Comune di Bormida

Provincia di Savona

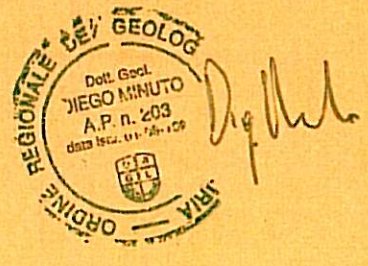
Piano Urbanistico Comunale
P.U.C Bormida
Progetto definitivo

Descrizione Fondativa

Elaborati Geologici
Relazione illustrativa

Luglio 2008

Westgeo D.Minuto & Associati
Geologia e Geotecnica
Via Verdi 6
17047 Vado Ligure (SV
westgeominuto@katamail.com
tel/fax 019.2160473



Indice

1) Premessa generale

2) Riferimenti normativi

3) Il contesto geografico-antropico, geostrutturale e tettonico
3.a) Il quadro geografico - antropico
3.b) Il basamento pre-carbonifero ed il tegumento permo-carbonifero
3.c) La copertura mesozoica
3.d) L'evoluzione tettonica più recente

4) Le litologie ed il loro inquadramento formazionale
4.a) Le rocce del basamento pre-carbonifero
4.b) Le rocce del tegumento
4.c) Le rocce mesozoiche
4.d) Il quaternario

5) Il quadro geomorfologico
5.a) Le forme erosive
5.b) Le coperture eluvio-colluviali
5.c) I dissesti quiescenti e stabilizzati
5.d) Le forme del fondo valle
5.e) Le forme di origine antropica

6) L'idrogeologia del territorio
6.a) La permeabilità
6.b) Le risorse idriche
6.c) L'assetto idraulico di superficie

7) Il quadro geotecnico
7.a) La caratterizzazione geomeccanica generale del substrato nelle differenti liotologie
7.b) La caratterizzazione geotecnica generale dei terreni sciolti : le coltri eluvio-colluviali
7.c) La caratterizzazione geotecnica generale dei terreni sciolti : le alluvioni e le frange detritiche

8) La sismicità del territorio : cenni

9) Sintesi descrittiva delle peculiarità del territorio e delle sue potenziali criticità
9.a) il basso corso della Bormida e Pian Sottano
9.b) Pian Soprano ed il "Centro Abitato Instabile" (Progetto CNR – SCAI)
9.c) La sponda destra della Bormida ed i versanti relativi
9.d) La sponda sinistra della Bormida ed i versanti relativi

10) Riferimenti bibliografici

1) Premessa generale

L'Amministrazione comunale di Bormida ha affidato a Westgeo D.Minuto & Associati la effettuazione degli studi geologici fondativi inerenti il progetto definitivo del Piano Urbanistico Comunale ex L.U.R n.36/1997.
L'incarico ha riguardato inoltre la stesura delle Norme Geologiche di Attuazione .
Il professionista scrivente, Dott.Diego Minuto, si è avvalso della collaborazione del collega Dott. Paolo Peirone di Savona e, per quanto concerne la redazione grafica della cartografia, dell'Ing.Luigi Macco, anch'egli di Savona.
Il documento complessivo consta, allora, oltre che della presente relazione anche di 4 elaborati cartografici (Carta Geolitologica, Carta Geomorfologica, Carta Idrogeologica, Carta della Suscettività d'Uso) atti alla visualizzazione dei vari tematismi trattati.
Gli allegati cartografici sono stati restituiti in scala 1/10.000 in tre copie cartacee più supporto digitale (CD-ROM).
Il lavoro è stato svolto basandosi sull'analisi di informazioni geologiche e geomorfologiche pregresse, sia di provenienza scientifica che professionale (cfr. Bibliografia di riferimento), sul rilevamento di campagna e sulla sintesi finale del complesso dei dati emersi.
In particolare si enfatizza il particolare approccio seguito relativamente alla redazione della Carta di Suscettività d'Uso del territorio che, volutamente, è stata improntata ad una forte "semplificazione" della zonizzazione a favore di una facile fruibilità dello strumento medesimo.
In relazione agli aspetti fondativi più generali (ovvero il quadro tettonico e formazionale, quello geomorfologico etc.) si è senz'altro concentrata la maggior attenzione sui tematismi geomorfologici partendo , oltre che dal mero dato di campagna, anche dal quadro sintetico di quanto operato ad altro titolo da diversi autori (Elaborati Geologici del 1992 a corredo del PRG redatti dal Dott. Sergio Restagno e, soprattutto, il Progetto CNR – SCAI che classifica una porzione areale del territorio comunale nel novero dei Centri Abitati Instabili della Liguria nonchè il rapporto APAT sullo stato dei dissesti da frana nell'ambito IFFI).
Altresì le norme geologiche di attuazione sono state impostate (seguendo la base cartografica di riferimento della Carta di Suscettività d'Uso) cercando di istituire una sorta di percorso operativo di carattere geologico e geotecnico che possa essere facilmente utilizzato, oltre che dalla Amministrazione medesima, da tutti i potenziali fruitori del PUC (Progettisti, Imprenditori, Cittadini etc.)

2) Riferimenti Normativi

La presentazione della odierna documentazione scaturisce da quanto normato a livello regionale dalla già citata L.U.R (Legge Urbanistica Regionale) emanata nel 1997 (L.R. n.36/97) e, segnatamente, secondo quanto previsto all'art.25 della medesima a riguardo dei contenuti della descrizione fondativa ove si contempla la necessità di adeguati studi di carattere geologico s.l.

Le allegate norme geologiche di attuazione trovano la propria collocazione formale per quanto poi riportato all'art.30 ed all'art.31 della legge stessa in tema di conformità e congruità geologiche delle previsioni di piano.

Evidentemente l'uso del territorio, sotto una prospettiva geologica e geotecnica, trova oggi , nello scenario normativo italiano, ormai un ampio quadro legislativo al quale, in ogni caso, gli attori della trasformazione territoriale devono riferirsi . Ciò sia a riguardo dello sviluppo urbanistico promosso da privati, sia in termini di azione territoriale sviluppata da parte degli Enti Pubblici sotto forma di opere od interventi .

E' complessa e ramificata, quindi, la interconnessione che sovente viene a palesarsi *in itinere* tra norme e "modi" di operare in particolare laddove l'azione sul territorio sovente vada ad esplicarsi in successioni temporali complesse, attraverso sovrapposizioni formali e tecniche di agenti e procedure diversi, in scenari spesso articolati e, non raramente, contorti e difficilmente ottimizzabili.

Quanto sopra per segnalare che, ad avviso dello scrivente, scopo del lavoro effettuato è stato essenzialmente quello di fornire uno strumento operativo "di base" all'Amministrazione Comunale che possa essere di tangibile supporto sia in termini generali di programmazione territoriale sia in termini di supporto tecnico a successivi e più approfonditi esami e studi (condotti anche da diversi soggetti ed a differente titolo nel futuro) prodromici a specifiche progettualità private o pubbliche.

Appare quindi opportuno elencare brevemente quelle normative tecniche regionali/nazionali a carattere geologico e geotecnico comunque ad oggi vigenti e che, complessivamente, rappresentano la globalità del "vincolo geologico" nel senso più onnicomprensivo del termine.

Si ricordano allora :

- Il D.M. 11.3.88 con la successiva circolare applicativa del 24.9.88 in tema di verifiche e caratterizzazione di terreni e rocce ed il cui utilizzo sarà però superato dal più recente testo unico di cui al D.M 14/01/2008, a modifica del precedente D.M. 14/09/2005, una volta entrato a regime, con ulteriore e più puntuale riferimento anche alla progettazione strutturale nelle differenti zone sismiche così come recentemente indicato anche dalla OPCM n. 3519 del 28/04/2006.
- Il D.Lgs. n.4/2008 del 16/01/2008 (a modifica del D.Lgs n.152/06 del 3/04/2006) in tema di salvaguardia ambientale nelle differenti matrici di suolo, acqua ed aria
- La L.109.94 con le successive modifiche ed integrazioni a riguardo delle modalità e degli obblighi progettuali nei lavori pubblici anche in tema di caratterizzazione geologica e geotecnica nei differenti *steps*
- Il DPCM del 24/05/2001, in applicazione della legge nazionale n. 183/89 sulla difesa del suolo ai fini della istituzione del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po per quanto concerne la contestualizzazione delle eventuali criticità territoriali più estese (i "settori" di cui alla Carta di Suscettività d'uso ovvero dissesti e/o criticità idrauliche) nel territorio comunale (in particolare la funzionalità dei presenti elaborati è quella di osservare quanto previsto all' Art.18 del PAI approvato)

- La L.R. n. 4/99 in tema di normativa regionale di applicazione del tuttora vigente vincolo idrogeologico così come normato dal R.D. n.3267 del 30/12/1923

3) Il contesto geografico – antropico , geostrutturale e tettonico

3.a) Il quadro geografico-antropico

L'areale più generale di riferimento è quello dell'alto corso del fiume Bormida di Pallare , nella porzione del bacino imbrifero compreso tra la sommità (con il relativo displuvio dislocato circa in direzione E – W) del Monte Settepani, culminante alla quota di 1386,00 m s.l.m., ed il suo basso corso, in prossimità del limite comunale settentrionale , in fregio al confine con il Comune di Pallare.

Trattasi di una unica principale struttura valliva centrale , non complessa, impostata su una valle a V significativamente incisa e ad andamento semi-rettilineo in direzione di flusso (*downstream*) circa SW – NE.

Il territorio comunale di Bormida confina con i Comuni di Rialto , Calice Ligure, Finale Ligure, Osiglia, Pallare e Mallare.

L'altimetria dei crinali si stabilizza mediamente tra gli 800.00 m s.l.m. e i 1000.00 m s.l.m mentre il fondo valle vede una variazione di quota lungo alveo da un massimo di circa 560.00 m s.l. m presso Bertorino sino a circa 460.00 m presso Cascina Vecchia Romana.

Il tessuto abitativo è estremamente ridotto ed è principalmente distribuito secondo agglomerati urbani di ridotte dimensioni areali (Romana, Pian Sottano, Pian Soprano).

Si rintraccia poi un numero di secondari e localizzati "centri" antropizzati individuabili in entità caratterizzate da pochi volumi o edifici, variamente distribuiti sui versanti , riconducibili ad antiche attività agro-forestali oggi perlopiù abbandonati.

Lungo il fondo valle (su entrambe le sponde ma essenzialmente in corrispondenza di Pian Sottano) l'antropizzazione è stata più recente (sono altresì presenti alcuni attraversamenti carrabili del torrente) con la distribuzione, senza particolari criteri urbanistici evidenti, di unità abitative della dimensione di case unifamiliari, bi-familiari e di alcuni piccole residenze condominiali.

La rete stradale comunale è maggiormente sviluppata in sponda sinistra ove si rintraccia una evidente viabilità principale lungo il torrente , impostata essenzialmente sulla carrozzabile che conduce al Colle del Melogno, dalla quale si dipartono alcune ramificazioni secondarie (in particolare dalla strada che conduce, con ampi tornanti, a Pian Soprano).

Da segnalare, a tal proposito, il bel tratto a mezza costa che , ancorchè non asfaltato, rende agevole l'accesso alla sequenza dei versanti posti in direzione circa SW – NE a partire dal Colle della Baltera (ove si diparte la strada che conduce, oltre il crinale, verso l'abitato di Osiglia).

Al contrario, ad esclusione del tratto di fondo valle in corrispondenza di Pian Sottano (nella sua porzione più meridionale) la sponda destra del fiume Bormida e, in particolare, tutti i principali versanti corrispondenti sono sostanzialmente disabitati .

Sono presenti infatti essenzialmente solo secondarie piste di esbosco ; eccezione si può fare a riguardo dell' antico tracciato di attraversamento montano , talvolta ben conservato, che dalla sponda destra presso Pian Soprano conduce alla località della Madonna della Neve.

3.b) Il basamento pre-carbonifero ed il tegumento permo-carbonifero

L'impostazione geostrutturale è quello del classico edificio a falde molto estese in un ambito caratterizzato da uno stile tettonico perlopiù fragile con associazione complessa di orizzonti differenti in frequente ed articolato contatto tettonico (sono presenti direttrici tettoniche sia N-S che SW-NE e NNW – SSE)
Ci troviamo inseriti nel più complesso contesto del cosiddetto dominio "Brianzonese" che localmente comprende il basamento pre – carbonifero ed il tegumento permo-carbonifero.
Il basamento rappresenta un substrato stratigrafico delle successioni brianzonesi interne (include infatti un tegumento di età successiva ed una "copertura" mesozoica più recente) mentre, in altri casi, è presente come massa alloctona isolata (ad esempio il massiccio granitoide rappresentato sporadicamente nella carta geolitologica nella estrema porzione settentrionale).
Il tegumento, a sua volta, rappresenta una sorta di interposizione tra il precedente basamento e le coperture mesozoiche triassiche – liassiche ; i terreni di riferimento, interessati da intenso metamorfismo, sono di origine sia vulcanica che sedimentaria . In particolare troviamo tra i metasedimenti i terreni riferibili alla Formazione di Murialdo ed agli Scisti di Gorra mentre tra i termini metavulcanitici la Formazione di Eze ed i Porfiroidi del Melogno.

3.c) La copertura mesozoica

La copertura mesozoica è localmente rappresentata dalle Quarziti scitiche di Ponte di Nava , dai Calcari della Val Tanarello e , in minima parte, dalle rocce dolomitiche dell'Unita' piemontese di M.te Sotta.
Le prime testimoniano una ingressione marina con fenomeni di detrizione dei pre-esistenti massicci ercinici mentre i terreni carbonatici fanno parte di una successione calcareo-dolomitica più complessa rappresentante fasi deposizionali diverse , a prevalente carattere chimico-fisico in un ambiente climaticamente caldo ed in ambiente di piattaforma.
Da segnalare come nel Giurassico inferiore il dominio Brianzonese ligure possa essere considerato completamente emerso e interessato da fenomeni di alterazione- erosione in ambiente sub-aereo e da significativo carsismo.

3.d) L'evoluzione tettonica più recente

Contrariamente a quanto avviene nei piccoli bacini imbriferi di pertinenza tirrenica , l'assetto della valle della Bormida di Pallare , di semplice struttura morfologica, non denota fenomeni di ringiovanimento tettonico recenti (neozoico) molto evidenti e, comunque, senz'altro meno significativi ed estesi che altrove.
L'andamento fluviale è infatti in buona parte sub-rettilineo e si individuano solo localmente strutture meandriformi appena accennate e di ridotta scala , peraltro facilmente ricollegabili ad un controllo tettonico più antico e risultato di fenomeni successivi di erosione/scalzamento dovuti alla particolare e puntuale natura litologica delle rocce incise dall'alveo.
In tal senso non sembrano rintracciabili segni di successivi e recenti basculamenti del livello di base fluviale, dovuti ad innalzamenti tettonici recenti, ai quali palesemente ricollegare forme recenti e specifiche del territorio.
Preme segnalare come il Dott.Restagno (nel suo elaborato del 1992) abbia individuato probabili superfici di spianamento sopraelevate ed alcuni terrazzi alluvionali antichi sopra –elevati.
Nel presente lavoro, per dubbia presenza degli stessi, tali potenziali evidenze sono state limitate al citare forme terrazzate in corrispondenza di interdigitazione delle alluvioni di fondo valle con le frange detritiche pedemontane.

4) Le Litologie ed il loro inquadramento formazionale

4.a) Le rocce del basamento pre-carbonifero

Sono rappresentate essenzialmente dalla massa alloctona dell'Unità Calizzano-Savona (ovvero dell'Unità di Pallare) e segnatamente da graniti gneissici fortemente cataclasati, biotitici e muscovitici, con alternanze di gneiss minuti leucocratici a muscovite. Affiorano nell'estremo lembo nordorientale dell'areale comunale e li troviamo in contatto tettonico con i terreni del tegumento permo – carbonifero di derivazione sedimentaria (Formazioni di Gorra e/o Murialdo).

4.b) Le rocce del tegumento permo-carbonifero

Costituiscono la maggior parte del substrato roccioso nel territorio comunale e sono rappresentati sia dai termini metasedimentari della Formazione di Murialdo e di Gorra sia dalle metavulcaniti ignimbritiche della Formazione di Eze e dei Porfiroidi del Melogno.
I terreni metasedimentari sono rappresentati da sequenze complesse, fortemente disarticolate. di Qz-scisti, scisti Qz-sericitici, scisti cloritici e micascisti, filladi carboniose talora grafitiche con frequenti vene quarzose o noduli.

Gli orizzonti metavulcanitici invece sono rappresentati da porfiroidi a grana minuta o a grossi cristalli di K-feldspato. termini andesitici, filoni ignimbritici e termini derivativi di carattere prasinitico.
Le metavulcaniti occupano quasi tutto il settore meridionale del territorio comunale, con un piccolo membro in sponda sinistra a valle di Pian Soprano.
Si dipanano poi in direzione circa N-S lungo una fascia – intrusa e della larghezza media di alcune centinaia di metri – tra i metasedimenti in sponda destra della Bormida.
Tutta la sponda sinistra invece vede una forte estensione dei terreni metasedimentari interrotti dalle emergenze mesozoiche quarzitiche e calcaree.
La forte tettonizzazione si esplica attraverso un complicato assetto in stile fragile plicativo con frequenti strutture di faglia o pieghe-faglie inverse.

4.c) Le rocce del mesozoico

La copertura mesozoica vede la presenza di settori a forte componente quarzitica e/o di Qz-scisti biancastri o verdolini con subordinati termini pelitici più o meno scistosi (Quarziti di Ponte di Nava) , di settori di calcari marmorei chiari e stratificati (Calcari della Val Tanarello) ovvero da scisti calcareo-micacei sovente in corrispondenza dei contatti con le Quarziti di Ponte di Nava .
Le dolomie affioranti nell'estremo lembo settentrionale sono talora ben stratificate e massive, di colore grigio biancastro talvolta tendente al nocciola ; sono presenti anche livelli, in bancate più sottili, di calcari dolomitici biancastri.
Gli affioramenti della copertura mesozoica sono individuabili essenzialmente in sponda sinistra ad eccezione di un grande lente quarzitica a monte della zona denominata Isola in sponda destra.

4.d) Il quaternario

Al quaternario competono essenzialmente le alluvioni s.s. di fondo valle di origine recente o attuale, prevalentemente grossolane (a granulometria, ribadiamo, ghiaiosa-sabbiosa o sabbiosa – ghiaiosa con ciottoli) e le frange detritiche pedemontane con interdigitazioni con le alluvioni s.s.
Nuovamente trattasi di termini granulometrici clastici grossolani o molto grossolani sovente scarsamente classati.
Da ultimo sono da ascriversi al quaternario – per quanto significativo da un punto di vista stratigrafico – i settori di coltre eluvio – colluviale sviluppatisi con spessori particolari in corrispondenza del substrato di pertinenza della Formazione di Murialdo o di Gorra .
Pur essendo presenti spessori inferiori ,in termini di sviluppo metrico , anche in corrispondenza di altri termini del substrato, tali settori non rivestono interesse da un punto di vista stratigrafico per cui non sono stati cartografati nella Carta Geolitologica.

5) Il quadro geomorfologico

5.a) Le forme erosive

Come risulta anche dalla analisi vegetazionale – forestale le coperture boschive, estremamente sviluppate e mature in tutto il comprensorio comunale, hanno profondamente stabilizzato l'assetto locale dei suoli ragion per cui non sono presenti nel territorio estesi fenomeni erosivi.

Lo sviluppo della copertura boschiva è da ricollegare essenzialmente allo sviluppo (in particolare in corrispondenza degli orizzonti chimicamente più alterabili del substrato ovvero i metasedimenti degli Scisti di Gorra ovvero i termini filladici della Formazione di Murialdo) di significativi spessori di *eluvium* (idratazione dei fillosilicati ed argilliificazione) che facilitano la nutrizione delle differenti speci arboree locali attraverso una evoluta pedogenesi.

La stabilità e compattezza del tessuto vegetale d'alto fusto rende allora la gran parte del territorio poco soggetta a fenomeni erosivi imponenti.

D'altro canto lo sviluppo, ramificato ed articolato, delle vie di penetrazione operate dall'uomo ai fini dell'esbosco unitamente alla loro deficitaria manutenzione e, talora, alla inefficace regimazione idraulica crea talvolta scompensi localizzati e puntuali con canalizzazioni del ruscellamento disordinate.

Nella cartografia geomorfologica peraltro sono indicate alcune direzioni preferenziali di ruscellamento selvaggio particolarmente significativo e lungo le quali si rintracciano segnali di erosione incanalata quali scalzamenti basali e puntuali scoscendimenti in coltre ; talora tali andamenti sono impostati in corrispondenza di altre forme del territorio potenzialmente problematiche (dissesti quiescenti e/o stabilizzati).

5.b) Le coperture eluvio-colluviali

Notoriamente per copertura eluviale si intende lo sviluppo di orizzonti di detrizione del substrato a seguito di formazione, a partire dalla matrice rocciosa originaria, di orizzonti sciolti etreogranulari con matrice fine più o meno presente per azione di vari fenomeni chimico-fisici essenzialmente legati all'azione degli agenti atmosferici durante la storia evolutiva più recente.

La distinzione dal colluvio è essenzialmente misurata dalla presenza – o meno – di ulteriori indicazioni che indichino, come genesi precipua, fenomeni di trasporto lungo-versante di natura gravitativa.

Lo sviluppo delle coltri , in un ambito litologico così complesso come quello del Brianzonese, è certamente fenomeno complesso in quanto strettamente ed intimamente legato agli aspetti mineralogici (ovvero alle diverse paragenesi) e alle condizioni strutturali- tettoniche.

In generale i metasedimenti scistosi e lamellari (vedi ad esempio I litotipi riferibili agli Scisti di Gorra o le filladi di Murialdo) trovano un maggiore sviluppo verticale delle potenze di coltre proprio in ragione della loro intrinseca alterabilità chimico – fisica .

Al contrario gli orizzonti delle metavulcaniti (Porfiroidi del Melogno etc.) , pur in presenza di fenomeni di *weathering* talvolta significativi sono meno inclini a favorire sviluppo di materiale detritico superficiale particolarmente ingente.

I terreni quarzitici in generale producono nulla o scarsa copertura detritica a causa delle caratteristiche di resistenza meccanica e chimica agli agenti atmosferici dei componenti fortemente silicei.

In realtà, anche in questi ambiti, in particolare in presenza di una roccia madre quarzoscistosa sericitica o di termini brecciati (frequenti nelle Quarziti di Ponte di Nava) si generano orizzonti di coltre che, ancorchè essenzialmente granulari, spigolosi e, talora, lievemente cementati , presentano secondarie percentuali anche di matrice fine.

I terreni calcarei presentano peculiari caratteristiche di alterabilità chimico – fisica in ragione della forte reattività chimica del carbonato di calcio.

I suoli sono generalmente poveri e la copertura superficiale limitata a "croste" calcaree più o meno indurite con livelli caratterizzati da forte arrossamento.

E' interessante segnalare la grande variabilità granulometrica e composizionale delle coltri proprio in ragione di quanto appena elencato.

In corrispondenza di livelli eluvio-colluviali sviluppati presso orizzonti rocciosi fissili e lamellari (comunque fortemente scistosi) abbiamo sovente uno scheletro di elementi appiattiti e sottili, angolosi, anche molto alterati immersi in una matrice, sovente prevalente, fine ed a forte contenuto argilloso o limoso – argilloso.

Presso le rimanenti litologie (quantanche di grande differenza petrogenetica) troviamo più facilmente coltri granulari grossolane con clasti angolari o sub-angolari, eterometrici con matrice quasi sempre subordinata. In questi casi la matrice è a prevalente granulometria nel campo delle sabbie o delle sabbie limose presso le quarziti s.s. mentre nei terreni quarzoscistosi può essere più fine di natura limosa.

La suddivisione in classi sulla base di stimate potenze medie delle coperture eluvio-colluviali è operazione ardua e, nella nostra cartografia, è stata prodotta sulla base delle ragioni morfogenetiche appena descritte nonchè sulla analisi territoriale in campo.

Sono state distinte tre classi principali :

- una classe di prevalente basso sviluppo di livelli eluviali o eluvio – colluviali (< 1.5 m)
- una classe intermedia (tra 1.5 m e 3 – 4 m)
- una classe di potenza superiore a 3 – 4 m

La distribuzione areale rappresentata ha comunque una valenza indicativa : ad avviso dello scrivente infatti solo analisi puntuali con idonee tecniche geognostiche (particolarmente utili quelle di carattere geofisico quali sismica a rifrazione ovvero tomografia elettrica) possono permettere di discendere ad una più attendibile definizione degli spessori localmente/puntualmente presenti proprio in ragione della forte variabilità laterale.

5.c) I dissesti quiescenti e stabilizzati

Sono stati classificati geomorfologicamente in due categorie (dissesti "quiescenti" e "stabilizzati"), secondo il criterio del PAI (si vedano i riferimenti normativi ed i relativi links sul sito www.adbpo.it) , un numero di porzioni areali del territorio e conseguentemente cartografate ; tali ambiti (che hanno trovato anche una loro numerazione progressiva di riferimento) sono i medesimi (+ 1) già cartografati ufficialmente dal PAI medesimo e che , a seguito dell'analisi di campo, sono stati "ridisegnati" sulla carta così da trovare una migliore definizione morfologica e geometrica lungo i versanti.

Si rimanda al paragrafo 9 per la disamina puntuale di ogni singolo dissesto numerato progressivamente (evidenziamo come, con il medesimo criterio, si siano classificati/numerati anche i dissesti – non cartografati dal PAI ma presenti nell'Atlante dei Centri Abitati Instabili).

Ripercorrendo quanto detto in precedenza il territorio comunale di Bormida presenta significativi caratteri di stabilità diffusa essendo catalogato, nell'All.2 dell'Atlante PAI - "Quadro dei fenomeni di dissesto a livello comunale", come affetto da minimo Rischio totale (Classe 1) con una incidenza delle frane osservate per una superficie < 0.1 kmq e di frane potenziali per una superficie di solo 1 kmq (discorso a parte evidentemente, e si rimanda nuovamente al par.9, deve essere fatto relativamente alla zona cartografata dal Progetto SCAI – CNR relativamente al censimento dei Centri Abitati Instabili). Nel loro complesso tutte le aree classificate come dissesti (ovvero quelle di entrambe le classi) mostrano caratteri di scarsa o nulla propensione alla riattivazione.

Ciò è, ad esempio, rintracciabile nell'assenza di segnali superficiali collegabili a potenziale spontaneo re-innesco di movimenti di versante (forti ribassamenti e/o gibbosità diffuse non infestate da vegetazione matura, *tension cracks* in evoluzione etc.) ; è evidente che in assenza di informazioni geotecniche attendibili (da operazioni di carotaggio con monitoraggio inclinometrico, inclinoassestimetrico etc.) non è peraltro possibile ulteriormente approfondire con precisione i caratteri composizionali delle masse coinvolte né verificarne o misurarne lo stato di mobilità/riattivazione ; sembra inoltre importante enfatizzare come, data l'assenza del sopra menzionato *data – base* di riferimento, la stessa suddivisione tra "quiescenza" e "stabilizzazione" (mantenuta intatta dallo scrivente anche a riguardo di quanto cartografato presso il Centro Instabile dello studio SCAI – CNR) sia di difficoltoso discernimento laddove il discrimine tra le due categorie debba andare ad essere individuato sulla persistenza (quiescenza) o meno (stabilizzazione) delle condizioni al contorno originariamente scatenanti il dissesto stesso e nella autonoma capacità di eventuale riattivazione in assenza di fattori scatenanti esterni.

Evidentemente considerazioni di tale portata richiedono essenzialmente :

a) Specifici e peculiari studi geologici, geomorfologici ed idrogeologici finalizzati ad ogni singolo dissesto

b) Pianificazionhe/effettuazione di indagini geotecniche approfondite

c) Esecuzione di monitoraggi di lunga durata

d) Elaborazione di modelli storico - evolutivi ad hoc.

L'approccio appena descritto risulta fondamentale in quanto oltre agli aspetti meramente naturalistici qualitativi è necessario anche approntare valutazioni quantitative (con particolare riferimento all'andamento

delle pressioni neutre, alla definizione delle resistenze operative disponibili etc.) di impronta spiccatamente geotecnica ed ingegneristica.
Sono infatti le valutazioni quantitative e non quelle qualitative che permettono di caratterizzare propriamente la stabilità geotecnica di un versante, e di prevederne il comportamento e l'evoluzione.

5.d) Le forme del fondo valle

Come già precedentemente accennato il fondo valle ha una struttura lineare semplice e poco disturbata tettonicamente, l'andamento dell'alveo fluviale corre in direzione circa SW--> NE delineando un asse vallivo caratteristico delle strutture fluviali a V.
Le radici dei versanti sono sovente occupate , in particolare in corrispondenza dei tratti terminali dei rii secondari e degli impluvi su entrambe le sponde, da frange detritiche pedemontane o da pseudo-conoidi basali con interdigitazione frequente con le alluvioni granulari attuali o recenti.
Lo spessore di tali orizzonti non oltrepassa i 4 – 5 m di sviluppo verticale e le granulometrie presenti sono nell'intervallo delle ghiaie con ciottoli sino alle sabbie ghiaiose.
La potenza del materasso sciolto detritico alluvionale , a composizione clastica grossolana prevalente, è estremamente variabile ma si stima in prima approssimazione che non ecceda, anche nelle porzioni alluvionali più sviluppate arealmente, i 10 – 15 m di potenza.
La granulometria di tali depositi risulta funzionale alla ciclicità delle piene per cui si rintracciano alternanze grossolane , anche a scarsa classazione, e livelli meglio classati tendenzialmente più fini (sabbie – ghiaiose o ghiaie-sabbiose con ciottoli più o meno abbondanti).
Nuovamente non disponiamo di risultanze di indagini geognostiche attendibili per cui è auspicabile che tecniche geognostiche standard (vedi le Norme Geologiche di Attuazione) vengano diffusamente utilizzate in futuro proprio in questi contesti di più facile fruizione urbanistica durante lo svolgimento di future progettualità.
In frequenti tratti, infine, la Bormida scorre incidendo direttamente il basamento roccioso con isolate piccole forre o marmitte.

5.e) Le forme di origine antropica

Da un punto di vista dell'impatto antropico sull'assetto geologico sono unicamente rilevabili alcuni siti anticamente utilizzati come cave ; tali aree, prive di gradonature o di qualsivoglia sistemazione, non sono ad oggi utilizzate e sono individuate nelle zone del Colle della Baltera, lungo il Rio Cavazzoli ed il Rio della Chiesa.
In zona Pirrotti e nella cosiddetta area "della miniera" sono segnalabili residui di gallerie anticamente utilizzate per l'estrazione di minerale grafitico (entro gli orizzonti della Formazione di Murialdo).

6) L'idrogeologia del territorio

6.a) La permeabilità

Dato il complicato assetto geolitologico territoriale e l'associata variabilità delle coperture detritiche (in termini granulometrici ma anche mineralogici e di spessore), sia su versante che in fondo valle, la permeabilità, cioè l'attitudine del sottosuolo a funzionare da " mezzo conduttore idraulico" varia altresì in modo estremamente significativo.

Il criterio utilizzato nella allegata cartografia è stato quello di associare una sorta di "descrizione delle modalità di conducibilità idraulica afferente ai diversi domini litologici" considerandone la natura mineralogica, l'assetto geostrutturale , la composizione granulometrica delle coltri.

Risulta infatti, ad avviso dello scrivente, esageratamente semplicistico e di discutibile scientificità ridurre le suddivisioni areali a porzioni cosiddette "permeabili per porosità" ovvero "permeabili per fratturazione/carsismo" o affidandosi a improbabili classi intermedie "semipermeabili" (non esistono in effetti terreni perfettamente impermeabili ma al più di bassa o bassissima permeabilità come le argille s.s.).

Nella Carta Idrogeologica quindi si noterà l'accento posto ad esempio sullo sviluppo delle coltri eluvio-colluviali come fattore vincolante il comportamento idraulico degli orizzonti ; infatti là dove troviamo forti potenze di coltre – ad esempio in corrispondenza dei terreni metasedimentari – avremo una maggior permeabilità per porosità associata comunque ad una permeabilità per fratturazione pertinente ai livelli del substrato s.s., ancorchè, a sua volta , limitata dalle farciture argillose nelle discontinuità o alla destrutturazione più o meno completa nelle interfacce di contatto *bedrock-overburden*.

Altresì si è posta attenzione a segnalare la componente chmico – fisica di tipo dissolutivo (con creazione di vuoti e fratture beanti) nei termini calcarei (carsismo) e, invece, alla significativa incidenza del controllo strutturale e del conseguente assetto geomeccanico nelle metavulcaniti o nei terreni quarzitici più massivi ma fratturati.

E' più immediata invece la caratterizzazione idraulica sia delle coperture di versante maggiormente sviluppate (ove si prevede – comunque – una prevalente significativa permeabilità per porosità) sia delle alluvioni s.s. che delle frange detritiche e delle pseudo-conoidi.

Evidentemente la forte variabilità granulometrica e tessiturale dei terreni eluvio-colluviali fornirà intervalli di valori del coefficiente di permeabilità più bassi rispetto a quanto ipotizzabile in termini di deposizione fluviale che, pur in fase giovanile, presentano una migliore classazione, classi granulometriche più grossolane e, anche , minori anisotropie spaziali.

Va da sé come gli intervalli di maggiore conducibilità idraulica siano proprio relativi ai termini alluvionali s.s. di fondo valle e, in parte, alle frange detritiche pedemontane (si vedano le valorizzazioni del coefficiente K fornite in legenda).

6.b) Le risorse idriche

Come già riportato negli studi precedentemente condotti dal Dott.S.Restagno l'approvvigionamento idrico comunale è garantito da una serie di piccoli acquedotti locali alimentati da opere di presa generalmente inserite in ambiti a sviluppo di coltre significativo ove la coltre stessa rappresenta l'acquifero localizzato con venuta a giorno in corrispondenza dell'interfaccia di contatto con il tetto del substrato s.s.

Le portate delle sorgenti sono basse e, in generale, dell'ordine massimo dei 50-60 lt/min e, sovente, < 30 lt/min.

Le ubicazioni di tali impianti sono state riportate graficamente nella carta idrogeologica così come la ubicazione del sistema di pozzi in località Romana che curiosamente costituiscono fonte di approvvigionamento idrico per il Comune di Carcare .

Non si hanno a disposizione informazioni attendibili relative alle stratigrafie dei pozzi in questione ma è ragionevole ipotizzare lo sfruttamento di un acquifero semiprofondo attestato al contatto dei termini alluvionali grossolani con un substrato di presumibile pertinenza metasedimentaria (quindi di scarsa permeabilità).

6.c) L'assetto idraulico di superficie

Il drenaggio superficiale ha spiccati caratteri di simmetricità rispetto all'andamento dell'asta principale ed il grado di gerarchizzazione dei rii affluenti secondo il criterio di Strahler non è superiore al grado terzo.

E' comunque evidente la elevata frequenza di rii ed impluvi con andamento sovente circa – ortogonale all'andamento dell'asta della Bormida in sponda sinistra mentre la maggiore variabilità geometrica dei rii in sponda destra è probabilmente da ricondurre alla presenza della "intrusione" tettonica della fascia metavulcanitica (meno erodibile) rispetto al contorno metasedimentario.

Un approfondito studio idraulico, assolutamente auspicabile ed argomento di genuina competenza ingegneristica, dedicato univocamente agli equilibri del territorio comunale di Bormida non è mai stato approntato ; peraltro alcune valutazioni empiriche e su basi e riferimenti storico-bibliografici ormai obsolete erano state approntate anche dal Dott. Restagno nell'elaborato più volte citato.

E' opinione dello scrivente che, ad oggi, l'unico strumento formalmente utilizzabile ai fini del presente strumento urbanistico generale, sia quanto disponibile nel PAI del fiume PO che, a sua volta, a riguardo del Comune di Bormida , è avaro di segnalazioni significative se si esclude un settore di potenziale esondabilità idraulica identificato a valle di Pian Soprano in località Isola.

Considerazioni di carattere operativo a riguardo sono riportate nelle Norme Geologiche di Attuazione.

7) Il quadro geotecnico

7.a) La caratterizzazione geomeccanica generale del substrato nelle differenti liotologie

La caratterizzazione geomeccanica in ambito metamorfico fortemente tettonizzato è operazione complessa proprio in ragione delle varie peculiarità genetiche, strutturali e mineralogico-petrografiche.

In generale, accanto a termini annoverabili all'interno delle "rocce deboli" (weak rocks) ovvero nelle cosiddette rocce strutturalmente complesse (Formazione di Murialdo, Scisti di Gorra) , troviamo altresì termini di migliori caratteristiche geomeccaniche (gli orizzonti calcarei e dolomitici, alcuni dei termini metavulcanitici, i graniti gneissici) ; i significativi problemi di caratterizzazione geomeccanica risalgono, quindi, in prima battuta alla scelta dei criteri di rottura ai quali far riferimento (Mohr – Coulmb, Hoek – Brown), quale approccio rigoroso e di matrice squisitamente ingegneristico-geotecnica, ai fini della progettazione.

Vogliamo in sostanza comprendere un po' la totalità dei termini rocciosi presenti ; essi, infatti, per la loro complessa evoluzione tettonica e petrogenesi e per non sporadiche caratteristiche di sostanziale scadente qualità geomeccanica , spesso non trovano una adeguata caratterizzazione geomeccanica con i metodi più tradizionali (vedi sistemi di Bieniawski, Barton, Palstroem, Romana etc.).

Il criterio di rottura sovente applicabile agli ammassi rocciosi non è in generale quello tradizionale di Mohr-Coulomb ma piuttosto quello ormai noto di Hoek – Brown (si veda in bibliografia) nei suoi differenti aggiornamenti.

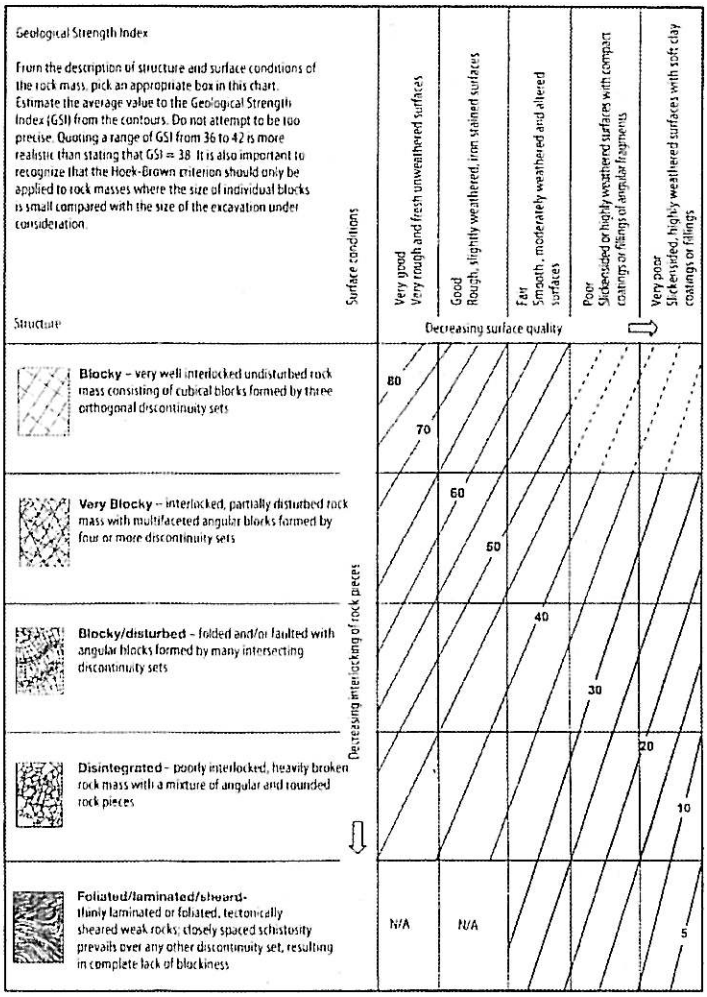
Tale criterio è così espresso :

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \sigma_3 / \sigma_{ci} + s\right)^a$$

ove σ_1 e σ_3 sono le tensioni principali efficaci massima e minima, σ_{ci} = resistenza alla compressione monoassiale mentre gli altri parametri sono funzione, secondo equazioni semiempiriche, del detto indice GSI (m_b è a sua volta legato a m_i che è valore dipendente dalla natura petrologica della roccia – tabellato da Hoek).

Senza entrare nello specifico (rimandando alla bibliografia più oltre citata per un eventuale approfondimento) evidenziamo soltanto come la definizione di questo indice (che è funzione del grado di fratturazione, laminazione ed alterazione e, quindi, anche della natura mineralogica e geostrutturale dell'ammasso) permetta allora di discendere alla determinazione della resistenza al taglio, in funzione delle specifiche condizioni tensionali al contorno, oltre che della rigidità/deformabilità dell'ammasso roccioso in particolare nei livelli pelitici, alterati e di peggiori caratteristiche geotecniche.

L'applicazione di tale criterio di rottura , aldilà di complesse procedure di tests in sito o di difficoltosi campionamenti indisturbati e conseguenti prove sofisticate in laboratorio in siffatti materiali, trova oggi un supporto nella definizione del cosiddetto GSI (Geological Strenght Index) (Hoek, Marinos ed altri autori) che è indice qualitativo particolarmente utile nella derivazione dei parametri necessari alla determinazione della resistenza al taglio secondo il detto criterio.



Le rocce appartenenti alle formazioni di Murialdo/Gorra (fissili, lamellari con forte presenza di matrice fine coerente e con grado di destrutturazione molto spinto anche a significative profondità) sono in generale inquadraabili nei livelli identificati come "*foliated*"/"*laminated*" con "*very poor*" caratteristiche dei giunti e significative percentuali di "*fillings*" (valore di GSI 5 – 15).

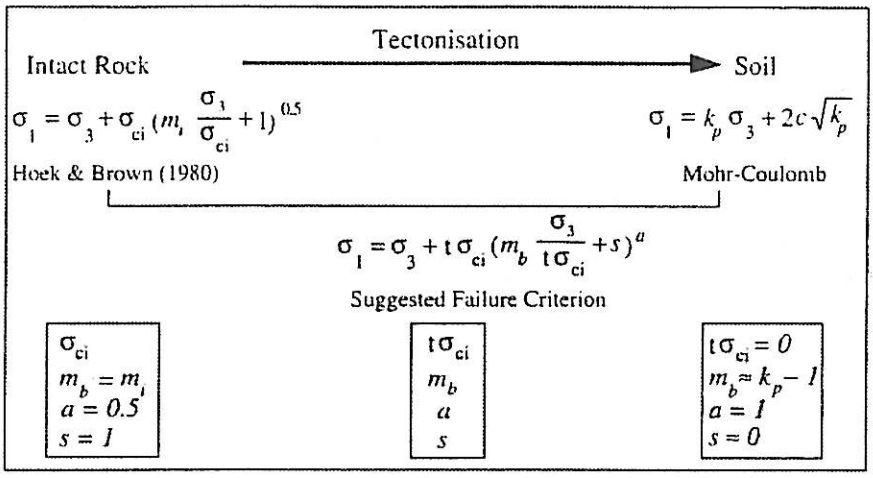
Troviamo invece sia i termini quarzitici che gli orizzonti calcareo-dolomitici più indicativamente inseribili in uno "spettro" più ampio che può andare dal "*disintegrated*" (in particolare nelle zone di contatto tettonico delle Quarziti di Ponte di Nava) sino al "*Blocky- Very Blocky*" (nei livelli meno disturbati").

Evidentemente i valori di GSI saranno decisamente più variabili (da un minimo di 25 – 30 sino ad oltre 55) e largamente dipendenti dalle condizioni puntuali.

Considerazioni del tutto analoghe si possono proporre anche per i terreni metavulcanitici (porfiroidi e/o prasiniti) ove le condizioni di affioramento, la contiguità alle strutture tettoniche, il grado di milonitizzazione

incidono pesantemente sulla diversificazione areale della qualità geomeccanica anche in ambiti petrogeneticamente e formazionalmente omogenei.

E' interessante sapere che, in particolare per quanto riguarda i terreni di peggiori caratteristiche geomeccaniche (Scisti di Gorra, Formazione di Murialdo, determinati livelli metavulcanitici più tettonizzati) esiste un ulteriore affinamento teorico sul discrimine di scelta tra i criteri di rottura relativamente allo studio di termini metamorfici più o meno alterati/ milonitizzati / cataclasati affinato da Habimana et al. (2002) e identificato nello schema seguente con le annesse relazioni matematiche:



$$a = \frac{1}{2}\left[1 + \exp\left(\frac{-GSI}{20}\right)\right]$$

$$0{,}5 \le a \le 1$$

$$m_b = K_p - 1 + \left(m_i - k_p + 1\right)\exp\left(\frac{GSI - 100}{28}\right) \qquad \left(K_p - 1\right) \le m_b \le m_i$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9}\right) \qquad 0 \le s \le 1$$

$$t = \left(\frac{GSI}{100}\right)^{0{,}55} \qquad 0 \le 1 \le 1$$

Infatti si può considerare che:

- L'espressione originaria del criterio di Hoek & Brown tiene conto delle proprietà della roccia intatta (m_i e σ_{ci}) mentre è comunque necessario considerare la resistenza della matrice sciolta e dei riempimenti
- I litorelitti sono sempre comunque danneggiati da stress tettonici o comunque dall'alterazione chimico – fisica (ad esempio per l'acqua in frattura)

Bene si adatta quindi la riformulazione del criterio evidenziata nella precedente figura ove si tiene conto di una resistenza a compressione monoassiale non costante ma variabile con il grado di tettonizzazione/alterazione.

Il parametro **t** varia tra 0 e 1 (materiale intatto e materiale *soil – like*) con 0.5 (criterio di Hoek & Brown classico) nelle rocce competenti ma poco tettonizzate e 1 nei terreni assimilabili completamente a quelli sciolti con il conseguente utilizzo del tradizionale criterio di Mohr – Coulomb.

Evidentemente è previsto tutto il campo di variabilità intermedia.

Inoltre il valore m_b varia tra m_i per roccia intatta e (K_p – 1) per i terreni sciolti dove K_p è il coefficiente di spinta passiva.

Procedendo secondo il protocollo operativo di valutazione si devono quindi determinare m_i e σ_{ci} (vedi risultati delle prove di compressione monoassiale), valutare l'intervallo di angolo di attrito del materiale di riempimento o degli interstrati argillitici (e quindi operare la stima di K_p), valutare GSI, determinare secondo le espressioni già riportate i parametri rimanenti.

Si consiglia l'utilizzo tale procedura, allora, per i vari approfondimenti tecnici di progetto in particolare per interventi/iniziative di forte impatto geotecnico sul territorio (quali possibili interventi strutturali , infrastrutturali di interesse pubblico).

A riguardo del comportamento geomeccanico, in relazione ai possibili cinematismi di dissesto in roccia innescabili a seguito di opere/interventi di sbancamento, segnaliamo come l'unico approccio utilizzabile sia quello dello studio puntuale finalizzato in modo specifico alle caratteristiche di progetto ed alla puntuale natura geologica : la complessità giaciturale e la variabilità/eterogeneità delle caratteristiche geomeccaniche nei differenti orizzonti rocciosi rende quindi ardue le generalizzazioni ; ricordiamo, a titolo indicativo, come fenomeni prevalenti quello dei *debris – flow* (colate detritiche) a pezzatura grossolana negli orizzonti di milonitizzazione spinta (Quarziti – Porfiroidi – Graniti Gneissici) o comunque in zone di particolare debolezza morfologica (anche in funzione dei valori di acclività) , quello del ribaltamento/scivolamento (con eventuale meccanismo di tipo traslazionale/planare lungo strato) negli orizzonti calcarei o dolomitici, fenomeni di colate più o meno viscose nei terreni metasedimentari con evoluzione da lenta a parossistica particolarmente dipendente delle condizioni al contorno (altezza dello scavo, condizioni di pressioni neutre etc.).

7.b) La caratterizzazione geotecnica generale dei terreni sciolti : le coltri eluvio-colluviali ed i dissesti quiescenti/stabilizzati

Per quanto concerne le coltri eluvio - colluviali più sviluppate (ovvero quelle in corrispondenza dei metasedimenti) il comportamento di resistenza al taglio è funzione dei rapporti granulometrici tra lo scheletro composto dai clasti lamellari più o meno spigolosi ed alterati ed alla percentuale di matrice coerente fine a composizione significativamente argillosa.

In questi terreni sovente la componente di resistenza al taglio di natura coerente non è secondaria ragion per cui appare corretto (in particolare in corrispondenza dei terreni ove la roccia madre è rappresentata dagli

Scisti di Gorra) considerare un comportamento coesivo con conseguente resistenza al taglio differenziata in termini di pressioni totali ed in pressioni efficaci (cioè da valutare sia in condizioni non drenate che in condizioni drenate).

Considerando, inoltre, che le aree in dissesto (quiescente) sono prevalentemente dislocate proprio in tali ambiti e ricordiamo come , in questo caso, la resistenza al taglio operativa non sia quella di picco ma piuttosto come una frazione di quella complessivamente contenuta tra i valori di picco e quelli residui.

Ciò sembra di particolare importanza quando si debbano andare a parametrizzare tali situazioni morfologiche a seguito di iniziative progettuali che le vedano coinvolte.

Non esistono dati storici o bibliografici sufficientemente attendibili per generalizzare spazi o intervalli di valori sia per le resistenze non drenate che per gli angoli di resistenza al taglio in condizioni drenate ragion per cui si auspica che le future progettualità siano condotte con metodologie di investigazione standardizzate che permettano, attraverso tecniche in sito/di laboratorio, di ottenere valori ragionevolmente attendibili.

Le rimanenti coltri eluvio-colluviali (relative a quarziti, graniti gneissici , porfiroidi, calcari) sono dotate di caratteristiche granulari prevalenti con intervalli di riferimento nelle frazioni grossolane-molto grossolane con secondarie e subordinate frazioni fini (sabbie limose o limi).

In tal senso si può attribuire loro un comportamento alla resistenza al taglio di tipo granulare con necessarie verifiche drenate in condizioni di tensioni efficaci.

Vista la media pezzatura grossolana del prevalente scheletro si possono ipotizzare valori medi di ϕ' compresi tra 33° e 38° - 40°

7.c) La caratterizzazione geotecnica generale dei terreni sciolti : le alluvioni e le frange detritiche

Le alluvioni di fondo valle e le frange detritiche pedemontane , granulometricamente già descritte in precedenza, sono essenzialmente grossolane o molto grossolane con presumibile elevata resistenza al taglio drenata (angoli di riferimento non < 38° - 40°) .

Peraltro, nuovamente, si consiglia, data la loro collocazione negli ambiti di potenziale maggiore sviluppo urbano, che esse vengano testate/caratterizzate in futuro con tecniche standardizzate (SPT, granulometrie in laboratorio) .

Non è tuttavia escludibile che, in particolare nel basso corso della Bormida, ossia nelle zone di più ampia loro estensione, si trovino lenti secondarie – di limitata importanza ed ampiezza orizzontale/verticale - con maggior percentuale di fine a carattere limoso o sabbioso – limoso con resistenze al taglio determinate da angoli di attrito efficaci nell'intervallo indicativo 28/30° - 33° (ciò a causa di parziali deposizioni in piccole paleo-aree golenali in ambiti a minor energia).

8) La sismicità del territorio : cenni

Il territorio comunale di Bormida è classificato da un punto di vista della sismicità in zona 4 ai sensi della OPCM n.3519 del 2006 (sismicità irrilevante) con valori di accelerazione al suolo (per terreni rigidi di cat.A) compresi tra 0.050*g* e 0.075*g*.
Inoltre il citato D.M. 14/01/2008, che ha fatto propria la OPCM stessa, ci permette di individuare potenzialmente quali categorie di suolo, in termini di risposta sismica, siano presenti nel territorio comunale.

Considerando la seguente testuale elencazione :

A *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

B *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

C *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).

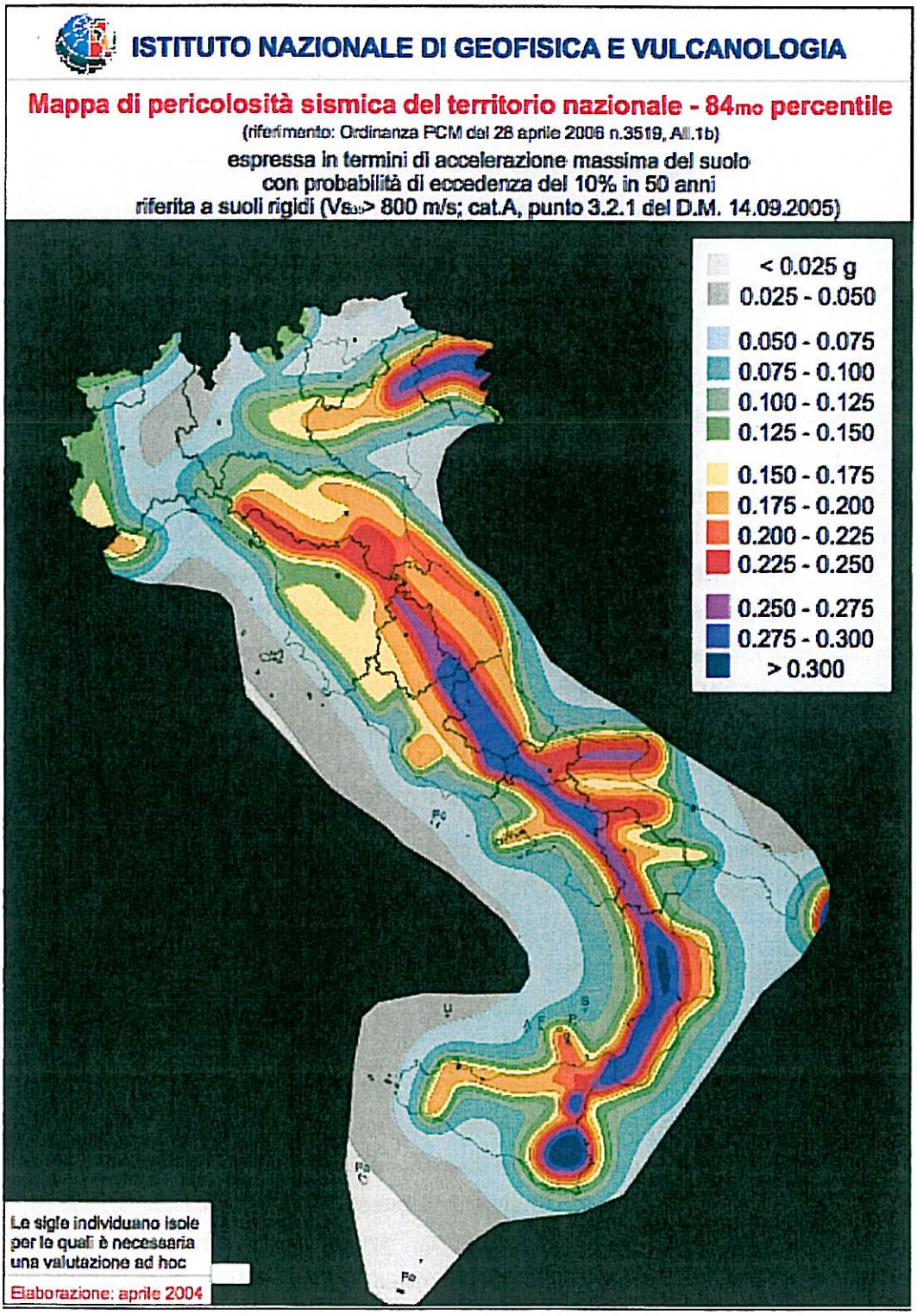
D *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).

E *Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).

Possiamo ipotizzare una preliminare (e generale) suddivisione delle differenti categorie di suolo in relazione alla loro natura geolitologica già descritta nel relativo paragrafo .
Le metavulcaniti , i calcari, le dolomie, i graniti gneissici possono essere ragionevolmente inquadrati nella categoria A mentre i metasedimenti (Murialdo,Gorra) nella categoria B.
Il fondo valle alluvionale e le frange detritiche pedemontane potranno essere classificabili, a seconda della

loro ubicazione nelle categorie A o E.

Evidentemente, in tal caso, solo adeguate prospezioni geognostiche e geofisiche potranno illuminare puntualmente la situazione di riferimento più attendibile.



Nella pagina precedente è stata riportata la carta italiana con la mappatura di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione al suolo con probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni (espressa all'84° percentile).

Come si può apprezzare la porzione di Liguria ove va ad inserirsi il territorio comunale di Bormida è inquadrata all'interno delle fasce azzurro – chiare con accelerazione al suolo compresa tra 0.050g e 0.075g. per terreni rigidi (classe A).

9) Sintesi descrittiva delle peculiarità del territorio e delle sue potenziali criticità

9.a) il basso corso della Bormida e Pian Sottano

Il basso corso della Bormida e Pian Sottano costituiscono la porzione territoriale altimetricamente meno elevata di tutto l'ambito comunale.

Corrispondono essenzialmente ad aree di fondo valle interessate da prevalenti orizzonti alluvionali e/o da frange detritiche pedemontane e pseudo-conoidi basali di raccordo presso le terminazioni dei rii secondari affluenti della Bormida.

Trattasi di zone ove non sono evidenziate emergenze geomorfologiche particolarmente significative che condizionino o abbiano condizionato significativamente in passato lo sviluppo urbano del fondo valle.

Segnaliamo la criticità idraulica posta a valle in località Isola. Appunto la compatibilità idraulica attuale in termini di capacità di smaltimento delle sezioni di deflusso appare come l'argomento tecnico-scientifico e, sotto un altro profilo, ossia quello urbanistico, di più significativa rilevanza ; si viene quindi qui nuovamente ad auspicare la redazione di un idoneo strumento di competenza ingegneristica-idraulica che venga ad illuminare l'Amministrazione Comunale nelle sue scelte puntuali proprio in merito a tali problematiche.

9.b) Pian Soprano e il "Centro abitato instabile" (progetto CNR-SCAI)

La frazione abitata di Pian Soprano, che coinvolge anche le entità di interesse pubblico principale (La chiesa parrocchiale, l'edificio comunale, il cimitero) è stato oggetto di attenzioni geologico – geotecniche approfondite nell'ambito del cosiddetto Progetto SCAI (Studio dei Centri Abitati Instabili) .

Rimandando al volume illustrativo relativo (cfr.bibliografia) per la disamina completa delle valutazioni operate dal gruppo di lavoro scientifico sembra in questa sede opportuno ricordare che :

- l'ambito circoscritto in cartografia geomorfologica (di cui lo *zoom* esterno costituisce una sorta di riferimento bibliografico "cartografico") è compreso tra le curve di livello dei 700,00 m slm ed il fondo valle inglobando una porzione di versante interessata da un "disturbato" andamento delle isoipse medesime a conferma della irregolarità geomorfologica della zona.
- all'interno di tale ambito sono stati individuati settori in frana allo stato quiescente ovvero stabilizzato (riproposti nella Carta Geomorfologica e numerati con i progressivi 1,2,12 e 13 di cui il

numero 1 – il più ampio – risulta classificato come stabilizzato mentre i rimanenti sono stati classificati come quiescenti.

- Le evidenze proposte dagli Autori sono rappresentate da segnali di antichi "scorrimenti traslativi" o a frane di tipologia complessa (quindi con cinematismi e tratti evolutivi temporalmente e spazialmente oggi non più definibili ed accertabili in assenza di ampie investigazioni geotecniche dedicate con sistemi geognostici integrati che comprendano sia tecniche dirette quali sondaggi a carotaggio anche ad elevata profondità, che indirette quali profili sismici a rifrazione, tomografie sismiche o geoelettriche, controlli piezometrici ed inclinometrici etc.)
- Sono unicamente citate le risultanze di 3 (tre) sondaggi a carotaggio continuo compresi tra i 10 e i 15 m da p.c. dotati di piezometri a t.a.

Da quanto appena citato, ad avviso dello scrivente, appare ragionevole considerare le aree in dissesto quiescente/stabilizzato come prodotto di fenomeni , a solo parziale componente gravitativa, impostatisi comunque .in un contesto tettonicamente molto disturbato e ove molte dislocazioni oggi evidenti (anche di significativi "brandelli" alloctoni di substrato sradicato) siano , a ben vedere, il prodotto di mobilitazione di masse detritiche in contesti stratigrafici molto più antichi (smantellamento tettonico post – orogeno ?).

L'areale complessivamente interessato include il centro di Pian Soprano allungato su una dorsale con prevalente direttrice E – W e pendenze medio – basse (15 %).

In particolare l'ampia area indicata come stabilizzata (dissesto 1) si distende a losanga, su una superficie indicativa di circa 6 ettari a settentrione dell'area denominata non a caso "Costa" (dorsale) tra le quote di 700 – 600 m slm.

Ad avviso dello scrivente la pertinenza di tale grande area ad un dissesto stabilizzato (mantenuto cautelativamente come tale in termini di cartografia restituita nel presente lavoro) dovrebbe però essere confermata proprio a seguito di campagne di verifica geognostica specifiche..

I rimanenti dissesti, di minore dimensione, classificati come quiescenti sono posti lungo i due versanti opposti della dorsale citata e lungo l'impluvio di Cascina delle Erbe.

Sembra non inutile segnalare come fenomeni di dissesto attuali, peraltro molto localizzati, quali ribassamenti del manto stradale, lesioni ai muri perimetrali del cimitero e della Scuola Elementare (oggi edificio comunale) siano accaduti a seguito degli eventi alluvionali del 1994 ; peraltro la stessa piccola campagna geognostica effettuata nel 1998 , e precedentemente citata, ha avuto il mero scopo di definire alcuni puntuali interventi di consolidamento fondazionale e, quindi, non è stata finalizzata (vedi le insufficienti profondità raggiunte) ad uno studio geologico-geotecnico di più ampio respiro.

Valenza analoga hanno avuto le risultanze evidenziate da uno studio geologico – geotecnico operato nel 2000 (a seguito di fenomeni di dissesto presso l'area cimiteriale).

9.c) La sponda destra della Bormida ed i versanti relativi

Trattasi di una sequenza di versanti di pressochè nullo interesse urbanistico in quanto completamente o quasi completamente boscati e privi di insediamenti antropici significativi, caratterizzati vieppiù dalla sostanziale assenza di accessibilità.

La detta sequenza, che si dipana dal crinale di ubicazione della carrozzabile che dalla zona del Monte Sette Pani scende verso Finale (a partire indicativamente a Nord della Madonna della Neve) sino alle propaggini più settentrionali in direzione del territorio di Mallare, comprende versanti a media acclività (20 – 25 % in media) impostati nel settore meridionale in litotipi afferenti ai Porfiroidi del Melogno mentre , procedendo in direzione Nord troviamo simmetricamente disposti terreni metasedimentari verso il fondo valle della Bormida, una fascia centrale di porfiroidi, e, nel settore più orientale nuovamente orizzonti di Gorra/Murialdo.

La presenza, in media, di terreni metamorfici in larga parte fortemente alterabili ha favorito uno sviluppo piuttosto distribuito di porzioni territoriali coperte da plaghe di coltri eluvio-colluviali anche discretamente sviluppate.

In particolare si individuano alcuni localizzati dissesti quiescenti (identificati con i numeri 3,10 e 11 nella Carta Geomorfologica).

Trattasi di dissesti già segnalati nella cartografia PAI e che sono stati ridefiniti perimetralmente.

In particolare evidenziamo il dissesto 3, prossimo al confine comunale orientale in direzione di Mallare, che interessa un versante a medio-bassa acclività.

Nonostante le evidenze sul terreno siano di difficile individuazione , dall'analisi fotogrammetrica e dall'andamento delle curve di livello si è optato per una interpretazione che vede tre successivi eventi (o un insieme determinato dalla replica verso monte di un primo dissesto originario) identificabili cartograficamente come tre "lingue" detritiche sovrapposte.

I restanti due dissesti sono il numero 10 (a Nord di Teccio Rosciano) e il numero 11 (in corrispondenza del Rio del Prato).

Sembra in particolare che il numero 11, sviluppatosi sulle sponde del rio stesso in modo simmetrico, sia dovuto a significativo scalzamento dei due versanti opposti con rideposito (parziale) a valle del detrito colluviale.

9.d) La sponda sinistra della Bormida ed i versanti relativi

Il settore meridionale dei versanti afferenti alla sponda sinistra della Bormida presenta caratteri comuni a quelli di pertinenza della destra orografica in termini di acclività e di pertinenza geolitologica.

E' stato qui inserito un dissesto, interessante essenzialmente il substrato roccioso (con caratteri misti di crollo e *rock-avalanche*) in corrispondenza del Rio delle Baracche ; tale emergenza geomorfologica appare significativamente impostata in fregio al contatto tettonico tra i porfiroidi a S e i metasedimenti a N.

La pertinenza litostratigrafica del materiale coinvolto appare essenzialmente metavulcanitico (termini prasinitici) (dissesto quiescente 7)

La complicazione tettonica strutturale che si incontra, invece, procedendo nuovamente da S verso N in sponda sinistra è certamente uno dei fattori predisponenti ad un più articolato panorama geomorfologico. a partire dal già descritto complicato legame tra assetto litologico e strutturale e la presenza dei dissesti discusso al precedente par.9 b).

Essenzialmente ciò che si nota è il maggiore sviluppo delle coltri di potenza intermedia (entro 3 – 4 m) ed anche della classe superiore (oltre i 3 – 4 m) ; tale sviluppo sembra maggiormente concentrato nelle porzioni altimetricamente più elevate (oltre i 750.00 – 800.00 m slm) in concomitanza con valori di acclività sommitali minori ed un andamento più dolce e meno aspro.

In questo ambito si colloca anche la già citata forte maturazione pedogenetica con la presenza di un manto vegetato con essenze d'alto fusto (oltre gli 800-900 m essenzialmente faggi) che stabilizzano sensibilmente il territorio anche da un punto di vista geotecnico.

Le aree in dissesto 6,5 e 8 (PAI) appaiono coinvolgere settori di più ampie porzioni a forte sviluppo di coltre e sembrano essenzialmente inquadrabili in movimenti a prevalente componente traslazionale .

Assume un significato simile a quello descritto per i dissesti del par.9b) il dissesto quiescente 4 , individuabile quasi alla base del versante (all'altezza della zona denominata Isola) impostato in area caratterizzata da forte disturbo tettonico.

Vado Ligure, 11 Luglio 2008

Dott. Diego Minuto – Geologo



In allegato al testo : Norme Geologiche di Attuazione

10) Riferimenti bibliografici

Testi di geologia generale ed applicata , regionale e documentazione cartografica

AA.VV. "Guide Geologiche Regionali" Alpi Liguri - BE-MA 1991

AA.VV Atlante dei Rischi Idraulici ed Idrogeologici – PAI – Autorità di Bacino del Fiume Po 2001

AA.VV Carta Geologica d'Italia (1/100.000) – Foglio Albenga –Savona

AA.VV Carta Geologica d'Italia (1/100.000) – Foglio Ceva

AA.VV Carta Geologica della Liguria (1/200.000) – Dipteris – Università di Genova 2002

Bell F. "Engineering Geology" Backwell Scientific Publications Oxford U.K. 1993

Federici P.R. *et alii* Atlante dei Centri Instabili della Liguria – Prov.Savona III – Progetto SCAI – CNR

Gorziglia G et alii Analisi del dissesto da frana in Liguria
Rapporto frane in Italia – APAT
Progetto IFFI - 2007

Restagno S. Elaborati Geologici – Piano Regolatore Generale – Comune di Bormida 1992

Pubblicazioni di Geotecnica

Esu F. "Behaviour of slopes in structurally complex formations" Proc. Int. Symp. The Geotechnics of Structurally Complex Formations Capri, vol. II pp.292,304. 1977

Picarelli L. "Structure and mechanical properties of clay shales involved in earthflows" Proc. Int. Symp. The Geotechnics of Hard Soils and Soft Rocks - Athens vol. III, 1993

D'Elia et al. "Geotechnical characterisation of slope movements in structurally complex clay soils and stiff jointed clays" in R.I.G. n°3/98.

Hoek E. & Brown E.T. "Empirical strenght criterion for rock masses Journal of Geotechnical Engineering Division 1980

Hoek E. "Strenght of rock and rock masses" ISRM News 2, 4 – 16 1994

Hoek E. & Brown E.T. "Practical estimates of rock mass strength" Intl. J. of Rock Mechanics 34, 1997

Hoek E & Marinos P. "Estimating the geotechnical properties of heterogeneous rock masses such as a flysch" IAEG Bulletin 60, 2001

Habimana *et al.* "Geomechanical characterization of cataclastic rocks: experience from the Cleuson – Dixence project" Intl. J. of Rock Mechanics 39, 2002

Duncan J.M. & Chang Ch.Y. "Non linear analysis of stress strain in soil" J. of Soil Mechanics. Found. Div. 96, ASCE 1970

Barton, N.R. et alii "Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Rock Mech.* 6(4), 189-239. 1974

Bieniawski Z.T. " Engineering rock mass classification" Wiley & Sons, N.Y. USA 1989

Palmstrom, A. and Broch, E.. " Use and misuse of rock mass classification systems with particular reference to the Q-system. *Tunnels and Underground Space Technology,* 21, 575-593. 2006