe apportato ingenti quantità di acqua nel T. Trincavenna, al contempo in piena ordinaria per l'evento meteorico, e quindi non smaltite dallo stesso in corrispondenza del settore in questione.

Evento dell'ottobre 2000

(da Di Gioia, 2003) Nell'area in esame l'evento alluvionale del mese di ottobre 2000 ha sostanzialmente rimarcato quanto accaduto nel 1994, soprattutto per quanto concerne la dinamica. Nel territorio di Cavagnolo, le aree inondate nel 2000 risultano meno estese: il limite delle stesse si è infatti attestato a 400-500 m verso Nord rispetto al limite raggiunto nel 1994 (...). A differenza del 1994, in occasione dell'ultimo evento non si sono registrati fenomeni di tracimazione del Rio Trincavenna (che avrebbe eventualmente risentito dell'effetto rigurgito dovuto all'innalzamento del livello del F. Po).

Le Carte degli Effetti, relative agli eventi alluvionali del 1994 e del 2000, sono state desunte dal sito web dell'ARPA Piemonte e in seguito riportate in stralcio nell'Allegato 5: Relazione conclusiva verifica PAI.

Evento del settembre 2006

Si segnala che pure senza essere considerato un fenomeno di piena degno di particolare nota, la piena dal 15/9/2006 ha causato allagamenti significativi in destra Po sino a interessare la zona dei laghetti di cava Buschini, con un rapido picco di piena, forse denotando una tendenza nuova del fiume a seguito delle nuove sistemazioni idrauliche recentemente eseguite nel bacino.

7.1.2 - Trasformazioni idrografiche del F. Po

Per visualizzare le variazioni essenziali fatte registrare dal corso d'acqua negli ultimi due secoli si è proceduto alla redazione della carta seguente (da Di Gioia 2003).

La semplice ricostruzione effettuata consente di osservare che nel secolo scorso (1820/1826) il Po era caratterizzato da una tipologia *pluricursale*, per poi evolvere col tempo fino alla forma attuale *monocursale*.

La progressiva tendenza a trasformare la forma d'alveo da una configurazione meandriforme pluricursale verso un andamento monocursale è sintomatica di mutate condizioni d'equilibrio, nell'ambito di un controllo evolutivo determinato da variazioni di pendenza del suo profilo longitudinale, della qualità di materiale solido trasportato e da modificazioni del regime delle portate liquide.

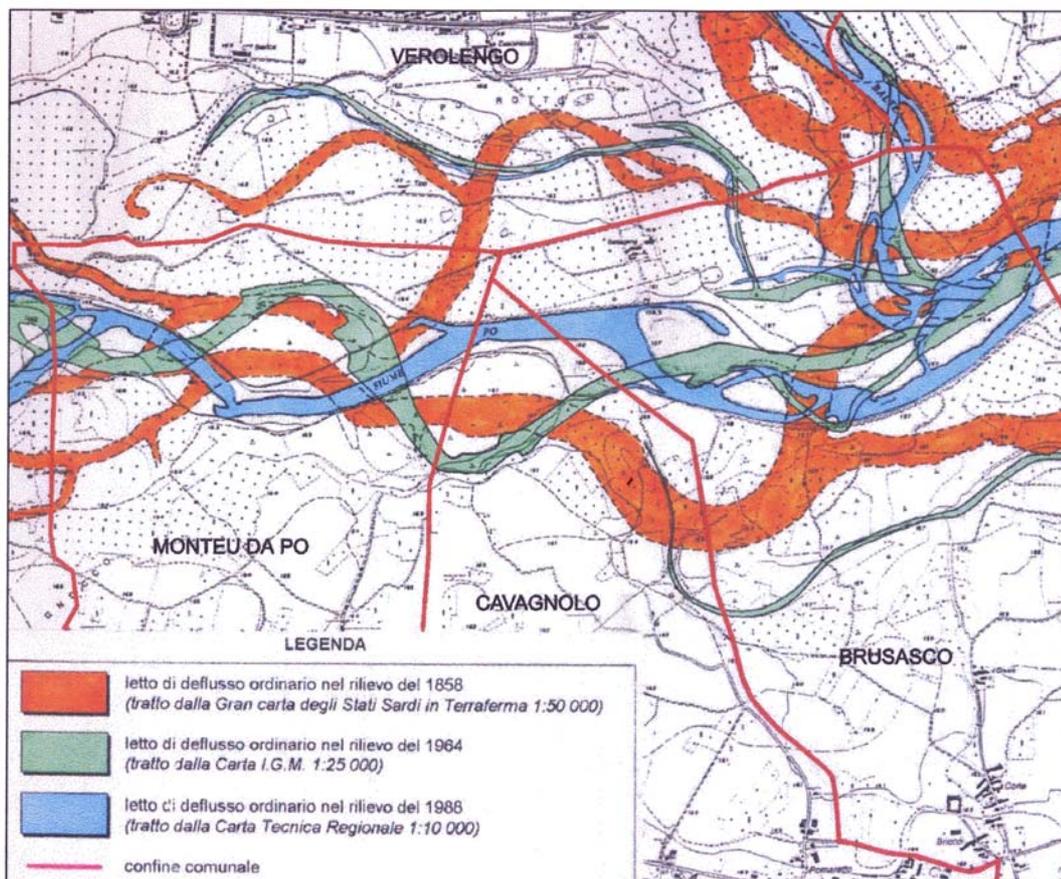
Quanto di ciò rientri nel quadro di una naturale evoluzione del corso d'acqua, e quanto sia invece imputabile agli interventi modificatori di tipo antropico realizzati entro la fascia di pertinenza fluviale (costruzione di difese spondali, arginature, scogliere ecc.), non è facilmente determinabile, e comunque l'ambito territoriale di valutazione dovrebbe essere assai più ampio di quello preso qui in considerazione.

Ad ogni buon conto le evidenze attuali indicano per il Po, almeno nel tratto indagato, un'attività sostanzialmente erosiva, soprattutto in senso verticale, che ha condotto all'incisione progressiva dell'alveo con abbassamento del fondo e concentrazione dei deflussi. Tale processo erosivo è testimoniato d'altronde dall'evidente riduzione della larghezza dell'alveo attuale, rispetto a quella che caratterizzava il Po nel secolo scorso.

Altro aspetto di un certo interesse è l'evoluzione della confluenza della Dora Baltea nel F. po: si nota come già nel secolo scorso la confluenza fosse ampia ed allungata verso E, di



conseguenza l'attuale tendenza della Dora Baltea a migrare verso valle non sarebbe altro che una tendenza al ripristino della situazione originaria.



Le caratteristiche del F. Po nel tratto di interesse sono riportate nel SOTTOPROGETTO SP1 – "PIENE E NATURALITA' ALVEI FLUVIALI" (stralcio Piemonte) – "Caratterizzazione geometrica, geomorfologica ed idraulica del reticolo idrografico delle aree soggette ad allagamento, Catasto delle opere idrauliche", redatto dall'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO.

Per il tratto **Verolengo (loc. Caserma)-confluenza F. Dora Baltea** sono descritte le seguenti condizioni geomorfologiche:

Caratteri del corso d'acqua: Il tratto è caratterizzato da un andamento monocursale sinuoso con tratti relitti pluricursali. La realizzazione di importanti opere di difesa ha determinato la sostituzione di una morfologia braided con una monocursale.

Stabilità geomorfologica: Processi di erosione di sponda significativamente diffusi ed estesi nei tratti non interessati da difese spondali; non sono comunque coinvolti infrastrutture e manufatti, localmente le opere di difesa risultano dissestate.

Tendenza del fondo: erosione/ripascimento. La riduzione in larghezza della sezione d'alveo è legata alla tendenza alla canalizzazione, determinata dalla presenza diffusa di opere longitudinali di protezione. Il tratto risulta instabile a causa della naturale tendenza, soprattutto in prossimità della confluenza con il F. Dora Baltea, alla ramificazione; durante l'evento alluvionale 1994 numerosi nuclei abitati sono stati allagati in seguito al sormonto dei rilevati arginali.

Alcuni rami recentemente disattivati appaiono sospesi a quote maggiori rispetto all'alveo attuale evidenziando, almeno localmente, la presenza di fenomeni di abbassamento del fondo alveo. Dal confronto multitemporale in una sezione di rilievo si osserva un abbassamento del fondo alveo di circa 1,5 m.



8 - PROPENSIONE AL DISSESTO IDROGEOLOGICO DEL TERRITORIO

8.1 - INDICAZIONI SULLA DEGRADABILITÀ, DELLE FORMAZIONI GEOLOGICHE AFFIORANTI NEL TERRITORIO

Gli elementi geomorfologici rappresentati in cartografia (All. 1) riguardano essenzialmente le morfologie e le fenomenologie morfogenetiche usualmente presenti nel settore collinare del Monferrato.

Tra queste sono state evidenziate in carta, con opportune simboleggiature, le seguenti tipologie di dissesto:

- Orli ed aree di frana (frane per colamenti, smottamenti-soliflussi, frane a maggiore componente rotazionale) accertati in base ad indagini dirette, d'archivio, da fotointerpretazione;
- Settori di versante con indizi di soliflussi a carico della coltre superficiale (*soil-creep*);
- Ruscellamenti in occasione di precipitazioni intense;
- Possibili ristagni temporanei in occasione di precipitazioni intense a causa di scarsa permeabilità del suolo;
- Dissesti puntuali e/o recenti non cartografabili;
- Fenomeni di erosione rimontante.

Per quanto attiene alla dinamica dei corsi d'acqua ed alle morfologie connesse sono state indicate le seguenti caratteristiche morfologico-antropiche:

- sezioni di deflusso potenzialmente critiche in corrispondenza a eventi meteorologici particolarmente intensi a causa di possibili fattori penalizzanti (intubamenti, scarsa manutenzione, sezioni insufficienti, ...);
- orli di scarpata e terrazzi morfologici;
- antichi tracciati fluvio/torrentizi attualmente abbandonati/ritombati;
- aree allagabili anche con forte energia in occasione di precipitazioni straordinarie.

Dall'insieme delle caratteristiche litologiche dei terreni che compongono le singole formazioni, dedotte dal rilevamento diretto dell'area, e dalle indicazioni fornite dalla letteratura geologica, è emersa l'opportunità di raggruppare alcune delle formazioni sedimentarie in funzione sia di talune analogie litologiche, sia del comportamento di fronte agli agenti degradatori.

Vengono qui riportate le indicazioni sulla degradabilità dei complessi litologici individuate in base alle indicazioni precedenti, a partire dai più antichi:

- Argille plastiche varicolori, marne e argille marnose con lenti di calcare bioclastico. Tale complesso litologico è assimilabile alle formazioni geologiche indicate come Complesso caotico di la Pietra e Marne di Monte Piano. Si tratta di termini altamente o discretamente plastici, poco stabili e soggetti all'intensa azione dei processi degradatori, dovuti essenzialmente alle loro caratteristiche litologiche, geotecniche ed alla loro messa in posto prevalentemente diapirica. La tendenza a plasticizzare e a generale colamenti, in presenza di valori di umidità ed imbibizione anche bassi, rende necessaria l'adozione di provvedimenti progettuali mirati alla stabilizzazione delle porzioni corticali plurimetriche (dreni e fondazioni indirette).
- Arenarie e sabbie grossolane alternate a potenti livelli marnosi ed a lenti di conglomerati più o meno grossolani; marne con fitte intercalazioni decimetriche di natura arenacea. Tale complesso litologico è assimilabile alla Formazione di Cardona, alla Formazione di Antognola, Marne a Pteropodi inferiori. Si tratta di termini piuttosto resistenti agli agenti degradanti, anche se, nell'ambito delle litologie descritte, le parti conglomeratiche sono assai più resistenti rispetto alle porzioni prevalentemente marnose.
- Limi argillosi e sabbiosi sciolti costituenti gli accumuli colluviali. Questo complesso litologico, presente estesamente nel territorio in esame, significativo solo nel caso in cui gli accumuli assumano dimensioni tali da poter essere cartografati, è caratterizzato da forte degradabilità, legata alla litologia ed alle caratteristiche geotecniche.
- Alluvioni sabbioso-limose. Questo complesso litologico è costituito dai terreni delle formazioni alluvionali a granulometria più fine (Subsintema di Gaminella e Pontestura). Esso è mediamente degradabile a causa della composizione prevalentemente limosa.



- Alluvioni sabbioso-ghiaiose. Queste alluvioni corrispondono ai sedimenti fluviali più grossolani (Subsistema di Crescentino, Ghiaia Grande e Sistema di Borgo Revel). I sedimenti in oggetto sono facilmente intaccabili da limitati processi di erosione di sponda da parte dei corsi d'acqua e dalla presenza della falda superficiale al loro interno

8.2 - PROCESSI DEGRADATORI PREVALENTI

I processi degradatori che hanno contribuito e contribuiscono al modellamento dell'area in esame, appartengono a due gruppi diversi che possono essere indicati come processi gravitativi ed erosioni torrentizie o da ruscellamento diffuso a concentrato.

Processi gravitativi

Sotto questo nome si è inteso raggruppare tutti quei movimenti di massa che sono dovuti alla gravità. Nell'area in esame si sono riscontrati moltissimi fenomeni di instabilità gravitativa.

I processi riconosciuti sono diversi e riprendono la classificazione proposta nella DGR n° 45 del 15 luglio 2002. Nella cartografia viene indicato per sintesi il tipo di movimento; si veda a seguire la descrizione specifica del singolo fenomeno.

- CROLLO: La massa si muove prevalentemente nell'aria. Il fenomeno comprende la caduta libera, il movimento a salti e rimbalzi ed il rotolamento di frammenti di roccia o di terreno sciolto;
 - RIBALTAMENTO: Movimento dovuto a forze che causano un momento ribaltante attorno ad un punto di rotazione situato al di sotto del baricentro della massa interessata. Qualora il fenomeno non sia frenato può evolvere in un crollo o in uno scorrimento;
 - SCIVOLAMENTO ROTAZIONALE (*Il movimento comporta uno spostamento per taglio lungo una o più superfici, oppure entro un "livello" abbastanza sottile. Le superfici di scorrimento sono visibili o facilmente ricostruibili*): Movimento dovuto a forze che producono un momento di rotazione attorno ad un punto posto al di sopra del centro di gravità della massa. La superficie di rottura si presenta concava verso l'alto;
 - SCIVOLAMENTO TRASLATIVO (*Il movimento comporta uno spostamento per taglio lungo una o più superfici, oppure entro un "livello" abbastanza sottile. Le superfici di scorrimento sono visibili o facilmente ricostruibili*): Il movimento si verifica in prevalenza lungo una superficie più o meno piana o debolmente ondulata, corrispondente spesso a discontinuità strutturali, quali faglie, giunti di fessurazione o di stratificazione, o passaggi fra strati di diversa composizione litologica, o contatto tra roccia in posto e detrito soprastante;
 - COLAMENTO LENTO (*Movimenti di materiali fini ad alto indice di plasticità, con progressiva deformazione e rottura a differenti livelli di profondità*): Fenomeni franosi caratterizzati dallo spostamento rapido, generalmente incanalato, di materiale detritico-fangoso che si muove verso valle lungo direttrici determinate da impluvi preesistenti;
 - SPROFONDAMENTO: Avvallamento del terreno superficiale provocato da cedimenti di livelli plastici sottostanti a formazioni rigide o dal crollo del tetto di una cavità sotterranea di origine naturale (dovuta principalmente a fenomeni di carsismo) od antropica;
 - DGPV: Fenomeni con tipologie generalmente complesse, che possono interessare interi versanti per grandi estensioni e profondità, con meccanismi di deformazione che non necessitano di una superficie di taglio;
 - SATURAZIONE E FLUIDIFICAZIONE DELLA COPERTURA DETRITICA SUPERFICIALE: Fenomeni ad azione istantanea che si sviluppano in concomitanza a precipitazioni intense, coinvolgendo per lo più porzioni di terreni incoerenti della copertura superficiale;
 - COMPOSITO: Il movimento risulta dalla combinazione di due o più di quelli descritti. In genere un tipo di movimento predomina, spazialmente o temporalmente.
- Si propone, a titolo esemplificativo, la caratterizzazione dello stato del dissesto.
- DISSESTO ATTIVO (*pericolosità molto elevata*): il fenomeno è da considerarsi attivo in presenza di movimenti attuali evidenti (presenza di indicatori cinematici di neoformazione) e/o nel caso in cui vi siano notizie di riattivazioni significative in tempi recenti, permanendo le condizioni geomorfologiche che hanno dato origine al dissesto.
 - DISSESTO QUIESCENTE (*pericolosità elevata*): il fenomeno è da considerarsi quiescente quando non risultano movimenti attuali evidenti o non risultano riattivazioni in tempi



recenti, permanendo condizioni geomorfologiche e climatiche tali da poter riattivare il fenomeno.

- DISSESTO STABILIZZATO (pericolosità media o moderata): il fenomeno è da considerarsi stabilizzato quando è riconoscibile solamente per evidenze morfologiche o quando sono intervenuti fattori antropici che hanno portato alla definitiva stabilizzazione del dissesto, eventualmente documentata attraverso monitoraggi nel tempo.

Processi di erosione torrentizia o da ruscellamento diffuso e concentrato

I processi di erosione da ruscellamento diffuso e concentrato si differenziano nettamente, per il tipo di azione erosiva, dai processi legati alle acque incanalate negli alvei.

II ruscellamento diffuso, cioè l'azione erosiva disordinata messa in atto dallo scorrimento superficiale delle acque meteoriche, è attivo in tutta la zona collinare, ma la sua intensità varia con la pendenza, con la natura litologica del terreno e con la consistenza della copertura vegetale. Con specifica simbologia si individuano i settori particolarmente soggetti a tale processo.

II potenziale erosivo del ruscellamento diffuso è in genere piuttosto basso, ma aumenta in occasione di eventi piovosi relativamente brevi e violenti.

Per limitare l'azione del ruscellamento diffuso è generalmente sufficiente l'inserimento di una cotica erbosa stabile. In caso di colture a copertura parziale come i cereali, in assenza di movimenti del tipo creeping o frane di altro genere, e su pendenze limitate, il ruscellamento diffuso può essere contrastato lavorando il pendio a girapoggio.

II ruscellamento concentrato si manifesta là dove l'affioramento di terreni non omogenei agevola l'instaurarsi di solchi di erosione preferenziale.

Questo tipo di ruscellamento è distribuito per lo più nelle aree di affioramento delle formazioni più degradabili. Anche nel caso del ruscellamento concentrato la forma di difesa più efficace appare il rimboschimento con essenze legnose a rapida crescita, in equilibrio col tipo di suolo presente. I processi di erosione torrentizia si verificano a causa dell'azione erosiva di acqua incanalata, anche in rii con portata bassa. L'azione erosiva può portare all'asportazione dei materiali che costituiscono il fondo del torrente e le sue sponde.

Nel primo caso l'approfondimento dell'alveo causerà un'evoluzione delle sponde, che tenderanno così a raggiungere un nuovo equilibrio franando.

Più la tendenza erosiva è elevata, più è possibile che vengano messi in moto cospicui frammenti delle sponde. L'erosione diretta delle sponde, legata alla tendenza insita nei corsi d'acqua verso il raggiungimento di un profilo di equilibrio, in zone pianeggianti produce soltanto piccoli smottamenti che consentono ai torrenti di variare leggermente il suo corso; se l'acqua lambisce i fianchi collinari, l'erosione di sponda provoca un aumento delle pendenze dei versanti, provocando il franamento di porzioni sempre maggiori dei versanti stessi.

Grazie a questi meccanismi di erosione torrentizia si ebbe nel passato la destabilizzazione di molti versanti, che diede luogo a molti degli imponenti fenomeni franosi (le cosiddette paleofrane) ora quasi totalmente stabilizzati.

Volendo trarre, da quanto affermato, delle conclusioni in chiave urbanistica-territoriale, si può dire che mentre i processi gravitativi, pur interferendo in senso negativo sulla potenzialità agricola del territorio, appaiono dannosi soprattutto come fattori di diminuzione della capacità urbanistica, i processi di ruscellamento appaiono invece dannosi soprattutto ai fini dell'impiego agricolo del territorio.

8.3 - LE AREE DISSESTATE PRESENTI NEL TERRITORIO DEL TERRITORIO COMUNALE

Le aree dissestate del punto di vista idrogeologico sono caratterizzate dalla presenza di processi degradatori in atto o sono potenzialmente inondabili.

In questo studio verranno considerate tra le aree dissestate anche quegli accumuli di antiche grosse frane, spesso stabilizzate, di cui si è parlato in precedenza.

Processi degradatori connessi alla gravità

Il territorio di Cavagnolo è sensibilmente condizionato dalla presenza di vari fenomeni di instabilità gravitativa, alcuni dei quali da tempo conosciuti, che interessano anche porzioni di territorio edificate; il più noto è il caso di Casamosso, sottoposto a monitoraggio.



Da un esame qualitativo dei processi individuati si nota come la maggior parte di essi sia riconducibile a fenomeni di tipo composito dall'ampia estensione areale; potrebbero, in generale, ricondursi a fenomeni di scivolamento rotazionale/traslattivo sui quali, successivamente, si sono attivati processi di colamento e/o scivolamento a scala inferiore.

Dall'analisi congiunta in carta dei tematismi afferenti all'assetto geologico del territorio comunale e dello stato del dissesto emerge che i fenomeni di instabilità gravitativa trovino una maggiore densità sui terreni che costituiscono il Complesso Caotico di la Pietra ed in corrispondenza di settori in cui sono stati riconosciuti contatti di natura tettonica (cfr. All.1- Carta geomorfologica e dei dissesti,...). Circa il 40% del territorio ove affiora il Complesso caotico di La Pietra (Complesso indifferenziato Auct.) è caratterizzato dalla presenza di frane di varia natura.

In generale alcune frane risultano interessare estese porzioni di territorio: ciò si verifica quando nel tempo si sono verificati più eventi la cui evoluzione temporale ha interessato areali via via più ampi. Proprio tale evoluzione ha fatto sì che alcune località come Case Mosso che con il tempo stanno provocando non pochi problemi di stabilità e integrità dei manufatti (specie quelli costruiti recentemente con tecniche e fondazioni poco attente alla qualità dei terreni, sia strade sia abitazioni); per alcuni di questi è in itinere un progetto di monitoraggio da parte pubblica.

Ciò comporta l'adozione di particolari cautele in fase di progettazione e l'adozione di tecniche di consolidamento dei terreni. In particolare si ritiene inaccettabile, su tali terreni che hanno evidenziato ampiamente scadenti caratteristiche geotecniche proseguire l'edificazione in presenza di studi geologico-tecnici e geotecnici approssimativi e superficiali.

In generale, su tutto il territorio di Cavagnolo sarà necessario richiedere una elevata, e comunque maggiore, qualità della caratterizzazione geologica e geotecnica dei terreni previa esecuzione di studi geologici, geomorfologici e geotecnici di dettaglio mirati alla risoluzione o minimizzazione di tutte le problematiche sopra esposte. Il livello di indagine sarà da commisurare all'importanza degli interventi e delle opere e alla loro ricaduta e significato socio-economico (saranno pertanto minime per piccole strutture e impianti tecnologici e, per contro massime, in caso di opere importanti o ove l'esposizione di persone o cose assume valenza significativa). È quindi evidente, visto l'elevato numero di frane riconosciute, che i settori compromessi e quindi non idonei all'utilizzazione urbanistica siano numerosi e la corretta perimetrazione delle aree interessate dal fenomeno risulta indispensabile al fine della corretta pianificazione urbanistica.

È inoltre da tenere in considerazione che gli accumuli di frana (anche se ormai quiescenti) vengono considerate alla stregua di zone dissestate in quanto la costruzione di edifici e di strade potrebbe variarne le condizioni statiche producendo una riattivazione del movimento franoso o di una sua parte. Dal punto di vista dell'utilizzazione ai fini agricoli, gli accumuli di paleofrane portano condizioni favorevoli sia per la minore pendenza del terreno, sia per una maggiore porosità del suolo e del substrato.

Ruscigliamento diffuso

I dissesti legati alla presenza di ruscigliamento diffuso e concentrato sono presenti, se pure in quantità variabile, in gran parte della porzione collinare.

L'intensità del fenomeno è legata alla pendenza, alla mancanza di copertura boschiva e prativa e alla litologia del suolo. Essendo questo un fenomeno generalizzato, è indicativamente cartografato con un simbolo specifico sulla Carta di cui all'All. 1, segnalando le zone di maggiore propensione.

Le azioni erosive dei versanti legate all'opera di acque torrentizie sono attive in corrispondenza di aree argillose calanchive e delle sponde dei rii principali e in tratti limitati dei rii laterali ove possono tuttavia instaurarsi localmente situazioni di ruscigliamento ad elevata energia ed allagamenti di porzioni con termini ai rii stessi.

Zone esondabili

L'ultimo tipo di aree dissestate è rappresentato dalle zone inondabili dall'acqua del Fiume Po, dei T. Trincavenna e Rio Santa Fedè.

E' potenzialmente esondabile, e le passate alluvioni lo hanno dimostrato soprattutto lungo il Po, buona parte dei fondi citati vallivi: gli eventi alluvionali, legati comunque a fortissime



precipitazioni piovose, possono essere di diversa intensità ed interessare aree più o meno vaste in funzione del tempo di ritorno e in funzione di locali ostruzioni per accumulo di detriti. Spesso, in caso di forti piogge, possono verificarsi locali allagamenti nella parte più depressa del fondovalle principale o delle vallecole in esso affluenti, solo perché gli alvei dei torrenti e dei rii sono per lo più molto ristretti e invasi da vegetazione arborea od arbustiva. Tali allagamenti potrebbero essere evitati mantenendo una maggiore pulizia delle sponde e dell'alveo di questi corsi d'acqua. In caso di precipitazioni di intensità e durata eccezionale, possono invece verificarsi piene eccezionali, accompagnato da esondazioni di intensità proporzionale alla portata dei corsi d'acqua. In questo caso, che si verifica con frequenza piuttosto bassa, gran parte dell'area costituente i fondi vallivi è destinata ad essere inondata direttamente o a divenire zona di ristagno d'acqua. In queste occasioni può assumere notevole importanza l'acqua convogliata dai rii secondari che, provenendo dai fianchi collinari può invadere ed allagare zone vallive leggermente più elevate, di norma non alluvionabili da parte dei rii principali.

In conclusione, non tutte le aree segnate come inondabili sulla carta di cui all'All. 1 presentano lo stesso grado di rischio di fronte ad uno stesso evento alluvionale. Ad esempio le aree golenali di Po, risultando essenzialmente agricole non sono sottoposte a elevati rischi, mentre le zone edificate in corrispondenza degli areali esondabili possiedono un rischio molto elevato in termini prodotto tra probabilità di accadimento e magnitudo del danno atteso.

Eventi piovosi di intensità più forte in una zona ristretta dei bacini di alimentazione dei rii può provocare onde di piena locali che esplicano la loro azione su tratti limitati dei corsi d'acqua, e quindi su una ristretta fascia di fondovalle.

Occorre aggiungere ancora che spesso le aree vengono allagate con intensità diversa da quello che farebbe presupporre l'assetto morfologico delle zone pianeggianti, e questo a causa della presenza di rilevati morfologici, rilevati stradali, ponti con luce insufficiente a smaltire le maggiori onde di piena.

Nell'esaminare questo fenomeno è d'uopo precisare che nelle aree alluvionabili poste ad una certa distanza dall'asta del corso d'acqua, la quota sul piano campagna che il corso d'acqua raggiunge in occasione di alluvioni eccezionali, è sempre piuttosto limitata, per cui può essere sufficiente, per evitare gravi danni, costruire gli edifici su rilevati artificiali o adottando tipologie tipo "Piloti" o sopraelevazioni.



9 - IDROGEOLOGIA

Il territorio può essere suddiviso in due settori circa omogenei dal punto di vista idrogeologico, quello di pianura e quello di collina.

Settore corrispondente all'area di pianura

Il settore è caratterizzato principalmente dalla presenza di un acquifero superficiale rappresentato dai depositi fluviali grossolani, costituiti essenzialmente da ciottoli, ghiaie e sabbie, con scarse intercalazioni limoso-argillose. Si tratta di sedimenti ad elevata permeabilità il cui spessore si mantiene su valori di 10-15 metri in prossimità del F. Po, mentre raggiunge valori maggiori (fino a circa 30 m) nella fascia di territorio a Nord del fiume.

Tale acquifero ospita una falda a superficie libera in diretta connessione idraulica con i corsi d'acqua della zona; la soggiacenza media varia da almeno 6 m a meno di un metro nelle porzioni topograficamente più depresse.

Nella parte meridionale dell'area di pianura la base impermeabile di tale acquifero è rappresentata dalla successione marina pre-pleistocenica affiorante nel Monferrato, che costituisce una larga platea al di sotto dei depositi fluviali della pianura. A causa della facies essenzialmente fine di tale successione non esistono, nella zona di pianura più prossima alla collina, acquiferi profondi significativi al di sotto dell'acquifero superficiale.

Più a Nord, all'incirca in corrispondenza dell'allineamento Verolengo-Crescentino, al disotto del primo acquifero, compare un complesso idrogeologico, rappresentato da un'alternanza di livelli fini, limoso-argillosi, e livelli più grossolani ghiaioso-sabbiosi, sede di falde idriche in pressione. Tale complesso multifalda aumenta via via di spessore verso Nord.

Il F. Po esercita in generale una marcata azione drenante sulla falda libera condizionandone in maniera considerevole la morfologia della superficie piezometrica, mentre in periodi di piena il corso d'acqua può localmente alimentare la falda libera. La direzione di flusso prevalente della falda libera risulta essere così diretta da NW verso SE a Nord del F. Po, mentre in corrispondenza delle ridotte porzioni di pianura alluvionale presenti a Sud del F. Po la direzione appare essere da SW verso NE. Il gradiente idraulico della falda libera ha un valore medio di 0,003. In condizioni di portata di magra lungo le sponde del F. Po si possono instaurare una serie di piccole sorgenti. Non si dispone di studi idrogeologici di letteratura particolarmente approfonditi nel settore in studio.

L'andamento della falda superficiale è stato ricostruito solo nel settore di pianura ove è stato possibile misurare la soggiacenza in alcuni pozzi e/o piezometri presenti, eventualmente con raffronto di dati pregressi ove disponibili; tale indicazione di isofreatica è stata riportata nell'All. 2 con tratteggio a denotare l'incertezza dell'interpretazione.

L'attività del reticolato idrografico minore, riportato in cartografia, è distinguibile come segue:

- la rete idrografica secondaria degli impluvi laterali e da fossati e rii di fondovalle non classificati aventi attività periodica e prolungata specie nelle stagioni piovose con portate massime stimate tra 10-15 l/sec e sino a circa 100 l/sec, normalmente caratterizzata da attività periodica e limitata in corrispondenza di eventi piovosi, con portate stimate sino a 10-15 l/sec;
- la rete idrografica principale costituita da rii classificati (Trincavenna, Santa Fede e Valentino), aventi carattere permanente, con portate medie generalmente di circa 100/200 l/sec.

Settore collinare

Si tratta di una zona complessivamente povera di risorse idriche sotterranee, anche se costellate da limitatissime sorgenti e ristagni. Le formazioni marine affioranti sono infatti rappresentate prevalentemente da depositi a permeabilità bassa o molto bassa quali marne, siltiti e argille, per cui possono essere considerate complessivamente impermeabili e quindi prive di acquiferi significativi. Una modesta circolazione idrica può avvenire solo in corrispondenza delle porzioni più fratturate delle rocce compatte, o della porzione corticale più decompressa e alterata delle formazioni, dove possono formarsi livelli saturi in comunicazione con i mezzi porosi di copertura eventualmente presenti.

Anche i depositi colluviali, che costituiscono la copertura localmente presente delle formazioni marine sui versanti collinari e i depositi fluviali di fondovalle, non rappresentano acquiferi



significativi a causa dello scarso spessore e continuità laterale nonché della significativa frazione fine che generalmente li caratterizza.

Possono essere presenti in tale settore una serie di sorgenti legate a circuiti idrici sotterranei superficiali e sono per lo più rappresentate da emergenze per limite di permeabilità o per affioramento della superficie piezometrica; alcune di esse sono presenti anche al piede dei corpi di frana più estesi. Le portate medie di tali sorgenti sono generalmente basse.

Le distinzioni che si sono utilizzate per classificare dal punto di vista delle proprietà idrogeologiche e, ove ricorra, della vulnerabilità delle differenti unità idro-litologiche presenti, sono state ottenute per correlazione rispetto a dati di letteratura con le prevalenti caratteristiche litologiche presentate dalle varie formazioni rocciose, ottenendo una classificazione come segue:

- Terreni da arenaceo-siltosi a conglomeratici con matrice limosa a porosità medio-elevata e discreta permeabilità primaria; il coefficiente di permeabilità K può risultare compreso tra i 10^{-1} e 10^{-3} cm/s; in genere ospitano una falda superficiale; ove presente la vulnerabilità della falda risulta da media a elevata;
- Terreni detritici arenaceo-limosi a permeabilità primaria da scarsa a mediocre; coefficiente di permeabilità K variabile tra 10^{-3} e 10^{-5} cm/s; vulnerabilità della eventuale falda da media a scarsa;
- Terreni da arenaceo-calcarei a arenaceo-siltosi con permeabilità da scarsa a mediocre; coefficiente di permeabilità K variabile tra 10^{-3} e 10^{-6} cm/s;
- Terreni da argilloso-limosi a marnoso-siltosi con permeabilità da scarsa a nulla; coefficiente di permeabilità K variabile tra 10^{-4} e 10^{-7} ;
- Terreni argilloso-marnosi con permeabilità nulla o molto limitata; coefficiente di permeabilità K variabile da 10^{-5} a 10^{-9} .

Si specifica che le stime riportate anche in cartografia non costituiscono dato definitivo e non si possono sostituire a misure dirette, variabili caso per caso.



10 - SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA DEL TERRITORIO

La cartografia di sintesi di cui all'Allegato 4 al presente studio è stata redatta sulla base dello studio geologico, geostrutturale, geomorfologico e geoidrologico riferita al momento alla sola porzione territorio interessato da espansione edilizia.

Sulla base delle risultanze di studio si è deciso, disponendo di dati direttamente ricavati da sopralluoghi e rilievi in situ, di classificare come edificabili (con prescrizioni) alcuni minimi settori che precedentemente erano stati inseriti in classe III. Tale decisione si basa sul fatto che, pur con un approccio di cautela, a seguito di rilievi ed analisi non esistono indizi o dati oggettivi sfavorevoli che indichino predisposizione o presenza di dissesto.

Analogamente il perfezionamento dello studio idraulico, specie sui rii Trincavenna e Santa Fede, appare possibile ottimizzare le scelte operative urbanistiche e la classificazione di sintesi definendo gli ambiti effettivamente più rischiosi in linea con le direttive PAI.

La definizione e classificazione delle aree a "vocazione" edificabile in queste zone collinari risulta alquanto difficoltosa per diversi motivi: in "primis" la qualità geotecnica dei terreni, com'è noto ai Tecnici, è mediamente scadente trattandosi di materiali sedimentari a componente terrigena fine, con gradi di consolidamento variabili e caratteristiche geomeccaniche altamente influenzate dalla presenza o meno di idratazione a causa di acque meteoriche o di falda freatica.

Altro fattore limitante nella suddetta classificazione viene dalla modesta documentazione geotecnica e geologico-tecnica che, di norma, dovrebbe sempre essere prodotta a supporto di progetti di edificazione (pubblici e privati) effettuati nel territorio comunale.

Infine, le osservazioni di terreno, determinanti per la comprensione di fenomenologie gravitative a vario livello evolutivo, risultano estremamente condizionate dall'intervento antropico che, specie con l'agricoltura, tende a cancellare o ad ammorbidire quei dettagli e lineamenti geomorfologici così importanti nella comprensione e riconoscimento delle fenomenologie del modellamento.

Non meno penalizzante risulta essere la particolare alterazione che si imposta sui vari litotipi affioranti e che determina la formazione di una coltre eluvio-colluviale di varia potenza che "appiattisce" ogni possibilità di estrapolare informazioni di sottosuolo, limitandola all'osservazione dei subaffioramenti.

La classificazione e l'identificazione di un certo litotipo risulta possibile effettuando l'osservazione solo nel momento in cui un affioramento si viene a formare in occasione di uno scavo o di uno sbancamento; a distanza di pochi mesi dallo stesso la coltre superficiale e la particolare degradabilità dei terreni obliterano rapidamente le sezioni osservabili.

La normativa geologico-tecnica di riferimento per tutto il territorio è esposta a parte nell'Allegato 7, mentre per l'analisi della classificazione eseguita si rimanda all'elaborato cartografico geotematico specifico. La carta di sintesi compendia, cartografandole con opportune simbologie, le tipologie di dissesto geomorfologico ed idraulico (cfr. Circ. PGR 7/LAP e PAI) collegate ad una specifica normativa di attuazione.



11 - BIBLIOGRAFIA E OPERE CONSULTATE

- 81^A RIUNIONE ESTIVA DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA - Il sistema alpino-appenninico nel Cenozoico
- 81^A RIUNIONE ESTIVA DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA - Tettonica e sedimentazione nel retroforeland alpino
- ARPA PIEMONTE - Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio n° 157 "Trino"
- ARPA PIEMONTE - Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio n° 157 "Trino", Note illustrative
- ARPA PIEMONTE - Eventi alluvionali in Piemonte 2000-2002
- AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO - Piano stralcio per L'Assetto Idrogeologico (PAI)
- BERTOLINO V. (1967) - Zone a foraminiferi planctonici della Serie Terziaria della Collina di Torino. Tesi ined., Univ. Torino.
- BIANCOTTI A., FRANCESCETTI B. (1979) - Analisi dell'ambiente fisico del bacino del Torrente Stura del Monferrato. In "Studi dell'IRES sui piani di sistemazione idrogeologica, Parte prima: La Stura del Monferrato", Ed. NOVA, Torino.
- BICCHI E., FERRERO E., NOVARETTI A., PIRINI C., VALLERI G. (1994) - Biostratigrafia della successione oligo-miocenica della Collina di Torino e del Monferrato. Atti Tic. Sc Terra, Serie Speciale, 1, 215-225.
- BIELLA G., CLARI P., DE FRANCO R., GELATI R., GHIBAUDO G., GNACCOLINI M., LANZA R., POLINO R., RICCI B., ROSSI P.M. (1992) - Geometrie crostali al nodo Alpi-Appennino: conseguenze sull'evoluzione cinematica dei bacini neogenici. 76° Congr. Soc. Geol. It., Riassunti, pp. 192-195.
- BONCI M.C., CLARI P., FERRERO E., GHIBAUDO G., PIRINI C., RICCI B., VALLERI G., VIOLANTI D. (1990) - The diatomites of Marmorito (Western Monferrato, Northern Italy). Mem. Soc. Geol., 42, 189-225.
- BONCI M.C., CLARI P., FERRERO E., NEGRI A., PIRINI C., RICCI B., VALLERI G. (1992) - Miocene diatomaceous sediments in Monferrato (NW Italy). I.U.G.S. - S.O.G. Miocene Columbus Project, Portonovo (Ancona), 11-14 Novembre 1992, Abstracts, p.23.
- BONCI M.C., CLARI P., FERRERO E., NEGRI A., PIRINI C., RICCI B., VALLERI G. (1994) - Miocene diatom rich section of Aramengo (Monferrato, Piedmont): preliminary results. Giorn. Geologia, ser. 3A, 56 (1), 47-53.
- BONCI M.C., CLARI P., FERRERO E., NEGRI A., PIRINI C., RICCI B., VALLERI G. (1994) - Schema biostratigrafico integrato della facies diatomitica di Aramengo d'Asti (Monferrato orientale). Atti Tic. Sc Terra, Serie Speciale, 1, 213-214.
- BONCI M.C., FERRERO E., NEGRI A., PIRINI C., VALLERI G. (1994) - Facies diatomitiche del Miocene del Monferrato. Biostratigrafia integrata. Convegno "Rapporti Alpi-Appennino", Peveragno (CN) 31 maggio-1° giugno 1994. Riassunti, 11.
- BONSIGNORE G., BORTOLAMI G., ELTER G., MONTRASIO A., PETRUCCI F., RAGNI U., SACCHI R., STURANI C., ZANELLA E. (1969) - Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia. F.56-57, Torino-Vercelli. Poligrafica & Cartevalori, Ercolano.
- BUGNANO M. (1991) - Studio Geologico e stratigrafico della dorsale tra Murisengo, Villadeati e Alfiano Natta (Monferrato centro-occidentale). Tesi di Laurea, Univ. Di Torino, Ined., 157 pp.
- CARRARO F., COLLO G., FORNO M.G., GIARDINO M., MARAGA F., PEROTTO, TROPEANO D. (1994) - Evoluzione del reticolato idrografico del Piemonte centrale in relazione alla mobilità quaternaria. Atti del Convegno "Rapporti tra Alpi e Appennino", Peveragno (CN).
- CERINO BADONE C., LUCINI M., CAMPAGNOLO F. (2004) - Bandiere nel fango. L'assedio che rese leggendaria la fortezza di Verrua. Omega edizioni, 250 pp.
- CHIESA G. (1989) - Litostratigrafia e microfacies della Pietra da Cantoni nel Monferrato Casalese. Tesi di laurea, Univ. Di Torino, ined., 155 pp.
- CITA M.B., PREMOLI SILVA I. (1967) - Evoluzione delle faune planctoniche nell'intervallo stratigrafico compreso fra il Langhiano-tipo e zonazione del Miocene Piemontese. Serie P, 164, Ist. Paleont. Univ. Milano.
- CLARI P., DELA PIERRE F., NOVARETTI A., TIMPANELLI M. (1994) - La successione oligo-miocenica del Monferrato occidentale: confronti e relazioni con il Monferrato orientale e la Collina di Torino. Atti Tic. Sc Terra, Serie Speciale, 1, 191-203.
- CLARI P., DELA PIERRE F., NOVARETTI A., TIMPANELLI M. (1995) - Late Oligocene-Miocene sedimentary evolution of the critical Alps/Appennines junction: the Monferrato Area. Northwestern Italy. "Terra Nova", 7 (2), 9 pp..
- CLARI P., GAGLIARDI C., GOVERNA M.E., RICCI B., ZUPPI G.M. (1988) - I calcari di Marmorito: una testimonianza di processi diagenetici in presenza di metano. Boll. Mus. Reg. Sc. Nat. Torino, 6, 197-216.
- CLARI P., PROTO DECIMA F., RICCI B., SAMPO' M. (1987) - Facies di piattaforma nell'Oligocene medio del Monferrato. Boll. Soc. Pal. It., 26, 109-118.
- DESIO A. (1968) - Geologia d'Italia. 1081 pp, Ed. UTET, Torino.



- ELTER G. (1960) - Osservazioni preliminari sull'età dei terreni preoligoceni del Monferrato. Rend. Acc. Naz. Lincei, s.8, 29, 573-578.
- ELTER G., ELTER P., STURANI C., WEIDMANN M. (1966) - Sur la prolongation du domaine ligure de l'Apenin dans le Monferrat et les Alpes et sur l'origine de la Nappe de la Simme s.l. des Préalpes romandes et chablaisienne. Arch. Sc; Genève. 19, 279-377.
- ELTER P., PERTUSATI P.(1973) - Considerazioni sul limite Alpi-Appennino e sulle relazioni con l'arco delle Alpi occidentali. Mem; Soc. Geol. It., 12, 359-375.
- FALLETTI P. (1994) - Caratteri stratigrafici della successione oligo-miocenica nel settore orientale del Monferrato. Atti Tic. Sc Terra, Serie Speciale, 1, 269-282.
- FERRERO E., MAIA F., TONON M. (1994) - Biostratigrafia dei livelli bioclastici del Monferrato. Atti Tic. Sc; Terra, Serie Speciale, 1, 227-230.
- FERRERO E., MAIA F., TONON M. (1996) - Le Miogypsine del Monferrato: aspetti morfologici e tassonomici. Boill. Soc. Paleont. It., 33 (3), 23 pp.
- FERRERO MORTARA E. (1987) - Miogypsinidi della serie oligo-miocenica della Collina di Torino. Boll. Soc. Pal. It., 26, 119-150.
- GASPARELLO - VERRUVA SAVOIA, Appunti su una fortezza da salvare
- GELATI R., GNACCOLINI M. (1982) - Evoluzione tettonico- sedimentaria della zona al limite tra Alpi e Appennini tra l'inizio dell'Oligocene ed il Miocene medio. Mem. Soc. Geol. It., 24, 183-191.
- GELATI R., GNACCOLINI M. (1988) - Sequenze deposizionali in un bacino episuturale nella zona di raccordo tra Alpi e Appennino settentrionale. Atti Tic. Sc. Terra, 31, 340-350.
- GIRAUDI C. (1981) - Presenza di depositi medio-pleistocenici intensamente deformati in Val Cerrina (Monferrato settentrionale). Geogr. Fis. Dinam. Quat., 4, 69-74.
- GIRAUDI C. (1987) - Relazione geologica allegata al Piano Regolatore Generale Intercomunale - Consorzio tra i Comuni di Altavilla M.TO, Camagna M.to, Conzano, Olivola, Ottiglio, Vignale M.to.
- GUERRERA F., VENERI F. (1989) - Evidenze di attività vulcanica nei sedimenti neogenici e pleistocenici dell'Appennino: stato delle conoscenze. Boll. Soc. Geol. It., 108, 121-160.
- LOVARI D. (1912) - Descrizione dei giacimenti calcareo-marnosi delle Colline di Casale Monferrato. Tip. Nazionale, Roma.
- MILETTO M. , POLINO R. (1992) - A gravity model of the crust beneath the Terthiary Piemonte basin (Northwestern Italy). Tectonophysics, 212, 243-256.
- MONTRASIO A., PREMOLI SILVA I., RAGNI U. (1968) - Osservazioni geologico-stratigrafiche sulla regione compresa tra Casale Monferrato, Vignale, Alfiano Natta, Gabiano. Boll. Soc. Geol. It., 87, 581-609.
- MORTARA G. (1978) - Considerazioni idromorfologiche sull'alveo del Torrente Stura del Monferrato (Valle Cerrina) in riferimento agli eventi di piena del 1973 e 1974. Boll. Ass. Min. Subalpina, n°4.
- NOVARETTI A. (1990) - Studio biostratigrafico dell'area di raccordo fra la Collina di Torino e il Monferrato. Boll. Mus. Reg. Sc. Nat. Torino, 8, 1-21.
- NOVARETTI A. (1993) - Biostratigrafia delle Marne di Antognola nel Monferrato occidentale. Boll. Mus. Reg. Sc. Nat. Torino, 11 (2), 423-444.
- NOVARETTI A. (1995) - Biostratigrafia e paleoclimatologia delle associazioni oligo-mioceniche a foraminiferi planctonici del Monferrato occidentale. Contributo alla ricostruzione dell'evoluzione tettonico-sedimentaria dell'area. Tesi di Dottorato in Scienze della Terra, Univ. Studi di Torino.
- NOVARETTI A., BICCHI E., CONDELLO A., FERRERO E., MAIA F., TONON M., TORTA D. (1994) - Limiti biozonali a foraminiferi planctonici della successione oligo-miocenica del Monferrato (Italia NW). Convegno "Rapporti tra Alpi e Appennino, Peveragno (CN), 31 mag-1 giu 1994, Riassunti, p. 95.
- NOVARETTI A., BICCHI E., CONDELLO A., FERRERO E., MAIA F., TONON M., TORTA D. (?) - La successione oligo-miocenica del Monferrato: sintesi dei dati biostratigrafici, pp.39-59.
- PEYROT ADA (1987) - Asti e l'Astigiano. Vedute e piante dal XIV al XIX secolo. Tipografia Torinese editrice, , 378 pp.
- PIANA F., POLINO R. (1994) - La zona tranpressiva di Rio Freddo e l'evoluzione convergente della Collina di Torino e del Monferrato durante il Terziario. Atti Tic. Sc Terra, Serie Speciale, 1, 167-180.
- PIANA F., POLINO R. (1995) - Tertiary evolution at the Alps/Appennine junction zone (Torino Hill and Monferrato, Northwestern Italy), Terra Nova, 7 (2), 1995.
- PICCINI C. (1999) - Cenni sulle antiche cave di Pietra da cantoni del Basso Monferrato. GEAM, 97, 95-98.
- PIERI M., GROPPI P. (1981) - Subsurface geological structure of the Po Plain. Italy. Quad. CNR, 414, Prog. finalizzato Geodinamica., Roma, 13.
- POLINO R., CLARI P., CRISPINI L., D'ATRI A., DELA PIERRE F., NOVARETTI A., PIANA F., RUFFINI R., TAMPANELLI M. (1996) - Relazioni tra zone di taglio cristalline e bacini sedimentari: l'esempio della giunzione alpino-appenninica durante il terziario. Guida all'escursione in Monferrato e nella Zona Sestri-Voltaggio. Atti Convegno "Rapporti fra Alpi-Appennino", Peveragno.



- POLINO R., RUFFINI R., RICCI B. (1991) - Le molasse terziarie della Collina di Torino: relazioni con la cinematica alpina. Atti Tic. Sc. Terra, 34, 85-95.
- REDINI R. (1952) - Su di una struttura nei dintorni di Villadeati nel Monferrato (Alessandria) e in merito ai suoi riflessi sulla struttura del sistema collinare Torino-Valenza e di altre zone. Boll. Serv; geol. It., 74, 235-239.
- REGIONE PIEMONTE - Eventi alluvionali in Piemonte 1994-1996
- REGIONE PIEMONTE - Precipitazioni e temperature, Collana Studi climatologico in Piemonte
- ROURE R., POLINO R., NICOLICH R. (1990) - Early Neogene deformations beneath the Po plain: constraints on post-collisional Alpine evolution. In: F. ROURE, P. HEITZMANN & R. POLINO (Eds.): Deep structure of the Alps. Mem. Soc. Géol. Fr., Paris; Mém. Soc. Géol. Suisse, Zurich; Mem. Soc. Geol. It., Roma, 1, 309-322.
- RUFFINI R. (1995) - Evidenze di attività vulcanica terziaria nelle Alpi occidentali: problemi ed ipotesi. Tesi di Dottorato in Scienze della Terra, Univ. Studi di Torino.
- RUFFINI R., CADOPPI P. (1994) - Evidence of trachytic and rhyolitic volcanism in the Miocene succession of Monferrato (NW Italy). Atti Tic. Sc; terra, Serie Speciale, 1, 297-331.
- RUFFINI R., CADOPPI P., D'ATRI A., NOVARETTI A. (1995) - Ash layers in the Monferrato (NW Italy): records of two types of magmatic source in Oligocene-Miocene time. "Eclogae Geol. Helv.", 88 (2).
- RUFFINI R., D'ATRI A., NOVARETTI A., CADOPPI P., CLARI P., COSCA M.A., DELA PIERRE F., HUNZIKER J.C., PIANA F., POLINO R., TAMPANELLI M. (1994) - ⁴⁰Ar-³⁹Ar dating and biostratigraphic data of volcanic ash layers from Monferrato (NW Italy). Atti Conv. "Rapporti fra Alpi e Appennino", Peveragno (CN) 31 mag-1 giu 1994, Riassunti, 115-116.
- RUFFINI R., VALLERI G. & RICCI B. (1991) - I livelli vulcanoclastici del Monferrato. Nuove segnalazioni ed inquadramento stratigrafico. Boll. Mus. Reg. Sc. Nat., Torino, suppl. Vol. 9, 1, 83-97.
- SACCO F. (1889) - Il seno terziario di Moncalvo. Atti R. Acc. Sc. Torino, 24, 562-575.
- SCHUTTENHELM R.T.E. (1976) - History and modes of Miocene carbonate deposition in the interior of the Piedmont basin. NW Italy. Utrecht Micropal. Bull., 14, 1-207.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1969) - Foglio 57 Vercelli, Carta Geol. d'Italia 1:100.000, Roma.
- SISMONDA A. (1842) - Osservazioni geologiche sui terreni delle Formazioni Terziaria e Cretacea in Piemonte. Accad. R. Delle Sc. Di Torino, Class. Di Sc. Mat. e Fis. 2° Ser. Tom. V, 419-471, 1 tav. F.t.
- STURANI C. (1973) - Considerazioni sui rapporti tra Appennino settentrionale ed Alpi occidentali. Atti Convegno "Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino". Roma, Accad. Naz. Lincei, 183, 119-142.
- VALLERI G., PIRINI C., NEGRI A., FERRERO E., BONCI M.C. (1996) - Integrated biostratigraphy of the early Miocene diatomaceous sequences of the Monferrato area: Marmorito and Aramengo. 61-67
- VILIZZI L. (1991) - Studio biometrico e biostratigrafico sui Miogypsinidi e sui Lepidocyclinidi delle facies carbonatiche mioceniche del Monferrato orientale. Tesi ined., Univ. Torino.

BANCHE DATI ED ARCHIVI CONSULTATI

- Archivio di Stato di Torino e dati censiti nel precedente studio geologico del dr. M. Di Gioia
- Sito internet www.regione.piemonte.it
- Sito internet www.provincia.torino.it
- Sito internet www.arpa.piemonte.it

PER L'APPORTO DI UTILI INFORMAZIONI FORNITE SI DESIDERA RINGRAZIARE IL TECNICO COMUNALE GEOM. FRANCO TORASSO, IL PRESIDENTE E IL CONSORZIO DI IRRIGAZIONE DEL CANALE GAZZELLI E I CITTADINI INTERVISTATI.