COMUNE DI CHIAVARI
Genova Città Metropolitana

PIANO URBANISTICO COMUNALE



PROGETTO

REDAZIONE A CURA DELLA STRUTTURA ORGANIZZATIVA TEMPORANEA 2

IL DIRIGENTE S.O.T. 2

dott. arch. GIANNI PERUGGI

IL GRUPPO DI LAVORO

dott. arch. VALIA GALDI
dott. geom. CLAUDIO VASELLI
dott. ing. IVAN SQUERI
dott. arch. STEFANIA VERNAZZA
dott. geol. GABRIELE STAGNARO

CONSULENZE

dott. arch. FRANCO LORENZANI
per gli aspetti generali

dott. FRIDA OCCELLI - Studium s.a.s.
per analisi archeologica

COLLABORAZIONI

dott. arch. MIRIAM RONFA
dott. JACOPO AUDITORE
dott. SIMONE NOBILE
MIRIAM PIETRONAVE

Adottato con delibera C.C. n° **98** data **9/12/2015**

DESCRIZIONE FONDATIVA — *Agg. Marzo 2017*

ASPETTI GEOLOGICI

RELAZIONE SUGLI ASPETTI GEOLOGICI



Piano Urbanistico Comunale
Redazione a cura della Struttura Operativa temporanea

Il dirigente S.O.T.2

dott. Arch. Gianni Peruggi

Consulenze

dott. Arch. Franco Lorenzani
per gli aspetti generali

dott. Frida Occelli – *studium s.a.s.*
Per analisi archeologica

Il gruppo di lavoro

*dott. Arch.*Valia Galdi

dott. Geom. Claudio Vaselli

*dott. Ing.*Ivan Squeri

dott. Arch. Stefania Vernazza

dott. Geol. Gabriele Stagnaro

Collaborazioni

dott. Arch. Miriam Ronfa

dott. Jacopo Auditore

dott. Simone Nobile

Miriam Pietronave

15 giugno 2015

1.PREMESSE....4
1.1 Quadro normativo e pianificatorio di riferimento....4
1.2Territorio di indagine inquadramento geografico....5
1.3Fasi di studio....5
1.3.1 Elaborati propedeutici....6
1.3.2 Elaborati di sintesi....7

2.GEOLOGIA....8
2.1 Inquadramento geologico generale....8
2.2 Formazioni affioranti....9
2.2.1 Argilliti a Palombini del Lago di Giacopiane (agGic)....9
2.2.2 Argilloscisti Manganesiferi (Formazione della Val Lavagna agLvg)....10
2.2.3. Marne di m.te Verzi (Formazione della Val Lavagna maLvg) 10
2.2.4. Flysh Calcareo-marnoso del Monte Antola (cmFmA)....10
2.3 Analisi delle georisorse....11

3. GEOMORFOLOGIA....12
3.1. Settore di levante....12
3.1.1.Piana dell'Entella....12
3.1.2. Versante di Caperana....12
3.2. Settore di ponente....13
....14
3.2.1. Versante del Santuario della Madonna delle Grazie e S. Andrea di Rovereto….14
3.2.2. Bacino del rio Campodonico....15
3.2.3. Bacino del Torrente Rupinaro....16
3.3 Settore costiero....16
3.3.1 Piana costiera 16

4. IDROGEOLOGIA....18
4.1.Bacini idrografici....18
4.1.1 Fiume Entella....18
4.1.2. Torrente Rupinaro....18
4.2. Complessi idrogeologici....18
4.2.1. Permeabilità delle coperture sciolte 19
4.2.2 Permeabilità del substrato roccioso....19

4.3. Elementi idrogeologici....20
4.3.1 Acquifero dell'Entella....20
4.3.2 Acquifero del Rupinaro....21
4.3.3 Ulteriori peculiarità idrogeologiche....21

5. CONFORMITÀ RISPETTO ALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO....22
5.1 Quadro della franosità....22
5.2 Coperture detritiche, caratterizzazione litotecnica e rapporti con le aree a suscettività al dissesto elevata (Pg3b)....22

6. SISMICITA'....24
6.1 Inquadramento normativo....24
6.2 Pericolosità sismica di base....25
6.2.1 catalogo degli eventi sismici risentiti....25
6.3 Risposta sismica locale....25

7.STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI PRIMO LIVELLO....27
7.1 Microzonazione sismica....27
7.1.1 Premesse....27
7.1.2 Modalità di indagine....27
7.1.3 Considerazioni sulla Magnitudo attesa e liquefazione dei terreni....28
7.2 Unità litotecniche....30
7.3 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica....31
7.3.1 Zone stabili....31
7.3.2 Zone stabili suscettibili di amplificazione....32
7.3.3 Zone instabili....32

8.PRINCIPALI CRITICITÀ DEL TERRITORIO DI INDAGINE....34
8.1 caratteri generali....34
8.2 Aree soggette a rischio idraulico....34
8.3 Aree interessate da instabilità di versante....35
8.4 Evoluzione e criticità della linea di riva....36

9 ZONIZZAZIONE GEOLOGICA....38
9.1 Aree con suscettività d'uso non condizionata (classe 1)....38

9.2 Aree con suscettività d'uso moderatamente condizionata (Classe 2).....39
9.3 Zone con suscettività d'uso condizionata (Classe 3).....40
9.4 Zone con suscettività d'uso parzialmente limitata (Classe 4).....41
9.5 Zone con suscettività d'uso limitata (Classe 5).....41

10 SINTESI INTERPRETATIVA.....42

1.PREMESSE

1.1 Quadro normativo e pianificatorio di riferimento

Il presente elaborato, contiene un'analisi degli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici che caratterizzano il territorio comunale di Chiavari, ai fini della pianificazione urbanistica. Il riferimento per la redazione delle indagini geologiche a corredo del Piano Urbanistico comunale è in primo luogo la Legge Regionale n° 36 del 04.09.1997 (Legge Urbanistica Regionale) che determina in linea generale la necessità di acquisire un quadro completo delle caratteristiche geologiche in senso lato del territorio comunale. I contenuti degli studi geologici sono stati definiti nel dettaglio dalle linee guida per l'elaborazione degli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici comunali (D.G.R. 1745 del 27/12/2013). Le linee guida sopracitate sono state recepite nella redazione del presente studio, nella redazione degli allegati cartografici e nella stesura della normativa geologica di attuazione.

Il quadro conoscitivo che ha costituito la base di partenza per la definizione degli aspetti geologici del territorio di Chiavari è costituito da:

- Studi relativi alla stesura del Piano di Bacino ambito 16 realizzati dall'Ufficio Pianificazione Territoriale della Provincia di Genova.
- Studi relativi alla cartografia geologica della Regione Liguria Progetto Carg, foglio Chiavari, e foglio Sestri Levante.
- Dati e indagini disponibili a corredo di pratiche edilizie contenute negli archivi Comunali.

Il Piano di Bacino, strumento di pianificazione sovraordinato rispetto al PUC, censisce le differenti situazioni di pericolosità idraulica o geomorfologica, ed impone vincoli sulle possibilità edificatorie, che devono essere recepiti e cui le previsioni del Piano Urbanistico devono conformarsi, salvo la redazione di studi di dettaglio che determinino varianti al Piano di Bacino, redatte secondo i criteri della DGR 265/2010 per le aree a pericolosità geomorfologica elevata, o per gli studi di dettaglio con determinazione dei tiranti idrici e le velocità di scorrimento per le aree inondabili.

Per quanto riguarda il presente studio, non sono state effettuate indagini di maggior dettaglio ai sensi della DGR 265/2010 che modifichino il quadro della franosità e parimenti non sono stati eseguiti studi di dettaglio su aree inondabili. Tali vincoli (Pg4, Pg3a, Fasce fluviali A,B,C) sono state recepiti senza alcuna modifica rispetto agli elaborati di Piano di Bacino aggiornati al 1 Marzo 2017.

1.2 Territorio di indagine inquadramento geografico

Il territorio del comune di Chiavari fa parte del Golfo del Tigullio e si estende lungo la linea di costa tra il comune di Zoagli ad Ovest e il comune di Lavagna ad Est; il limite Est del Comune è costituito dal Fiume Entella, ove si affaccia anche il comune di Cogorno. A nord Chiavari confina col comune di Leivi e per un breve tratto con il comune di Carasco.

La linea di confine segue a NW il crinale dei monti Anchetta e Costello, mentre a N e a NW attraversa il versante a mezzacosta.

Oltre all'agglomerato cittadino principale si distinguono i quartieri periferici di Sanpierdicanne, Bacezza, Ri basso e Caperana; sono presenti inoltre alcuni nuclei frazionali comprendenti Maxena, Sanguineto, Campodonico e S. Andrea di Rovereto tutti nella parte Ovest del comune mentre la parte collinare centrale ed orientale del territorio è interessata da un'urbanizzazione sparsa.

Il corso d'acqua principale è il Fiume Entella che ricomprende nel suo bacino la parte Est del Comune; mentre la parte Ovest è caratterizzata dal bacino del torrente Rupinaro e dal suo affluente principale di sponda destra il rio Campodonico.

I rilievi principali sono il monte Bacezza e il monte Cucco, cime del versante delle Grazie, il monte Anchetta e il monte Costello che raggiungono altezze massime attorno ai 450 metri.

1.3 Fasi di studio

Le prime fasi di indagine hanno previsto la ricerca bibliografica di informazioni riguardo gli aspetti geomorfologici e strutturali a grande scala del territorio comunale, cui è seguita una fase di rilevamento diretto sul terreno associato allo studio di immagini aerofotogrammetriche, per la definizione degli aspetti geomorfologici salienti; inoltre l'analisi delle indagini disponibili realizzate a seguito di interventi edilizi ed infrastrutturali ha permesso di giungere alla stesura della cartografia relativa agli aspetti litostratigrafici, geomorfologici ed idrogeologici, dalla cui sintesi deriva la carta della suscettività d'uso del territorio. Le informazioni raccolte hanno inoltre permesso l'integrazione al quadro della suscettività d'uso degli aspetti legati alla risposta sismica locale, attraverso la realizzazione dello studio di microzonazione sismica, inteso come individuazione delle zone a comportamento sismico omogeneo con particolare riferimento alle zone potenzialmente soggette ad effetti cosismici, o amplificazioni del moto sismico.

1.4 Elaborati cartografici

Gli elaborati cartografici sono stati redatti in ambiente GIS georiferite nel sistema standard regionale Gauss-Boaga elissoide Roma '40; facendo ricorso a al software di libero utilizzo **Qgis.** Le diverse cartografie prodotte sono brevemente descritte nel seguito.

1.4.1 Elaborati propedeutici

- ***Carta dell'acclività*** (scala 1:5000): contiene informazioni circa la pendenza dei versanti, suddividendo il territorio in aree con pendenze medie uguali. I valori delle pendenze sono espressi in percentuale, da un valore minimo di 0% corrispondente ad una pendenza nulla, ad un valore massimo del 100% che corrisponde ad una pendenza di 45° e divisi in classi. Questo elaborato è stato desunto dalla banca dati cartografica regionale.
- ***Carta geologica*** (scala 1:5000): contiene le informazioni relative alle formazioni geologiche affioranti, al loro assetto strutturale, ai principali lineamenti tettonici, oltre alla perimetrazione delle principali categorie di depositi sciolti con rilevanza stratigrafica.

La redazione della carta geologica ha visto come riferimento il foglio Chiavari del progetto C.A.R.G., ed in secondo ordine la cartografia geologica di supporto alla pianificazione di bacino. I dati disponibili sono stati verificati attraverso rilevamenti di dettaglio sul terreno in zone specifiche in cui risultavano perimetrazioni discordanti tra foglio C.A.R.G. e Piano di Bacino.

- ***Carta geomorfologica*** (scala 1:5000): contiene informazioni relative all'assetto geomorfologico del territorio comunale con l'individuazione dei principali elementi quali le forme di versante, fluviali o marine, l'individuazione dei movimenti franosi e la loro suddivisione in base alla tipologia del dissesto e al relativo stato di attività, la distinzione delle coperture detritiche in base al loro spessore, l'individuazione di fenomeni dovuti all'azione dell'acqua (erosione concentrata, ruscellamento diffuso). La stesura di questo elaborato ha previsto l'assunzione del quadro della franosità e dei depositi sciolti riportato dal Piano di Bacino e dal Progetto IFFI, procedendo ad una verifica attraverso rilevamenti diretti in sito. Il dettaglio dei rilevamenti associato all'analisi delle indagini raccolte ha permesso di definire compiutamente l'assetto geomorfologico del territorio di Chiavari, giungendo a sostanziali differenze nella perimetrazione dei depositi sciolti di versante (coltri sottili e potenti), mentre ha confermato, il quadro della franosità, visto che non sono stati previsti approfondimenti di indagine ai sensi della DGR 265/2010.

- ***Carta idrogeologica*** (scala 1:5000) contiene informazioni sul grado di permeabilità dei terreni e delle litologie di substrato, individuando gli acquiferi significativi con particolare riferimento alla tutela di sorgenti o pozzi utilizzati a scopo potabile.
- ***Carta geologico-tecnica (e delle indagini)***: contiene informazioni riguardo le diverse tipologie litologiche – litotecniche presenti, inquadrando le caratteristiche del substrato affiorante o subaffiorante e le caratteristiche delle coperture detritiche (coltri, accumuli franosi, riporti). Sono inoltre riportate all'interno della carta le ubicazioni delle indagini pregresse effettuate a corredo di pratiche edilizie all'interno del territorio comunale. A ciascun punto di indagine è associata una tabella con riassunte le informazioni geologiche salienti.

1.4.2 Elaborati di sintesi

- ***Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)*** (scala 1:5000): suddivide il territorio in microzone dal comportamento sismico omogeneo, individuando aree soggette ad amplificazione sismica o ad effetti cosismici rilevanti (liquefazione ecc).
- ***Carta dei vincoli*** (scala 1:5000): Contiene il quadro esaustivo dei vincoli presenti sul territorio comunale derivanti dagli strumenti sovraordinati: Piano di Bacino (aree esondabili o a rischio frana), Piano di tutela dell'ambiente marino e costiero (falesie attive o zone soggette a pericolosità da moto ondoso), aree di rispetto previste dal dlgs 152/2006 da pozzi ad uso potabile.
- ***Carta della suscettività d'uso*** (scala 1:5000) riassume gli elementi raccolti nelle precedenti cartografie, integrati dal grado di acclività dei versanti, per giungere ad una zonizzazione del territorio comunale in base alla presenza o meno di condizionamenti di ordine geologico in senso lato che possono limitare le possibilità edificatorie o di uso del suolo. Questo elaborato di sintesi verrà descritto nel dettaglio successivamente.

2. GEOLOGIA

2.1 Inquadramento geologico generale

Il territorio del Comune di Chiavari si inserisce nel contesto geodinamico che ha portato alla genesi dell'Appennino Settentrionale. L'assetto morfologico associa zone pianeggianti costiere e perifluviali a retrostanti pendii collinari, quale risultato dell'opera di erosione e deposito degli agenti esogeni. L'azione erosiva è stata influenzata a sua volta dal substrato roccioso presente, dall'assetto strutturale e dalle fasi evolutive neotettoniche che hanno comportato una veloce incisione dei versanti ad opera dei corsi d'acqua e conseguente genesi di zone pianeggianti alluvionali lungo la linea di costa. Nonostante la rapida evoluzione subita dal territorio, i versanti presentano pendenze medio-basse, a causa del substrato argilloscistoso prevalente, facilmente erodibile; inoltre le condizioni di stabilità sono generalmente buone. I versanti sono stati per la gran parte rimodellati dall'uomo nei secoli scorsi secondo i tipici terrazzamenti.

Al fine di meglio comprendere la genesi e l'assetto strutturale della zona di indagine si riporta una breve descrizione geodinamica partendo dalle fasi pre-orogenetiche:

1) Trias-Dogger: rifting continentale, distensione e smembramento della crosta lungo faglie listriche
2) Malm: apertura del bacino Ligure oceanico e distinzione di due nuove placche: quella Europea e quella Adriatica
3) Inversione del moto relativo delle placche con conseguente inizio della fase di collisione.
4) Eocene-Oligocene inferiore. Impilamento delle falde e genesi di unità alloctone scollate e in parte subdotte.
5) Miocene-attuale. Fase orogenetica ove si sviluppa la struttura a doppia vergenza che distingue la catena alpina da quella appenninica.

La parte Settentrionale della catena appenninica, risulta costituita dalla sovrapposizione tettonica di due grandi sistemi, diversi per litologia, struttura ed origine paleogeografica: un Sistema Esterno Umbro-toscano (zoccolo continentale paleozoico) appartenente alla Placca Adriatico-Padana su cui poggiano, anche se scollate e deformate, le originarie successioni di copertura sedimentaria mesozoico-terziarie ed un Sistema Interno Ligure-emiliano (Liguridi).

Il Sistema Interno è rappresentato da una serie di unità tettoniche (Liguridi) derivanti da domini oceanici e di transizione oceano-continente; tali unità hanno abbandonato il

loro substrato originario, scomparso in subduzione, per sovrascorrere da Ovest verso Est (vergenza appenninica) sul Sistema Esterno.

L'Oceano Ligure-piemontese da cui sono derivate le Unità Liguridi costituiva la separazione fra il Continente iberico-europeo da un lato ed il Continente apulo-africano dall'altro, i cui margini hanno rappresentato gli avampaesi rispettivi delle Alpi e dell'Appennino; dalla sua subduzione hanno avuto origine unità alloctone con vergenza opposta, nell'una e nell'altra catena.

L'area di indagine, si inserisce nel contesto geodinamico appena descritto, nel dominio Ligure, le cui unità tettoniche sono suddivise in Liguridi Interne ed Esterne; in particolare il territorio del Comune di Chiavari vede affiorare solo tipi litologici appartenenti alle unità Liguridi interne, e più precisamente alle Unità Gottero e Antola.

In linea generale, le Liguridi interne sono costituite da diverse unità tettoniche sovrapposte: l'Unità Colli-Tavarone-Serò, l'Unità Bracco-Val Graveglia, l'Unità Gottero e l'Unità Antola; l'insieme delle unità costituisce una sequenza sedimentaria di tipo oceanico comprendente lembi di basamento cristallino coinvolto nella subduzione e che affiorano come complessi ofiolitici ricompresi nell'unità Bracco-Val Graveglia e rappresentati da Gabbri, Basalti, e Serpentiniti; sovrapposti ad essi ritroviamo i sedimenti di fondo oceanico (Diaspri- Calcari a Calpionelle) facenti parte della stessa unità. La fase geodinamica di chiusura del bacino ligure-piemontese ha previsto quindi la sovrapposizione sulle litologie appena elencate di sedimenti di origine continentale che avrebbero dato origine all'unità strutturale del Gottero (Argille a Palombini, Formazione della Val Lavagna, Arenarie del Gottero, Argilliti di Giaiette) e successivamente alla sequenza flyschoide del Monte Antola.

2.2 Formazioni affioranti

2.2.1 Argilliti a Palombini del Lago di Giacopiane (agGic)

Costituivano l'originaria base dell'Unità del Gottero lungo la quale si è sviluppato lo scollamento; si presentano come argilloscisti scuri con intercalazioni di calcari per lo più silicei, e strati sottili di arenarie siltose.

Questa facies rappresenta la transizione fra le fasi di espansione oceanica e l'inizio della chiusura del bacino, testimoniata da apporti di tipo terrigeno; affiorano nella porzione NE del comune lungo il versante di Caperana, presentano i caratteristici Palombini calcarei che in alcune zone risultano addirittura prevalenti rispetto alla matrice argillosa. Il contatto tra argilliti a Palombini e Argilloscisti della Val Lavagna è incerto ed è difficile distinguere le due formazioni in quanto spesso presentano gli stessi caratteri.

2.2.2 Argilloscisti Manganesiferi (Formazione della Val Lavagna agLvg)

Scisti argillosi lamellari sottili, talora brillanti, di colore grigio verde prevalente, con tonalità giallognola o rossastra per alterazione e lungo le fratture. Essi costituiscono potenti pacchi e strati più o meno continui, formati da fittissime successioni di straterelli, a volte minutamente pieghettati, con divisibilità in placche grossolane; si rinvengono inoltre intercalazioni di arenaria a grana finissima.

Tali litotipi affiorano lungo il corso del Rupinaro e sui versanti collinari alle spalle del centro urbano chiavarese.

2.2.3. Marne di m.te Verzi (Formazione della Val Lavagna maLvg)

Ardesie, scisti marnoso-ardesiaci e scisti argilloso-marnosi, di colore grigio-nero al taglio e biancastro sulle superfici esposte, a grana molto fine o spesso privi di grana, taglienti alla rottura, dotati di fittissima scistosità per cui sono divisibili in lastre sottilissime. Essi formano strati di potenza assai variabile, da pochi centimetri a diversi metri, fino ad una decina di metri, nei quali i piani di scistosità sono generalmente obliqui rispetto ai piani di stratificazione. L'ardesia può essere suddivisa in sottilissime lastre a superfici piano-parallele quando sia incisa secondo i piani di scistosità, si scompone invece in frammenti e scaglie a spigoli vivi e a bordi taglienti in direzione normale ai piani di scistosità; esse si alternano a strati di arenarie costituite in grande prevalenza da quarzo e mica. I vari strati di arenaria costituiscono regolarmente il letto ed il tetto delle bancate ardesiache, che nella terminologia locale delle cave sono chiamati rispettivamente "soglia" ed "agro". Non mancano inoltre livelli di scisti argillosi ed argilloso-arenacei, di colori grigio-nero e grigio verde, che risultano difficilmente distinguibili dallo scisto ardesiaco.

Tali litotipi affiorano lungo tutto il versante in sponda sinistra del Rio Campodonico.

2.2.4. Flysh Calcareo-marnoso del Monte Antola (cmFmA)

I tipi litologici che compongono questa formazione sono il risultato di depositi di correnti di torbida a composizione calcareo-marnosa; si presentano in banchi di calcari marnosi di spessore variabile da poche decine di centimetri a plurimetrici, con giunti argillitici neri, con presenza ricorrente di bioturbazioni riconducibili a piste di Helmintoides e gallerie di Chondrites. Essi hanno costituito in tempi storici il materiale da costruzione più usato, viste le loro buone caratteristiche meccaniche, e la facile suddivisione in blocchi o lastre a forma di parallelepipedo con almeno due facce

perfettamente parallele, costituite dagli originari piani di sedimentazione.

Affiorano lungo i versanti del Monte Cucco e Bacezza, ovvero lungo la collina del Santuario della Madonna delle Grazie, lungo la sponda destra del Rio Campodonico e presso l'abitato di S.Andrea di Rovereto, fino al confine comunale con Zoagli.

2.3 Analisi delle georisorse

Nel territorio del Comune di Chiavari, si riscontra nel passato uno sfruttamento cospicuo delle georisorse disponibili.

In particolare facendo riferimento alla zona occidentale, interessata dall'affioramento di litologie calcareo-marnose, si è proceduto all'estrazione di materiale inerte e da costruzione, presso numerosi piccoli siti lungo il versante, tutti dismessi da tempo. La cava più grande che interessa tale porzione di territorio, è ubicata in località Bacezza, area che attualmente è utilizzata come centro di smistamento dei rifiuti. Le cave sparse sul versante rivolto al mare, sono ormai mascherate dalle numerose frane e crolli che le stesse cave hanno contribuito a creare, a seguito del prelievo incontrollato di materiale che si è avuto nel secolo scorso ed anche precedentemente.

La georisorsa costituita dal calcare marnoso risulta quindi allo stato attuale non più sfruttabile, vista la zona di particolare pregio in cui affiora, vincolata sotto molti aspetti tra cui quello paesaggistico ed ambientale.

Un ulteriore risorsa era costituita dalle sabbie costituenti il trasporto solido del Fiume Entella. Storicamente l'alveo del fiume era dragato, e si prelevava regolarmente materiale inerte. Attualmente anche tale sfruttamento è parzialmente precluso, rimane infatti la possibilità di utilizzare i sedimenti che si depositano presso la barra di foce come materiale per i ripascimenti delle spiagge.

Ad oggi la georisorsa maggiormente sfruttata è l'acqua dolce dell'acquifero dell'Entella. Tale risorsa è utilizzata sia per uso potabile che per uso irriguo ed industriale, ma la maggiore importanza riveste senza dubbio lo sfruttamento dal punto di vista potabile. L'acquifero dell'Entella fornisce acqua potabile a molti Comuni del comprensorio, e per questo risulta fondamentale preservare tale risorsa da possibili inquinamenti attraverso misure specifiche di tutela. L'argomento sarà approfondito nel capitolo “Idrogeologia”.

3. GEOMORFOLOGIA

Nell'ambito del territorio di indagine si sono individuati tre settori geografici: levante, ponente e settore costiero a loro volta suddivisi in aree geomorfologicamente omogenee.

3.1. Settore di levante

Il settore di Levante è caratterizzato dal tratto terminale del bacino del Fiume Entella. Dal punto di vista morfologico può essere suddiviso in due zone: la prima comprende la piana alluvionale del Fiume Entella dal confine comunale con Carasco fino grossomodo al Ponte della Maddalena; la seconda zona comprende il versante in sponda destra dell'Entella fino al confine comunale di Leivi.

3.1.1.Piana dell'Entella

La piana alluvionale del fiume Entella è caratterizzata da potenze sedimentarie significative superiori ai 50 metri lungo il suo asse. Il pacco di sedimenti, costituisce un importante serbatoio idrico da cui si estrae in sponda destra la totalità dell'acqua potabile destinata a servire il Comune di Chiavari, e in parte altri Comuni quali Rapallo e Zoagli;

I sedimenti presentano granulometria prevalentemente sabbioso-ghiaiosa; tuttavia non mancano livelli fini anche di potenza significativa. Tra questi rivestono notevole importanza i livelli fini limoso-argilloso che presentano un'elevata continuità laterale. Tali livelli isolano localmente le porzioni più profonde dell'acquifero e ne determinano in alcuni casi il carattere artesiano. I livelli argillosi separano le alluvioni grossolane recenti superficiali dal pacco sedimentario antico sottostante.

Il fondo dell'alveo del fiume è naturale, interessato dalla massiccia presenza di alluvioni mobili, che vengono trasportate soprattutto in occasione di eventi di piena.

Gli argini invece sono di tipo artificiale e con diverse tipologie: si va dalla scogliera in massi al calcestruzzo armato.

La piana dell’Entella è stata interessata nel corso degli anni da un’intensa urbanizzazione, resistono tuttavia ampie aree dove l'uomo ha da sempre trovato terreno fertile e morfologicamente ottimale per sviluppare pratiche agricole.

3.1.2. Versante di Caperana

I versanti che degradano verso la piana, sono caratterizzati da un substrato argilloscistoso, che ne determina le caratteristiche geomorfologiche: pendenze medie, morfologie dolci e coltri eluvio-colluviali a componente argillosa, rimaneggiate pressochè

ovunque a formare i tipici terrazzamenti, spesso sostenuti da muretti a secco, coltivati ad oliveto.

Riferendoci al litotipo argilloscistoso, quasi ovunque si ritrova in condizioni di alterazione superficiale spinta, dovuta alla facile erodibilità e alterabilità dei minerali argillosi; le sollecitazioni tettoniche subite dalla roccia hanno determinato una fittissima fratturazione che ha accelerato l'intrinseca tendenza all'alterazione della formazione rocciosa.

I litotipi argilloscistosi presentano generalmente coltri di alterazione superiori al metro, e spesso risulta difficile individuare il passaggio coltre-substrato, a causa della succitata tendenza all'alterazione che coinvolge i primi metri del substrato roccioso vero e proprio. Questi litotipi nelle porzioni superficiali sono spesso facilmente sfaldabili con leggere sollecitazioni meccaniche e generalmente si ritrova corrispondenza diretta tra spessore delle coltri e condizioni di alterazione del substrato.

Parte del Versante di Caperana è interessato da un substrato appartenente alla formazione delle Argilliti del lago di Giacopiane (argilliti a palombini), in cui si ritrovano blocchi calcareo-marnosi immersi in una matrice argillosa; in alcune porzioni del settore in descrizione, soprattutto nella sua parte centrale, la componente calcareo-marnosa diventa prevalente rispetto al litotipo argillitico, e ciò si traduce in una maggiore acclività, con conseguente diminuzione dello spessore delle coltri superficiali.

I versanti con substrato argilloscistoso, presentano una suscettività al dissesto generalmente legata al salto di permeabilità tra coltri -permeabili- e substrato -impermeabile-. La tipologia di frana ricorrente è di tipo scivolamento planare, con evoluzione in colata, con l'interfaccia coltre-substrato a fare da superficie di scorrimento. La profondità della superficie è quindi legata allo spessore della coltre che generalmente è compresa tra 1 e 3 metri.

Lungo il versante di Caperana inoltre si ritrova la presenza di evidenze geomorfologiche legate ad antichi livelli basali plioquaternari quali superfici di spianamento, piccoli lembi di terrazzi fluviali antichi, e fronti di abrasione marina. Questa porzione di territorio è interessata dalla presenza di alcuni corpi di frana inattiva stabilizzata, e un paio di depositi franosi in stato di quiescenza ma soggetti a possibile riattivazione.

3.2. Settore di ponente

Il settore di Ponente che comprende genericamente i bacini dei torrenti Campodonico e Rupinaro, oltre alle aree scolanti in mare, esclusa la piana costiera, è stato suddiviso in tre parti dalle caratteristiche geomorfologiche omogenee: la collina del Santuario della

Madonna delle Grazie, il bacino del rio Campodonico, il bacino del torrente Rupinaro.

3.2.1. Versante del Santuario della Madonna delle Grazie e S. Andrea di Rovereto

Questa porzione di territorio è costituita dai versanti Sud del Monte Bacezza e Cucco, i cui crinali paralleli alla costa costituiscono lo spartiacque tra il bacino del torrente Campodonico e le aree scolanti in mare. Questi versanti, presentano substrato riconducibile ai Calcari di M.te Antola, generalmente con assetto sfavorevole rispetto al pendio e grado di fratturazione elevato. La suscettività al dissesto dei versanti non è governata dalle condizioni di alterazione della matrice rocciosa, ma dalla disposizione e dalla spaziatura delle discontinuità di strato e strutturali. Infatti in generale la matrice rocciosa calcarea presenta alterazione bassa, e viceversa fratturazione elevata. Le famiglie di frattura sono il risultato delle diverse fasi tettoniche che si sono susseguite nel processo di impilamento delle falde appenniniche in cui i litotipi a componente calcarea si sono comportati prevalentemente in maniera fragile rispetto alle forze cui venivano sottoposti. La suscettività al dissesto del versante è quindi governata sia dall'orientazione delle famiglie di frattura che dalla disposizione dei giunti di stratificazione primaria, spesso marcati da livelli argillitici che localmente determinano vere e proprie alternanze litologiche.

Tali condizioni sfavorevoli si verificano su ampie porzioni della collina del Santuario delle Grazie, che è quindi interessata da corpi di frana in diverso stato di attività. Ulteriore fattore aggravante è costituito dall'erosione al piede operata dal mare.

Questa situazione ha generato nel tempo dissesti diffusi anche significativi, in alcuni casi favoriti anche dall'azione di modificazione antropica che si è espletata in numerose piccole cave, ormai mascherate dall'evoluzione del versante, da cui si è tratto prezioso materiale da costruzione per lo sviluppo storico della città.

I dissesti che si sono sviluppati hanno compreso tipologie di crollo e scivolamento planare, ed hanno interessato in tempi storici anche la viabilità principale costituita dalla Via Aurelia. Attualmente si ritrovano in zona diversi movimenti franosi con diverso grado di attività, soggetti a cicli di attivazione e quiescenza anche a causa della progressiva erosione del piede. Le frane presenti interessano il substrato roccioso, che si presenta generalmente sub-affiorante o ricoperto da depositi detritici generati dai diversi dissesti, a prevalente componente grossolana con blocchi calcarei. Il reticolo idrografico di tale porzione di versante è praticamente assente se si escludono le regimazioni antropiche, perciò gran parte dell'area è interessata da ruscellamento superficiale diffuso.

La porzione più ad Ovest, comprendente l'abitato di S. Andrea di Rovereto, presenta

grado di suscettività al dissesto molto minore, anche per una diversa disposizione rispetto al pendio della stratificazione della roccia. Questa porzione presenta anche coltri sciolte con spessore compreso entro i 3 metri ed un reticolo idrografico sviluppato.

3.2.2. Bacino del rio Campodonico

La seconda zona è costituita dal bacino del torrente Campodonico, il cui spartiacque è costituito a Sud dai crinali del Monte Cucco e del Monte Bacezza, a Nord dal M.te Anchetta e M.te Costello.

Questa valle è interessata da una marcata asimmetria tra versante Nord e Sud; in sponda destra troviamo infatti un versante boscato con pendenze elevate e coltri sottili, ad eccezione di alcune zone di accumuli franosi stabilizzati. Il substrato riconducibile ai Calcari di M.te Antola presenta giaciture a reggipoggio che favoriscono la stabilità dei versanti.

In sponda sinistra invece ritroviamo come litotipo di substrato le Marne di M.te Verzi, (ad eccezione della testata della valle dove affiora il Flysh di M.te Antola) in cui l'aumento della componente argillosa rispetto ai Calcari di m.te Antola predispone a forme di pendio più dolci e alla presenza di coltri sciolte in linea di massima più potenti rispetto ai versanti con substrato calcareo. Nella parta alta del bacino si ritrovano i Calcari di Monte Antola anche in sponda destra, sovrascorsi rispetto alle Marne di M.te Verzi. Tutta la testata della valle è quindi interessata da versanti più acclivi e substrato roccioso subaffiorante.

In alcune zone tuttavia, risulta difficile individuare un contatto netto tra la formazione di m.te Verzi e i Calcari di m.te Antola, in quanto il passaggio appare graduale essendo originariamente le due formazioni in successione stratigrafica.

Nella zona di Maxena si possono individuare forme di spianamento morfologico legati a livelli basali molto differenti da quelli attuali.

Il reticolo idrografico è sviluppato lungo i principali lineamenti tettonici, mentre sul versante destro esso segue grossolanamente la direzione di massima pendenza del pendio.

L'energia del rilievo è elevata nella parte alta e destra del bacino, dove ritroviamo numerosi rii soggetti a ringiovanimento e tendenza all'approfondimento.

Il fondovalle è invece caratterizzato dalla presenza di lembi di depositi alluvionali soprattutto nella parte mediana e terminale del corso del rio Campodonico. Questi lembi si raccordano con il versante attraverso coltri pedecollinari di spessore anche superiore ai 3 metri, che spesso sono frammiste a depositi alluvionali antichi.

3.2.3. Bacino del Torrente Rupinaro

Quest'area comprende la porzione di territorio comunale compresa tra il Piazzale La Franca - Via Castagnola e il confine comunale con Leivi.

Il bacino del Torrente Rupinaro è caratterizzato per quanto ricompreso nell'area di indagine, da un suo corso terminale impostato su una piana alluvionale. I versanti che insistono sul bacino, presentano pendenze medie e morfologia dolce, tipica del substrato argilloso che origina coltri di alterazione potenti. I versanti sono sporadicamente interessati da dissesti perlopiù ascrivibili a scivolamenti rotazionali o planari, che interessano la coltre sciolta. Tutto l'areale non è interessato da frane attive significative, se si escludono locali e modesti cedimenti a carico delle gradonature della coltre o dei manufatti di sostegno della viabilità del tipo appena descritto. Alcuni movimenti franosi quiescenti isolati ed ormai stabilizzati si rilevano solo in un paio di zone lungo i versanti già individuate dal Piano di Bacino.

Il reticolo idrografico è spesso impostato su coltri sciolte, ad eccezione dei tratti iniziali dei rii minori che risultano con alveo in roccia, e soggetti ad erosione del fondo.

Il fondovalle del Rupinaro, nel territorio comunale, è interessato da una stretta pianura alluvionale. I depositi sedimentari raggiungono spessori superiori ai 20 metri nel tratto terminale, lungo l'asse della valle, consentendo la formazione di un acquifero significativo; la granulometria dei sedimenti è variabile, a livelli ghiaiosi e sabbiosi si alternano a livelli argillosi anche potenti.

3.3 Settore costiero

3.3.1 Piana costiera

La piana costiera comprende gran parte della città, dal ponte della Maddalena fino al mare a Est, e dal Piazzale La Franca fino al mare e alla collina delle Grazie ad Ovest.

Gli apporti sedimentari in gran parte del Fiume Entella, in second'ordine del Torrente Rupinaro, oltre ad apporti dovuti ai fenomeni di detrizione della costa rocciosa delle Grazie, hanno comportato una progressiva progradazione verso mare della piana.

Attualmente tale fenomeno appare inibito dalle modificazioni antropiche che ha subito la linea di costa con la realizzazione del Porto di Chiavari e di Lavagna, che hanno comportato la dispersione della gran parte dei sedimenti alluvionali a profondità superiori a quelle dove è possibile una loro ridistribuzione lungo costa ad opera delle correnti e delle onde. Ciò ha comportato la nascita di problemi legati al fenomeno di erosione delle spiagge, se si escludono quelle a ridosso del porto e della colmata. La zona di colmata appunto costituisce una grossa porzione di riporto antropico in cui i terreni presentano una certa variabilità granulometrica e composizionale.

Il centro urbano della città è per la gran parte costruita su sedimenti rimaneggiati dal mare. L'azione marina ha operato sia attraverso l'asportazione delle parti fini, sia attraverso l'arrotondamento dei clasti. I depositi sono quindi perlopiù di tipo sabbioso-ghiaioso, mentre aumentano le lenti limoso-argillose ove la componente fluviale originale è prevalente. All'interno dei depositi si ritrovano inoltre sottili livelli torbosi e con componente organica. E' stata rilevata inoltre in profondità in sporadici casi la presenza di piccole sacche di gas naturale dovuto alla decomposizione del materiale organico presente (Arpal 2011). La componente fluviale è prevalente nella parte orientale della piana, mentre viceversa ad occidente prevale la componente di rimaneggiamento operata dal mare.

4. IDROGEOLOGIA

4.1.Bacini idrografici

4.1.1 Fiume Entella

Il territorio del Comune è interessato dalla presenza del tratto terminale del Fiume Entella il cui bacino idrografico copre un area superiore ai 370 km^2, e ricomprende i sottobacini dei torrenti Lavagna, Sturla e Graveglia. L'asta principale è caratterizzata da una portata significativa per gran parte dell'anno, da un trasporto solido elevato che ha contribuito il maniera preponderante alla genesi e alla caratterizzazione geomorfologica di Chiavari. Lungo il tratto terminale del corso del fiume nel territorio di indagine non sono presenti affluenti significativi ma rii minori con portata minima quasi esclusivamente stagionale, o in occasione di eventi piovosi intensi.

4.1.2. Torrente Rupinaro

Altro corso d'acqua che caratterizza Chiavari è il torrente Rupinaro. Esso presenta un bacino di circa 11Km^2, che solo in parte ricadono nell'area di indagine. Il suo regime delle portate è spiccatamente torrentizio, con secche prolungate nel periodo estivo, e comunque con portate strettamente legate all'andamento piovoso nel resto dell'anno. L'affluente principale è il Rio Campodonico, il cui bacino è caratterizzato da una elevata energia soprattutto nella parte iniziale, ove risulta soggetto a fenomeni di ringiovanimento ed erosione concentrata di fondo; anche gli affluenti minori del bacino sono caratterizzati sovente da fenomeni di erosione di fondo, elevata pendenza e portata discontinua.

Gran parte dell'alveo del Torrente Rupinaro ricadente nel territorio di Chiavari risulta imbrigliato in argini in c.a. e con fondo artificiale (platea in calcestruzzo).

4.2. Complessi idrogeologici

Il territorio comunale è stato suddiviso in settori dalle caratteristiche di permeabilità dei terreni omogenee, per ciascuno dei quali verranno descritte le caratteristiche idrogeologiche generali. Le aree ad urbanizzazione compatta sono da considerare totalmente impermeabili mentre in presenza di coltri sciolte sono riportate le condizioni di permeabilità del substrato roccioso, ad esclusione delle zone in cui lo spessore detritico è tale da avere una propria significatività dal punto di vista idrogeologico ed in questo caso sono state analizzate le condizioni di permeabilità dei terreni sciolti. La piana alluvionale dell'Entella costituisce un complesso idrogeologico che riveste notevole importanza per l'approvvigionamento idrico potabile del Comune di Chiavari e dei Comuni limitrofi.

4.2.1. Permeabilità delle coperture sciolte

Nell'ambito del gruppo delle coperture sciolte sono stati distinti per diverso grado di permeabilità i depositi di versante con potenza di rilevanza stratigrafica, e i depositi fluviali e marini.

Il comportamento idrogeologico di questi terreni è legato alle caratteristiche della loro curva granulometrica. Generalmente i depositi di versante sul territorio di indagine presentano una componente argillosa elevata e quindi una permeabilità da media a bassa, mentre i depositi alluvionali presentano una permeabilità da elevata nel caso dei depositi alluvionali a molto elevata nel caso dei depositi sabbioso-ghiaiosi di spiaggia.

Nel caso di depositi alluvionali argillosi potenti, presenti su aree discontinue lungo la piana alluvionale, la permeabilità si riduce localmente entro questi depositi fino a diventare molto bassa.

4.2.2 Permeabilità del substrato roccioso

Le formazioni affioranti presentano differenze anche dal punto di vista idrogeologico.

Possiamo infatti distinguere tra litologie permeabili per fratturazione tra cui spicca la formazione dei Calcari di Monte Antola e in second'ordine le Marne di Monte Verzi e litologie sostanzialmente impermeabili tra cui le Argille a Palombini e gli argilloscisti della Val Lavagna.

I calcari marnosi presentano un'elevata permeabilità per fratturazione e fessurazione, che predispone, anche attraverso fenomeni di dissoluzione della matrice rocciosa, alla genesi di linee preferenziali di deflusso sotterraneo; queste rocce tuttavia non costituiscono un serbatoio idrico significativo. Localmente si ritrovano emergenze idriche, dovute all'affioramento delle linee preferenziali di deflusso sotterraneo che generano piccole sorgenti.

Il membro marnoso presenta una permeabilità per fratturazione minore rispetto ai calcari a causa dell'aumento della componente argillosa presente anche in strati argilloscistosi puri che contribuiscono a sigillare eventuali fratture.

Le formazioni argillitiche (argilloscisti manganesiferi e argilliti a palombini) si presentano con permeabilità molto bassa o nulla, a causa del comportamento plastico delle stesse, e delle particelle di argilla che sigillano le fratture aperte. Solamente lungo lineamenti tettonici significativi o contatti stratigrafici si possono generare linee di deflusso sotterraneo.

4.3. Elementi idrogeologici

4.3.1 Acquifero dell'Entella

I depositi alluvionali della piana dell'Entella costituiscono un serbatoio idrico importante e significativo, nonostante in senso assoluto occupino una superficie limitata pari a circa 9,2 Kmq.

La potenza delle alluvioni aumenta gradualmente avvicinandosi alla zona di foce e complessivamente il loro volume è stato stimato in 73×10^6 m^3 (Regione Liguria, 1979). La falda idrica superficiale si mantiene a profondità circa corrispondenti al livello di magra dell'alveo del fiume; molti pozzi realizzati nel corso degli anni a scopi irrigui attingono da questa falda. Le porzioni più profonde dell'acquifero sono invece sfruttate dal punto di vista potabile attraverso una serie di pozzi lungo la piana. Non sono presenti pozzi lungo la fascia costiera cittadina se non estremamente superficiali in quanto in profondità si registra l'intrusione del cuneo marino, con acque ad elevata salinità.

L'acquifero dell'Entella risulta ampiamente studiato. In particolare ricordiamo lo studio di Cortemiglia del 1975 e lo studio di De Stefanis A. e De Stefanis P. del 2003. Verranno di seguito riassunti i caratteri principali dell'acquifero.

Il prisma sedimentario dell'Entella è in gran parte costituito da depositi ghiaioso-sabbiosi. La potenza dei sedimenti raggiunge spessori superiori ai 50 metri già all'altezza del viadotto autostradale, profondità a cui si rinviene il substrato argilloscistoso. Tale evidenza è appurata grazie all'analisi delle stratigrafie di alcuni pozzi che raggiungono il substrato. A partire da circa 2,5 Km dalla costa (Cortemiglia 1975) tuttavia, si rileva la presenza di un livello argilloso-limoso, presumibilmente caratterizzato da un'elevata continuità, correlabile ad una dinamica di ambiente marino-transizionale, (De Stefanis 2003). Questo livello fine, conferisce alla porzione di acquifero che delimita, caratteri artesiani. La parte terminale del materasso alluvionale si ritiene caratterizzata da un sistema bifalda, in cui la falda profonda è isolata rispetto a quella superficiale, almeno localmente, da un livello argilloso-limoso che ne preserva la potabilità.

Il substrato pressochè impermeabile, riconducibile a litologie argilloscistose della Formazione della Val Lavagna, si comporterà nei confronti dell'acquifero alluvionale come un acquiclude al limite acquitardo. Per quello che riguarda la potenzialità di sfruttamento della falda si ritiene che potrebbe essere incrementata sensibilmente la quantità d'acqua prelevata nell'unità di tempo, qualora le richieste lo rendessero necessario, tutto questo senza il rischio di incorrere in una condizione di sfruttamento e di depressione della falda non sostenibile (Cavicchi L., 2004). Tuttavia il problema principale risulta essere

collegato a fenomeni di intrusione del cuneo salino a seguito del pompaggio dai pozzi. In passato si è già registrato tale fenomeno in particolare l'insalinamento è stato così marcato da aver portato, in concomitanza con altre cause, all'abbandono del pozzo della Maddalena; l'ingressione del cuneo salino è stata registrata anche dai pozzi dell'acquedotto di Rapallo (ex Tirrenia Gas, oggi Società Acque Potabili del gruppo Italgas) i quali, pur attingendo da un livello acquifero più superficiale, risentono nel periodo di massimo emungimento dell'ingressione del cuneo salino (bilancio idrico del Fiume Entella,Provincia di Genova 2009)

4.3.2 Acquifero del Rupinaro

I depositi alluvionali del torrente Rupinaro costituiscono anch'essi un bacino idrico sotterraneo significativo, ma ben minore rispetto a quello appena descritto dell'Entella.

La falda idrica è sfruttata prevalentemente a scopo irriguo attraverso pozzi di limitata profondità. Nella parte terminale del bacino si rilevano localmente condizioni di artesianità. La granulometria dei depositi è tuttavia estremamente variabile.

4.3.3 Ulteriori peculiarità idrogeologiche

All'interno dell'area indagata non si rileva la presenza di sorgenti idriche significative e sfruttate a scopo potabile; le emergenze idriche sono principalmente ascrivibili a venute d'acqua al contatto tra depositi sciolti di versante, che fungono da serbatoio e il substrato roccioso che funge da livello impermeabile.

Altre tipi di venute idriche sono legate all'intersezione con la superficie topografica di linee di deflusso preferenziale all'interno dei litotipi permeabili per fratturazione e fessurazione.

5. CONFORMITÀ RISPETTO ALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO

5.1 Quadro della franosità

Gli studi geologici per la pianificazione territoriale comunale, portati avanti sul territorio di Chiavari, si sono basati essenzialmente su rilievi di superficie e ricerche bibliografiche. Non hanno previsto studi di maggior dettaglio atti a riperimetrare o riclassificare aree in frana attiva o quiescente. Si è pertanto optato per l'adeguamento della cartografia di piano urbanistico al quadro dei dissesti riportato dal piano di bacino, confermando il quadro della franosità ivi proposto. In particolare sono stati confermati in ogni caso i gradi di attività dei movimenti franosi riportati sulla cartografia di Piano, ne deriva quindi che non si sono apportate modifiche alle zone PG4 e PG3a, che vengono riconfermate in toto, e saranno riportate nella zonizzazione geologica come aree con suscettività d'uso limitata(classe 5) e parzialmente limitata (classe 4) rispettivamente.

5.2 Coperture detritiche, caratterizzazione litotecnica e rapporti con le aree a suscettività al dissesto elevata (Pg3b)

Per quello che riguarda le perimetrazioni delle zone interessate da coperture detritiche e la loro suddivisione in sottili o potenti (spessore maggiore di 3 metri), si è partiti dalla base cartografica disponibile (carta geomorfologica del Piano di Bacino) confrontandola con la situazione reale dei siti attraverso rilevamenti geologici di superficie e con gli oltre 200 siti di indagine reperiti negli archivi comunali. L'incrocio di tali dati ha portato ad una perimetrazione leggermente differente delle zone interessate da coperture sciolte, rispetto a quella proposta dalla pianificazione di bacino. Tale risultato tuttavia non comporta modifiche al quadro geomorfologico generale del territorio indagato. Il carattere di maggior dettaglio degli studi effettuati a corredo della pianificazione urbanistica ha permesso di giungere in sostanza ad un maggiore dettaglio nell'individuazione delle tipologie di depositi presenti e del loro spessore. Tale procedura si è ripetuta nella definizione delle caratteristiche strutturali e di conservazione degli ammassi rocciosi.

La nuova definizione areale delle evidenze geomorfologiche sopra elencate, si esplica in una differente perimetrazione delle aree ad alta suscettività al dissesto (**3asd**) previste dalla zonizzazione geologica di sintesi del presente studio, rispetto alle aree Pg3b del Piano di Bacino (“aree ad alta suscettività al dissesto prive al momento di movimenti gravitativi attivi e quiescenti, in cui sono presenti indicatori indiretti di elevata

suscettività valutabili dalla combinazione di elementi geomorfologici, litologici, strutturali e di uso del suolo; in cui sono ricomprese le frane stabilizzate e relitte (paleofrane) e le zone a franosità diffusa inattive.")

Per ciascuna area Pg3b, in particolare si è proceduto ad un' analisi e verifica in sito, sulla base dell'acquisizione di dati in sede locale, degli elementi che hanno portato nel Piano di bacino, (Linea guida n. 2 /2000 "Indicazioni metodologiche per la redazione della carta di suscettività al dissesto dei versanti") alla classificazione a suscettività al dissesto elevata. Ove si sono riscontrate le caratteristiche fisiche che determinano un grado di suscettività al dissesto elevata, si è prodotta la riconferma della classificazione quale classe **3asd**. La perimetrazione di tali aree risulta differente per limitate porzioni di territorio poiché alla procedura di incrocio dei dati, svolta in automatico con elaborazioni software che porta alla genesi di forme geometriche, e "schegge" senza alcun significato geologico, è seguita una fase di post-processing in cui le aree senza riscontri geologici reali sul terreno sono state eliminate, e i contorni sono stati ridefiniti sulla base di evidenze di terreno, anche attraverso la sovrapposizione di immagini aerofotogrammetriche.

Il risultato è una mappatura delle aree a suscettività al dissesto elevata 3asd sovrapponibile in linea generale a quella del piano di bacino, ma differente nei contorni, per un miglior dettaglio di rilevamento ed elaborazione del dato.

Si segnala infine come le differenti perimetrazioni delle aree riguardano esclusivamente quelle porzioni di territorio in cui il grado di suscettività al dissesto elevato (classi Pg3b) deriva dall'incrocio di elementi geomorfologici, litologici, strutturali e di uso del suolo negativi, mentre, sono state riconfermate in toto le perimetrazioni delle aree individuate dal Piano di Bacino come frane inattive o relitte.

6. SISMICITA'

6.1 Inquadramento normativo

La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento sismico si verifichi in un dato intervallo di tempo. Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.).

Con l'Ordinanza PCM 3274/2003 (GU n.108 dell'8 maggio 2003) si è avviato in Italia un processo per la stima della pericolosità sismica secondo dati, metodi, approcci aggiornati e condivisi e utilizzati a livello internazionale. Questa iniziativa ha portato alla realizzazione della Mappa di Pericolosità Sismica 2004 (MPS04) che descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante.

Dopo l'approvazione da parte della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004, la mappa MPS04 è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale con l'emanazione dell'Ordinanza PCM 3519/2006 (G.U. n.105 dell'11 maggio 2006).
La legislazione nazionale prevede che l'aggiornamento delle zone sismiche spetti alle singole Regioni e Province Autonome, sulla base dei criteri definiti a scala nazionale. In particolare la Regione Liguria ha provveduto alla definizione della zonizzazione sismica del territorio ligure attraverso la DGR 1308/2008 aggiornata dalla DGR 1362 del 2010.

Successivamente, nell'ambito del progetto INGV-DPC S1 (2005-2007), sono state rilasciate una serie di mappe di pericolosità sismica per diverse probabilità di eccedenza in 50 anni, basate sullo stesso impianto metodologico e sugli stessi dati di input di MPS04. Inoltre sono state prodotte mappe per gli stessi periodi di ritorno anche in termini di accelerazioni spettrali. Per ogni punto della griglia di calcolo (che ha una densità di 20 punti per grado, circa un punto ogni 5 km) sono oltre 2200 i parametri che ne descrivono la pericolosità sismica. Questa mole di dati ha reso possibile la definizione di norme tecniche nelle quali l'azione sismica di riferimento per la progettazione è valutata punto per punto e non più solo per 4 zone sismiche, che assumono valore solo da un punto di vista amministrativo.

6.2 Pericolosità sismica di base

6.2.1 catalogo degli eventi sismici risentiti

La DGR 1362 del 2010 "aggiornamento zone sismiche della Regione Liguria" classifica il Comune di Chiavari in zona sismica 3 (pericolosità sismica bassa) con 0,05g < Ag < 0,15g .

Il primo passo per la definizione della pericolosità è la conoscenza dei dati macrosismici presenti nel Database Macrosismico Italiano la cui ultima versione è il DBMI 2011 (http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/) redatto dall'INGV. All'interno del catalogo sono elencati gli eventi che hanno interessato una data località. Per il Comune di Chiavari vengono evidenziati 56 eventi di riferimento a partire dal 1802 con l'indicazione della Magnitudo Momento (Mw) dell'epicentro della scossa, e la quantificazione dell'intensità risentita (I) secondo la scala MCS (Mercalli Cancani Sieberg). Di seguito si riportano gli eventi con maggior risentimento.

I(MCS)	Data	Epicentro	Mw
6	1873 09 17	LIGURIA ORIENTALE	5.43 ± 0.15
6	1920 09 07 05:55:40	Garfagnana	6.48 ± 0.09
4	1963 07 19 05:45:28	Mar Ligure	6.02 ± 0.14

I gradi più bassi della scala MCS generalmente affrontano la maniera in cui il terremoto è avvertito dalle persone. I valori più alti della scala sono basati sui danni strutturali osservati. Tra gli eventi sismici che hanno colpito Chiavari negli ultimi 200 anni ritroviamo risentimenti che vanno dal quarto al sesto grado della scala MCS; cioè eventi che hanno provocato lievi danni alle strutture. In particolare ricordiamo l'evento sismico del 1920 con epicentro in Garfagnana che ebbe una magnitudo circa pari a 6,5.

6.3 Risposta sismica locale

Per risposta sismica locale, si intende l'insieme di modificazioni in ampiezza, frequenza e durata dello scuotimento sismico che possono operare le condizioni geologiche locali.

L'input sismico varia infatti a seconda degli aspetti stratigrafici e morfologici che

caratterizzano un sito. In particolare si parla di amplificazione topografica quando morfologie ben definite (creste, crinali e pendii acclivi) determinano un incremento del moto sismico rispetto alle condizioni ideali di suolo piano e substrato rigido affiorante; mentre si parla di amplificazione stratigrafica quando in presenza di depositi sedimentari sciolti si verifica un aumento in ampiezza del moto sismico rispetto al valore atteso su substrato rigido e morfologia pianeggiante. Tali modificazioni dell'input sismico, sono dovute a fenomeni di risonanza, riflessione e rifrazione delle onde sismiche.

Una valutazione quantitativa dell'amplificazione sismica locale, può essere sviluppata solo attraverso analisi specifiche, che contemplano ad esempio l'installazione di stazioni sismiche nelle diverse condizioni geologiche rilevate, al fine di poter paragonare i diversi scuotimenti registrati in occasione di eventi sismici con la stazione di riferimento su suolo rigido.

Nell'ambito della pianificazione urbanistica del Comune di Chiavari, come previsto dalla DGR 471/2010 "specifiche tecniche per gli studi di microzonazione sismica", aggiornata dalla DGR 714/2011, è stato realizzato invece un primo livello di Microzonazione sismica su tutto il territorio comunale, che individui in via qualitativa, attraverso lo studio delle condizioni geologico - geomorfologiche del territorio, le zone con caratteristiche sismiche omogenee e le zone potenzialmente soggette a fenomeni cosismici quali liquefazione o frane sismoindotte; saranno inoltre individuati eventuali S.U.A. che per estensioni superiori ai 5 Ha e con particolari disomogeneità locali in termini morfologici o litologici, necessitino di approfondimenti di microzonazione di secondo livello.

7.STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI PRIMO LIVELLO

7.1 Microzonazione sismica

7.1.1 Premesse

Lo studio di Microzonazione sismica ha lo scopo di riconoscere ad una scala comunale le condizioni di sito che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso o possono produrre effetti cosismici rilevanti (fratture, frane, liquefazione, cedimenti differenziali, ecc) per le costruzioni e le infrastrutture, definiti generalmente come effetti locali. La microzonazione sismica rappresenta quindi uno strumento propedeutico alla pianificazione del territorio, quindi alla pianificazione urbanistica comunale.

Essa deve essere considerata come base conoscitiva ai fini della prevenzione sismica e della riduzione del rischio in quanto, evidenziando i fattori che possono incrementare la pericolosità sismica locale, può permettere di stabilire gerarchie di pericolosità utili per la programmazione di interventi di riduzione del rischio.

Lo studio di microzonazione sismica restituisce una mappa nella quale sono indicate:

- zone in cui il moto sismico non viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante;
- zone in cui il moto sismico viene amplificato a causa delle caratteristiche morfologiche, strutturali, stratigrafiche, geotecniche dei terreni, etc..;
- zone in cui sono presenti o suscettibili di attivazione, dissesti o deformazioni del suolo dovuti al sisma o incrementati da esso.

Uno studio di microzonazione sismica può essere affrontato su più livelli di approfondimento, che vengono dettati dalle finalità (pianificazione territoriale o d'emergenza, progettazione di opere), dalle necessità intrinseche del sito (importanza delle opere da realizzare rispetto al contesto geomorfologico) e dei livelli di pericolosità.

7.1.2 Modalità di indagine

Lo studio di Microzonazione sismica è stato redatto in conformità agli adempimenti previsti dalla DGR 714/2011, e in conformità agli standard previsti dal Dipartimento di Protezione Civile e contenuti negli "indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica".

Si è proceduto in particolare all'incrocio dei dati già raccolti per la redazione del P.U.C (acclività dei versanti, caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni desunti dalla

carta geologico-tecnica e delle indagini) con la suddivisione in zone dal comportamento sismico omogeneo proposta nella DGR 714/2011.

Il territorio di Chiavari presenta due grandi macroaree a comportamento sismico diverso: da una parte troviamo i versanti generalmente con substrato roccioso sub-affiorante o con coperture sciolte relativamente sottili stabili da un punto di vista sismico; dall'altra troviamo i depositi alluvionali con potenza significativa, che governano la risposta sismica locale fungendo da filtro-amplificatore al moto sismico.

In particolare nell'ambito della risposta sismica locale, gli effetti cosismici possibili riguardano esclusivamente frane sismoindotte o liquefazione dei terreni.

7.1.3 Considerazioni sulla Magnitudo attesa e liquefazione dei terreni

Il fenomeno della liquefazione dei terreni, si sviluppa, in particolari condizioni geologiche, esclusivamente in aree soggette a Magnitudo attese superiori ad un certo valore che la normativa individua con M maggiore od uguale a 5.

L'operazione che permette di ricavare tale valore è generalmente individuata nella disaggregazione della pericolosità sismica.

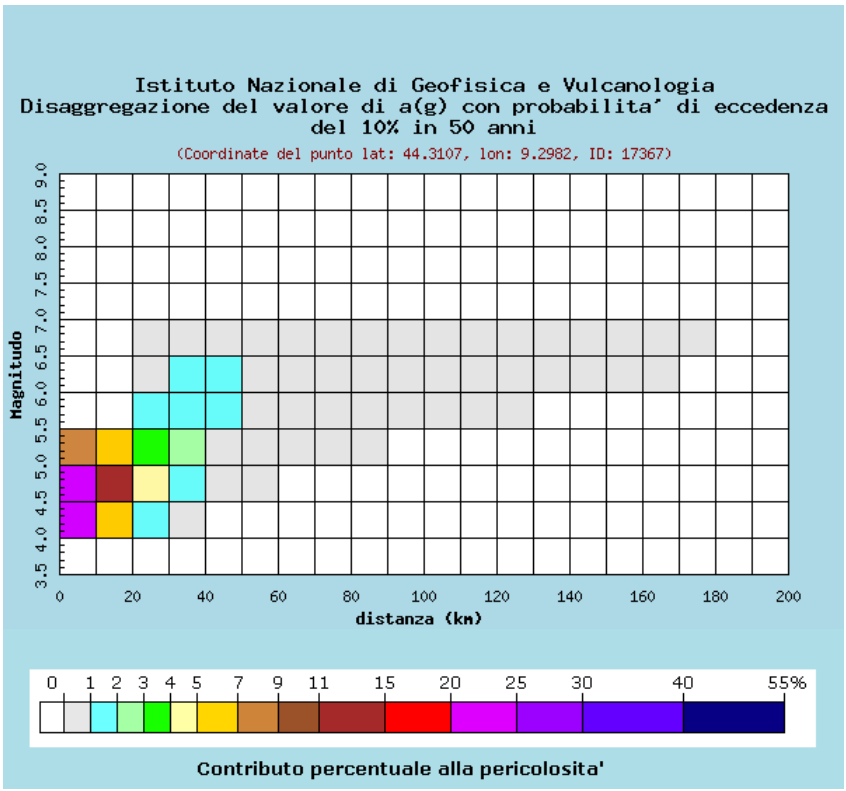
La disaggregazione, è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini, il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

Applicando la procedura di disaggregazione del valore di a(g) previsto per Chiavari, ed analizzando le coppie magnitudo – distanza dell'epicentro, da cui dipende la pericolosità sismica di base, ritroviamo valori medi di Magnitudo-distanza (M-R) pari a: M= 4,85 R= 14.6km. Il valore medio di Magnitudo è rappresentativo dell' evento sismico di riferimento per Chiavari, tuttavia non sono trascurabili i contributi alla pericolosità di eventi sismici con magnitudo compresa tra 5 e 5,5 a distanze entro i 40 km, che contribuiscono per circa il 25% alla definizione della pericolosità sismica.

Aumentando inoltre il periodo spettrale su cui si effettua l'analisi, aumentano i contributi alla pericolosità dovuti ad eventi sismici forti e distanti, a titolo esemplificativo per un periodo spettrale pari a 1 secondo otteniamo quale M media un valore pari a 5,5.

Un ulteriore metodo per stabilire la magnitudo attesa viene individuato negli "Indirizzi e criteri per la mirozonazione sismica" (ICMS2008) che stabiliscono come criterio a

favore di sicurezza, l'assunzione come valore di magnitudo attesa quello relativo alla zona sismogenetica di appartenenza o quello della zona sismogenetica più vicina ridotto attraverso una relazione di attenuazione. In questo caso per il comune di Chiavari si ottengono valori di Mw pari a 6.1 corrispondenti al valore massimo individuato per la zona sismogenetica 911.



Il valore delle magnitudo attese, riveste particolare importanza riguardo la valutazione della possibilità di sviluppo di fenomeni cosismici quali la liquefazione dei terreni. A tal proposito si ritiene in via cautelativa di non poter quindi escludere a priori la possibilità di liquefazione in rapporto alla magnitudo degli eventi sismici attesi, pur rilevando che la **Mw media** con probabilità di superamento del 10% in 50 anni è inferiore a 5. Questo anche in relazione alla Ag max che risulta superiore a 0.1 g.

Le stesse N.T.C. 2008 pur prevedendo l'esclusione della liquefazione per quei territori con Mw attesa minore di 5, non specificano con che metodo tale magnitudo debba essere calcolata, né se si debba far riferimento alla magnitudo attesa media né per quale probabilità di superamento.

Nell'ambito della progettazione la necessità di verifiche specifiche per la stima della suscettività a liquefazione dei terreni potenzialmente liquefacibili, individuati nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, **si ritiene non debba essere esclusa previa assunzione del fatto che la magnitudo attesa è inferiore a 5**, in quanto tale assunzione non è a favore di sicurezza, per le motivazioni espresse sopra. A

tal proposito la normativa di attuazione del P.U.C. individuerà categorie specifiche di opere per le quali si ritiene necessario l'espletamento delle verifiche a liquefazione.

7.2 Unità litotecniche

La stesura della Carta geologico-tecnica ha previsto l'individuazione di unità litotecniche caratterizzate da sezioni stratigrafiche tipologiche simili.
In particolare, le unità litotecniche sono state distinte in terreni di copertura e substrato geologico rigido.
I terreni di copertura comprendono depositi sciolti di potenza superiore ai 3 metri, distinti a loro volta a seconda della loro origine, mentre ricadono nella classificazione di substrato geologico rigido tutte quelle aree in cui il substrato è affiorante o presenta coltri di alterazione di spessore inferiore ai 3 metri. Nella carta geologico-tecnica e delle indagini, visto che le coltri di spessore compreso tra 1 e 3 metri rivestono importanza dal punto di vista progettuale, sono riportate comunque in cartografia, mentre tali aree per lo studio di microzonazione sismica afferiscono al substrato geologico rigido.

Per quello che riguarda i terreni di copertura, si è pervenuti ad una distinzione nelle seguenti classi:

• **coltri potenti (>3m)**: Sabbie limoso-argillose con scheletro lapideo [Smec]
Per questa tipologia di terreno si è ritenuto di ascriverla alla classe delle sabbie limose, nonostante si rilevi anche la presenza di una componente ghiaiosa, sotto forma di scheletro lapideo, a spigoli vivi, tipico della presenza di un substrato argilloscistoso, facilmente alterabile, di cui tuttavia rimangono residui,anche strutturati, nel caso di porzioni di coltre che non hanno subito dinamiche veloci di versante. L'ambiente genetico - deposizionale per questa tipologia di coperture è ascrivibile agli eluvi-colluvi [ec].

• **Depositi gravitativi di versante**: Ghiaie limose, miscela di ghiaia sabbia e limo[GMfd] oppure sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla[SCfd], o ancora ghiaie pulite, miscela di ghiaia e sabbia [GWfd]
Con il termine depositi gravitativi di versante, si intendono comprendere tutti quelli accumuli che traggono la loro origine da movimenti franosi, siano essi attivi quiescenti o inattivi relitti. Si ritrovano sporadicamente lungo i versanti e hanno composizione estremamente eterogenea. (ambiente deposizionale di versante falda detritica [fd]);
• **Depositi fluviali recenti** : Ghiaie limose, miscela di ghiaia sabbia e argilla. [GCpd]oppure argille inorganiche di media o bassa plasticità, argille sabbiose o

ghiaiose , argille limose, argille magre. [CLpd]

I depositi alluvionali recenti, sono costituiti da sedimenti a prevalente componente granulare, con significativa componente grossolana, tuttavia si rileva la presenza di orizzonti argillosi di potenza variabile, che rivestono importanza nella definizione del regime di filtrazione della falda. L'ambiente di sedimentazione cui fanno riferimento questi terreni di copertura è costituito da "piana pedemontana"[pd].

• **Depositi fluviali antichi** : Sabbie limose, miscela di sabbia e limo [SMpd]

i depositi alluvionali antichi sono costituiti da sedimenti a prevalente componente sabbiosa con lenti di ghiaia. Inoltre vi è una significativa componente limosa. L'ambiente deposizionale è ascrivibile anche in questo caso a una piana pedemontana.

• **Depositi di piana costiera:** Ghiaie pulite con granulometria ben assortita miscela di ghiaia e sabbia [Gwsp] Questi depositi nascono dal notevole rimaneggiamento operato dal mare sui sedimenti trasportati in prevalenza dal fiume Entella. L'ambiente deposizionale è ascrivibile ad una spiaggia [sp].

Il substrato geologico rigido è stato suddiviso in base alle classi litotecniche proposte dagli standard di rappresentazione ed archiviazione degli studi di MS emanati dal dipartimento di protezione civile nazionale.

In particolare per i litotipi presenti nel territorio di indagine si sono operate le seguenti distinizioni:

Calcari di M.te Antola: categoria di substrato: lapideo stratificato [LPS], classe litotecnica 1A

Marne di M.te Verzi : lapideo stratificato[LPS], classe litotecnica 1B

Argilloscisti della Val Lavagna: lapideo stratificato[LPS], classe litotecnica 1C

Argilliti di Giaiette (palombini) : alternanza di litotipi, stratificato [ALS] classe litotecnica 1B

7.3 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

7.3.1 Zone stabili

Tra le zone stabili, ovvero ove non sono previsti significativi fenomeni di amplificazione del moto sismico rispetto alla condizione ideale di suolo rigido (roccia affiorante con Vs>> 800m/s) e morfologia piana, si annoverano le aree con roccia affiorante, subaffiorante con al più coltri di copertura di spessore pari a 3 metri, che presentino una

pendenza non superiore ai 20°, ad esclusione delle aree di crinale.

Nell'ambito delle zone stabili si sono individuate due sottozone indicate con il codice A1 ed A2. Nelle aree A1 ritroviamo le aree stabili, con substrato roccioso in buone condizioni di conservazione e che presenta in media l'indice Jv < 14 (ovvero il numero di famiglie di fratture ricomprese in un metro quadrato di affioramento). Nelle aree A2 sono invece ricomprese le aree stabili che pur non presentando significativi effetti di amplificazione sismica, sono riferibili mediamente ad un substrato molto fratturato con Jv > 14.

7.3.2 Zone stabili suscettibili di amplificazione

Tra le zone suscettibili di amplificazione del moto sismico si distinguono quelle soggette ad amplificazione sismica dovuti ad effetti topografici, da quelle soggette ad amplificazione per effetti stratigrafici.

In particolare le zone stabili suscettibili di amplificazione topografica sono inserite nelle seguenti classi:

B1 : aree di crinale e di cresta alla sommità di versanti avente larghezza alla base molto maggiore che in cresta e inclinazione del versante maggiore di 15°.

B2: substrato roccioso affiorante o subaffiorante su versante ad elevata acclività

Le zone soggette invece ad amplificazione stratigrafica sono suddivisibili in quattro classi:

B3: coltri di versante con spessore superiore a 3 metri

B4:depositi alluvionali recenti

B5: riporti antropici

B6:depositi alluvionali antichi

7.3.3 Zone instabili

Tra le zone instabili si annoverano, per il Comune di Chiavari, aree soggette a fenomeni gravitativi di versante e zone di piana alluvionale caratterizzate da depositi che per caratteristiche composizionali ed idrogeologiche si ritengono in via cautelativa potenzialmente liquefacibili.

Tra le zone instabili di versante in particolare si possono distinguere:

C1: frane attive

C2: frane quiescenti

C3: frane inattive e relitte

Queste aree sono potenzialmente soggette a fenomeni cosismici dovuti all'interferenza

tra moto sismico e condizioni di instabilità geologiche. Nell'eventualità di un terremoto non si può escludere la genesi di frane sismoindotte (crolli di roccia ecc..), accelerazioni nel movimento delle frane attive, o riattivazione di fenomeni quiescenti.

Le zone **C4** invece ricomprendono i depositi sedimentari potenzialmente liquefacibili. Tali aree dovranno essere oggetto di approfondimenti di indagine per escludere o valutare la possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione dei terreni nell'eventualità di un evento sismico sufficientemente energetico.

8.PRINCIPALI CRITICITÀ DEL TERRITORIO DI INDAGINE

8.1 caratteri generali

Il Comune di Chiavari presenta criticità di ordine idrogeologico legate soprattutto al rischio idraulico cui sono soggette la gran parte delle aree di fondovalle e di piana alluvionale.

Per quello che riguarda le aree ad alta suscettività al dissesto, esse interessano soprattutto il versante della collina del Santuario della Madonna delle Grazie. Nella restante parte di territorio si registra la presenza di alcune aree interessate da movimenti gravitativi perlopiù quiescenti, cui è associato un rischio basso o al più moderato. Sostanzialmente i versanti sono in condizioni di stabilità, soprattutto in riferimento alle condizioni topografiche, contraddistinte da pendenze moderate; solo localmente lungo i versanti si rileva la presenza di aree potenzialmente soggette a rischio idrogeologico data la presenza di fattori predisponenti quali coltri potenti o pendenze elevate.

Il riferimento per la suddivisione ed il rilevamento delle aree succitate è la Normativa del Piano di Bacino, sovraordinata alle successive leggi che dirigono lo studio degli strumenti urbanistici, che censisce le differenti situazioni di pericolosità di dissesti ed esondazioni attraverso la carta della suscettività al dissesto e la carta delle aree sondabili.

Per quanto riguarda la suscettività al dissesto nel territorio comunale sono presenti zone classificate come Pg4 (frana attiva) e Pg3a (frana quiescente), zone che dal punto di vista normativo limitano eventuali interventi edilizi sul territorio.

Tali aree sono state riprese all'interno degli elaborati cartografici della descrizione fondativa come rappresentati all'interno del Piano di Bacino, senza modifiche che non si sono rese necessarie a seguito degli studi effettuati.

8.2 Aree soggette a rischio idraulico

Gli studi idraulici allegati al Piano di Bacino ambito 16 fiume Entella, individuano aree esondabili con tempo di ritorno cinquantennale e duecentennale che occupano gran parte della piana del fiume di competenza del Comune di Chiavari. Anche il tratto terminale del Torrente Rupinaro presenta aree esondabili con tempo di ritorno cinquantennale, per la presenza di sezioni idrauliche insufficienti causate sia da attraversamenti non verificati idraulicamente sia da lunghi tratti di alveo di dimensioni inadeguate. Tale situazione genera un rischio idraulico molto elevato, per la concomitanza di fattori negativi quali

aree a vulnerabilità elevata: autorimesse interrate, locali a quota inferiore da piano campagna, arginature con carenze strutturali in associazione alla pericolosità intrinseca del Rupinaro dovuta al regime torrentizio che lo caratterizza, con bassi tempi di corrivazione che determinano lo sviluppo di "alluvioni lampo" di difficile predicibilità. A titolo esemplificativo si segnalano gli eventi alluvionali del novembre 2002 e novembre 2014.

Facendo riferimento alla messa in sicurezza dei due corsi d'acqua è in corso di sviluppo la progettazione di interventi che ne permettano la riduzione del rischio idraulico. Nell'ambito del presente studio sono state recepite le previsione dei progetti di messa in sicurezza approvati, ed in particolare il progetto preliminare di sistemazione idraulica del torrente Rupinaro e del rio Campodonico, e il progetto preliminare di messa in sicurezza idraulica del fiume Entella.

Tali progetti hanno individuato aree ove saranno previsti allargamenti d'alveo (per il torrente Rupinaro) e zone di pertinenza fluviale per l'Entella, entrambe le tipologie sono state inserite nelle cartografie come fascia di riassetto fluviale cosi come definite dall'art. 12 comma b delle norme di attuazione del Piano di Bacino: " aree esterne all'alveo attuale necessarie per l'adeguamento del corso d'acqua all'assetto definitivo previsto dai Piani. La sua delimitazione è effettuata sulla base delle strategie e delle scelte pianificatorie dei Piani e dell'insieme degli interventi strutturali individuati nell'ambito degli stessi. Comprende in particolare le aree necessarie al ripristino della idonea sezione idraulica, tutte le forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena e le aree da destinare alle opere di sistemazione idraulica previste. Può comprendere, inoltre, aree ritenute di pertinenza fluviale e/o di elevato pregio naturalistico-ambientale limitrofe al corso d'acqua ".

Per quello che riguarda le criticità idrauliche di tipo puntuale e di minor entità si segnala la presenza sparsa su tutto il territorio di rii minori con tombinature o arginature idraulicamente insufficienti, soprattutto in corrispondenza degli attraversamenti stradali.

8.3 Aree interessate da instabilità di versante

Le instabilità di versante comprendono fenomeni con diverso grado di attività e rischio associato. Inoltre esistono varie tipologie di fenomeni gravitativi che potenzialmente possono interessare i versanti in occasione di eventi piovosi particolarmente intensi.

Parlando dei dissesti in atto, la zona maggiormente interessata è il versante della collina del Santuario delle Grazie. Gran parte del versante è probabilmente interessato da una deformazione gravitativa profonda, che si manifesta attraverso l'attivazione a

periodi alterni di diversi fenomeni franosi di tipo scivolamento planare; su cui grava inoltre l'azione erosiva del mare al piede del versante. Su tali movimenti franosi si sono succeduti nel tempo interventi di stabilizzazione, visto l'interessamento della Via Aurelia, che ne hanno ridotto e arrestato gli effetti per lo meno sulla sede viabile.

Inoltre sono presenti frane per crollo che interessano le bancate rocciose a franapoggio che insistono direttamente sul mare.

Fenomeni franosi cartografati in stato di attività ma di modesta rilevanza interessano rispettivamente il versante a valle della strada che conduce all'abitato di Campodonico ed una parete rocciosa nella zona di Caperana. In particolare per il movimento franoso di Campodonico si tratta di uno scivolamento evoluto in colata detritica che si è sviluppato in tempi recenti a valle della strada, mentre la parete rocciosa all'altezza di Caperana (sul versante nei pressi delle Caserme) è interessata da fenomeni di crollo.

Altri due accumuli paleofranosi in stato quiescenza, interessano il versante di Caperana e alcuni altri il versante Nord dei monti Bacezza e Cucco, tuttavia la pericolosità associata è molto bassa, per l'assenza di evidenze di movimento o riattivazione.

Per quello che riguarda i fenomeni gravitativi che potenzialmente si possono innescare in occasione di eventi piovosi molto intensi, essi sono legati soprattutto alla saturazione dei terreni di copertura e al salto di permeabilità tra coltre e substrato; sebbene tali dissesti risultano generalmente di interesse puntuale, in particolari condizioni geologico-idrologiche, i rischi maggiori sono legati alla genesi di fenomeni di colamento o debris flow.

Tali fenomeni si sviluppano, se l'intensità di precipitazione si protrae elevata per tempi sufficientemente lunghi, anche lungo i rii minori spesso impostati su impluvi con coperture sciolte; l'innescarsi di un fenomeno di debris flow lungo un piccolo rio genera erosione concentrata molto spinta, e la grande massa di detriti raccolta è responsabile dei maggiori rischi e danni legati all'intasamento di attraversamenti stradali, tratti tombinati ecc.

Sul territorio di indagine esistono porzioni soggette a tale rischio soprattutto per le aree più acclivi, con presenza di coltri sciolte e scarsa manutenzione dei suoli.

Riveste particolare importanza, per la prevenzione di tali dinamiche la regimazione delle acque superficiali.

8.4 Evoluzione e criticità della linea di riva

Il territorio del Comune di Chiavari si affaccia sul mare Ligure con un sviluppo costiero di circa 4 km comprendente una parte di costa alta rocciosa e una parte di costa bassa sabbiosa.

La costa alta rocciosa è interessata da fenomeni di attività dovuti all'erosione del mare ed accentuati dalla disposizione delle bancate rocciose, che presentano in linea generale una componente a franappoggio. L'evoluzione della linea di costa è quindi condizionata dall'arretramento dovuto a progressivi fenomeni di erosione e dissesto con successiva ridistribuzione dei sedimenti operata dal moto ondoso e dalle correnti.

La parte di costa bassa è costituita per la gran parte da spiagge, interrotte dalle strutture del Porto Turistico e dalla Colmata a mare.

La linea di riva del Comune di Chiavari è evoluta verso mare a seguito dell'apporto sedimentario principalmente dovuto al Fiume Entella. Nel processo di formazione della piana costiera si sono avute diverse fasi di avanzamento e arresto del fenomeno rilevabili attraverso l'analisi dei sedimenti nei sondaggi geognostici eseguiti lungo la piana. Notizie storiche inoltre confermano anche lo spostamento della foce dell'Entella che in epoche antiche appariva significativamente spostata verso occidente.

A partire dai primi del '900 la linea di costa ha subito l'innesco di fenomeni di arretramento legati a dinamiche erosive, scatenate dalle modificazioni antropiche eseguite, che hanno comportato innanzi tutto l'interruzione dell'apporto sedimentario dal Fiume Entella. L'erosione della linea di costa è stata inoltre aggravata dai fenomeni di riflessione del moto ondoso sulle opere murarie realizzate al limitare della spiaggia.

Al fine di porre rimedio al fenomeno si è proceduto all'edificazione di opere di difesa costiera costituite da barriere sub-parallele alla costa ad occidente del porto, cioè la zona che più ha risentito delle problematiche appena descritte.

Le opere di protezione appaiono allo stato attuale inadeguate a garantire protezione dall'erosione alle spiagge e protezione dalle mareggiate ai manufatti esistenti. La zona è infatti interessata, in occasione di mareggiate da fenomeni di riflessione del moto ondoso e correnti che esplicano la loro azione attraverso la rimozione del materiale al di sotto di una certa granulometria, col risultato di ottenere un depauperamento dei depositi di spiaggia e una loro evoluzione verso granulometrie grossolane (ciottoli).

La passeggiata a mare è inoltre periodicamente soggetta ad azione delle mareggiate con danni ai manufatti balneari.

9 ZONIZZAZIONE GEOLOGICA

Le informazioni di ordine geologico, geomorfologico ed idrogeologico, raccolte nel corso del presente studio, hanno permesso di giungere ad una zonizzazione del territorio in aree a diversa suscettività d'uso.

In particolare si sono individuate 5 classi:

Classe 1 : aree con suscettività d'uso non condizionata

Classe 2: aree con suscettività d'uso moderatamente condizionata

Classe 3 : aree con suscettività d'uso condizionata

Classe 4: aree con suscettività d'uso parzialmente limitata

Classe 5 : aree con suscettività d'uso limitata

A queste classi si sovrappone la zonizzazione sismica così come risultato dallo studio di Microzonazione, attraverso la rappresentazione di specifici retinati, che individuano zone soggette a possibili amplificazioni del moto sismico, onde adottare cautele specifiche anche riguardo l'insorgenza di possibili effetti cosismici quali la liquefazione dei terreni.

9.1 Aree con suscettività d'uso non condizionata (classe 1)

Questi comparti presentano condizioni geologiche in senso lato favorevoli.

In classe d'uso 1 ricadono aree su versante con roccia affiorante o subaffiorante con coperture sciolte sottili e pendenze medio-basse ove tuttavia non è da escludere che localmente i terreni possano essere soggetti a dissesti superficiali che non condizionano la stabilità generale del comparto. Ricadono inoltre in questa classe le aree di piana non soggette a rischio idraulico, in cui sono escluse problematiche di ordine geotecnico che possano condizionare le possibilità di edificazione.

Visto il carattere generale del presente studio, in caso di interventi edilizi in questi comparti, la relazione geologica allegata alla domanda di autorizzazione edilizia dovrà comunque accertare e garantire l'assenza di condizionamenti.

9.2 Aree con suscettività d'uso moderatamente condizionata (Classe 2)

Le aree ricadenti in classe d'uso 2 presentano condizionamenti geologici eliminabili con semplici interventi di bassa onerosità.

L'assetto geologico di queste zone non prevede restrizioni sulle tipologie edilizie di possibile realizzazione ma risulta fondamentale in sede progettuale analizzare l'incidenza dell'opera rispetto alle condizioni locali.

Ricadono all'interno di questa classe, aree non soggette a rischi idrogeologici particolari, ma ove è possibile la genesi di problematiche connesse ai rapporti esistenti tra substrato roccioso e depositi sciolti, nonché difficoltà di ordine geotecnico. La gran parte di queste aree ricadono su versante con pendenze medio-basse e coltri di spessore compreso entro i 3 metri, onde riveste fondamentale importanza l'individuazione della profondità di rinvenimento del substrato roccioso.

In questa classe ricadono inoltre le aree con roccia affiorante o subaffiorante, ma su versanti con pendenze medio-alte.

All'interno della classe 2 sono inoltre individuate sottoclassi sulla base delle caratteristiche geologiche dell'area stessa in particolare:

- **classe 2fs:** aree con coltri sciolte sottili (< 3 metri); franosità superficiale diffusa, o ruscellamento diffuso.
- **Classe 2gt:** aree con roccia affiorante o subaffiorante con pendenza compresa tra il 20% ed il 50% e classe di qualità dell'ammasso roccioso 1c o 4 ;

9.3 Zone con suscettività d'uso condizionata (Classe 3)

La classe d'uso 3 riguarda comparti su versante caratterizzati da coltri potenti, pendenze elevate, frane stabilizzate o relitte; nelle aree comprese in queste tipologie, le indagini di superficie effettuate e le informazioni raccolte, non mettono in evidenza la presenza di problematiche geologiche tali da limitare significativamente l'uso del territorio, tuttavia viste le condizioni geologiche predisponenti, appare necessario acquisire informazioni e dati attraverso indagini geologiche dirette riguardo ciascun intervento onde valutare le cautele specifiche da mettere in atto al fine di non aggravare le condizioni di stabilità del versante. In queste zone andranno adottate anche cautele specifiche riguardo la regimazione delle acque superficiali. Queste aree sono suddivise in sottoclassi in base all'origine del condizionamento geologico che le caratterizza, e tra di esse figurano anche le zone classificate come Pg3b del Piano di Bacino, (alta suscettività al dissesto in assenza di indicatori geomorfologici diretti della presenza di dissesti preesistenti) che sono classificate come Classe 3asd (alta suscettività al dissesto).

Le sottoclassi risultano così suddivise:

- **Classe 3gt**: aree con coltri potenti; frane relitte e stabilizzate e acclività compresa entro il 20 %; rientrano in questa classe anche i riporti ed i versanti con pendenza > 50% e roccia affiorante o sub-affiorante per le classi litotecniche 1c o 4.
- **Classe 3fs**: aree con coltri sottili < 3m e pendenza > 50%

- **Classe 3asd:** aree ad alta suscettività al dissesto che comprendono coltri potenti con pendenza> 20%; frane stabilizzate o relitte con pendenza> 20%.

9.4 Zone con suscettività d'uso parzialmente limitata (Classe 4)

In questa classe ricadono aree con condizionamenti di ordine geologico tali da limitare le possibilità di edificazione.

Esse includono con lo stesso perimetro tutte le aree individuate dal Piano di Bacino come:

- **Classe 4g:** Frane quiescenti;
- **Classe 4i:** Fascia Fluviale B
- **Classe 4ri:** Fascia di rispetto da pozzi o sorgenti sfruttate ad uso potabile
- **Classe 4mca:** Aree di costa alta con alta suscettività al dissesto, o aree di costa bassa soggette a pericolosità da moto ondoso (aree FAB o FDB del PTAMC)

In particolare la classe 4 ricomprende vaste porzioni del versante del Santuario delle Grazie; limitate zone sui versanti in cui si sono individuati movimenti franosi quiescenti ma soggetti a possibili fenomeni di riattivazione; oltre alle zone di piana alluvionale soggette a rischio idraulico (fascia B).

9.5 Zone con suscettività d'uso limitata (Classe 5)

Le aree ricomprese nella classe 5 sono soggette a condizionamenti geologici tali da escludere la gran parte delle possibilità edificatorie.

Ricadono all'interno di questa classe tutte le zone individuate dal Piano di Bacino come frana attiva (Pg4), o le aree individuate dal Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero (PTAMC) a pericolosità geomorfologica molto alta; ovvero aree ove si rileva la presenza di cinematismi con pericolosità elevata a carico del versante.

Sono inoltre ricomprese in classe 5 le aree inondabili con tempo di ritorno cinquantennale (fascia fluviale A del P.d.B.) e le aree indondate a seguito degli eventi alluvionali del novembre 2014 (DGR 998/2016)

La suddivisione in sottoclassi prevede le seguenti distinzioni:

- **Classe 5fr:** Fascia di riassetto fluviale
- **Classe 5g:** Aree in frana attiva Pg4 (P.d.B.)
- **Classe 5i e 5i*:** Fascia Fluviale A (P.d.B.)
- **Classe 5ri:** Fascia di inedificabilità assoluta da sorgenti o pozzi captati ad uso potabile (D.Lgs 152/06)
- **Classe 5ia:** Alveo (P.d.B)

- **Classe 5 mca:** Aree FDA o FAA (P.T.A.M.C.)

10 SINTESI INTERPRETATIVA

Il quadro finale che deriva dalla sintesi delle informazioni raccolte nel presente studio, vede condizioni idrogeologiche eterogenee interagenti con elementi antropici che determinano un elevata esposizione al rischio del territorio.

Gli elementi di criticità maggiore sono dati dalla presenza di vaste porzioni dei fondovalle e della piana costiera interessate da rischio idraulico elevato. Ciò deriva dalla presenza di sezioni di deflusso insufficienti, quale risultato dell'intensa edificazione subita nel corso dei decenni passati dagli ultimi tratti dei corsi d'acqua. Ciò è evidente soprattutto nel caso del Torrente Rupinaro, la cui pericolosità deriva essenzialmente dai ridotti tempi di corrivazione di un eventuale piena.

Per quello che riguarda i versanti, le criticità principali sono legate ai versanti che terminano con la falesia rocciosa attiva verso il margine occidentale del Comune.

Per il resto del territorio si segnalano criticità puntuali, mentre in generale le condizioni di stabilità sono discrete.

Le aree ad elevata suscettività al dissesto derivano essenzialmente dall'interazione tra pendenza e depositi sciolti; tali zone pur non presentando particolari criticità allo stato attuale, necessitano di particolare cautela nella loro gestione futura.

Lungo i versanti, eventuali problematiche si ritiene possano derivare dall'interazione tra i rii minori e la viabilità secondaria in occasione di eventi piovosi rilevanti vista la presenza di numerose tombinature di attraversamento stradale insufficienti idraulicamente. che potenzialmente potrebbero innescare colate detritiche e interessare anche edificazioni esistenti in prossimità dei rii secondari.

Per quello che riguarda la linea di costa si sono rilevate criticità e necessità di adeguamento delle opere di difesa marittima ad Ovest del porto.

Tutti gli elementi di criticità suesposti sono da considerarsi prioritari nelle scelte di riqualificazione della pianificazione del territorio in rapporto alla sussistenza ed all’attualità dei vincoli ambientali individuati.

Tra gli elementi di valore da mantenere assume notevole importanza la tutela dell'acquifero della Piana dell'Entella che costituisce fondamentale risorsa idrica per i Comuni costieri del Tigullio.

Nell'ottica della salvaguardia idrogeologica del territorio si annoverano tra gli elementi di valore i versanti boscati della Valle del Rio Campodonico, e della collina del Santuario della Madonna delle Grazie.

Esiste inoltre una buona parte di territorio in cui si hanno nuclei sparsi anche sotto

forma di singole abitazioni a vocazione rurale, che svolgono un importante funzione di mantenimento del territorio attraverso la pratica agricola costituita soprattutto dalla coltivazione dell'olivo sui tipici terrazzamenti. Anche queste identità costituiscono elementi di valore a cui rivolgere le scelte di pianificazione al fine di preservare, incentivare e migliorare il presidio del territorio stesso.

Chiavari, Giugno 2015 **Geol. Gabriele Stagnaro**