

INDICE

1. PREMESSA	6
1.1 OBIETTIVI DELLO STUDIO	7
1.2 CONTENUTI DELLE INDAGINI.....	8
2. SINTESI DELLE CONOSCENZE.....	9
2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO	9
2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	13
2.2.1 Cenni sull’evoluzione dell’Appennino Settentrionale	13
2.2.2 Domini paleogeografici.....	13
2.2.3 Evoluzione Paleogeografica e Tettonica	14
2.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	17
2.3.1 Idrogeologia della zona collinare e montana	17
2.3.1.1 Sistema idrogeologico delle sorgenti del Cartaro.....	18
2.3.1.2 Sistema idrogeologico della sorgente del Fiume Frigido	19
2.3.1.3 Sistema idrogeologico della sorgente Materna.....	20
2.3.1.4 Sistema idrogeologico della sorgente di Renara.....	20
2.3.1.5 Sistema idrogeologico del Fosso di Antona	21
2.3.1.6 Sistema idrogeologico della Polla di Altagnana	21
2.3.2 Idrogeologia della pianura costiera.....	21
2.4 PRINCIPALI CRITICITA’ IDROGEOLOGICHE.....	24
2.4.1 Intrusione del cuneo salino.....	24
2.4.1.1 Cenni sugli studi dell’intrusione salina effettuati nel Comune di Massa ..	25
2.4.2 Inquinamento idrico	27
2.4.2.1 Criticità del Fiume Frigido	28
2.4.3 Disseccamento estivo del Fiume Frigido.....	29
2.5 PRINCIPALI CRITICITA’ RELATIVE ALLA DINAMICA COSTIERA.....	30
2.5.1 Erosione costiera.....	30
2.5.2 Evoluzione della linea di riva del Comune di Massa.....	32
2.5.2.1 Tratto dal Fosso Lavello fino alla foce del Fosso Magliano.....	32
2.5.2.2 Tratto dalla foce del Fosso Magliano alla foce del Fiume Versilia	35
2.6 EVIDENZE GEOMORFOLOGICHE IN PROSSIMITA’ DELLA.....	37
LINEA DI COSTA	37
2.6.1 Ripa marina.....	37
2.6.2 Sistemi dunali	38
3. ANALISI ED APPROFONDIMENTI DEL P.S.....	39
3.1 LA CARTA GEOLOGICA.....	39
3.2 LA CARTA GEOMORFOLOGICA	44
3.3 LA CARTA LITOTECNICA DESCRITTIVA	51

3.4. LA CARTA IDROGEOLOGICA.....	52
3.5. LA CARTA IDROLOGICA CON RETICOLO TOMBATO	56
3.6 LA CARTA DELLE PENDENZE	58
3.7 LA CARTA DEI SONDAGGI E DATI DI BASE	59
3.8 LA CARTA DEI VINCOLI E DELLE SALVAGUARDIE SOVRACOMUNALI	60
3.9 LA CARTA DELLA DINAMICA COSTIERA	64
4. VALUTAZIONI DI PERICOLOSITA'	66
4.1 LA CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA.....	66
4.2 LA CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA.....	74
4.3 LA CARTA DELLE ZONE A MAGGIORE PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (ZMPSL)	77
4.3.1 Considerazioni circa la liquefazione dei terreni	80
4.4 LA CARTA DELLE AREE CON PROBLEMATICHE COSTIERE.....	82
4.5 LA CARTA DELLE AREE CON PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE	82
5. CONSIDERAZIONI CIRCA LE CRITICITA' RICONTRATE	84
5.1 CONSIDERAZIONI PARTICOLAREGGIATE SULLE FRAZIONI MONTANE ...	84
5.1.1 Altagnana (Tav. I scala 1:2.000).....	84
5.1.2 Antona (Tav. II scala 1:2.000)	85
5.1.3 Bergiola Maggiore (Tav. III scala 1:2.000).....	86
5.1.4 Cagliiglia (Tav. IV scala 1:2.000).....	87
5.1.5 Canevara (Tav. V scala 1:2.000).....	88
5.1.6 Casette (Tav. VI scala 1:2.000)	90
5.1.7 Castagnetola (Tav. VII scala 1:2.000)	92
5.1.8 Forno (Tav. VIII scala 1:2.000)	93
5.1.9 Gronda - Redicesi (Tav. IX scala 1:2.000)	95
5.1.10 Guadine - Casania (Tav. X scala 1:2.000)	97
5.1.11 La Rocca (Tav. XI scala 1:2.000)	100
5.1.12 Mirteto (Tav. XII scala 1:2.000)	101
5.1.13 Pariana (Tav. XIII scala 1:2.000)	102
5.1.14 Resceto (Tav. XIV scala 1:2.000).....	103
5.1.15 San Carlo (Tav. XV scala 1:2.000).....	104
5.2 CONSIDERAZIONI SULLE CRITICITA' IDRAULICHE DELL'AREA DI PIANURA	105
6. INDICAZIONI SUI CONDIZIONAMENTI ALLA TRASFORMABILITA' DEL TERRITORIO E APPROFONDIMENTI DI INDAGINE DA EFFETTUARSI IN FASE DI FORMAZIONE DEL REGOLAMENTO URBANISTICO	106
6.1 INDICAZIONI SUI CONDIZIONAMENTI ALLA TRASFORMABILITA' DELLE AREE A PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA.....	106

6.1.1 Approfondimenti da effettuarsi in fase di formazione del Regolamento Urbanistico	107
6.2 INDICAZIONI SUI CONDIZIONAMENTI ALLA TRASFORMABILITA' DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA	109
6.2.1 Approfondimenti da effettuarsi in fase di formazione del Regolamento Urbanistico	110
6.3 INDICAZIONI SUI CONDIZIONAMENTI IN RELAZIONE AGLI ASPETTI SISMICI	111
6.3.1 Approfondimenti da effettuarsi in fase di formazione del Regolamento Urbanistico	112
6.4 INDICAZIONI SULLA TRASFORMABILITA' DELLE AREE CON PROBLEMATICHE DI DINAMICA COSTIERA	113
6.5 INDICAZIONI SULLA TRASFORMABILITA' DELLE AREE CON PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE	114
6.5.1 Approfondimenti da effettuarsi in fase di formazione del Regolamento Urbanistico	115
6.6 INDICAZIONI SULLA TRASFORMABILITA' DELLE AREE DI SALVAGUARDIA DELLE ACQUE SOTTERRANEE DESTINATE AL CONSUMO UMANO	116

TAVOLE FUORI TESTO

- CARTA GEOLOGICA: (N° 13 Tavole in scala 1:5.000; TAV.1g/TAV.13g);
 - CARTA GEOMORFOLOGICA: (N° 13 Tavole in scala 1:5.000; TAV.1gm/TAV.13gm);
 - RILIEVO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO DELLE FRAZIONI MONTANE (N° 15 Tavole in scala 1:2.000):
- TAV.I: Altagnana;
- TAV.II: Antona;
- TAV.III: Bergiola Maggiore;
- TAV.IV: Cagliieglià;
- TAV.V: Canevara;
- TAV.VI: Casette;
- TAV.VII: Castagnetola;
- TAV.VIII: Forno;
- TAV.IX: Gronda-Redicesi;
- TAV.X: Guadine-Casania;
- TAV.XI: La Rocca;
- TAV.XII: Mirteto;
- TAV.XIII: Pariana;

- TAV.XIV: Resceto;
- TAV.XV: San Carlo;
- CARTA LITOTECNICA DESCRITTIVA: (N° 13 Tavole in scala 1:5.000; TAV.11/TAV.13l);
 - CARTA IDROGEOLOGICA: (N° 1 Tavola in scala 1:10.000 relativa alla zona montana; TAV.Aig);
 - CARTA IDROGEOLOGICA CON ISOFREATICHE ESTIVE: (N° 1 Tavola in scala 1:10.000 relativa alla zona di pianura; TAV.Big_e);
 - CARTA IDROGEOLOGICA CON ISOFREATICHE PRIMAVERILI: (N° 1 Tavola in scala 1:10.000 relativa alla zona di pianura; TAV.Big_p);
 - CARTA IDROLOGICA CON RETICOLO TOMBATO: (N° 1 Tavola in scala 1:10.000 relativa alla zona di pianura; TAV.Ari);
 - CARTA IDROLOGICA CON RETICOLO TOMBATO: (N° 1 Tavola in scala 1:10.000 relativa alla zona di montagna; TAV.Bri);
 - CARTA DELLE PENDENZE: (N° 1 Tavola in scala 1:10.000 relativa alla zona montana; TAV.Ap);
 - CARTA DELLE PENDENZE: (N° 1 Tavola in scala 1:10.000 relativa alla zona di pianura; TAV.Bp);
 - CARTA DEI SONDAGGI E DATI DI BASE: (N° 1 Tavola in scala 1:10.000 relativa alla zona di montagna; TAV.Adb);
 - CARTA DEI SONDAGGI E DATI DI BASE: (N° 1 Tavola in scala 1:10.000 relativa alla zona di pianura; TAV.Bp);
 - CARTA DEI VINCOLI E DELLE SALVAGUARDIE SOVRACOMUNALI: (N° 1 Tavola in scala 1:10.000 relativa alla zona di montagna; TAV.Avs – Rev. Dic. 2010);
 - CARTA DEI VINCOLI E DELLE SALVAGUARDIE SOVRACOMUNALI: (N° 1 Tavola in scala 1:10.000 relativa alla zona di pianura; TAV.Bvs – Rev. Dic. 2010);
 - CARTA DELLA DINAMICA COSTIERA: (Tavola unica in scala 1:10.000 relativa alla zona di costa; TAV.Bdc);
 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA: (N° 13 Tavole in scala 1:5.000; TAV.1pgm/TAV.13pgm);
 - CARTA DELLE AREE INONDABILI: (Tavola unica in scala 1:10.000 relativa alla zona di pianura; TAV.Bi – Rev. Dic. 2010);
 - CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA: (Tavola unica in scala 1:10.000 relativa alla zona di pianura; TAV.Bpi – Rev. Dic. 2010);
 - CARTA DELLE ZONE A MAGGIORE PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (ZMPSL): (Tavola unica in scala 1:10.000 relativa alla zona di pianura; TAV.Bps);

- CARTA DELLE ZONE A MAGGIORE PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (ZMPSL) DEI CENTRI URBANI MONTANI (N°20 Tavole in scala 1:2.000/ 1:2.500):

- TAV.I-ps: Altagnana (scala 1:2.000);
- TAV.II-ps: Antona (scala 1:2.000);
- TAV.III-ps: Bargana (scala 1:2.000);
- TAV.IV-ps: Bergiola Maggiore (scala 1:2.000);
- TAV.V-ps: Caglieggia - Fornello (scala 1:2.000);
- TAV.VI-ps: Canevara - Al Santo (scala 1:2.500);
- TAV.VII-ps: Casette (scala 1:2.500);
- TAV.VIII-ps: Castagnetola (scala 1:2.000);
- TAV. IX/a-ps: Forno (scala 1:2.000);
- TAV. IX/b-ps: Forno (scala 1:2.000);
- TAV.X-ps: Gronda-Redicesi (scala 1:2.000);
- TAV.XI-ps: Guadine-Casania (scala 1:2.000);
- TAV.XII-ps: La Rocca (scala 1:2.000);
- TAV.XIII-ps: Mirteto (scala 1:2.000);
- TAV.XIV-ps: Pariana (scala 1:2.000);
- TAV.XV-ps: Prati della Ciocca (scala 1:2.000);
- TAV.XVI-ps: Resceto (scala 1:2.000);
- TAV.XVII-ps: San Carlo (scala 1:2.000);
- TAV.XVIII-ps: Serretta (scala 1:2.000);
- TAV.XIX-ps: Tombara (scala 1:2.000);

- CARTA DELLE AREE CON PROBLEMATICHE DI DINAMICA COSTIERA: (Tavola unica in scala 1:10.000 relativa alla zona di costa; TAV.Bpdc);

- CARTA DELLE AREE CON PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE: (Tavola unica in scala 1:10.000 relativa alla zona di pianura; TAV.Bpig).

ALLEGATI FUORI TESTO

- ALLEGATO A: Documentazione a corredo delle Tavole dei sondaggi e dati di base;
- ALLEGATO B: "Studio idrologico e idraulico per la revisione della pericolosità idraulica dei principali corsi d'acqua nel Comune di Massa" (Febbraio 2009) a firma del Dott. Ing. David Settesoldi della società Physis Ingegneria per l'Ambiente srl;
Relazione integrativa allo "Studio idrologico e idraulico per la revisione della pericolosità idraulica dei principali corsi d'acqua nel Comune di Massa" (Maggio 2010) a firma del Dott. Ing. David Settesoldi della società Physis Ingegneria per l'Ambiente srl.

1. PREMESSA

Per incarico dell'Amministrazione Comunale di Massa, Determinazione Dirigenziale n° 2996 del 01 Agosto 2006, sono state eseguite indagini geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, idrauliche e sismiche sull'intero territorio comunale di supporto al *Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale* di seguito abbreviato in P.S.

Il quadro legislativo di riferimento è rappresentato dalla seguente normativa:

- il **D.M. 11.03.1988** per quanto previsto dal punto H sulla fattibilità geologica e geotecnica della previsione urbanistica;
- la **L.R. n°1 del 3/01/2005** - “Norme per il governo del territorio”;
- la **D.P.G.R.T. n°26/R del 27/04/2007** - “Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche;
- il **P.I.T.** (Piano di Indirizzo Territoriale della Regione Toscana) approvato con **D.C.R.T. n°72 del 24/07/2007**;
- il **P.T.C.** (Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Massa Carrara; Variante di adeguamento e conformità al P.I.T. del 2005) approvato con **D.C.P. n°9 del 13/04/2005**;
- la **D.C.R.T n°6 del 25/01/2005** - “Approvazione del piano di tutela delle acque – Articolo 44 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n.152 (Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato da nitrati provenienti da fonti agricole)”;
- il **D.Lgs n°152 del 03/04/2006** - “Norme in materia ambientale”;
- il **P.A.I.** (Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino Regionale Toscana Nord) approvato con **D.C.R.T n°11 del 25/01/2005**;
- l'**O.P.C.M. n°3274 del 20/03/2003** e successive integrazioni e modificazioni, il **D.M. del 14/09/2005** (Norme tecniche per le costruzioni), l'**O.P.C.M. n°3519 del 28/04/2006** e **D.G.R.T n°431 del 19/06/2006** (Riclassificazione sismica del territorio regionale: “Attuazione del D.M. 14.9.2005 e O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell' 11.5.2006”).

Lo studio ha interessato tutto il territorio comunale di Massa. Nel complesso sono state prodotte n° 104 Tavole rappresentate su base cartografica vettoriale con scala 1:10.000 (CTR Regione Toscana), scala 1:5.000 (derivata dalla CTR in scala 1:10.000) fino alla

scala di massimo dettaglio disponibile rappresentata dalla CTR 1:2.000 del Comune di Massa con la quale sono state cartografate le principali frazioni montane.

Per il rilevamento di campagna e le varie indagini si è comunque sempre adottato la cartografia digitale in scala 1:2.000 del Comune di Massa che, per l'accuratezza del dettaglio, è ritenuta più idonea rispetto alla Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000.

Oltre alla presente relazione tecnica fanno quindi parte integrante del Quadro conoscitivo geologico per il Piano Strutturale gli elaborati tecnici (Tavole ed Allegati) elencati dopo l'indice e riportati fuori testo.

La presente relazione costituisce aggiornamento, solo per quanto concerne la pericolosità idraulica, del testo presentato nel Dicembre 2007 (successivamente revisionato sempre per la sola parte idraulica nel Febbraio 2009) in quanto recepisce le ulteriori revisioni introdotte dalla Relazione integrativa allo "*Studio idrologico e idraulico per la revisione della pericolosità idraulica dei principali corsi d'acqua nel Comune di Massa*" datato Maggio 2010 e redatta dal Dott. Ing. David Settesoldi. La revisione dello studio idraulico si è resa necessaria per ottemperare alla richiesta di integrazioni dell'Autorità di Bacino Toscana Nord del 17/06/2009 prot. 159644/P-80-10-10.

Diversamente dalla pericolosità idraulica il quadro conoscitivo della pericolosità geomorfologica non è stato variato e si riferisce pertanto al quadro geologico e geomorfologico descritto al Dicembre 2007.

1.1 OBIETTIVI DELLO STUDIO

La finalità del presente studio è quella di fornire un quadro conoscitivo del territorio che evidenzii i fattori di pericolosità geomorfologica, idrogeologica, sismica e idraulica, in modo da poter consentire, agli estensori degli atti di pianificazione territoriale, di valutare gli effetti ambientali delle successive previsioni urbanistiche attraverso:

- la valutazione delle condizioni ed i limiti di trasformabilità del territorio;
- l'indicazione di misure atte a garantire e mantenere condizioni di equilibrio idrogeologico;
- il recuperare situazioni di criticità esistenti;
- l'individuazione delle aree e dei beni di rilevanza ambientale;
- l'analisi dello stato delle risorse soggette a modificazione;
- la descrizione delle azioni previste e dei loro prevedibili impatti sull'ambiente;
- la individuazione dei livelli di criticità delle aree e delle risorse interessate;
- l'indicazione delle misure idonee ad evitare, ridurre o compensare gli effetti negativi sull'ambiente;
- l'accertamento del rispetto delle norme igienico-sanitarie.

1.2 CONTENUTI DELLE INDAGINI

In accordo con le direttive per le indagini geologico-tecniche, disciplinate dalla D.P.G.R.T. n°26/R del 27/04/2007, le indagini e gli studi effettuati per la predisposizione del Piano Strutturale del Comune di Massa sono state articolate in:

- a) Sintesi delle conoscenze;
- b) Analisi ed approfondimenti del P.S.;
- c) Valutazioni di pericolosità;
- d) Considerazioni circa le criticità riscontrate;
- e) Indicazioni sui condizionamenti alla trasformabilità del territorio e approfondimenti di indagine da eseguire nel Regolamento Urbanistico (R.U.).

2. SINTESI DELLE CONOSCENZE

Comprende la raccolta della documentazione relativa al quadro conoscitivo esistente sul Comune di Massa basata sia sui dati ed indagini presenti in letteratura che su gli studi certificati come quelli derivanti dai Piani regionali e provinciali (P.A.I. del Bacino Toscana Nord della Regione Toscana, P.I.T. della Regione Toscana, Piano regionale di Tutela delle acque, P.T.C della Provincia di Massa e Carrara) per inquadrare le problematiche ed i vincoli presenti sul territorio e sulla cui base effettuare le successive analisi ed elaborazioni.

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO

Il Comune di Massa, situato nella parte Nord-Occidentale della regione Toscana, si estende su una superficie di circa 94 Km². Esso confina a Nord con il Comune di Fivizzano e il Comune di Minucciano, a Est e Nord-Est con il Comune di Vagli di Sotto e il Comune di Stazzema, a Est con il Comune di Seravezza, a Sud-Sud/Est con il Comune di Montignoso, a Ovest con il Comune di Carrara e, infine, a Sud/Ovest con il Mar Ligure.

La morfologia del Comune di Massa si presenta con caratteristiche ben definite e diverse tra loro man mano che si procede dai monti al mare. Si possono distinguere tre zone:

A) Zona della montagna che corrisponde al versante sud-occidentale del complesso metamorfico apuano. Il Comune di Massa è delimitato da uno spartiacque di forma pressoché semicircolare contraddistinto dai massicci calcarei, le cui vette principali, da occidente ad oriente, sono il M. Grondilice, il M. Contrario, il M. Cavallo, il M. Tambura, il M. Sella ed il M. Macina. Questa zona è costituita per la maggior parte da formazioni appartenenti al complesso litologico dei Grezzoni e dei Marmi.

La litologia carbonatica di gran parte delle formazioni ed il sollevamento recente della catena Apuana sono all'origine di una elevata energia del rilievo: creste rocciose affilate, pareti verticali e profondi valloni danno alle Apuane un aspetto simile a quello delle Alpi maggiori, anche se i massimi rilievi non raggiungono i 2.000 metri (il M. Tambura rappresenta il rilievo più alto con i suoi 1.889 m s.l.m.).

In molte zone il paesaggio naturale è stato profondamente alterato dalle cave di marmo, che qui sono in attività sin dall'epoca romana. Più delle pareti di cava, sono un elemento di risalto nel panorama della catena gli estesi ravaneti, formati dagli scarti dell'estrazione dei marmi che raggiungono nel Comune di Massa un'estensione planimetrica pari a circa 1,6 Km².

Il particolare aspetto delle zone a litologia carbonatica, quasi dolomitico, si contrappone alla zona di montagna costituita dalle rocce filladiche del basamento dell'autoctono apuano e dell'Unità di Massa che conferiscono ai rilievi morfologie più arrotondate e sono caratterizzati da una fitta copertura boschiva in netto contrasto con i rilievi calcarei che si presentano generalmente spogli e con rocce affioranti o sub-affioranti;

B) Zona della collina situata ai due lati della bassa valle, rispettivamente culminante nei rilievi di San Carlo in sinistra idrografica del Fiume Frigido e nei rilievi del Candia in destra idrografica, presenta forme relativamente dolci e tondeggianti da mettere in relazione con la natura delle rocce qui presenti, costituite in prevalenza da termini filladico-arenacei con facile tendenza all'alterazione e alla sfaldabilità.

Tale zona è delimitabile verso monte dal Fosso delle Madielle, dal Canale di Antona e da una linea immaginaria che va da Canevara al Monte Brugiana. All'interno di tale zona, le colline del Candia rappresentano comunque un unicum per la tipica morfologia caratterizzata da colline rotondeggianti adibite per lo più a vigneti; inoltre, nel settore collinare, sempre in destra idrografica, spicca la dorsale calcarea che raggiunge la località Foce e si estende al di fuori del territorio comunale verso la valle del Torrente Carrione;

C) Zona della pianura costituita, procedendo da mare verso monte, da depositi marini, alluvionali e di conoide pedemontani. Si estende dal mare sino ad oltre la Via Aurelia, comprendendo anche i principali centri abitati ubicati sui depositi di conoide pedemontana quali Turano, La Rocca, Massa Centro, Castagnetola e Mirteto.

Le tre zone sono solcate dal Fiume Frigido, asta fluviale principale del Comune di Massa, che nasce poco a monte del paese di Forno ed ha un bacino imbrifero di circa 62 Km². Il Fiume Frigido si snoda per circa 13 km e intercetta lungo il suo corso diversi affluenti. Nell'area montana gli affluenti del Frigido hanno tutte caratteristiche torrentizie, i più importanti sono: il Torrente Renara, il Torrente d'Antona (alimentato anche dal Fosso delle Madielle), il Torrente della Serra e il Canale della Foce.

In particolare, la *zona della pianura* apuana presenta la morfologia tipica delle pianure costiere, essendo suddivisibile in quattro fasce fisiografiche longitudinali a diversa natura:

C1) Una spiaggia sabbiosa continua attuale e recente attualmente in forte erosione su tutto lo sviluppo costiero del Comune di Massa tra la foce del Fosso Lavello e la foce del Fiume Versilia;

C2) Una zona litoranea formata da depositi eolici e di spiaggia con resti sporadici di cordoni dunari e stagni intradunali relitti. I cordoni dunari ad oggi sono quasi del tutto smantellati dall'intensa urbanizzazione dell'area marino-costiera;

C3) Una fascia intermedia depressa, originariamente costituita da aree paludose e palustri attualmente in gran parte bonificata. Tale fascia occupa una zona retrodunale caratterizzata da un livello eterometrico di limi sabbiosi e argillosi con resti organici che sono il risultato della deposizione in queste aree dei materiali fini portati in sospensione dai corsi d'acqua minori; tale fascia è delimitata verso monte dalla ripa marina che taglia trasversalmente l'asse della conoide del Fiume Frigido all'altezza del tracciato autostradale e che rappresenta la posizione della linea di costa al termine della fase trasgressiva nota come "trasgressione Versiliana";

C4) Una zona interna formata dai depositi alluvionali pleistocenici del Fiume Frigido e secondariamente del Torrente Ricortola e parte del Torrente Carrione; tale zona si raccorda ai rilievi apuani tramite i depositi di conoide pedemontani costituiti principalmente dalle aste idriche che solcano le colline del Candia ad occidente e da quelle discendenti dal M. Belvedere ad oriente (Canale delle Grondini, Fosso di S. Remigio e Canal Magro).

I depositi alluvionali pleistocenici sono costituiti da un'associazione eterogenea di ciottoli e ghiaie derivanti dallo smantellamento dei rilievi collinari e montani che bordano la pianura di Massa tra i quali predominano i litotipi di composizione calcarea (marmi, grezzoni) provenienti dalle Unità Metamorfiche oltre a ciottoli calcarei ed arenacei non metamorfici appartenenti alla Falda Toscana ed alle Liguridi.

I depositi alluvionali inoltre si presentano con variazioni granulometriche notevoli sia orizzontalmente che verticalmente ed a partire da alcuni metri dal piano campagna risultano a tratti caratterizzati da livelli di ghiaia cementata che si sono formati in condizioni climatiche e morfologiche diverse dalle attuali (clima più freddo e più piovoso) (Salvatori e Spandre, 1995) in seguito alla percolazione di acque ricche di carbonato di calcio.

Lo spessore di tali depositi alluvionali, per la subsidenza che interessa il litorale Apuano, è molto elevato e si stima possa essere superiore ai 200 m.

Nella parte distale il conoide del Fiume Frigido risulta eroso da una scarpata che corre parallela alla costa e rappresenta il limite raggiunto dal mare durante la trasgressione Versiliana, prima che la progradazione della linea di costa riprendesse verso Sud/Ovest con la conseguente formazione della pianura attuale.

Il cono del Fiume Frigido è il più esteso, ha una pendenza modesta, dato che la sua culminazione è posta a quota 65 m s.l.m. circa in località Santa Lucia e il bordo più esterno (lungo l'asse della conoide), attualmente visibile, si trova a circa 4 km dalla zona apicale ad una distanza di circa 2 Km dalla linea di riva attuale.

La formazione della conoide alluvionale è da ricondurre alle azioni, di diverso tipo, esercitate in diversi momenti e fasi dalle acque del Fiume Frigido. Infatti se

consideriamo l'evoluzione della zona apuana a partire dal Pliocene, si nota che, in quel periodo, il mare lambiva le Apuane fino ad arrivare a bagnare, più a sud, le pendici dell'Appennino, formando un ampio golfo. Successivamente, durante il Quaternario, questo golfo andava a poco a poco interrandosi, per il graduale depositarsi dei materiali terrigeni che il Fiume Frigido prendeva in carico erodendo, oltre che i rilievi, anche i recenti terreni pliocenici e determinando così il graduale trasformarsi dell'ambiente marino in ambiente litorale di delta e di laguna.

In periodi più recenti, in relazione a cambiamenti climatici, il Fiume Frigido è entrato in una fase erosiva causando l'incisione dei depositi di conoide che hanno così assunto l'attuale morfologia terrazzata.

Tutta la pianura ha visto un rapido aumento di superficie durante gli ultimi 4.000 anni, come conseguenza della deforestazione e dell'introduzione dell'agricoltura, che hanno causato un aumento dell'erosione delle terre e un forte incremento della portata solida dei corsi d'acqua: ciò ha portato ad una regressione marina nonostante che il livello marino abbia continuato ad alzarsi (circa un metro negli ultimi 3.000 anni). La progradazione della linea di costa si è arrestata con la costruzione del porto di Marina di Carrara negli anni '20, che ha provocato l'interruzione del trasporto litoraneo dei sedimenti da nord verso sud: le conseguenze sono state l'aumento della spiaggia posta a nord del porto (+44,6 m dal 1938 al 1998) e l'erosione di quella meridionale (-106 m nello stesso periodo di tempo) (Cipriani *et al.*, 2001).

2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

2.2.1 Cenni sull'evoluzione dell'Appennino Settentrionale

La geologia del territorio comunale di Massa si inquadra nella geologia generale delle Alpi Apuane e dell'Appennino Settentrionale. L'area apuana mostra un'elevata complessità, sia per la varietà delle formazioni geologiche presenti, sia per la genesi dell'assetto strutturale.

Per comprendere meglio la struttura in esame è utile seguire la storia evolutiva dell'Appennino Settentrionale, con particolare riferimento al complesso delle Alpi Apuane.

L'Appennino settentrionale è una catena a falde derivata dalla deformazione terziaria di un settore del paleomargine continentale della microplacca adriatica prospiciente al Dominio Oceanico Ligure (Boccaletti *et al.*, 1971; Alvarez *et al.*, 1974; Kligfield, 1979).

A partire dal Miocene la deformazione compressiva si è propagata da O ad E fino all'Adriatico (Merla, 1952). Contemporaneamente nella parte interna della catena si è avuta una importante fase distensiva che ha interessato le precedenti strutture compressive. L'intensità della fase distensiva aumenta da nord verso sud.

Attualmente, strutture distensive interessano la parte occidentale dell'Appennino settentrionale e quelle compressive il margine esterno della catena lungo la Pianura Padana e l'Adriatico (Carmignani *et al.*, 1993).

Modelli geodinamici diversi e contrastanti sono stati formulati per spiegare la coesistenza tra tettonica compressiva e distensiva che interessa l'Appennino settentrionale, e che sta migrando da O verso E attraverso la penisola italiana.

2.2.2 Domini paleogeografici

In una ricostruzione palinspastica della catena lungo la trasversale dell'Appennino settentrionale vengono distinti, dall'interno all'esterno i seguenti domini (Carmignani *et al.*, 1993):

- Dominio Ligure comprensivo di relitti di basamento oceanico e relative coperture sedimentarie pelagiche del tardo Giurassico-Cretaceo inferiore e flysch cretacei-paleogenici scollati dal loro substrato;
- Dominio Subligure documentato solo da una successione sedimentaria paleogenica (Unità di Canetolo), profondamente tettonizzata, e di cui non si conosce né l'originaria ampiezza, né la natura del suo substrato;
- Dominio Toscano, attualmente documentato da successioni deformate a livelli strutturali differenti:
 - a) *Dominio Toscano interno* (Falda Toscana) che comprende termini da anchimetamorfici a non metamorfici di età Trias superiore al Miocene inferiore.

b) *Dominio Toscano esterno* (Unità di Massa), tettonicamente interposta tra la Falda Toscana e l'Unità delle Apuane, è costituita esclusivamente da termini paleozoici e del Trias inf. e medio, e potrebbe rappresentare il substrato della Falda Toscana scollata e avanscorsa, oppure derivare da un dominio intermedio tra i domini toscani interno ed esterno, di cui non si conosce la copertura mesozoica e terziaria.

c) *Dominio Toscano esterno* (Unità delle Apuane "Autoctono" Auct.) che presenta un metamorfismo in facies di scisti verdi, che oltre ad una copertura mesozoica e terziaria comprende anche formazioni paleozoiche del basamento ercinico.

- Unità del Monte Cervarola costituita esclusivamente da un flysch del Miocene medio, deposto in un bacino al fronte dell'alloctono e attualmente in parte accavallato sul Dominio Umbro-Marchigiano. Il suo substrato, intermedio tra il Dominio Toscano e il Dominio Umbro-Marchigiano, non affiora nell'Appennino settentrionale.
- Dominio Umbro-Marchigiano che costituisce un "fold-belt" scollato a livello delle evaporiti triassiche affiorante in Umbria e Marche, ed è sepolto dalle coltri liguri sulla trasversale dell'Appennino tosco-emiliano. Rappresenta la zona più esterna della catena con una successione sedimentaria che arriva sino al Miocene superiore.

2.2.3 Evoluzione Paleogeografica e Tettonica

Rocce di età medio triassica affiorano nell'Unità di Massa dove costituiscono una successione vulcano-sedimentaria interpretata come testimonianza di un tentativo di rifting precursore di quello del Trias sup.-Giurassico inf. che comporterà l'apertura della Tetide mediterranea. Questa successione è ricoperta da depositi clastici da fluviali a costieri (Verrucano), che mostrano marcate variazioni di spessore: nell'Autoctono Auctt. la formazione è ridotta o assente mentre gli spessori più elevati caratterizzano l'Unità di Massa (Carmignani *et al.*, 1993).

Dalla successione stratigrafica che va dal Trias sup. al Paleogene, si riflette l'evoluzione di un margine continentale passivo, in cui si possono distinguere due fasi principali: una fase syn-rift ed una post-rift.

La fase syn-rift (subsidenza iniziale), va dal Trias sup. al Lias sup.-Dogger inf.(?), vede successivamente lo sviluppo di una piattaforma carbonatica (Carnico terminale Norico/Lias inf.), la sua frammentazione e il progressivo annegamento (Hettangiano sup.-?Pliensbechiano inf.), infine si ha l'instaurarsi di una sedimentazione (emi)pelagica, con facies controllate da "block faulting" e subsidenza differenziale.

Durante la fase post-rift (subsidenza termica) si assiste ad un graduale aumento delle profondità di deposizione e ad una graduale omogeneizzazione di facies che dal Malm interessa anche i domini oceanici (Diaspri, Maiolica, Calcarì a Calpionelle).

A partire dalla fine del Cretaceo inf. l'evoluzione del dominio oceanico comincia a differenziarsi da quella dei domini del margine continentale; nel primo si ha deposizione di flysch, mentre nei secondi si passa da una deposizione calcarea ad una prevalentemente argillitica.

Nelle successioni del Dominio Toscano la sedimentazione (emi)pelagica (Giurassico p.p.-Paleogene) è interrotta ripetutamente da episodi clastici. Si tratta di materiali risedimentati provenienti anche da aree di piattaforma, sebbene nell'Appennino settentrionale queste non siano documentate in affioramento oltre il Lias inf.-medio. L'ubicazione di tali aree a sedimentazione nefritica è ancora oggetto di discussioni. Questa controversia è derivata dall'interpretare i dati geologici relativi ai domini paleogeografici affioranti.

L'evoluzione sedimentaria dell'Oligocene sup.-Neogene è dominata dalla deformazione dei domini toscano e umbro marchigiano.

Durante il terziario l'evoluzione tettonica delle Alpi Apuane ha registrato una inversione tettonica da compressione a distensione (Carmignani *et al.*, 1993).

Questa transizione può essere attribuita al cambiamento della dinamica interna dovuta ad un cuneo orogenico (Platt, 1986).

Secondo questo modello, il cuneo di accrezione altro non è che il complesso di accrezione-subduzione, che si deforma internamente sino ad assumere forme in equilibrio con le forze di subduzione e gravitative cui è interessato. L'accrezione di nuovo materiale ispessirà il cuneo, che per riacquistare una configurazione stabile dovrà distendersi internamente. Questa distensione è evidenziata da faglie listriche dirette che si radicano in una zona a maggior duttilità, producendo strutture simili a quelle note nei "core complex" nord-americani.

Adottando il modello del "core complex", Carmignani e Kligfield (1990) articolano l'evoluzione dell'Appennino settentrionale in 4 stadi principali:

- 1) Il primo stadio è caratterizzato da un complesso subduzione-prisma di accrezione formatosi, dal Cretaceo all'Eocene, contraddistinto da deformazione compressive di ofioliti e rocce sedimentarie di acque profonde.
- 2) Lo stadio successivo, datato all'Oligocene (27 Ma), è caratterizzato dalla collisione dei due margini, che causa un forte ispessimento del prisma per underplating e le deformazioni compressive del margine adriatico (strutturazione unità toscane).
- 3) Al Miocene medio cambia il regime di deformazione della catena (Giglia e Radicati di Brozzeria, 1970; Klingfield *et al.*, 1986), infatti si instaurano processi di estensione a livello della crosta media e superiore, attribuiti alle variazioni della dinamica all'interno del prisma orogenico. Questo, in seguito a forte ispessimento, è soggetto a distensione mediante collassi gravitazionali per ristabilire l'equilibrio isostatico.

4) Infine, nel quarto stadio (Tortoniano) proseguono i processi di estensione che coinvolgono il settore interno della catena. Questa fase distensiva, che si manifesta con la creazione di faglie dirette con direzione appenninica, è legata all'apertura del Mar Tirreno, ed è la causa della formazione dei graben del Serchio, della Versilia e dei bacini neogenici della Toscana meridionale. Questo processo è contemporaneo alla apertura del Tirreno meridionale (Kastens e Mascle, 1990). A nord la tettonica distensiva a basso angolo è riferibile ad almeno 14 Ma, in base alle datazioni K/Ar nel complesso metamorfico (Kligfield *et al.*, 1986), mentre quella a alto angolo è databile solo in base a dati stratigrafici al Villafranchiano per la presenza dei depositi continentali dei graben della Garfagnana e del Magra.

In tutto il complesso metamorfico si riconoscono due eventi deformativi principali (Carmignani *et al.*, 1980; Carmignani e Kligfield, 1990):

- D1 (fase1): deformazione compressiva a partire dall'Oligocene (Boccaletti *et al.*, 1971; Alvarez *et al.*, 1974; Klingfield, 1979), di subduzione ensialica; è responsabile della strutturazione principale ed è collegata alla collisione continentale del basamento Sardo-Corso con la placca Adria; è contemporanea all'accavallamento delle varie unità tettoniche (falde) che compongono l'Appennino. La deformazione di tipo duttile genera pieghe isoclinali coricate non cilindriche di ogni dimensione, con vergenza NE, una scistosità di piano assiale S1 generalmente parallela alla stratificazione e una lineazione di estensione parallela agli assi, diretta verso NE-SW. Oltre a questo si sviluppa un metamorfismo di alto grado attualmente visibile in finestra tettonica nelle Apuane. Le grandi sinclinali e anticlinali note nella letteratura apuana sono attribuibili a questa fase: la sinclinale di Carrara, l'anticlinale di Vinca-Forno, la sinclinale di M. Altissimo-Orto di Donna, la sinclinale del M. Corchia, etc. Secondo Klingfield *et al.* (1986) l'inizio di tale fase è da collocarsi a circa 27 Ma e la sua durata tra l'Oligocene e il Miocene inf.

- D2 (fase2): fase estensionale, a partire dal Miocene, che deforma tutte le unità tettoniche appena impilate, realizzando un duomo di scistosità allungato in direzione appenninica, caratterizzato da strutture di scarico a direzione opposta sui due versanti del duomo. Queste deformazioni, meno marcate rispetto alle precedenti, generano pieghe a tutte le scale, sviluppando un clivaggio privo di blastesi metamorfica, dove la nuova scistosità S2, sovrapponendosi alle precedenti strutture, piega la prima scistosità S1.

2.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

2.3.1 Idrogeologia della zona collinare e montana

Dal punto di vista idrogeologico le Alpi Apuane rappresentano un caso unico in Toscana, per la presenza di acquiferi carsici che alimentano sorgenti di elevata portata. Tale particolarità idrogeologica risulta ben rappresentata anche nel Comune di Massa. I maggiori acquiferi si localizzano in corrispondenza dei Marmi e dei Grezzoni: queste rocce risultano spesso interessate da un carsismo giunto ad un grado di evoluzione spinto, con cavità di grandi dimensioni che consentono il flusso dell'acqua con velocità elevate, del tutto paragonabili a quelle delle acque di superficie. La composizione dolomitica dei Grezzoni li rende meno solubili dei Marmi, calcari praticamente puri; la minore solubilità dei Grezzoni è però compensata dalla maggiore fratturazione, cosicché il carsismo di sottosuolo risulta ben sviluppato in entrambe le formazioni (Piccini e Pranzini, 1989). I Grezzoni ed i Marmi sono caratterizzati da una permeabilità secondaria per fratturazione e carsismo.

Come riportato nella letteratura esistente, la natura composizionale, la presenza di estesi e ben noti fenomeni carsici e le osservazioni compiute sulle rocce affioranti del Comune di Massa fa sì che esse possano essere attribuite a due tipologie di permeabilità secondaria. La prima comprende quelle rocce che presentano permeabilità per fratturazione (PF), ovvero quelle rocce in cui il carsismo è limitato o assente, e la circolazione avviene essenzialmente attraverso il reticolo di fessure e fratture (circolazione di tipo dispersivo; fig. 1). Il ritenere che nel complesso in queste rocce la circolazione sia di tipo dispersivo, non esclude che localmente possano essere presenti fenomeni carsici che vadano ad alterarne le caratteristiche idrodinamiche.

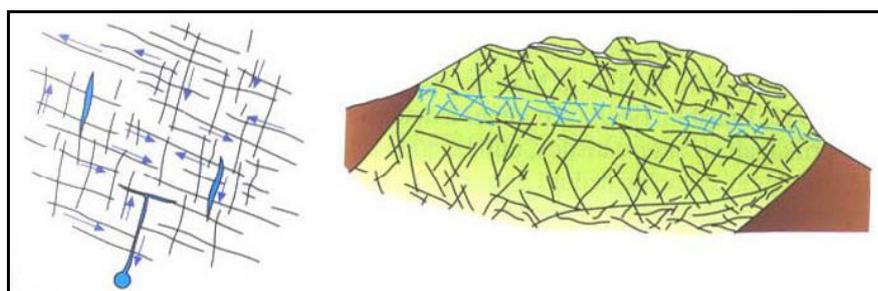


Fig. 1 - Schema di sistema a circolazione dispersiva (da Civita, 2005).

Alla seconda tipologia sono invece riferibili le rocce permeabili per fratturazione e carsismo (PFC), nelle quali sono presenti diffusi fenomeni carsici e la circolazione avviene attraverso i condotti carsici, che possono essere diversamente sviluppati in termini di importanza, ed il reticolo di fratture (circolazione a dreno dominante e a dreni interdipendenti (Civita, 2005; fig. 2 e 3).

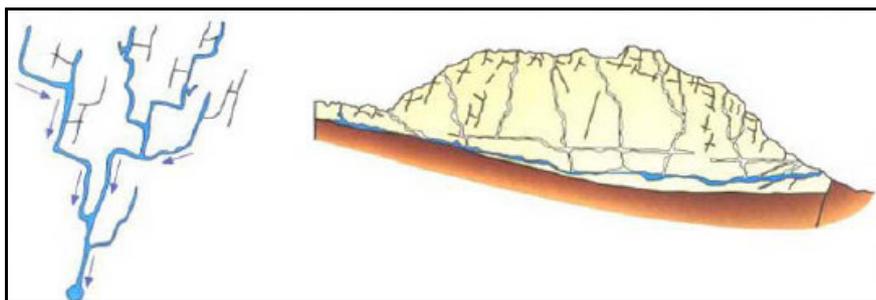


Fig. 2 - Schema di sistema carsico con circolazione a dreno dominante (da Civita, 2005).

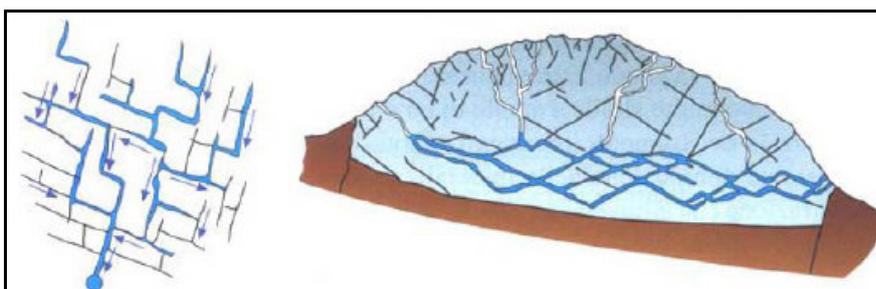


Fig. 3 - Schema di sistema carsico con circolazione a dreni interdipendenti (da Civita, 2005).

Le formazioni carbonatiche della Serie Toscana sono meno carsificabili rispetto alle corrispondenti metamorfiche; tuttavia l'elevato grado di fratturazione e la presenza di cavità di dissoluzione, sia pure di dimensioni piccole, fanno sì che le rocce siano nel complesso discretamente permeabili e contengano anch'esse consistenti risorse idriche.

La complessa situazione geostrutturale delle Alpi Apuane determina la frammentazione delle serie carbonatiche in unità idrogeologiche separate da formazioni a permeabilità bassa o nulla. Carmignani *et al.* (2007) hanno distinto nel Comune di Massa 6 "sistemi idrogeologici", intesi come "l'insieme di acquiferi e relative aree di ricarica allogena superficiale, le cui acque hanno come recapito un'unica sorgente carsica, o un gruppo di sorgenti, puntuali o lineari", solitamente disposte lungo le incisioni vallive. Quindi fanno parte di un sistema idrogeologico non solo le aree di alimentazione diretta degli acquiferi, ma anche le zone con rocce a bassa permeabilità le cui acque di ruscellamento sono assorbite dalle cavità carsiche delle rocce carbonatiche.

I sistemi idrogeologici in questione sono: sistema idrogeologico delle sorgenti del Cartaro, della sorgente del Fiume Frigido, della sorgente della Materna, della sorgente di Renara, del Fosso di Antona e della Polla di Altagnana.

2.3.1.1 Sistema idrogeologico delle sorgenti del Cartaro

L'estensione del bacino, limitato ad Est dalle Filladi inferiori (FAF) del Basamento Ercinico, è stata determinata in base a considerazioni idrostrutturali (Piccini e Pranzini, 1989; Doveri, 2005) e grazie ad una prova di colorazione effettuata in una cavità carsica presente nel settore NE del bacino (Buca di F. Luccica, T/MS 330, Becattini e Piccini,

1989). L'idrostruttura è compresa nei complessi dei Marmi (MAA), e dei Grezzoni (GRE) del fianco diritto della sinclinale di Carrara.

I corsi d'acqua principali che la attraversano sono il Fosso delle Casette e il Fosso della Rocchetta, affluenti di destra del Fiume Frigido.

Le sorgenti del Cartaro sono costituite da due emergenze carsiche, captate a scopo idropotabile, situate lungo il Fosso della Rocchetta, situate a quota 205 m s.l.m. e sono denominate rispettivamente "Cartaro sorgenti piccole", "Cartaro presa alta" (detta anche S. Cartaro Piccola) e "Cartaro presa bassa" (detta anche S. Cartaro Grande). Quest'ultima è la più importante ed ha una portata annuale media di circa 400 l/s (con punte, in condizioni di piena, prossime ad 1 m³/s; Piccini in AA.VV., 2002); le sorgenti "Cartaro presa alta" e "Cartaro sorgenti piccole" hanno, invece, una portata di un ordine di grandezza inferiore.

Le sorgenti (Presa alta e bassa) hanno caratteri idrochimici e regimi diversi che sembrano indicare una loro alimentazione da sistemi idrogeologici distinti: la S. Cartaro Grande ha una risposta immediata agli eventi di piena con un forte intorbidamento delle acque; la S. Cartaro Piccola, invece, non presenta queste problematiche (Drysdale *et al.*, 2001).

Oltre alle sorgenti principali, nel bacino si rinvengono alcune emergenze di scarsa importanza nella zona di Massa. Modesti acquiferi, infatti, sono individuabili nel complesso delle Brecce Marmoree (MNI, MNIa, MNIb) che, limitato dai complessi del Verrucano (SRT e SRTa), localmente origina piccole sorgenti, la maggiore delle quali è la sorgente Freddana (Qmedia = 7 l/s).

2.3.1.2 Sistema idrogeologico della sorgente del Fiume Frigido

L'area di alimentazione di questo sistema idrogeologico della sorgente del Frigido ha un'estensione di circa 30 Km² e prende il nome dal Fiume Frigido, principale corso d'acqua del versante a mare del bacino, che nasce dall'omonima, sorgente situata presso il paese di Forno. L'esistenza di numerose prove con traccianti e la caratterizzazione dell'idrostruttura ne permette la delimitazione con una certa attendibilità rispetto al sistema di Equi, dell'Aiarone e della Pollaccia. Tra le colorazioni effettuate che hanno permesso di delimitare l'area di alimentazione si ricordano quelle effettuate nell'Abisso P. Roversi, Buca della Pompa (T/LU 317), Abisso della Tambura (T/MS 463), Abisso dello Gnomo (T/LU 843), Buca del Paleri (T/MS 878), Abisso F. Simi (T/LU 859 e 860), e Buca Go Fredo (T/LU 685) (Roncioni in AA.VV. 2002; Federazione Speleologica Toscana, 2006).

Il limite occidentale è definito dai complessi a bassa permeabilità del Basamento Ercinico (FAF), mentre quello meridionale con il sistema idrogeologico della sorgente di Renara è incerto (come definito in Piccini *et al.*, 1997). La maggior parte del bacino è costituita dai complessi carbonatici della successione triassica dell'Autoctono Apuano

caratterizzati da permeabilità per fratturazione e carsismo da media a molto elevata (prevalentemente Marmi, MAA, Grezzoni, GRE, Marmi dolomitici, MDD, e Calcari selciferi, CLF).

La sorgente principale del sistema, nonché delle Alpi Apuane, è la sorgente di Forno, meglio nota come sorgente del Frigido. Questa importante emergenza è posta ad una quota di 235 m s.l.m. a monte del contatto tra i Porfiroidi (PRS) ed i Grezzoni (GRE) ed il punto di recapito delle acque infiltrate nell'area di alimentazione. La portata media della sorgente del Frigido è di 1550 l/s (Forti *et al.*, 1993) con picchi di piena che superano i 4 m³/s (Piccini, 1987) e minimi estivi compresi tra i 400-500 l/s. La sorgente attualmente è captata a scopi idropotabili per servire l'abitato di Forno; in passato e fino al 1942 le acque sono state derivate per la produzione dell'energia elettrica necessaria per il fabbisogno di un cotonificio (Piccini in AA.VV., 2002). A monte dell'emergenza principale (500 m) si rinviene una sorgente di "troppo pieno", nota come "Bucone di Forno" (T/MS 271), che entra in funzione quando le portate superano i 4 m³/s (Piccini in AA.VV., 2002).

Numerose sono le piccole sorgenti che si trovano nell'area: se ne contano diverse decine, alcune delle quali captate a scopi acquedottistici. La portata media di queste emergenze è limitata a poche decine di l/s.

Lungo il versante settentrionale del M. Tambura è situata la zona carsica della Carcaraia, tra le più importanti sulle Apuane. Quest'area presenta un'elevata concentrazione di forme carsiche superficiali ed ipogee, comprendendo tra l'altro alcune delle cavità più profonde della Toscana e d'Italia, tra le quali si registra la grotta più profonda d'Italia (Abisso P. Roversi, T/LU 705, ingresso 1.710 m s.l.m., 1.250 m di dislivello). L'abisso P. Roversi è annoverato anche tra le cavità più profonde al mondo.

2.3.1.3 Sistema idrogeologico della sorgente Materna

Il sistema idrogeologico in oggetto è impostato nei complessi carbonatici basali della Falda Toscana e ha come principale punto di recapito la sorgente Materna (Q_{media} = 10 l/s). L'area di alimentazione del sistema è limitata dai complessi a bassa permeabilità dell'Unità di Massa.

2.3.1.4 Sistema idrogeologico della sorgente di Renara

L'area di alimentazione del sistema idrogeologico della sorgente di Renara è separata a Nord, da un limite incerto, dal sistema del Frigido (Piccini *et al.*, 1989), mentre a Ovest è circoscritta dai complessi a bassa permeabilità del basamento (prevalentemente Porfiroidi, PRS). A Sud il limite con il sistema della Polla del M. Altissimo è definito con una certa attendibilità sulla base di prove con traccianti; ad Est la suddivisione con il sistema della sorgente della Pollaccia è incerta. Piccini *et al.* (1999) ritengono che tale limite si estenda sino al versante occidentale del M. Sella fino quasi a raggiungere i

complessi metamorfici a bassa permeabilità di Arni e Campagrina. Grezzoni e Marmi sono i complessi idrogeologici più estesi.

Il recapito principale è costituito dal gruppo delle sorgenti di Renara, che danno il nome al sistema. L'emergenza principale è una risorgenza carsica (T/MS 229) ed ha una portata media di circa 200 l/s con un'alta variabilità.

2.3.1.5 Sistema idrogeologico del Fosso di Antona

L'affioramento di Grezzoni del Monte Antona e del M. Focoraccia definisce un sistema idrogeologico circoscritto dai complessi del Basamento Ercinico. Sono presenti ai limiti della idrostruttura sorgenti di portata limitata (delle quali la principale è la sorgente Darola) ed emergenze lineari lungo il Fosso di Antona, principale recapito del sistema (Piccini *et al.*, 1999).

2.3.1.6 Sistema idrogeologico della Polla di Altagnana

L'area di alimentazione del sistema idrogeologico delle Polla di Altagnana comprende per oltre metà della propria area affioramenti di metamorfiti a bassa permeabilità che recano le acque di ruscellamento ai complessi carbonatici (prevalentemente Grezzoni, GRE, e Marmi, MAA). I limiti dell'area di alimentazione sono definiti da Filladi inferiori, FAF, e Porfiroidi, PRS. L'unico recapito sorgivo è costituito dalla Polla di Altagnana ($Q_{media} = 60$ l/s), mentre i corsi d'acqua che la attraversano sono il Fosso della Polla e il Fosso della Polla di Altagnana, affluenti di sinistra del Fosso di Antona.

Sono presenti sorgenti con portate medie di pochi l/s localizzate nelle Filladi inferiori (FAF) che si presentano in questa zona fortemente deformate e scompagnate con una coltre di alterazione molto importante (10-20 m; Cavazza, 1986).

2.3.2 Idrogeologia della pianura costiera

Nella pianura del Comune di Massa le litostratigrafie disponibili non vanno di solito oltre i 60 metri di profondità e mostrano tale successione:

- a) Depositi alluvionali costituiti da ghiaie, sabbie e ciottoli, con intercalazioni di limi argillosi, che arrivano fino in superficie nella fascia interna.
- b) Sabbie marine, presenti solo nella metà esterna della pianura, che raggiungono uno spessore massimo di 30 m circa in prossimità del mare.
- c) In una ristretta fascia alla base dei conoidi alluvionali si trovano sedimenti argillosi e limosi di colmata, solo localmente torbosi.

In sintesi, si può dire che nella pianura apuana non si trovano i sedimenti marini delle fasi trasgressive precedenti la fase versiliana presenti nella pianura versiliese, ma, almeno fino alle profondità raggiunte dai sondaggi, solo sedimenti continentali. Ciò può dipendere da due fattori, che hanno agito nella stessa direzione:

1. minore subsidenza di questa parte settentrionale del graben della Versilia rispetto a

quella meridionale, in accordo con il modello tettonico che descrive la depressione tettonica separata da faglie trasversali, con gradinata a scendere verso sud;

2. maggiore trasporto solido dei corsi d'acqua provenienti dalle Apuane, in relazione alla maggiore energia del rilievo nel tratto settentrionale della catena.

La stratigrafia dei terreni nel sottosuolo della pianura del Comune di Massa determina la presenza di acquiferi (ciottoli, ghiaie e sabbie), di acquitardi (limi) mentre scarsi o assenti sono gli acquicludi (argille).

I depositi alluvionali dei conoidi di deiezione e della piana sottostante sono composti in prevalenza da ghiaie e ciottoli calcarei (Marmi e Grezzoni) e solo in quantità minore da macroclastiti derivate da rocce filladiche più facilmente sfaldabili e quindi meno predisposte a formare ciottoli. Le ghiaie calcaree sono talora trasformate in conglomerato da un cemento carbonatico. Tale conglomerato si trova più frequentemente al tetto dei sedimenti continentali al passaggio con le sabbie marine: infatti si ritiene che la cementazione sia favorita dal miscelamento di acque dolci e salate in prossimità della riva. Le ghiaie presentano poche intercalazioni di materiale fine nella parte alta dei conoidi, mentre sottili lenti di limo sabbioso si trovano ai lati e nella parte distale.

Questo potente corpo sedimentario è un acquifero a buona permeabilità dotato, per il suo spessore, di elevata trasmissività. Si tratta di un acquifero libero in cui si localizza una falda praticamente unica, poiché i livelli impermeabili non hanno mai una continuità tale da separare più falde. L'acquifero è ampiamente sfruttato da numerosi pozzi, sia dell'acquedotto pubblico che delle industrie.

L'acquifero sopra descritto presenta una permeabilità primaria per porosità, tipica generalmente dei depositi sciolti o scarsamente coerenti, che contengono numerosi piccoli vuoti intergranulari in comunicazione tra loro. Tale permeabilità è anche detta primaria in quanto è insita nella genesi del deposito; tale permeabilità è direttamente proporzionale alla porosità efficace, che corrisponde a quella parte della porosità totale in grado di far circolare l'acqua gravifica.

In una ristretta fascia alla base dei rilievi, sono presenti dei depositi detritico-colluviali (depositi di conoide pedemontana) in cui la frazione fine prevale su quella grossolana, per cui la permeabilità è complessivamente bassa.

Scendendo verso il litorale, i depositi ciottolosi di conoide s'immergono al di sotto di un complesso di sedimenti marini, che possiedono una copertura alluvionale limo-sabbiosa di qualche metro di spessore, al cui interno si possono trovare livelli di ghiaia ma anche depositi torbosi. Questa copertura e lo stesso conglomerato che, dove presente, rappresenta un orizzonte impermeabile, fanno sì che la falda in ghiaia, libera nella fascia pedemontana, divenga confinata o semi-confinata nella fascia costiera.

In corrispondenza della scarpata di erosione marina, che coincide all'incirca con l'autostrada, c'erano un tempo alcune risorgive, causate dal salto morfologico e dalla diminuzione di permeabilità.

Le sabbie marine ed eoliche della fascia costiera rappresentano un acquifero libero di buona permeabilità, sovrastante quello costituito dai depositi alluvionali, che si trovano ad una profondità massima di 30-35 metri presso la costa. In alcune zone, dove non ci sono né il conglomerato di tetto delle ghiaie continentali né i livelli limosi, c'è un unico acquifero monostrato potente sicuramente oltre 100 metri (ovviamente con variazioni di permeabilità dovuta alla granulometria).

Le sabbie marine rappresentano l'acquifero sfruttato soprattutto da pozzi ad uso agricolo o domestico.

2.4 PRINCIPALI CRITICITA' IDROGEOLOGICHE

2.4.1 Intrusione del cuneo salino

La salinizzazione, intesa come alta concentrazione di cloruri principalmente di sodio, delle acque di falda nelle zone costiere è un fenomeno che interessa molte zone del mondo. In Toscana, praticamente tutte le pianure costiere sono interessate, in misura diversa, dall'intrusione salina (Giardi *et al.*, 1983; Bencini *et al.*, 1986; Ghezzi *et al.*, 1995; Pranzini, 2002; 2004). Nella costa del Comune di Massa è in atto un processo di intrusione marina con risalita dell'interfaccia acqua dolce - acqua salata ma la situazione non sembra essere grave come nella vicina Versilia.

Il problema della salinizzazione è grave non solo perché rende inutilizzabile l'acqua di falda per gli usi potabili, salvo costosi impianti di desalinizzazione, ma anche perché l'acqua salata pone ostacoli all'agricoltura, imponendo la sostituzione di certe colture pregiate con altre meno remunerative ma più resistenti alla salinità. Inoltre l'uso di acqua salata per l'irrigazione peggiora gravemente i suoli, arrivando, in condizioni estreme, a creare dei crostoni salati.

La causa prima della salinizzazione delle falde costiere è l'intrusione e la diffusione di acqua dal mare, fenomeno naturale, fino a certi limiti, ma notevolmente accentuato dall'eccessivo, o comunque scorretto, pompaggio in prossimità della linea di riva. Infatti gli emungimenti spinti nelle zone costiere contribuiscono a ridurre la pressione dell'acqua dolce e come conseguenza si ha l'abbassamento del livello freatico e il rialzo dell'interfaccia acqua dolce - acqua salata.

L'equilibrio fra le acque dolci e quelle marine è regolato dalla differenza di densità fra l'acqua dolce (poco più di 1 g/cm³) e quella marina (in media 1,025 g/cm³): questa differenza fa sì che, in prossimità delle coste e in condizioni non influenzate, l'acqua dolce di falda si versi in mare mentre l'acqua salata tende a scivolarle al di sotto verso l'interno.

La legge che regola la posizione dell'interfaccia acqua dolce - acqua salata nel sottosuolo, nel caso di una falda libera (legge di Ghyben ed Herzberg), conseguente alla diversa salinità delle due acque, è la seguente:

$$h_s = 40 H$$

dove h_s è la profondità dell'interfaccia rispetto al livello marino e H la quota del livello freatico (fig. 4).

E' evidente, quindi, che la profondità dell'interfaccia acqua dolce - acqua salata dipende dall'altezza del livello piezometrico rispetto al livello del mare.

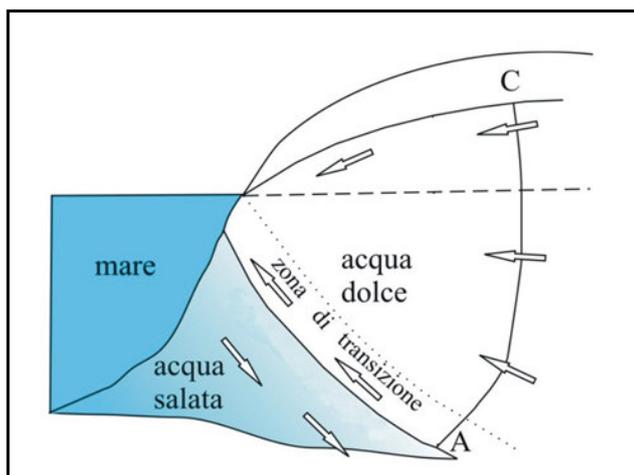


Fig. 4 - L'intrusione di acqua marina.

2.4.1.1 Cenni sugli studi dell'intrusione salina effettuati nel Comune di Massa

Lo "Studio idrogeologico del Bacino Regionale Toscana Nord" del Prof. G. Pranzini (2004) fornisce un quadro conoscitivo approfondito relativamente agli acquiferi presenti nel Comune di Massa.

I dati chimici presi in esame dall'autore si riferiscono ad alcuni campionamenti effettuati nel decennio 1989-1999. La rete di campionamento, costituita da 139 pozzi, è mostrata in figura 5; essa risulta fitta ed omogenea su tutta la pianura. I pozzi sono ubicati nell'acquifero freatico con profondità che variano dai 7 ai 28 metri. Altri 150 campioni sono stati raccolti nel 1999, in concomitanza con le misure del livello piezometrico, ed analizzati per esaminare la concentrazione dei cloruri.

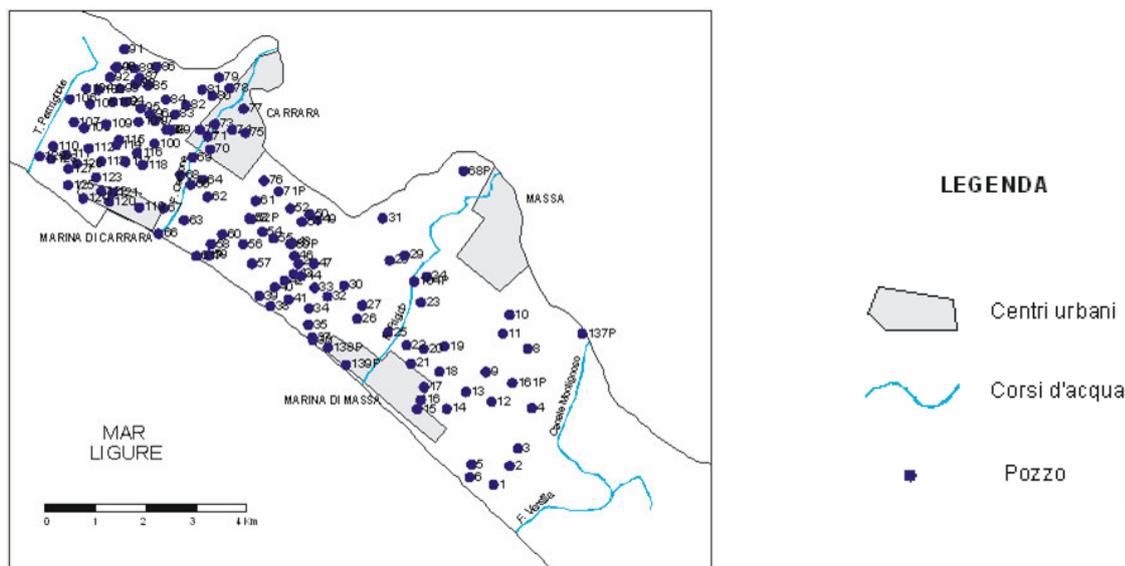


Fig. 5 - Carta di ubicazione dei punti di campionamento.

Le acque analizzate nella pianura del Comune di Massa presentano diversi tipi di facies idrochimica: Ca-HCO₃, Na-Cl, Ca mix B, Ca-SO₄, Ca mix S, sostanzialmente facenti capo a tre distinte famiglie idrochimiche: un'acqua Bicarbonato-Calcica predominante, un termine Clorurato-Sodico ed infine un terzo tipo caratterizzato da alte concentrazioni di solfato, calcio e magnesio (facies Solfato-Calcica) (fig. 6).

L'esistenza di acque Clorurate-Sodiche sono messe dall'autore in relazione con il fenomeno dell'intrusione salina; dallo studio si evince, lungo la linea di costa, la presenza di una concentrazione di cloruri molto alta nella zona della Partaccia e a Marina di Massa. Tale concentrazione è dovuta ad un processo in atto di intrusione marina che determina una risalita dell'interfaccia acqua dolce - acqua salata in queste due zone.

L'origine dell'acqua Bicarbonato-Calcica è naturale secondo l'autore ed è dovuta alla circolazione in rocce carbonatiche; tale facies prevale inoltre nella fascia interna ed intermedia della pianura.

Lo studio rileva, inoltre, acque solfato alcalino-terrose (SO₄ - Ca,Mg), la cui origine, secondo Pranzini, può essere naturale (circolazione nei calcari cavernosi) oppure antropica (inquinamento legato ad aree industriali).

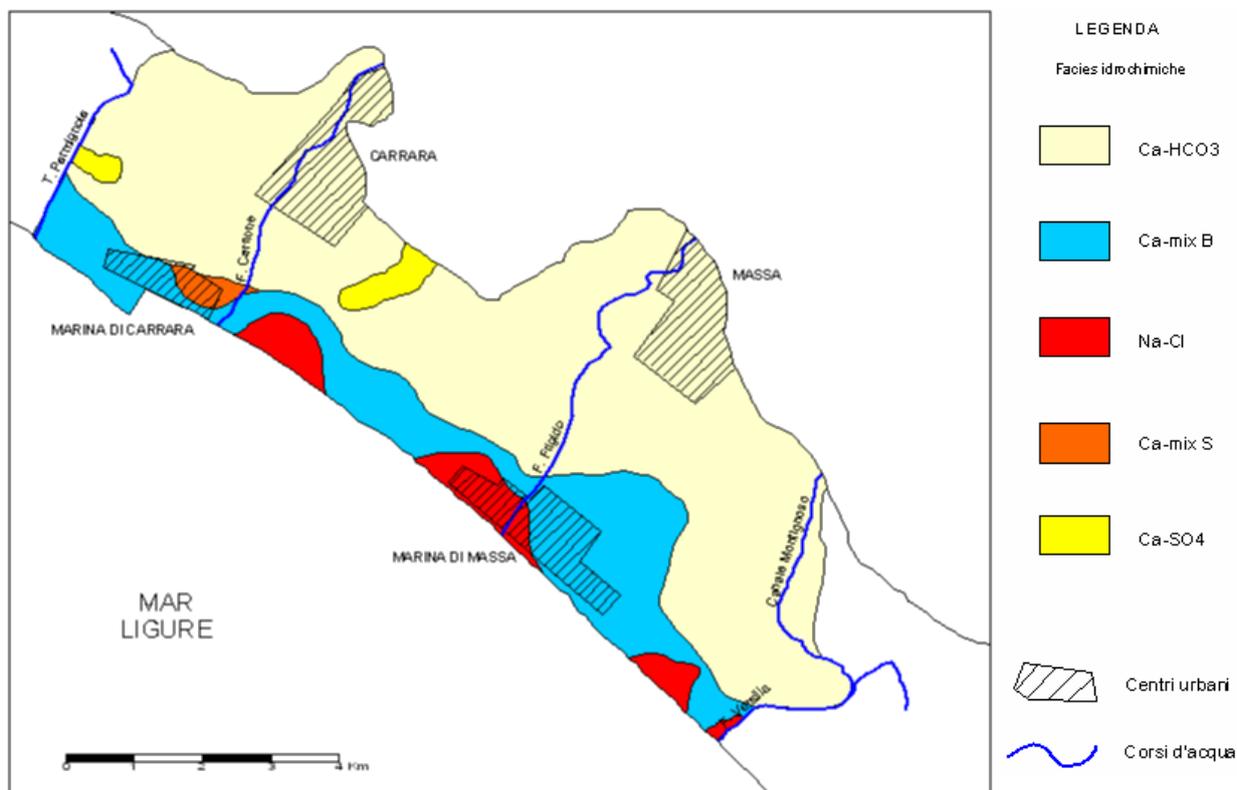


Fig. 6 - Carta delle facies idrochimiche nelle acque di falda della Riviera Apuana.

Per osservare le variazioni della salinità delle acque sotterranee della pianura, Pranzini ha effettuato anche delle misure della conducibilità elettrica specifica.

Le misure di conducibilità rappresentano un mezzo assai utile nelle indagini idrogeologiche, perché permettono di rilevare, in maniera assai più rapida delle analisi chimiche, la distribuzione della salinità dell'acqua in una certa area.

Infatti la conducibilità elettrica dell'acqua, con buona approssimazione, corrisponde alla salinità ed è, più precisamente, la misura della capacità di una soluzione acquosa di condurre una corrente elettrica mediante movimento ionico. L'acqua pura è un cattivo conduttore di elettricità; sono le impurità come i sali disciolti che rendono l'acqua capace di condurre elettricità, quindi maggiori sono le impurità contenute e maggiore è la conducibilità elettrica. Valori superiori a 1.200-1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicano già una salinizzazione delle acque sotterranee.

Dal monitoraggio della conducibilità elettrica emerge che nella zona fociva del Fosso Lavello e del Fosso Brugiano si hanno valori di 3.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ causati secondo Pranzini dall'ingressione marina.

Il fenomeno dell'ingressione marina nel Comune di Massa è comunque noto da quasi un ventennio. Infatti già nel 1991, come risulta dallo studio "Piano di tutela ed uso delle risorse idriche del Comune di Massa" redatto dai geologi Morabito, Baldini, Santi, Turba, Amorfini e dal Prof. Raggi, si evidenziava una intrusione salina più modesta lungo una fascia litoranea che si estendeva per 400-500 m verso l'interno.

Nello specifico, questo studio ha previsto una campagna di indagine geofisica mediante sondaggi elettrici verticali per verificare la configurazione locale dell'interfaccia acqua dolce - acqua salata nel sottosuolo dell'acquedotto "Le Polle". Da questo lavoro è emerso che il tetto dell'acqua salata si approfondiva progressivamente dalla costa verso l'interno, per un primo tratto con un alto gradiente e quindi con pendenza più lieve ed uniforme raggiungendo profondità di poco superiori ai 110 m nella zona del campo pozzi.

2.4.2 Inquinamento idrico

I principali fenomeni di inquinamento idrico presenti nel territorio del Comune di Massa, oltre a quello già ampiamente descritto della salinizzazione delle acque sotterranee, sono così riassumibili:

- inquinamento chimico della falda freatica localizzato principalmente in destra idrografica del Fiume Frigido in corrispondenza della Zona Industriale Apuana; si tratta di un inquinamento "storico" legato alle produzioni chimiche e meccaniche appartenenti all'ex polo chimico insediatosi nel Comune di Massa a partire dal 1938.

Le acque di falda presentano superamenti per lo più localizzati dovuti principalmente alla presenza di solventi clorurati, ammoniaca, metalli e talvolta fitofarmaci;

- inquinamento batteriologico presente lungo alcuni fossi e canali della costa (es. Fosso Magliano); tale inquinamento risulta spesso dovuto alla presenza di scarichi civili abusivi;
- inquinamento sia chimico che batteriologico presente in alcune aste idriche (Fiume Frigido, Torrente Ricortola, Fosso Lavello); tale inquinamento è imputabile sia alla presenza di depuratori di scarichi civili lungo le aste (per il Fosso Lavello e per il Fiume Frigido) che agli scarichi reflui industriali;
- inquinamento “occasionale” per solidi sospesi (marmettola) a danno del Fiume Frigido, Torrente Renara ed alcuni torrenti montani secondari dovuto all’escavazione ed alla lavorazione del marmo;
- inquinamento chimico diffuso nella zona di pianura dovuto alla forte pressione antropica e alla mancanza o all’inadeguatezza della rete fognaria esistente (alcune zone del Comune di Massa sono tuttora sprovviste della fognatura nera e alcune zone presentano fosse settiche vecchie e obsolete); uno studio Arpat del Maggio 2001 ha messo in evidenza che le acque della pianura mostrano “alcuni problemi di inquinamento localizzato, non legato ad attività industriali, ma essenzialmente alla salinizzazione (conducibilità e cloruri nella fascia litoranea) e a scarichi civili (ammoniaca e tensioattivi), nonché a manganese e ferro; non è stata riscontrata alcuna contaminazione da fenoli, cianuri, solventi aromatici, pesticidi, idrocarburi totali, idrocarburi policiclici aromatici.”;
- inquinamento delle acque di balneazione in corrispondenza delle zone foci. Tale tipo di inquinamento (per lo più batteriologico) deriva spesso dalla sommatoria di più fattori, il principale è quasi sempre legato alla presenza di scarichi civili.

2.4.2.1 Criticità del Fiume Frigido

Il Fiume Frigido presenta sostanzialmente tre criticità: qualità delle acque, deterioramento della funzionalità ecologica conseguente all’alterazione morfologica dell’alveo e delle adiacenti fasce terrestri e quantità delle acque nel periodo estivo.

Lungo il corso del F. Frigido sono presenti segherie e laboratori (n°51) i cui scarichi di lastre e polveri di marmo, fino a pochi anni fa, erano stati causa dell’innalzamento dell’alveo. Inoltre i fanghi di segazione del marmo (marmettola), riversati per decenni nel F. Frigido, occludendo gli interstizi fra i ciottoli, avevano distrutto la varietà dei microambienti e le stesse possibilità di insediamento degli organismi acquatici.

Permangono problemi di qualità delle acque le cui cause sono essenzialmente legate allo scarico fognario che s’immette nel F. Frigido sotto il ponte di via Carducci e allo scarico del depuratore le Querce, impianto obsoleto ed inadeguato.

2.4.3 Disseccamento estivo del Fiume Frigido

A partire dall'estate del 1997, a seguito della bonifica dell'alveo dalla marmettola (eseguita con l'operazione cosiddetta "Fiumi puliti"), si è manifestato il problema del *disseccamento estivo* del F. Frigido a valle di Massa, talora accompagnato da morie ittiche. Se è innegabile che nella comparsa di tale fenomeno abbia avuto un ruolo rilevante la riacquistata permeabilità del substrato, sarebbe semplicistico considerare il disseccamento dell'alveo un fatto ineluttabile. Il fenomeno, anzi, ha portato allo scoperto una gestione delle risorse idriche orientata a prelievi e agli utilizzi umani delle acque senza tenere in debito conto le esigenze idriche vitali degli organismi acquatici. Le strategie per ridurre l'impatto drammatico indotto sull'ecosistema fluviale dai prelievi possono orientarsi su due direzioni principali: riduzione dei prelievi e restituzione delle acque usate. Ai fini del risparmio idrico è opportuno approntare iniziative per ridurre i consumi domestici, quelli industriali e quelli irrigui orientandosi ovunque possibile verso il riutilizzo di acque usate. La seconda direzione d'intervento, tenuto conto che la depurazione degli scarichi avviene negli impianti centralizzati delle Querce, Lavello ed ex-Cersam, consiste nella restituzione al F. Frigido delle acque (depurate) prese in prestito dal bacino.

Gli interventi di depurazione degli scarichi, pur necessari per migliorare la qualità delle acque e la qualità biologica, sono comunque insufficienti per restituire al fiume un livello accettabile di funzionalità ecologica.

Il raddoppio del depuratore in area ex-Cersam e la prevista dismissione del depuratore delle Querce "dovrebbero" far intravedere un sostanziale miglioramento delle acque del F. Frigido.

2.5 PRINCIPALI CRITICITA' RELATIVE ALLA DINAMICA COSTIERA

2.5.1 Erosione costiera

Il litorale del Comune di Massa, della lunghezza di 8,5 Km è stato oggetto di un accentuato fenomeno erosivo fin dagli anni '30.

Le tendenze evolutive di lungo termine del litorale massese sono state studiate negli ultimi anni dall'Università di Firenze nell'ambito delle ricerche che hanno interessato l'unità fisiografica Livorno - Bocca di Magra, per la quale è stata ricostruita l'evoluzione della linea di riva dal 1938 al 1997/98 (fig. 7). Per mettere in luce i fenomeni in atto nel segmento più settentrionale dell'unità fisiografica, quello appunto coincidente con la costa sabbiosa del Comune di Massa, è necessario evidenziare le continuità morfologiche e i rapporti con i segmenti adiacenti e, dunque, inquadrare la situazione in un contesto più ampio.

La figura 7 mostra come il tratto di costa posto fra il porto di Marina di Carrara e la foce del Fosso Magliano presenti un comportamento opposto a quello tenuto dai due settori adiacenti: mentre il nostro risulta in arretramento, con valori che localmente superano i 100 m, quello posto a nord e quello posto a sud sono mediamente in progradazione, per valori modestissimi il primo e per valori rilevanti il secondo.

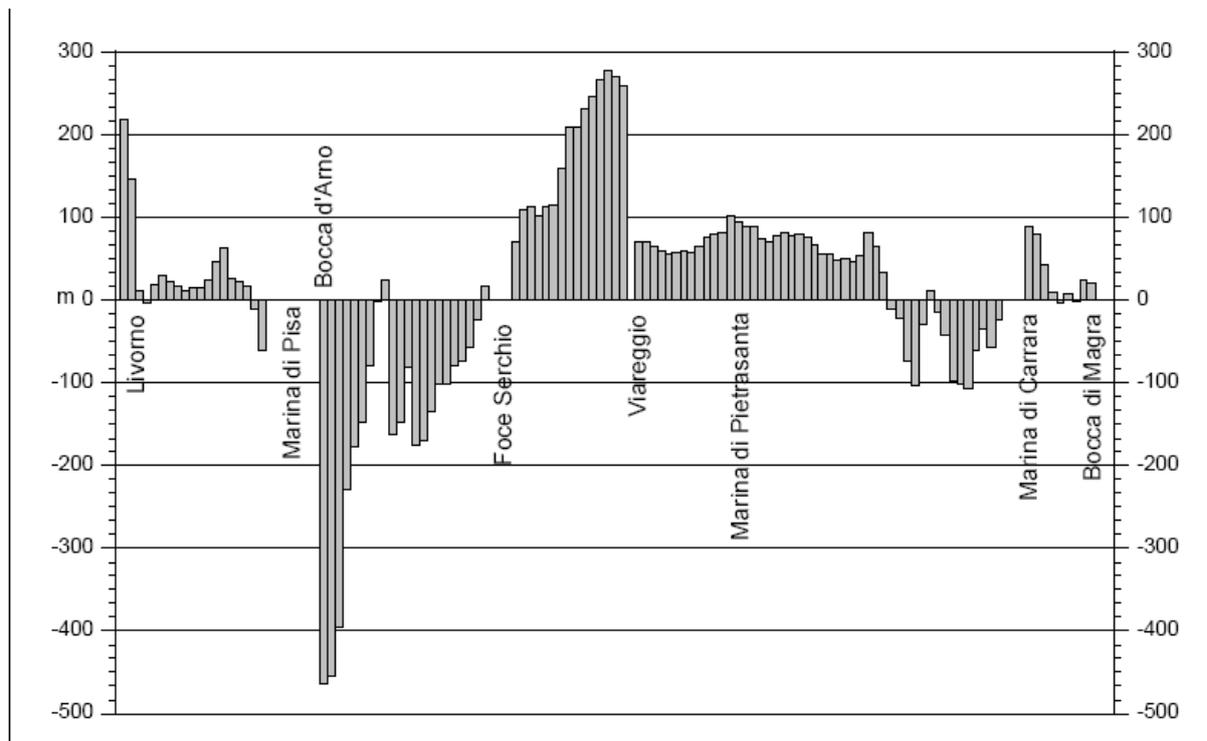


Fig. 7 - Spostamento medio della linea di riva fra il 1938 e il 1997/98 nell'unità fisiografica Livorno - Bocca di Magra (settori ampi 500 m).

Il flusso dei sedimenti lungo la costa è stato studiato sia su base morfologica e granulometrica (Aiello *et al.*, 1976) che su base petrografica (Gandolfi e Paganelli, 1975) e tutti gli studi concordano sull'esistenza di un drift prevalentemente diretto verso sud da Bocca di Magra a Forte dei Marmi e di uno diretto verso nord da Bocca d'Arno a Marina di Pietrasanta (fig. 8).

La storia evolutiva del tratto settentrionale indica che l'accumulo è oggi stabilizzato dalla presenza del porto e che tutto il settore non riceve più che una modesta alimentazione da parte del Fiume Magra. Nel tratto meridionale, fino a Viareggio, l'alimentazione è garantita a nord dall'erosione del segmento settentrionale e a sud, oltre Marina di Pietrasanta, dal flusso sedimentario meridionale che riesce a superare il porto di Viareggio. L'effetto di questa struttura sulla dinamica sedimentaria è comunque impressionante, come mostra l'avanzamento della spiaggia di levante di quasi 300 m.

Da questo quadro sintetico appare evidente che il futuro delle spiagge del Comune di Massa è legato all'alimentazione fornita dal Fiume Magra e dalla possibilità di superamento del porto di Marina di Carrara (Cipriani *et al.*, 2001).

L'arenile massese, avendo una disposizione SE-NW, è esposto direttamente ai venti di Libeccio ed ha una ampiezza di circa 200 m (calcolata fra la linea di riva e la strada litoranea), spazio occupato quasi per metà dagli stabilimenti balneari. Il sistema dunare è stato quasi completamente smantellato per fare spazio alla viabilità costiera e al tessuto urbano, che conserva al suo interno sporadiche tracce di questa antica morfologia (Pranzini, 2004).

Il moto ondoso, al largo, è stato ricostruito sulla base dei dati KNMI relativi al periodo 1961-1990 ed è caratterizzato da una direzione di provenienza delle mareggiate maggiori da 240°-270°, mentre gli eventi estremi ($H_s > 6$ m) provengono da un settore limitato centrato sui 245° (Cipriani *et al.*, 2001).

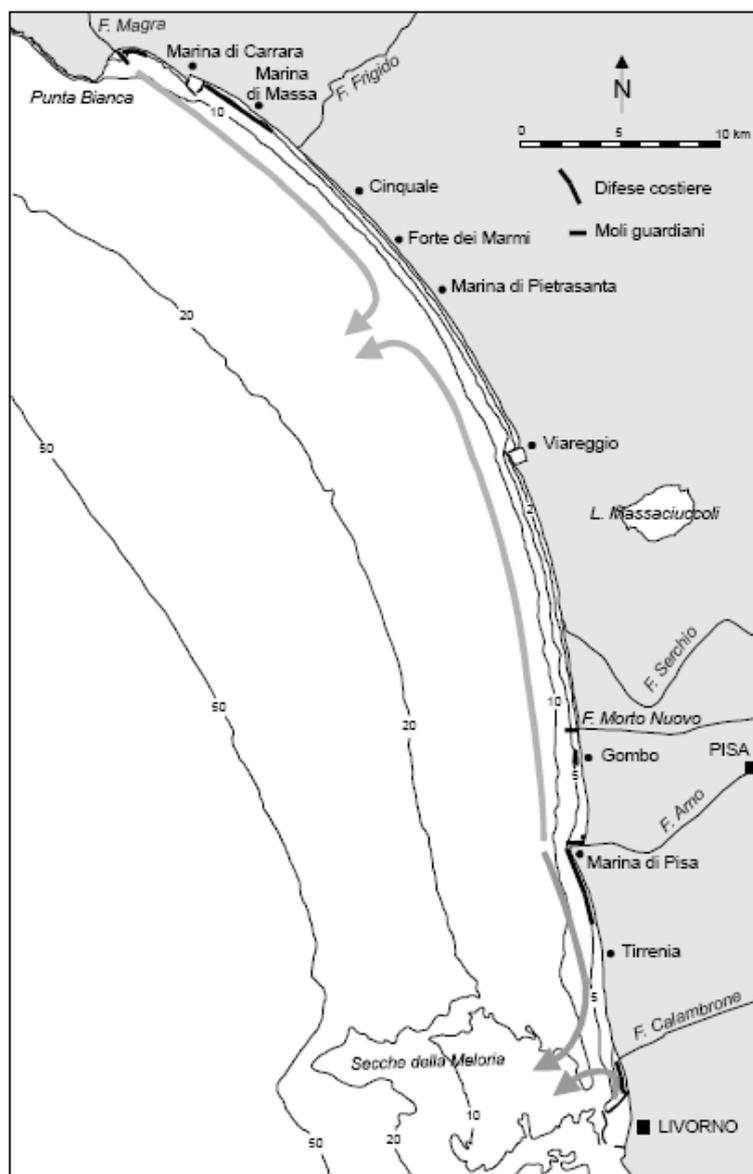


Fig. 8 - Direzione del trasporto litoraneo tra Livorno e Bocca di Massa.

2.5.2 Evoluzione della linea di riva del Comune di Massa

Nell’ambito del progetto “Attuazione del programma di interventi prioritari di recupero e riequilibrio del litorale dei Comuni di Massa e Montignoso: tratto compreso tra il porto di Carrara e la foce del T. Versilia” redatto dalla Provincia di Massa Carrara è stato eseguito uno studio sull’evoluzione della linea di riva dal Prof. E. Pranzini. L’autore suddivide il litorale del Comune di Massa in due tratti: il tratto compreso dal F. Lavello fino alla foce del F. Magliano e il tratto dal F. Magliano alla foce del F. Versilia.

2.5.2.1 Tratto dal Fosso Lavello fino alla foce del Fosso Magliano

Dopo il rilievo del Febbraio 1997, effettuato per lo studio promosso dalla Regione Toscana, sul tratto di litorale che si estende tra la foce del Fosso Lavello e la foce del Fosso Magliano è stata effettuata una sola campagna completa di rilievi, nel Giugno

2004, commissionata dalla Provincia di Massa Carrara nell'ambito degli studi finalizzati alla progettazione delle nuove opere di difesa.

Per meglio interpretare i dati che derivano dal confronto fra questi due rilievi Pranzini ha fatto riferimento a quanto accaduto dal 1938 al 1978 e dal 1978 al 1997, dato che in quegli anni fu costruita la gran parte di quelle difese costiere le cui modifiche hanno influenzato l'evoluzione del litorale negli ultimi anni.

Nel tratto immediatamente a sud del Fosso Lavello sono presenti alcune scogliere radenti che formano una piccola darsena ad uso ricovero imbarcazioni. Analoga tipologia è presente nel tratto compreso tra la torre Fiat e la foce del Torrente Ricortola. Anche in questo caso la zona è caratterizzata dalla presenza di una darsena per imbarcazioni oltre una scogliera parallela più prossima a riva ed un ripascimento in ghiaia a protezione della scogliera radente.

Il tratto tra la colonia Torino e la foce del Fiume Frigido è attualmente protetto da 8 pennelli emergenti con una lunghezza compresa fra 120 e 150 m e distanti fra loro mediamente 150 m e da una barriera sommersa che ne unisce le estremità lato mare.

La zona tra la foce del Fiume Frigido e la foce del Fosso Magliano è attualmente protetto da 4 pennelli emergenti con una lunghezza compresa fra 100 e 130 m e distanti fra loro mediamente 150 m e da una barriera sommersa che ne unisce le estremità lato mare. La gran parte dei pennelli fu realizzata nel periodo 1980-1983 ma il tratto a nord è stato completato nel 2004 con l'ultimo pennello e con una scogliera parallela sommersa fino a raccordarsi con le protezioni con barriere parallele. L'erosione che raggiunge i settori meridionali, e che si allarga al tratto di costa posto a sud del Fosso Magliano, è in parte il risultato dell'efficacia delle difese settentrionali che riducono l'input sedimentario precedentemente garantito dall'erosione di questi settori costieri.

Per il calcolo dell'evoluzione della linea di riva i settori, in cui è stato suddiviso questo tratto, sono 29 (dal n. 11 al n. 40) partendo dalla foce del Fosso Lavello fino alla foce del Fosso Magliano (fig. 9).

Nel primo periodo analizzato (1938-1978) quasi tutto il litorale, secondo l'autore, risulta in erosione, fatta eccezione per il settore più meridionale nel quale il processo erosivo, che procede da nord verso sud, non si era ancora fatto sentire.

Nella zona della "Partaccia" (settori 11-17) si registra un tasso di spostamento della linea di riva variabile da -0,7 a -2,5 m/anno senza un particolare trend, mentre nel tratto di costa compreso tra la colonia Ugo Pisa e la Colonia Torino (settori 19-24) si registra un tasso erosivo piuttosto costante e compreso tra -2,2 e -2,88 m/anno. L'erosione più forte, secondo Pranzini, si ha fra il settore 26 ed il settore 30 (-2,55/-3,10 m/anno). Dal settore 31 l'erosione inizia ad essere meno intensa, fino a giungere all'estremità meridionale di questo tratto in cui vi è una relativa stabilità.

E' opportuno sottolineare che il periodo qui analizzato comprende gli anni in cui il litorale non aveva ancora un sistema di difesa costiera ben articolato ed anni in cui questo era quasi completo.

Nell'insieme in questi anni alcuni tratti di costa perdono una consistente striscia di spiaggia la cui larghezza fra i settori 19 e 30 supera abbondantemente i 100 metri.

Nel periodo successivo (1978-1997) l'autore registra una pressoché totale inversione delle tendenze evolutive: nella zona della Partaccia vi è un incremento dell'erosione solo nel settore 12, mentre i settori 14, 15 e 16 fanno registrare tassi positivi variabili da +0,5 a +1,3 m/anno; il settore 17 può essere considerato in equilibrio. Tra il settore 19 e il 24 la spiaggia risulta complessivamente stabile. Quella che era la zona maggiormente erosa nel periodo precedente (settori 26-38) nel periodo compreso tra il 1978 e il 1997 fa registrare un netto avanzamento, con tassi compresi tra +0,5 e +2,5, mentre i settori 39 e 40 entrano in erosione con un tasso di 2,12 e 3,35 m/anno rispettivamente.

Tutto ciò è il risultato del completamento delle difese costiere che, attraverso successive modifiche, raggiungono una relativa efficacia pur a discapito della qualità della spiaggia, generalmente costituita da sabbia troppo fine, e dei valori paesaggistici di questa costa.

Negli ultimi anni (1997-2004) Pranzini registra una nuova tendenza all'erosione nei settori 14 e 15 della Partaccia, con tassi erosivi superiori al metro/anno, contemporaneamente nel settore 17 si ha un netto avanzamento (+2,5 m/anno) che può essere collegato ai lavori di sistemazione del pennello presente tra i settori 17 e 18 e della scogliera parallela emersa ad esso collegata.

Una variazione consistente è registrata nel settore 19, quale risposta allo spostamento dell'apertura presente nella scogliera obliqua meridionale ed al versamento di circa 4.000 m³ di materiale misto ghiaioso di dimensioni variabili da 3 a 120 mm; tutto ciò si traduce in un incremento della spiaggia emersa di 6,31 m e in una forte rotazione della linea di riva. Anche il settore n. 20 subisce una forte variazione nell'ultimo periodo (+19,95 m) a seguito del ripascimento effettuato nel 2002 con circa 30.000 m³ di materiale grossolano prelevato dal bacino del Fiume Magra.

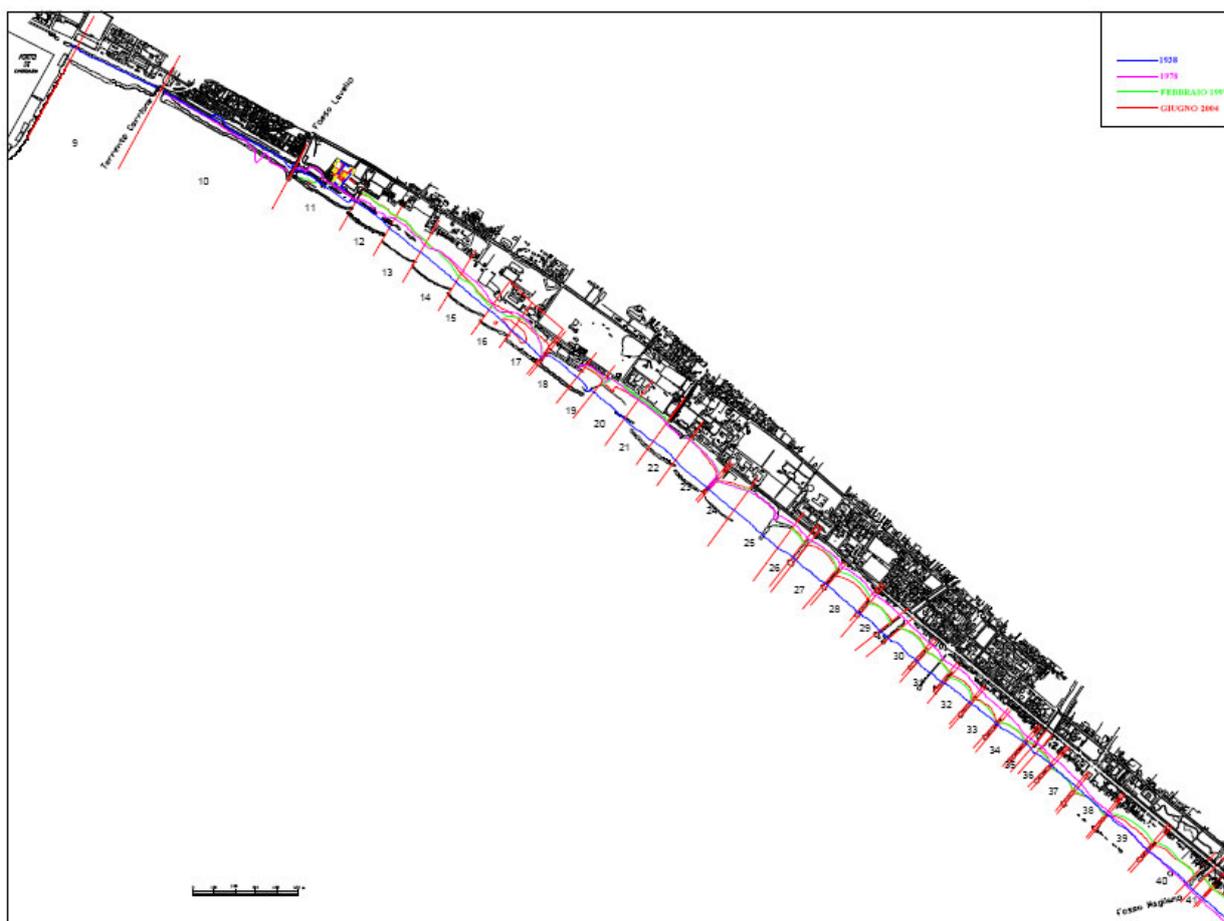


Fig. 9 - Settori nei quali è stato diviso il litorale compreso fra il porto e il Fosso Magliano.

Recenti campagne batimetriche svolte dalla società Geocoste s.n.c. su incarico del Comune di Massa hanno evidenziato che tra il 2004 e il 2007 nella zona tra la foce del Fosso Lavello e la foce del Fosso Brugiano si ha un arretramento della linea di riva mentre tra la foce del Fosso Brugiano e il Fosso Magliano si ha una condizione di equilibrio ed in alcuni settori una leggera progradazione della spiaggia.

2.5.2.2 Tratto dalla foce del Fosso Magliano alla foce del Fiume Versilia

Il tratto di litorale che si estende tra la foce del Fosso Magliano e la foce del Fiume Versilia è attualmente protetto da 4 setti sommersi formati da sacchi di sabbia ed è stato oggetto di numerosi rilievi di monitoraggio effettuati prima dalla Regione Toscana e poi dal Comune di Massa per valutare l'efficacia dei setti sommersi costruiti dopo il 1999.

Per il calcolo dell'evoluzione della linea di riva Pranzini suddivide questo tratto in 12 settori (41 a 52) partendo dalla foce del Fosso Magliano (fig. 10). Per la lettura dei processi che li hanno interessati l'autore fa riferimento all'evoluzione di lungo periodo dedotta dal confronto fra i rilievi del 1938, del 1978 e del 1997; questi forniscono il quadro dell'evoluzione di questo litorale prima della costruzione dei setti, mentre la linea di riva del 2003 consente la valutazione della loro efficacia.

Tra il 1938 ed il 1978 Pranzini registra un avanzamento in tutto il tratto considerato, con tassi crescenti procedendo da nord verso sud, dove i settori meridionali hanno fatto registrare avanzamenti prossimi ai 2 m/anno. Questa tendenza è stata interpretata come il risultato della sovrapposizione di due processi: un primo accumulo seguito poi dall'erosione. Dato che l'erosione progredisce verso sud, per i settori settentrionali i tassi registrati sono la media fra valori positivi del primo periodo e valori decisamente negativi del secondo.

Tra il 1978 ed il 1997 tutto il tratto di costa interessato è ormai entrato in una fase di intensa erosione, che immediatamente a levante della foce del Fosso Magliano (settori 41-44) fa registrare tassi di arretramento vicini ai 5 m/anno; spostandosi verso il Fosso Poveromo i tassi erosivi si attenuano fino a ridursi a 2 m/anno in corrispondenza del settore 56.

Tra il 1997 ed il 2003, dopo la costruzione dei 4 setti sommersi e il ripascimento artificiale per un totale di circa 35.000 m³, tutta la zona torna a far registrare tassi di avanzamento: tra i settori 44 e 51 è evidenziata la maggiore progradazione della spiaggia, con tassi superiori ai +2 m/anno. L'autore afferma che fra il Febbraio 1999 e l'Aprile 2005 il tratto compreso fra il Fosso Magliano e il Fosso Poveromo risulta in progradazione, con una espansione della spiaggia emersa di circa 12.260 m², pari ad un avanzamento medio della linea di riva di 9,37 m.

Secondo le recenti campagne batimetriche svolte dalla società Geocoste s.n.c. su incarico del Comune di Massa risulta che tra il 2005 e il 2007 tutto il tratto di costa rientra in una intensa fase erosiva con conseguente arretramento della linea di riva.

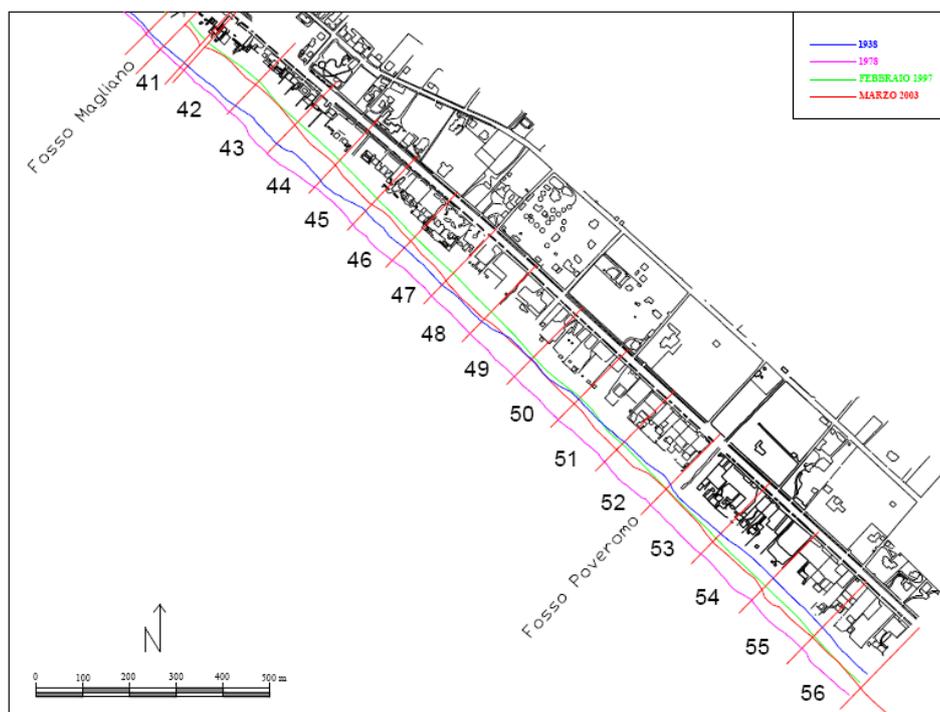


Fig. 10 - Settori in cui è stato diviso il tratto di litorale compreso fra il Fosso Magliano e il Fiume Versilia per l'analisi dell'evoluzione della linea di riva.

2.6 EVIDENZE GEOMORFOLOGICHE IN PROSSIMITA' DELLA LINEA DI COSTA

2.6.1 Ripa marina

Come già segnalato in precedenza un elemento geomorfologico particolarmente significativo per l'area di studio è rappresentato senz'altro dalla ripa marina che costituisce una paleolinea di massima ingressione olocenica. Tale ripa, descritta per la prima volta dal Sestini nel 1950, è da attribuirsi ad una azione erosiva del mare che nel corso dell'Olocene, in un periodo coincidente con l'optimum climatico postglaciale, ha determinato lo scalzamento dell'unghia dell'imponente conoide di deiezione originato dal Fiume Frigido (fig. 11).

Questo lineamento morfologico rappresenta pertanto la porzione superiore di una paleofalesia al cui piede dovrebbe essere posta l'effettiva linea di riva della massima ingressione del mare olocenico (datata 5.000 anni a.C.) succeduta ad una fase di massima espansione delle alluvioni ciottolose trasportate dal Fiume Frigido. La ripa marina costituisce un "geotopo" di interesse provinciale secondo quanto enunciato dall'art. 19 comma 7 delle "Norme per il governo del territorio" del P.T.C. (Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Massa Carrara; Variante di adeguamento e conformità al P.I.T. del 2005) approvato con D.C.P. n°9 del 13/04/2005. Secondo il P.T.C. la ripa marina costituisce quindi un elemento da sottoporre a tutela e valorizzazione in quanto costituisce un "bene ambientale di natura geologica e una risorsa non rinnovabile che presenta le caratteristiche di rarità e condizione (riferite sia al processo di formazione che al significato scientifico), diversità, rappresentatività, valore storico e scientifico, vulnerabilità, valore scenico, per il suggestivo risalto nel contesto paesaggistico, importanza alle diverse scale territoriali, accessibilità per il valore educativo".

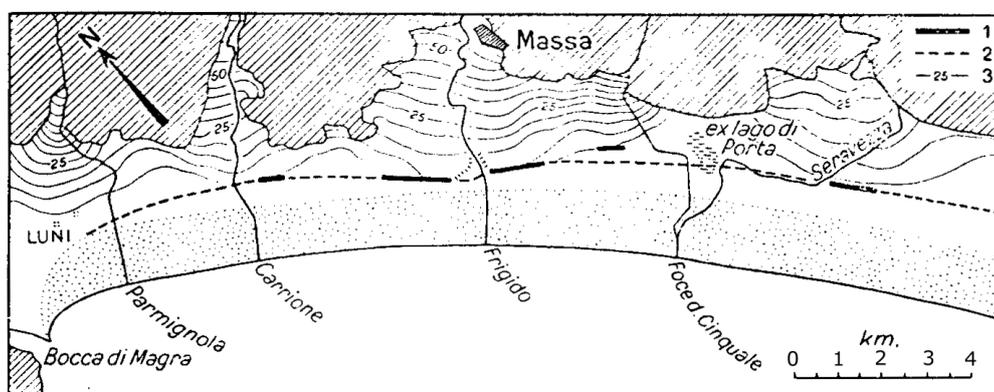


Fig. 11 - Pianura costiera apuana (da Sestini, 1950). - 1. Tratti di ripa visibili. - 2. Probabile posizione della linea di costa durante l'ultima trasgressione. - 3. Curve di livello con equidistanza di 5m (solo sui coni di deiezione). La punteggiatura indica la zona sabbiosa, il tratteggio distingue le formazioni montane delle Apuane.

2.6.2 Sistemi dunali

Vi sono poi delle aree, comprese nella fascia depressa intermedia, che conservano ancora i caratteri di “*zone umide*” ed in particolare se ne osserva una, ubicata in sinistra idrografica del Torrente Ricortola in cui si possono osservare i caratteri tipici dell’ambiente di acquitrino essendo ricoperta da una fitta vegetazione di tipo igrofilo.

Nella fascia litoranea, un tempo caratterizzata da cordoni dunari descritti dal Sestini, oggi quasi completamente smantellati dall’intensa urbanizzazione dell’area, è possibile osservare resti di cordoni dunari nell’area urbanizzata di Marina di Massa, a circa 350 m dall’attuale linea di riva e lungo la fascia a mare in località Poveromo. In tale zona, a monte della viabilità lungomare, è infatti presente una fascia allungata, parallela al mare, legata ad un “*sistema dunale recente*” ben riconoscibile ed apprezzabile sino a fine anni ‘50. Lungo tale fascia sono tuttora visibili zone umide residuali in località denominata “Buca degli Sforza”, sede fino agli anni sessanta di un laghetto retrodunale oggi occupato da una discarica, presso l’incrocio tra Via Livorno e Via Verdi e in località detta “La Bandita” in sinistra idrografica del Fosso Magliano. In tali zone, oggi pesantemente oblitrate dalla presenza antropica, è possibile osservare chiari d’acqua con i caratteri tipici dell’ambiente di acquitrino essendo ricoperti da una fitta vegetazione di tipo igrofilo.

Di alcune emergenze naturalistiche presenti in tale fascia costiera si è interessato di recente il “Piano di Azione Locale” di Agenda 21 della Provincia di Massa Carrara che ha indicato una serie di progetti di riqualificazione ambientale (esempio zona della “Buca degli Sforza”) da attuarsi mediante gli enunciati dell’azione n°18 “Azioni di tutela, salvaguardia e valorizzazione delle aree della fascia costiera ancora di interesse ambientalistico”.

3. ANALISI ED APPROFONDIMENTI DEL P.S.

Di seguito si è provveduto alla descrizione della cartografia di base prodotta nel presente studio che di fatto costituisce l'elemento essenziale del nuovo quadro conoscitivo geologico del Comune di Massa. Le tavole raccolgono pertanto tutti gli approfondimenti, eseguiti nello studio, ritenuti necessari per dare completezza, integrare ed aggiornare le conoscenze sugli aspetti geologici, strutturali, sismici, geomorfologici, idraulici, caratterizzanti l'intero territorio comunale.

L'analisi dei principali aspetti geologici è stata rappresentata alla scala 1:5.000 (carta geologica, geomorfologica e litotecnica descrittiva), alcuni elaborati sono stati rappresentati alla scala 1:10.000 (carta idrogeologica, carta idrologica con reticolo tombato, carta delle pendenze, carta dei sondaggi e dati di base, carta dei vincoli e delle salvaguardie sovracomunali, carta delle aree inondabili, carta della dinamica costiera) mentre per le principali frazioni montane si è ritenuto opportuno approfondire e rappresentare le diverse realtà geomorfologiche incontrate alla scala di maggior dettaglio disponibile rappresentata dalla recente CTR 1:2.000.

3.1 LA CARTA GEOLOGICA

Tale carta è stata elaborata sulla base dei dati vettoriali derivanti dalla banca dati del Servizio Geologico Regionale, frutto del lavoro accademico svolto dal Centro di Geotecnologie (C.G.T.) dell'ateneo di Siena. La carta, rappresentata in scala 1:5.000, è strutturata in 13 tavole che ricoprono interamente il territorio comunale.

L'elaborazione di questa carta si è svolta anche attraverso le seguenti fasi:

- raccolta dei dati bibliografici esistenti nella letteratura geologica e in precedenti indagini comunali;
- schedatura dei punti di indagine con relativa georeferenziazione in base al sistema di riferimento Gauss-Boaga;
- rilevamento di campagna, su cartografia aerofotogrammetrica comunale;
- interpretazione di fotografie aeree;
- interpretazione stratigrafica e geotecnica dei dati raccolti nelle varie campagne geognostiche eseguite sul territorio nel corso di altre indagini. A questo scopo si sono utilizzati dati penetrometrici e sondaggi geognostici realizzati dagli scriventi e quelli fatti eseguire sia dal Comune di Massa, sia da altri Enti (Salt, Provincia, ecc.), sia da privati per il rilascio di concessioni edilizie o quant'altro.

In particolare nella zona di pianura si è pervenuti alla redazione di una nuova cartografia geologica derivata dal rilevamento di superficie operato in occasione di numerosi scavi e dall'analisi di una corposa serie di dati stratigrafici. Nella zona

collinare e montana sono state invece riportate tutte le coperture detritiche s.l. rilevate in campagna cartografate nello specifico nella carta geomorfologica.

La carta riporta anche i principali elementi strutturali quali faglie, sovrascorrimenti, pieghe, giacitura degli strati.

Per quanto riguarda le sezioni geologiche, va segnalata la mancanza, nella banca dati del Servizio Geologico Regionale di sezioni opportunamente distribuite ed orientate sul territorio comunale eccetto per brevi tratti perlopiù montani. Sezioni geologiche ben distribuite, sono invece contenute nello studio del Comune di Massa “Piano di tutela ed uso delle risorse idriche del Comune di Massa” del 1991 redatto dai geologi Morabito, Baldini, Santi, Turba, Amorini e dal Prof. Raggi, al quale si rimanda per un’analisi qualitativa delle sezioni stesse. Si ritiene comunque necessario prevedere, nel corso degli studi da predisporre per il Regolamento Urbanistico, l’elaborazione di opportune sezioni geologiche a media scala che dovranno essere utilizzate anche per la individuazione delle Zone a Maggior Pericolosità Sismica Locale (ZMPSL).

Le formazioni geologiche che affiorano nel territorio oggetto di studio appartengono a più unità tettonico-stratigrafiche (fig. 12).

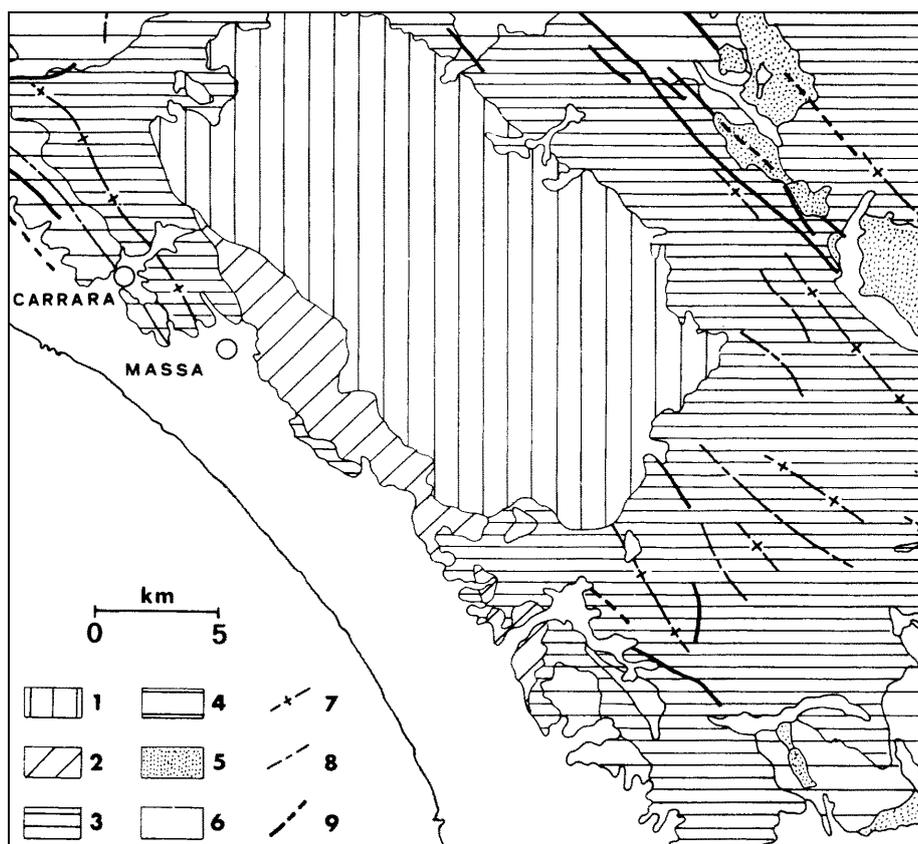


Fig. 12 - Schema geologico-strutturale delle Alpi Apuane. 1) Unità delle Apuane 2) Unità di Massa 3) Falda Toscana 4) Unità Liguri 5) Depositi plio-quadernari 6) Alluvioni e depositi costieri 7) Assi di anticlinali 8) Assi di sinclinali 9) Faglie principali (da Dallan e Nardi, 1972, modificata).

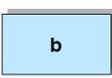
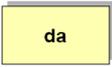
La successione delle formazioni geologiche affioranti, partendo da quelle tettonicamente più alte, è la seguente:

- Depositi Olocenici ed attuali
- Depositi Pleistocenici
- Unità di Ottone (Dominio Ligure)
- Unità di Canetolo (Dominio Subligure)
- Falda Toscana (Dominio Toscano interno)
- Unità di Massa (Dominio Toscano esterno)
- Unità delle Apuane (“Autoctono” Auct.)(Dominio Toscano esterno)

DEPOSITI QUATERNARI

	Coperture detritiche (Cdt). Tali coperture comprendono depositi di versante s.l., frane, detriti incanalati, falde di detrito e i depositi glaciali. Ravaneti (h3).
---	---

DEPOSITI OLOCENICI ED ATTUALI

	Depositi alluvionali attuali (b). Depositi dei letti fluviali attuali, soggetti ad evoluzione attraverso processi fluviali ordinari, composti prevalentemente da ghiaie, ciottoli, sabbie limose e/o limi sabbiosi.
	Sabbie di spiaggia recenti ed attuali (g2a).
	Depositi sabbiosi eolici e di spiaggia (da). Sabbie di ambiente litorale, delle dune e dei tomboli costieri. Sabbie medie e fini che localmente possono presentarsi da debolmente limose a limose con modeste lenti di limo.
	Depositi fini alluvionali eterogenei di ambiente focivo e di stagno retrodunale, legati alla dinamica fluviale (dl). Limi argillo-sabbiosi e/o argille limose prevalenti sovrastanti e/o intercalati a depositi ghiaiosi alluvionali o a depositi sabbiosi di origine marina. Presenza di lenti sottili di argilla spesso associata a frazioni sabbiose ricche di sostanza organica (ex zone costiere depresse retrodunali) e di terreni eterogenei di colmata. Elevata variabilità stratigrafica sia orizzontale che verticale.
	Depositi palustri o di stagno costiero (e3a). Depositi fini costituiti da limi, limi sabbiosi e sabbie limose con abbondante frazione organica quali frustoli carboniosi. Presenza di livelli torbosi e di terreni eterogenei di colmata. Elevata variabilità stratigrafica sia orizzontale che verticale.
	Depositi di conoide pedemontana (dc). Depositi eterogenei costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie nelle zone apicali e limi argillo-sabbiosi nelle zone distali. Presenza di banchi di argilla limosa in spessori da metrici a decametrici (bacini di sedimentazione delle aree pedecollinari). Elevata variabilità stratigrafica sia orizzontale che verticale.
	Depositi alluvionali terrazzati di vario ordine (bna). Depositi sciolti eterometrici di ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa o limo-argillosa e/o depositi sciolti di sabbie, limi e argille.

DEPOSITI PLEISTOCENICI

	Depositi alluvionali terrazzati di vario ordine prevalentemente ghiaiosi (bnb). Depositi sciolti eterometrici di ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa e/o limo argillosa e/o depositi alluvionali cementati (conglomerati) e reinciisi.
---	---

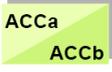
DOMINIO LIGURE

Unità di Ottone

	Flysch ad Elmintoidi di Ottone (OTO). Calcari, calcari marnosi, marne ed argilliti calcaree torbiditiche con intercalazioni di arenarie e siltiti. CRETACICO SUP.-PALEOCENE INF.
---	---

DOMINIO SUBLIGURE

Unità di Canetolo

	<p>Argille e Calcari di Canetolo. Litofacies calcarea (ACCb): Calcari, calcari marnosi, marne ed argilliti calcaree torbiditiche con intercalazione di arenarie e siltiti. Litofacies calcareo argillitica (ACCa): alternanza di argilliti, siltiti e calcari micritici, in strati da sottili a spessi. CRETACICO SUP.-PALEOGENE INF.</p>
---	---

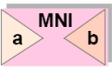
DOMINIO TOSCANO

Falda Toscana

	<p>Macigno (MAC). Arenarie quarzoso-feldspatico-micacee gradate, in strati di potenza variabile, con livelli più sottili di argilliti siltose. OLIGOCENE SUP.-MIOCENE INF.</p>
	<p>Scaglia toscana (STO). Argilliti e argilliti siltose e marnose rossastre, verdastre o grigie, talvolta con sottili intercalazioni di calcilutiti silicee o calcareniti grigie o verdastre; rare radiolariti rosse. CRETACICO-PALEOGENE</p>
	<p>Rosso ammonitico (RSA). Calcari nodulari rosati, rossi o giallastri e calcari stratificati rosa, talvolta con sottili interstrati marnosi. LIAS INF.-MEDIO</p>
	<p>Calcari ad angulati (ANL). Calcari e calcari marnosi grigio scuri, alternati a marne siltose grigie e ad argilliti, alterate in giallo. LIAS</p>
	<p>Calcarea massiccio (MAS). Calcari e calcari dolomitici grossolanamente stratificati e massicci. LIAS INF.</p>
	<p>Calcari e marne a Rhaetavicula contorta (RET). Calcari, calcari dolomitici e dolomie scure con sottili intercalazioni di marne. Generalmente nella parte inferiore prevalgono calcari, calcari dolomitici e dolomie grossolanamente stratificati, cui seguono calcilutiti nere alternate con sottili livelli di marne grigio scure a patina d'alterazione giallastra. RETICO</p>
	<p>Calcarea cavernoso (CCA). Calcari dolomitici e dolomie grigie brecciate e con struttura a "cellette" e dolomie cariate (carniole). TRIAS SUP.</p>

Unità di Massa

Successione triassica

	<p>Filladi sericitiche (SRT). Filladi quarzítico-muscovitiche grigie o grigio-verdi con alternanze centimetriche di filladi scure e filladi quarzítico-muscovitiche chiare. Anageniti (SRTa). Metaconglomerati quarzosi con matrice quarzítico-filladica da grigio verde a violacea. Gli elementi sono costituiti in prevalenza da quarzo rosato e quarziti bianche o rosate. Sono talvolta presenti livelli quarzítico filladici violacei. CARNICO</p>
	<p>Prasiniti (OP). Metabasiti ad albite, clorite, epidoto e quarzo, verdi, grigio-verdi e grigie, talvolta alternate a livelli di filladi e metaconglomerati. LADINICO</p>
	<p>Marmi a crinoidi (MNI). Marmi e marmi a muscovite, bianchi o grigi, con rari livelli dolomitici e abbondanti resti di crinoidi. Brecce marmoree (MNIa). Metabrecce ad elementi marmorei, localmente quarzosi, in matrice filladica muscovitico-cloritica. Dolomie (MNIb). Dolomie massive di colore grigio scuro. (ANISICO SUP.?) – LADINICO</p>
	<p>Filladi nere e quarziti (FNE). Filladi muscovitiche e muscovitico-quarzítiche grigio-scure, spesso grafitiche, localmente con livelli di metarenarie grigie. ANISICO?</p>
	<p>Metaconglomerato basale (MGC). Metaconglomerato a clasti eterometrici per lo più quarzosi, in una matrice cloritico-muscovitica verde o grigio-verde. TRIAS INF.?</p>

Unità delle Apuane

Successione mesozoica e terziaria

SSR	Scisti sericitici (SSR). Filladi muscovitiche verdastre, rosso-violacee e più raramente grigio, con rari e sottili livelli di filladi carbonatiche, marmi a clorite e metaradiolariti rosse. CRETACICO INF.-OLIGOCENE
ENT	Calcarei selciferi a Entrochi (ENT). Metacalcilutiti grigio chiare e color avorio, ben stratificate, con liste e noduli di selci. La parte superiore è costituita prevalentemente da metacalcareniti grigio in strati più potenti, con liste e noduli di selci. Localmente a tetto della formazione, lenti di metacalciruditi derivate da originarie breccie poligeniche ad elementi di calcilutiti, dolomie e radiolariti. TITONIANO SUP.-CRETACICO INF.
DSD	Diaspri (DSD). Metaradiolariti rosse, violacee e verdastre, sottilmente stratificate, con intercalazioni di filladi quarzitiche. Nella parte superiore della formazione, sottili livelli di calcari silicei metamorfici e filladi carbonatiche. MALM
CLF	Calcarei selciferi (CLF). Metacalcilutiti grigio scure, con liste e noduli di selci, e rari livelli di metacalcareniti, in strati di potenza variabile, spesso alternati con strati più sottili di calcescisti e filladi carbonatiche grigio scure con pirite e ammoniti piritizzate. LIAS MEDIO-SUP.
MRZ	Marmo zebrino (MRZ). Livelli decimetrici di metacalcare biancastro-giallognolo regolarmente alternati ad intervalli centimetrici di metacalcare grigio-verde ricco di fillosilicati (clorite e muscovite). I livelli marmorei possono amalgamarsi per formare corpi omogenei di discrete dimensioni, quasi privi di impurità e molto somiglianti al tipo statuario, denominati crema e crema delicato. LIASINF. - (MEDIO?)
MAA	Marmo s.l. (MAA). Marmi di colore variabile dal bianco al grigio, con rari e sottili livelli di dolomie e marmi dolomitici giallastri. Breccie monogeniche metamorfiche ad elementi marmorei da centimetrici a metrici. Breccie poligeniche metamorfiche a prevalenti elementi marmorei e subordinati elementi di dolomia e di selci grigio chiare e rosse, talvolta con matrice filladica rossastra o violacea. LIAS INF.
MDD	Marmi dolomitici e dolomie cristalline (MDD). Marmi dolomitici alternati a dolomie grigio chiare o rosate ricristallizzate. Talvolta sono presenti spessori variabili di dolomie cristalline massicce grigio chiare. LIAS INF.
BSE BSEa	Breccie di Seravezza (BSE). Breccie poligeniche metamorfiche a elementi marmorei e subordinatamente dolomitici, con matrice filladica a cloritoide di colore rossastro o verdastro. RETICO - (LIAS INF.?) Scisti a cloritoide (BSEa). Livelli discontinui di filladi a cloritoide, minerale che può divenire il principale costituente della roccia. RETICO - (LIAS INF.?)
MMG	Marmi a Megalodonti (MMG). Marmi saccaroidi, massicci o grossolanamente stratificati, con scarsa muscovite e clorite lungo i giunti di strato. Frequenti molluschi, brachiopodi e megalodonti. RETICO.
GRE	Grezzoni (GRE). Dolomie con limitate modificazioni microstrutturali metamorfiche. Alla base breccie metamorfiche ad elementi dolomitici, nella parte intermedia dolomie grigio scure stratificate, nella parte alta dolomie a patina d'alterazione giallastra con tracce di filladi lungo i giunti di strato. Talvolta presenti noduli e liste di selci nere (M. Grondilice). Dolomie brecciate grigio-giallastre con struttura "a cellette" e talvolta "cariate". NORICO.
VINa	Formazione di Vinca (VINa) ("Anageniti" Auct., "Verrucano" Auct.). Metaconglomerati quarzosi in matrice quarzítico-filladica, quarziti grigio-verdastre e filladi. CARNICO - NORICO?

Basamento paleozoico dell'Unità di Massa e delle Unità delle Apuane

OTH	Dolomie scistose a Orthoceras e filladi grafitose (OTH). Dolomie cristalline, filladi grafitiche e più raramente quarziti nere (Liditi). Talvolta si ritrovano abbondanti resti di crinoidi e orthoceratidi. SILURIANO?
MRQ	Metarenarie quarzose (MRQ). Metarenarie arcosiche, quarziti e quarziti filladiche. ORDOVICIANO SUP.?
PRS	Porfiroidi e scisti porfirici (PRS). Metavulcaniti da acide a intermedie con relitti millimetrici di fenocristalli di quarzo e feldspati in matrice muscovitico-cloritica ("Porfiroidi"). Dominanti metarcosi e filladi muscovitiche con abbondanti porfiroclasti di quarzo vulcanico ("scisti porfirici"). ORDOVICIANO?
FAF FAFa	Filladi inferiori (FAF). Filladi quarzitico-muscovitiche più o meno cloritiche grigio-verdastre o grigio scure, con alternanze di quarziti chiare e più raramente di filladi grafitiche. Metabasiti (FAFa). Metavulcaniti basiche. CAMBRIANO? - ORDOVICIANO?

3.2 LA CARTA GEOMORFOLOGICA

La carta geomorfologia descrive le forme del rilievo e la loro dinamica considerando l'effetto della struttura, degli agenti endogeni ed esogeni, l'evoluzione e l'età del rilievo, la distribuzione spaziale delle differenti forme ed associazioni di forme. In tale carta sono state riportate le forme ed i processi geomorfologici legati sia alla dinamica di versante che alla dinamica fluviale.

La stesura della carta è stata effettuata applicando la seguente metodologia:

- raccolta dei dati bibliografici relativi a studi e rilievi precedenti;
- analisi di foto aeree mediante stereovisore;
- verifica e rilievo di dettaglio in campagna delle evidenze rilevate ai punti precedenti.

Fonte importante di dati per la stesura degli elaborati cartografici e delle relative relazioni, è derivata dalle informazioni da "interviste" con gli abitanti delle varie frazioni, i quali, spesso, ci hanno informato di fenomeni d'instabilità, crollo, caduta, ruscellamento diffuso ed altro, informazioni poi valutate mediante rilievo di dettaglio.

La digitalizzazione di tutti gli elementi geomorfologici è stata fatta su base topografica CTR 1:2.000. La carta, rappresentata in scala 1:5.000, è strutturata in 13 tavole che ricoprono interamente il territorio comunale.

I centri abitati della zona montana sono stati rappresentati con maggior dettaglio alla scala 1:2.000 e per una loro descrizione si rimanda al capitolo 5.

La legenda della carta geomorfologia è stata elaborata, con la collaborazione di funzionari dell'ufficio regionale U.R.T.A.T. di Massa Carrara, sulla base degli elementi idro-geo-morfologici e antropici contenuti nella legenda di corredo al programma di studi V.E.L. (Valutazione sugli effetti locali).

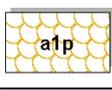
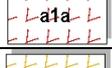
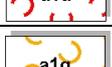
Tale legenda è così distinta:

FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI ALLA GRAVITA'

Forme di denudazione

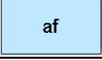
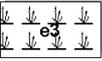
	Orlo di scarpata di degradazione o di erosione. Sono cartografati i principali orli di scarpata naturale.
	Orlo di scarpata di frana. Sono cartografate le principali nicchie di frana o paleofrana indipendentemente dal loro stato di attività.
	Frana o gruppo di frane di dimensioni non cartografabili.
	Rotolamento e scivolamento massi. Aree che possono essere interessate a caduta massi.

Forme di accumulo e relativi depositi

	Paleofrane (a1p). Frana relitta originatasi in condizioni geomorfologiche o climatiche considerevolmente diverse dalle attuali.
	Accumulo di frana di crollo e ribaltamento (a1q).
	Corpo di frana di scorrimento attiva (a1a). Tale accumulo prescinde dal tipo di movimento (traslativo, rotativo o planare).
	Corpo di frana di scorrimento quiescente (a1q). Tale accumulo prescinde dal tipo di movimento (traslativo, rotativo o planare).
	Corpo di frana complessa attiva (a1a). Sono cartografate le principali frane generate da più tipi di movimento.
	Corpo di frana complessa quiescente (a1q). Sono cartografate le principali frane generate da più tipi di movimento.
	Corpo di frana o settore di versante oggetto di recenti interventi di sistemazione idro-geomorfologica (Vsi).
	Detrito incanalato (di). Depositi detritici generati per gravità nei torrenti montani. Tali depositi presentano una genesi gravitativa di tipo naturale e/o antropica (detriti di versante s.l. mescolati a scarti eterometrici derivanti dalla lavorazione delle cave di marmo e/o dolomia).
	Detriti di falda (a3a). Falde di detrito, talus detritici, coni di detrito singoli o coalescenti anche a grossi blocchi, prevalentemente al piede di versanti caratterizzati da roccia nuda o da coperture limitate, "pietraie".
	Detriti e terreni di copertura in condizioni di instabilità morfologica potenziale (dim). Coperture detritiche s.l. su versanti acclivi, e/o contraddistinti da cambi di pendenze di tipo naturale o antropico e/o interessati da ruscellamento/erosione concentrato/a e/o interessati da incisione al piede di tipo naturale (corsi d'acqua) o antropico (strade o altre strutture antropiche).
	Detrito di versante s.l./depositi eluvio-colluviali (aa). Accumuli indifferenziati di frammenti litoidi eterometrici che originano coperture detritiche d'alterazione in matrice argillo-limo-sabbiosa. Sono cartografate le principali coperture detritiche s.l. con spessori superiori ad 1,5/2 metri caratterizzanti per lo più le formazioni di natura scistoso filladica.

FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI AD ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

Forme di denudazione o erosione

	Orlo di scarpata fluviale o di terrazzo attivo (a).
	Orlo di scarpata fluviale o di terrazzo inattivo (b).
	Alveo fluviale attuale naturale e/antropico (af).
	Alveo fluviale abbandonato artificialmente (afa).
	Antica direzione di scorrimento fluviale.
	Tratti di corsi d'acqua e impluvi interessati e/o soggetti a fenomeni di sovralluvionamento (dis).
	Marmite dei giganti.
	Superficie di terrazzo (st).
	Ruscellamento diffuso.
	Ruscellamento e/o erosione concentrata. Aree soggette a fenomeni di erosione lineare o incanalata lungo impluvi o versanti ad acclività medio-alta spesso associate a solchi di erosione.
	Depressione palustre (e3). Aree umide relitte.

Forme di accumulo

	Conoide di deiezione.
---	------------------------------

FORME CARSIICHE

	Inghiottitoi.
---	----------------------

FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTO ALL'UOMO E MANUFATTI

Forme artificiali

	Terreni di riporto (h5).
	Ravaneti (h3). Discariche di inerti originate dall'accumulo lungo i versanti di materiale di scarto granulometricamente eterogeneo originato dalla coltivazione dei siti estrattivi (cave di marmo e dolomia).
	Discariche di rifiuti RU (h1) e speciali (h4).

Strutture antropiche

	Briglia. Sono state individuate le principali briglie rilevate lungo i corsi d'acqua principali.
	Principali argini artificiali.
	Principali argini artificiali.
	Rilevato stradale o ferroviario.
	Trincea artificiale per strade o ferrovie.

Opere marine e lacuali

	Scogliere e soffolte.
	Lago artificiale.

Cave e miniere

	Principali Aree interessate da attività estrattiva.
	Cave attive.
	Cave inattive.
	Saggio di cava.
	Cave in sottterraneo attive.
	Cave in sottterraneo inattive.
	Miniere inattive.

FORME E DEPOSITI GLACIALI

	Till indifferenziato (c1).
	Deposito di versante periglaciale (c8).

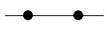
FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI ALL'EROSIONE MARINA

	Paleoripa marina. Evidenza morfologica di antica linea di costa (geotopo). Linea di massima ingressione olocenica (Trasgressione Versiliana). a) Tratti di ripa visibile
	Paleoripa marina. Evidenza morfologica di antica linea di costa (geotopo). Linea di massima ingressione olocenica (Trasgressione Versiliana). b) Evidenza morfologica della posizione della costa nella fase finale dello scolpimento (Olocene)
	Linea di costa in erosione.
	Spiagge recenti e attuali (g2a).

FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI AL VENTO

	Resti di cordoni dunari.
---	---------------------------------

IDROGRAFIA SUPERFICIALE

	Corsi d'acqua principali.
	Tratti di corsi d'acqua tombati.
	Specchio d'acqua.

ROCCIA AFFIORANTE O SUB-AFFIORANTE

	Sono indicati i limiti formazionali con i codici identificativi della litologia (GRE...)
---	--

Lo scopo del rilievo geomorfologico è stato quello di mettere in evidenza tutte le situazioni di instabilità idro-geo-morfologica, sia in atto che potenziali.

Su tutto il territorio comunale sono state cartografate 213 frane per un totale di 280 ettari di territorio coinvolto (vedi tab. 1). Come si può vedere in legenda, la loro distinzione è stata fatta a secondo della tipologia e dello stato di attività.

Per quanto riguarda lo stato di attività, le frane sono state distinte in:

attive: frane attive al momento del rilevamento;

quiescenti: frane per cui si ritiene possibile una riattivazione dalle cause originarie, fenomeno per il quale permangono le cause del movimento;

paleofrane: frane relitte originatesi in condizioni geomorfologiche o climatiche considerevolmente diverse dalle attuali.

Le tipologie riscontrate sono state crollo e ribaltamento, scorrimento e frane di tipo complesso.

Sono state messe in evidenza, inoltre, aree soggette a fenomeni di instabilità con cinematica rapida quali aree caratterizzate da scivolamento e rotolamento massi e impluvi con detrito incanalato interessati o soggetti a fenomeni di sovralluvionamento. Il primo fenomeno è caratteristico delle formazioni calcaree, soprattutto dei Grezzoni, caratterizzate da versanti molto acclivi e vegetazione scarsa o addirittura inesistente.

Per quanto riguarda i fenomeni di sovralluvionamento, la maggior parte dei canali del territorio comunale risulta a forte pendenza e i loro alvei sono carichi di detrito derivante sia dalla degradazione naturale dei versanti, sia dalle numerose attività estrattive presenti sul territorio comunale. Anche se la maggior parte di questi canali risulta in secca per la maggior parte dell'anno, la portata, in occasione di eventi piovosi intensi, può assumere nel giro di pochi minuti valori elevati, quindi si ritiene che tali canali possano essere sede di fenomeni a cinematica rapida. A tal proposito corre l'obbligo di ricordare che l'area Apuana è caratterizzata da alti valori di piovosità, con medie annue, su base trentennale, intorno ai 1.500-2.000 mm/anno con punte di 3.000 mm/anno sui rilievi maggiori della territorio comunale.

Sono state inoltre cartografate le aree soggette a fenomeni di ruscellamento diffuso e ruscellamento e/o erosione concentrata.

La zona della montagna, costituita per la maggior parte dal complesso litologico dei Grezzoni e dei Marmi, è caratterizzata da creste rocciose affilate, pareti verticali e profondi valloni, la vegetazione risulta scarsa o addirittura assente a causa dell'esiguo spessore di suolo dovuto alla difficoltà di accumulo e permanenza del materiale sciolto. Solo localmente in depressioni morfologiche si accumulano dei detriti di falda.

In molte zone il paesaggio naturale è stato profondamente alterato dalle cave di marmo, che qui sono in attività sin dall'epoca romana. Attualmente le cave in attività sono risultate 23 (18 a cielo aperto e 5 in sotterraneo). Più delle pareti di cava, sono un elemento di risalto nel panorama della catena gli estesi ravaneti, formati dagli scarti dell'estrazione dei marmi e occupanti una superficie totale stimata in 157 ettari (vedi tab. 1).

Da segnalare, nell'area montana, la presenza di numerose criticità legate a fenomeni di crollo e caduta massi che oltre alle cime più elevate interessano tutta la valle del Torrente Renara, dalla sua immissione nel Fiume Frigido fino al paese di Resceto, la parte alta dell'abitato di Forno e la zona prospiciente il paese di Cagliaglia.

La zona collinare presenta forme relativamente dolci e tondeggianti da mettere in relazione con la natura delle rocce qui presenti, costituite in prevalenza da termini filladici e arenacei con facile tendenza all'alterazione e alla sfaldabilità, con conseguente accumulo lungo i versanti di coperture detritiche d'alterazione in matrice argillo-limo-sabbiosa, con spessori che vanno da pochi decimetri fino a una decina di metri.

Nella zona di pianura e lungo la fascia costiera elementi di rilievo sotto il profilo geomorfologico sono la ripa marina, i resti di cordoni dunari e le aree umide.

In carta si è distinto un tratto di “*ripa visibile*” ancora apprezzabile in località San Leonardo in un’area ristretta delimitata da Via Massa Avenza a nord e il tracciato dell’autostrada A12 a sud. In quest’area la ripa che oggi si presenta artificialmente terrazzata ha una altezza variabile da 7 a 10 m.

È stato inoltre cartografato un tratto di ripa, con sviluppo planimetrico di circa 2 km, attualmente quasi completamente obliterato dall’azione antropica e che risulta identificabile principalmente con l’ausilio delle foto aeree, che secondo la definizione data dal Sestini costituisce “*l’evidenza geomorfologica della posizione della costa nella fase finale dello scollimento*” della costa.

Nella fascia litoranea i sistemi dunali descritti dal Sestini negli anni “50 risultano quasi completamente cancellati o mascherati dall’attività antropica eccetto alcuni tratti dove è possibile osservare alcuni resti di cordoni dunali come in Via Livorno, in località Poveromo, o a monte della viabilità lungomare (vedi Tav. 13gm).

In tale zona, lungo una fascia allungata parallela al mare, è riconoscibile un “*sistema dunale recente*” contraddistinto dalla presenza di “*zone umide relitte*” (testimonianza di stagni retrodunali ben più estesi) in località denominata “Buca degli Sforza”, sede fino agli anni sessanta di un laghetto di retroduna oggi quasi completamente riempito da una discarica di rifiuti speciali, in un’area collocata in prossimità dell’incrocio tra Via Livorno e Via Verdi e in località detta “La Bandita” in sinistra idrografica del Fosso Magliano.

Tutti questi chiari d’acqua, che presentano i caratteri tipici dell’ambiente di acquitrino (risultano ricoperti da una fitta vegetazione di tipo igrofilo), sono disposti lungo una linea che va dalla Buca degli Sforza al Fosso Magliano e che fino agli anni “50 ben identificava un’area sede di stagni costieri appartenenti al sistema dunale più prossimo alla costa.

Principali forme rilevate	numero	superficie (ha)
Paleofrane (a1p)	23	142
Frane quiescenti (a1q)	143	124
Frane attive (a1a)	20	14
Frane non cartografabili	27	-
Frane totali censite	213	280
Falde di detrito (a3a)	-	254
Ravaneti (h3)	-	157
Detrito morfologicamente instabile (dim)	-	264
Versanti con interventi di bonifica (Vsi)	-	4

Tab. 1 - Numero e superficie delle principali forme presenti nell’area collinare e montana.

3.3 LA CARTA LITOTECNICA DESCRITTIVA

Le varie formazioni, successioni sedimentarie ed unità riportate nella Carta Geologica vengono in questa carta riclassificate secondo un'associazione per affinità litotecniche definita dal Servizio Geologico Regionale.

I litotipi, diversi per genesi e composizione mineralogica, possono pertanto coesistere in una stessa classe litotecnica perché aventi, ad esempio, lo stesso grado di coerenza, di fratturazione, stessa granulometria, etc.

Si ricorda che si tratta di una derivata litotecnica descrittiva di tipo qualitativo, in quanto non si basa su dati quantitativi relativi alla geomeccanica dei terreni quali la resistenza al taglio, l'angolo di attrito interno, la coesione, ricavabili da indagini dirette e prove di laboratorio.

La legenda della carta litotecnica è distinta in 4 classi litotecniche: litotipi coerenti, litotipi pseudocoerenti, litotipi semicoerenti e litotipi incoerenti.

Tale legenda è così distinta:

CLASSI LITOTECNICHE

Litotipi coerenti

	LC2	Materiale lapideo monolitologico non stratificato fratturato
	LC4	Materiale lapideo monolitologico stratificato fratturato
	LC6	Materiale lapideo plurilitologico stratificato fratturato

Litotipi semicoerenti

	LS1	Materiale granulare cementato o molto addensato a grana prevalentemente grossolana
	LS3	Materiale coesivo sovraconsolidato
	LS4	Terreni eterogenei ad assetto caotico

Litotipi pseudocoerenti

	LP2	Materiale coesivo poco consolidato o molle (argille plastiche)
	LP3	Materiale coesivo di natura organica (argille organiche e torbe)

Litotipi incoerenti

	Materiale detritico eterogeneo ed eterometrico (depositi di versante s.l.)
	Materiale granulare sciolto o poco addensato a prevalenza grossolana
	Materiale granulare sciolto o poco addensato a prevalenza sabbiosa
	Materiale granulare sciolto o poco addensato a prevalenza fine

3.4. LA CARTA IDROGEOLOGICA

Per la stesura della carta idrogeologica si è fatto riferimento ai dati contenuti nei seguenti studi della Regione Toscana:

- “Studio idrogeologico del Bacino Regionale Toscana Nord” (2004) a firma del Prof. Giovanni Pranzini;
- “Studio idrogeologico prototipale del corpo idrico significativo dell’acquifero carbonatico delle Alpi Apuane, Monti d’Oltre Serchio e S. Maria del Giudice” (2007) a firma del C.G.T. dell’Università di Siena (il cui responsabile è il Prof. Luigi Carmignani).

Nella carta idrogeologica della zona montana (Tav.Aig) le formazioni presenti sono identificabili mediante il loro grado di permeabilità relativa, criterio di valutazione delle caratteristiche idrodinamiche delle rocce di tipo semiquantitativo.

La permeabilità relativa (indipendentemente dal tipo) è solitamente espressa in modo qualitativo ed è definita sulla base di un gran numero di fattori tra cui il tipo, la frequenza e le dimensioni dei meati (fessure e/o condotti), le portate fornite dalle sorgenti, il coefficiente di infiltrazione efficace, la densità del reticolo di drenaggio, le osservazioni di campagna e sui rapporti tra i fattori stessi.

Nella zona a monte i depositi quaternari sono stati esclusi dall’analisi e sulla base dell’aspetto compositivo prevalente delle formazioni geologiche, e dei relativi membri, sono state distinte le formazioni carbonatiche da quelle non carbonatiche. Sono state quindi distinte le formazioni a permeabilità per fratturazione e carsismo da quelle con permeabilità per fratturazione.

Sono stati individuati cinque gradi di permeabilità: alta, medio-alta, media, medio-bassa, da bassa a molto bassa.

La classificazione dei complessi carbonatici (tab. 2) è stata effettuata attraverso l’indice di permeabilità relativa per i complessi idrogeologici carbonatici I_p , definito come I_{cs}/Dd^2 , dove I_{cs} è il parametro densità delle cavità, ovvero il numero di cavità diviso per l’area, mentre Dd è l’indice di densità di drenaggio per complesso idrogeologico che

definisce l'estensione lineare del reticolo idrografico divisa per l'estensione totale della formazione nel dominio di studio.

Grado di permeabilità	Complessi carbonatici	
	Permeabilità per fratturazione e/o carsismo	Permeabilità per fratturazione
alta (V)	MRZ, MAA	
medio-alta (IV)	MAS, CCA, ENT, CLF, MDD, BSE, DSEa, MMG, GRE	MNI, MN1a, MN1b
media (III)	RET	RSA, ANL

Tab. 2 - Tipo e grado di permeabilità dei complessi carbonatici.

La classificazione dei complessi non carbonatici è stata effettuata attraverso il confronto dell'indice Dd con le attribuzioni riportate in letteratura (tab. 3).

Grado di permeabilità	Complessi non carbonatici	
	Permeabilità per fratturazione	
medio-bassa (II)	OTO, ACCa, ACCb, MAC, DSD	
da bassa a molto bassa (I)	STO, SRT, OP, FNE, MGC, SSR, V1Na, OTH, MRQ, PRS, FAFa, FAF	

Tab. 3 - Tipo e grado di permeabilità dei complessi non carbonatici.

Invece nella zona a mare sono stati inclusi nell'analisi i depositi quaternari dotati di una permeabilità primaria. Sono stati anche qui individuati cinque analoghi gradi di permeabilità: alta, medio-alta, media, medio-bassa, da bassa a molto bassa. La classificazione completa della permeabilità relativa per i depositi quaternari è riportata in tabella 4.

Grado di permeabilità	Tipologia depositi quaternari
alta (5)	g2a
medio-alta (4)	b; da
media (3)	bna; bnb
medio-bassa (2)	e3a
da bassa a molto bassa (1)	dc
Impermeabile (IM)	dl

Tab. 4 - Grado di permeabilità dei depositi quaternari.

La superficie piezometrica del Comune di Massa è stata ricostruita sulla base dello studio di G. Pranzini (2004). La campagna primaverile delle misure di livello nei pozzi è stata effettuata nei giorni compresi fra il 28 aprile 1999 e il 5 maggio 1999, quella estiva nei giorni 30 agosto - 3 settembre 1999 (vedi Tav. Big_e e Tav. Big_p). I due periodi sono stati scelti per avere le due situazioni estreme della superficie freatica: la prima alla fine delle maggiori precipitazioni e della stagione di minore sfruttamento delle acque sotterranee da parte dei pozzi ad uso agricolo, la seconda alla fine della stagione secca e dopo il periodo di massimo sfruttamento, soprattutto dei pozzi distribuiti presso il mare (pozzi degli stabilimenti balneari e delle case di vacanza).

Sono state rappresentate le isofreatiche con equidistanza di 20 cm fino alla curva dei 3 metri, ogni metro fino ai 5 metri, e ogni 5 metri per le quote superiori: questo in

relazione al gradiente idraulico, che è risultato molto basso nella parte mediana e costiera della pianura, e nettamente più alto nella fascia montana.

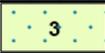
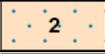
Nelle zone di conoide della fascia pedemontana il flusso di falda segue il pendio topografico, con andamento generalmente divergente. Nel resto della pianura si rilevano zone di alto e di basso relativo della superficie freatica, con flussi idrici variamente orientati: ciò dipende sia dallo sfruttamento della falda che dalla sua alimentazione.

Il gradiente idraulico è in media intorno all'1‰ nella fascia mediana e costiera, mentre sale fino ad un massimo del 5‰ nella parte alta dei conoidi. Questa netta differenza rispecchia la diversa dinamica della falda: nelle zone di conoide la buona trasmissività dell'acquifero si traduce in una elevata portata unitaria della falda, mentre nella fascia costiera e mediana il flusso idrico, in condizioni indisturbate dai pompaggi, rispecchia il basso gradiente topografico. In realtà, in quasi tutta la fascia pedemontana il gradiente idraulico è nettamente accentuato a causa della presenza di numerosi pozzi industriali e acquedottistici, che creano una forte depressione della superficie freatica.

Solo nella fascia pedemontana i corsi d'acqua condizionano strettamente la superficie freatica: nel tratto apicale dei conoidi i fiumi e torrenti drenano la falda, mentre più a valle l'alimentano, anche a causa degli emungimenti che deprimono la falda.

La legenda della carta idrogeologica, illustrata di seguito, è distinta in classi di permeabilità relativa per i complessi idrogeologici in depositi quaternari, classi di permeabilità relativa per i complessi idrogeologici in roccia, sorgenti, principali direttrici di deflusso sotterraneo in sistema idrogeologico carbonatico e isofreatiche della riviera apuana (Aprile-Settembre 1999).

Classi di permeabilità relativa per i complessi idrogeologici in depositi quaternari
Permeabilità primaria per porosità

Grado di permeabilità	Depositi quaternari
alta	
medio-alta	
media	
medio-bassa	
da bassa a molto bassa	

Classi di permeabilità relativa per i complessi idrogeologici in roccia
Permeabilità secondaria

Grado di permeabilità	Complessi carbonatici		Complessi non carbonatici
	Permeabilità per fratturazione e/o carsismo	Permeabilità per fratturazione	Permeabilità per fratturazione
alta			
medio-alta			
media			
medio-bassa			
da bassa a molto bassa			

Impermeabile	
---------------------	--

Sorgenti

	Sorgente captata con indicazione della portata media
	Sorgente libera con indicazione della portata media

Principali direttrici di deflusso sotterraneo in sistema idrogeologico carbonatico

	Certa
	Presunta
	Principali cavità carsiche con indicazione del numero di catasto F.S.T. (sede di prova di tracciamento)

ISOFREATICHE DELLA RIVIERA APUANA (Aprile-Settembre 1999)

Studio della Regione Toscana - Prof. Geol. G. Pranzini (Luglio 2004)

	Isofreatiche, equidistanza 5m
	Isofreatiche, equidistanza 1m
	Isofreatiche, equidistanza 0,2m
	Linee di flusso della falda
	Aree con la superficie freatica al di sotto del livello del mare
	Pozzi di misura con numero di inventario

3.5. LA CARTA IDROLOGICA CON RETICOLO TOMBATO

Nella carta idrologica sono state riportate tutte le sorgenti, libere e captate (con o senza indicazioni della portata), ricadenti nel territorio del Comune di Massa, il reticolo idrografico distinto in tombato e a cielo aperto, i limiti di bacino idrografico ed idrogeologico, le principali cavità carsiche e le stazioni di misura idrometriche, pluviometriche e pluviotermometriche.

Le sorgenti, ricavate da diverse banche dati (Regione Toscana, Enel ex Camuzzi Spa), sono state distinte nella carta in funzione della loro portata quando conosciuta. In totale, su tutto il territorio comunale sono state censite 199 sorgenti (vedi tab. 5).

Da segnalare la lunghezza del reticolo tombato che presenta uno sviluppo complessivo di 34 km, sommatoria dei tratti rilevati sia dagli scriventi, nel corso di questo studio, che ricavati dall’*“Indagine conoscitiva sulle tombature dei corsi d’acqua di Massa, Carrara e Montignoso”* (2004) della Provincia di Massa Carrara redatto dall’Ing. Carlo Milani e dalla *“Carta delle aree soggette a fenomeni di allagamento e di ristagno nella zona di pianura del Comune di Massa”* (1997) del Comune di Massa redatta dai geologi Simone Fialdini e Francesco Giusti.

Elementi puntuali e lineari	numero	lunghezza (Km)
Sorgenti totali	199	-
Sorgenti captate	124	-
Sorgenti libere	64	-
Sorgenti non classificate	11	-
Sorgenti dell’acquedotto comunale in attività	59	-
Sorgenti dell’acquedotto comunale fuori uso	20	-
Reticolo tombato	-	34

Tab. 5 - Tipologia sorgenti e sviluppo reticolo tombato.

La legenda è così distinta:

RETICOLO IDROGRAFICO

	Reticolo a cielo aperto
	Reticolo tombato

LIMITI DI BACINO

	Limite di bacino idrografico
	Limite di area di alimentazione del sistema idrogeologico coincidente con limite di bacino idrografico
	Limite di area di alimentazione di sistema idrogeologico

SORGENTI

Sorgente captata senza informazioni sulla portata media

<input type="checkbox"/>	Portata non definita
--------------------------	----------------------

Sorgente libera senza informazioni sulla portata media

<input type="radio"/>	Portata non definita
-----------------------	----------------------

Sorgente di tipologia sconosciuta senza informazioni sulla portata media

<input type="checkbox"/>	Portata non definita
--------------------------	----------------------

Sorgente captata con indicazione della portata media

<input type="checkbox"/>	0 - 1 l/s
<input type="checkbox"/>	1 - 5 l/s
<input type="checkbox"/>	5 - 10 l/s
<input type="checkbox"/>	10 - 100 l/s
<input type="checkbox"/>	100 - 500 l/s

Sorgente libera con indicazione della portata media

<input type="radio"/>	0 - 1 l/s
<input type="radio"/>	1 - 5 l/s
<input type="radio"/>	5 - 10 l/s
<input type="radio"/>	10 - 100 l/s
<input type="radio"/>	100 - 500 l/s
<input type="radio"/>	500 - 1500 l/s

CAVITA' NATURALI

	Principali cavità carsiche con indicazioni del numero di catasto F.S.T.
	Principali cavità carsiche con indicazioni del numero di catasto F.S.T. (sede di prova di tracciamento)

STAZIONI DI MISURA

	Stazione idrometrica
	Stazione pluviometrica
	Stazione pluvio-termometrica

3.6 LA CARTA DELLE PENDENZE

La carta delle pendenze è stata realizzata utilizzando la cartografia vettoriale in scala 1:2.000 di proprietà del Comune di Massa. Considerata la disponibilità di dati vettoriali ad una scala di dettaglio si è adottata una metodologia computerizzata per ricavare la carta dell'acclività.

L'elaborazione è stata effettuata utilizzando l'estensione 3D Analyst di ArcGis, la metodologia utilizzata per la creazione della carta delle pendenze è la seguente:

- creazione di un modello digitale del terreno (D.T.M.) utilizzando i punti quotati e le isoipse per le zone di collina/montagna e i punti quotati per le aree di pianura;
- assegnazione di classi di pendenza e classificazione delle elaborazioni ottenute;
- confronto tra il dato computerizzato ottenuto e la cartografia;
- restituzione di una carta delle pendenze ragionata.

I D.T.M. sono rappresentazioni digitali delle quote del terreno ottenibili mediante l'interpolazione delle stesse e costituiscono pertanto il modello più prossimo alla reale morfologia del territorio.

Considerata la natura morfologica del territorio del Comune di Massa, si sono adottate le seguenti classi di pendenza:

CLASSI DI ACCLIVITA' DEI VERSANTI

	0 - 5% (< 2°86')
	5 - 10% (2°86' - 5°71')
	10 - 15% (5°71' - 8°53')
	15 - 25% (8°53' - 14°04')
	25 - 40% (14°04' - 21°80')
	40 - 60% (21°80' - 30°96')
	60 - 80% (30°96' - 38°66')
	80 - 100% (38°66' - 45°00')
	> 100% (> 45°00')

La carta delle acclività è uno strumento fondamentale per valutare il grado di stabilità delle diverse aree, è noto che la pendenza di un versante condiziona la velocità di ruscellamento delle acque, la loro capacità di infiltrazione nel substrato nonché la loro capacità di trasporto solido e capacità erosiva.

É dunque uno strumento essenziale in fase di valutazione delle pericolosità, soprattutto se collegata alla natura geologica dei terreni di copertura e delle rocce costituenti il substrato roccioso o affiorante.

Come detto la valutazione della carta delle pendenze è stata effettuata adottando elaborazioni digitalizzate, le quali forniscono un dettaglio maggiore rispetto alle tecniche classiche di redazione delle carte delle pendenze mediante appositi regoli.

3.7 LA CARTA DEI SONDAGGI E DATI DI BASE

La carta dei dati di base (comprendente due tavole in scala 1:10.000) raccoglie tutte le indagini geognostiche che, in fase di stesura del quadro conoscitivo geologico, sono risultate utili per investigare il territorio Comunale (tab. 6).

Tale elaborato è stato ottenuto utilizzando i dati reperiti negli archivi del Comune di Massa, i dati della società SALT e quelli degli scriventi.

Nella carta sono stati riportati i seguenti dati:

Numero	Tipologia di indagine
109	Prove penetrometriche dinamiche leggere
11	Prove penetrometriche dinamiche pesanti
6	Prove penetrometriche statiche
79	Sondaggi con stratigrafia nota
6	Prelievi campione
53	Profili sismici
4	Profili geoelettrici

Tab. 6 - Tipologia dei dati geognostici trattati.

3.8 LA CARTA DEI VINCOLI E DELLE SALVAGUARDIE SOVRACOMUNALI

La carta riporta il sistema dei vincoli ambientali derivanti da disposizioni legislative statali e regionali vigenti, che hanno effetto cogente e che devono quindi essere assunti come sovraordinati dalla pianificazione urbanistica.

Data la complessità e la vastità della materia trattata, si è ritenuto necessario, anche per ragioni di tipo rappresentativo, evidenziare solo i vincoli più attinenti alla generale “Difesa del suolo e delle acque” (per una visione dei vincoli relativi ai “beni culturali, paesaggistici e ambientali” regolamentati dal *D. Lgs. n°42 del 22 gennaio 2004, Codice dei beni culturali e del paesaggio* e succ., per conoscere i limiti amministrativi del Parco delle Alpi Apuane o per altri vincoli di carattere ambientale non trattati si rimanda alla lettura della carta dei vincoli contenuta nel quadro conoscitivo urbanistico).

Si specifica inoltre che i vincoli sovracomunali rappresentati nella presente carta sono da ritenersi indicativi, ovvero, essendo le cartografie ufficiali di origine diversa dalla base topografica utilizzata per la redazione del Piano Strutturale, talvolta risulta difficile riportare nel corretto dettaglio i limiti delle aree soggette a vincolo.

Per una esatta valutazione delle aree vincolate si rimanda pertanto alla lettura delle cartografie ufficiali.

In particolare i vincoli raccolti in questa carta, redatta in scala 1:10.000, comprendono i seguenti tematismi:

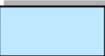
AREE DI SALVAGUARDIA DELLE ACQUE SOTTERRANEE DESTINATE AL CONSUMO UMANO (D.Lgs n°152 del 03/04/2006)

	Zone di tutela assoluta ai sensi del comma 3 art. 94 del D.Lgs n°152/06
	Zone di rispetto ai sensi del comma 6 art. 94 del D.Lgs n°152/06
	Sorgenti
	Pozzi acquedotto

VINCOLO IDROGEOLOGICO (R.D. n°3267 del 30/12/1923)

	Area sottoposta a vincolo idrogeologico
---	---

AREE VINCOLATE DAL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) DEL BACINO REGIONALE TOSCANA NORD (Legge n°183/1989; Legge n°267/1998; Legge n°365/2000; approvato con D.C.R.T. n° 11 del 25/01/2005)

	Aree P.I.E. (Pericolosità idraulica elevata)
	Aree P.I.M.E. (Pericolosità idraulica molto elevata)
	Aree perimetrate P.I.E. che saranno sottoposte a norme di salvaguardia secondo il regime P.I.M.E.
	Aree P.F.E. (Pericolosità geomorfologica elevata)
	Aree P.F.M.E. (Pericolosità geomorfologica molto elevata)
	Aree non perimetrate che saranno sottoposte a norme di salvaguardia secondo il regime P.F.M.E.

Aree Asip

	Casse esistenti
	ASIP

PERIMETRAZIONE DELL'AREA DEL SITO DI INTERESSE NAZIONALE DI MASSA E CARRARA (D.M. 21/12/1999)

	Perimetrazione del sito di interesse nazionale di Massa e Carrara
---	---

CORSI D'ACQUA PRINCIPALI (P.I.T. approvato con D.C.R.T. n°72 del 24/07/2007)

	Corsi d'acqua principali
---	--------------------------

ELENCO DEI CORSI D'ACQUA PRINCIPALI AI FINI DEL CORRETTO ASSETTO IDRAULICO (come da Allegato n°4 del P.I.T.)

NOME CORSO D'ACQUA	Codice
CANALE ANGIOLA DI E FOSSO DELLA STRAPPATA	MS518
FOSSO ANTONA D'O FOSSO NARO	MS2614
CANALE BERGIOLA DI	MS530
CANALE BRUGIANO	MS541
CANALE CANAL MAGRO	MS543
CANALE CASETTE DELLE	MS550
CANALE CIOCCA DELLA O DELLE SETTE FONTANE	MS557
FOSSO COLOMBERA	MS1078
FIUME FRIGIDO	MS726
FOSSO LAVELLO	MS533
FOSSO MADIELLE	MS1372
CANALE MAGLIANO	MS608
FOSSO OLMO DELL'	MS1475
FOSSO POVERUOMO	MS2966
FOSSO REGOLO	MS1605
TORRENTE RENARA E CANALE DI RENARA	MS2561
TORRENTE RICORTOLA E CANALE DELLA FOCE	MS2551
FOSSO SALE DEL	MS1708
CANALE SERRA DELLA O DI SAN CARLO	MS666

In riferimento all'elenco di corsi d'acqua sopra riportato si ricorda che questo è stato recentemente recepito nel documento della "Disciplina di Piano" del nuovo Piano di Indirizzo Territoriale (PIT) della regione Toscana, approvato con *D.C.R.T n. 72 del 24 luglio 2007*, all'articolo 36 – *Lo Statuto del territorio toscano. Misure generali di salvaguardia.*

La disciplina prevede l'individuazione dei corsi d'acqua a rischio di esondazione, indicati in un elenco già allegato alla ex D.C.R. 230/1994 "Prescrizioni vincoli e direttive sul rischio idraulico" che per prima ha dato indicazioni in materia nella nostra regione. La ex D.C.R. individuava per tali fiumi degli ambiti di salvaguardia con i relativi limiti d'intervento e direttive. Le prescrizioni previste da tale norma sono state poi recepite e abrogate dalla *D.C.R. n° 12 del 25/01/2000* PIT della Regione Toscana, al Titolo VII art. 73-79.

Rispetto alle misure previste nelle norme appena citate, per la salvaguardia dal rischio idraulico al comma 3 del nuovo PIT si indica esclusivamente *“a far data dalla pubblicazione sul BURT dell’avviso di adozione del piano, non devono prevedere nuove edificazioni, manufatti di qualsiasi natura o trasformazioni morfologiche negli alvei, nelle golene, sugli argini e nelle aree comprendenti le due fasce della larghezza di ml. 10 dal piede esterno dell’argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda dei corsi d’acqua principali ai fini del corretto assetto idraulico individuati nel Quadro conoscitivo del presente piano come aggiornato dai piani di bacino vigenti e fermo restando il rispetto delle disposizioni in essi contenute”*. Tale enunciato ripropone pertanto quanto già noto per gli ex ambiti A1 mentre non fa nessun riferimento agli ex ambiti A2 e B.

Per maggior chiarezza l’area soggetta a vincolo corrisponde unicamente all’ex ambito “A1” così come individuato nello schema sotto riportato (fig. 13). Tale fascia di rispetto deve essere individuata su una cartografia aerofotogrammetrica collaudata nella scala maggiore disponibile (1:2.000 o di maggior dettaglio). Ove esistano difficoltà nell’individuazione del piede esterno dell’argine e del ciglio di sponda, va applicata l’ipotesi corrispondente alla maggior larghezza.

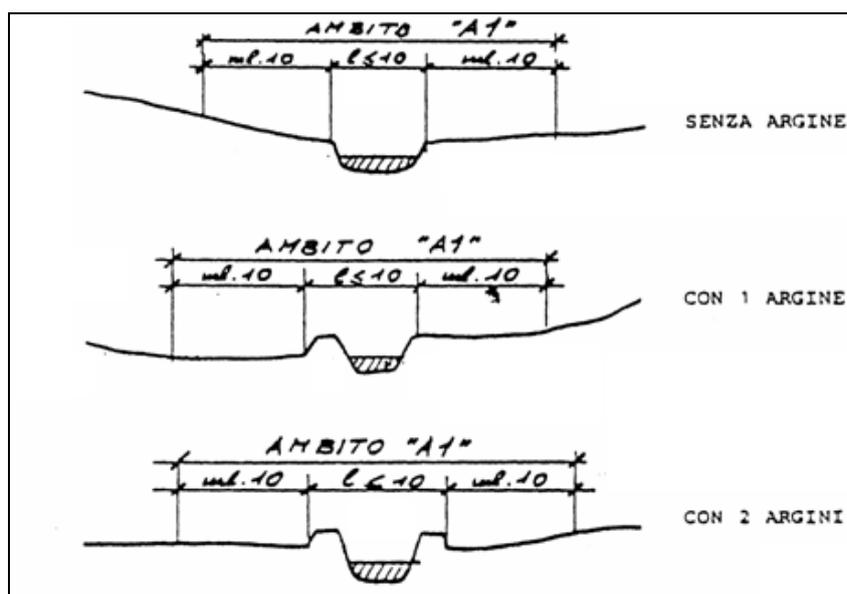


Fig. 13 - Individuazione dell’ambito di tutela dei corsi d’acqua vincolati.

Lo sviluppo dei corsi d’acqua contenuti nell’elenco sopra riportato sono descritti nella cartografia ufficiale in scala 1:25.000 della Regione Toscana edita nel 1994. In tale cartografia abbiamo però riscontrato degli errori materiali sia di percorso che di toponomastica. Abbiamo pertanto riportato in cartografia i corsi d’acqua che meglio approssimano, nella scala utilizzata, l’andamento seguito nella carta ufficiale della Regione Toscana. Sarebbe comunque necessario in fase di elaborazione del Regolamento Urbanistico definire in maniera più rigorosa quale parte del reticolo idraulico assoggettare a tale vincolo.

3.9 LA CARTA DELLA DINAMICA COSTIERA

Il litorale del Comune di Massa, della lunghezza di circa 8,5 Km, fa parte dell'unità fisiografica Livorno - Bocca di Magra ed è stato oggetto di un accentuato fenomeno erosivo fin dagli anni "30.

La carta della dinamica costiera illustra gli elementi necessari per evidenziare le aree di criticità in atto, per processi di erosione della costa.

Il riferimento è, principalmente, alle condizioni di equilibrio della linea di riva e dei sistemi dunali relitti presenti lungo la linea di costa per verificare la sostenibilità delle trasformazioni tenuto conto degli obiettivi definiti negli atti di pianificazione e programmazione regionale soprattutto in riferimento ai sistemi ambientali (P.I.T. approvato con D.C.R.T. n°72 del 24/07/2007).

Nella carta sono state illustrate le principali variazioni della linea di riva dal 1938 al 2007 (dati concessi dal *Settore Tutela del territorio e della costa* della Regione Toscana e contenuti nello studio "Rilievo topobatimetrico del litorale di Marina di Massa" del Comune di Massa realizzato dalla società *GeoCoste s.n.c.* nel corso dell'estate 2007), la batimetria dei fondali sabbiosi (da studio *GeoCoste s.n.c.*) e le opere di difesa costiera realizzate a partire dagli anni "30.

Nella carta sono inoltre state evidenziate le aree interessate dalla presenza, seppur relittuale, di cordoni sabbiosi e stagni retrodunali inseriti all'interno del "sistema dunale recente" più prossimo alla linea di costa ben riconoscibile ed apprezzabile sino alla fine degli anni "50 .

Tale sistema dunale costiero pur risultando significativamente obliterato dall'intensa urbanizzazione e dall'esteso utilizzo dell'arenile a scopo turistico-balneare, conserva al suo interno ancora delle aree di interesse ambientale.

La legenda della carta è dunque così articolata:

	Sistema dunale recente
	Stagni retrodunali relitti
	Cordone dunario

VARIAZIONE DELLA LINEA DI RIVA

	Linee di riva dal 1938 al 2007
---	--------------------------------

BATIMETRIA

	Batimetrie da 0m a -12m s.l.m.
---	--------------------------------

OPERE DI DIFESA COSTIERA

	Opere di difesa delle foci
	Opere di difesa in massi aderenti
	Opere di difesa parallele in massi
	Opere di difesa perpendicolari in massi
	Pontile
	Porticciolo
	Setti sommersi

4. VALUTAZIONI DI PERICOLOSITA'

Il quadro conoscitivo geologico per il Piano Strutturale è lo strumento che deve definire in maniera più oggettiva possibile le caratteristiche intrinseche del territorio espresse attraverso le carte della pericolosità. Queste carte sono il risultato di una sintesi ragionata delle carte di base: carta geologica, carta geomorfologica, carta litotecnica descrittiva, carta idrogeologica, carta idrologica, carta delle pendenze, carta dei sondaggi e dati di base, carta dei vincoli e delle salvaguardie sovracomunali, carta della dinamica costiera e carta delle aree inondabili (illustrata congiuntamente con la carta delle aree a pericolosità idraulica).

4.1 LA CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

Per "Pericolosità geomorfologica" s'intende l'identificazione qualitativa di aree omogenee, in cui si possono sviluppare o riattivarsi, in termini di possibilità, fenomeni naturali d'instabilità di una determinata intensità.

Quanto sopra vale per la zona collinare e montana in cui la pericolosità geomorfologica di un sito consiste prevalentemente nella possibilità che vi si verifichino dissesti di tipo gravitativo ed erosivo, anche se non va comunque tralasciato l'aspetto prettamente geotecnico (possibilità di cedimenti o rotture del terreno sotto carico) soprattutto in corrispondenza di vaste e consistenti aree di affioramento di terreni detritici e/o di alterazione.

Nella zona di pianura e nelle aree pedemontane di fondovalle, la pericolosità è piuttosto determinata, dalla presenza di livelli scarsamente portanti e compressibili riscontrabili nei depositi quaternari, i quali possono provocare fenomeni di rottura e consolidazione per interventi antropici inadeguati.

Nella carta si è ritenuto di distinguere la fragilità geomorfologica della zona collinare e montana dagli aspetti puramente geotecnici delle aree di pianura e dai possibili fenomeni di subsidenza che in esse potrebbero verificarsi.

Sulla base delle considerazioni di cui sopra e a seguito di un attenta analisi delle direttive regionali disciplinate dalla recente D.P.G.R.T. n°26/R del 27/04/2007 ("Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 in materia di indagini geologiche") e dal Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino Regionale Toscana Nord approvato con D.C.R.T n°11 del 25/01/2005 si è arrivati ad una classificazione della pericolosità, specifica per il territorio del Comune di Massa, eseguita in conformità alla seguente tabella:

CLASSI DI PERICOLOSITA'

Pericolosità geomorfologica

G.1	<p>Classe G.1: Pericolosità bassa Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche e giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa. Aree di conoide del F. Frigido senza condizionamenti d'ordine geologico in senso lato.</p>
G.2	<p>Classe G.2: Pericolosità media Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto. Aree nelle quali sono al massimo prevedibili, sulla base di valutazioni geologiche, litotecniche e clivometriche (pendenze generalmente inferiori al 25%) limitati processi di degrado riconoscibili e neutralizzabili a livello di intervento diretto.</p>
G.3a	<p>Classe G.3.a: Pericolosità medio-elevata Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico. Vi ricadono le frane non attive, i versanti interessati da coperture detritiche eluvio-colluviali s.l. e i versanti in roccia o con roccia sub-affiorante.</p>
G.3b	<p>Classe G.3.b: Pericolosità elevata Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti con indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di movimenti di massa di media intensità; aree con evidenze di instabilità connesse alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, a intensi fenomeni erosivi e a processi accertati di degrado antropico. Tale classe include le frane non attive interessate (e non interessate) da fenomeni di ruscellamento diffuso e/o concentrato con pendenze superiori al 40% e i terreni di copertura s.l. in condizioni di instabilità geomorfologica potenziale. Vi ricadono anche le aree interessate da coperture detritiche con pendenze superiori al 60% e le aree esposte a possibili fenomeni di caduta massi.</p>
G.4	<p>Classe G.4: Pericolosità molto elevata Aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, nonché le aree che possono essere coinvolte dai suddetti fenomeni. Corrispondono alle aree con dissesto in atto al momento del rilevamento quanto a fenomeni inattivi che presentano però indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di movimenti di massa di elevata intensità. Tale classe include le aree che possono essere coinvolte da processi a cinematica rapida e veloce quali quelle soggette a colate rapide incanalate di detrito e terra nonché quelle aree esposte a fenomeni accertati di caduta massi.</p>

Pericolosità per caratteristiche geotecniche

G.3l	<p>Classe G.3l: Pericolosità medio-elevata Aree potenzialmente soggette a cedimenti differenziali per la presenza di terreni compressibili con caratteristiche geotecniche variabili da mediocri a scadenti. Aree caratterizzate da situazioni geologiche apparentemente stabili sulle quali occorrono degli approfondimenti da effettuarsi a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia.</p>
-------------	---

Pericolosità per subsidenza

G.3s	<p>Classe G.3s: Pericolosità medio-elevata Aree potenzialmente subsidenti per caratteri stratigrafici, litotecnici ed idrogeologici.</p>
-------------	---

La valutazione delle classi di pericolosità sopra descritte, discendono dalla sovrapposizione ragionata delle carte di base descritte nei paragrafi precedenti, dalla valutazione delle esperienze locali in termini di fragilità geomorfologica, nonché da quanto suggerito dalle leggi, piani regionali e provinciali vigenti sia sul nostro territorio che su territori limitrofi al nostro.

In particolare si è ritenuto necessario, al fine di classificare in maniera più adeguata le criticità geomorfologiche riscontrate sul territorio comunale, aggiungere alle classi di pericolosità geomorfologica contenute nelle direttive regionali (D.P.G.R.T. n°26/R del 27/04/2007) una classe di pericolosità geomorfologica di tipo medio-elevata (G.3a), una classe di pericolosità medio-elevata per caratteristiche geotecniche (G.3l) e una classe di pericolosità medio-elevata legata a potenziali fenomeni di subsidenza.

In realtà si è trattato, più che di una creazione di nuove classi, di una suddivisione della classe G.3 della D.P.G.R.T. n°26/R del 27/04/2007 in più classi distinte sulla base di specifiche criticità reali e/o potenziali che vanno a determinare un grado di pericolosità distinto per singoli fattori.

Tale scelta si è resa inoltre necessaria al fine di soddisfare l'obbligo normativo derivante dall'art. 16 (*Aree non perimetrate*) delle Norme di Piano del P.A.I. del Bacino Regionale Toscana Nord approvato con D.C.R.T n°11 del 25/01/2005.

Tale articolo recita *“Al fine della prevenzione del rischio geomorfologico, gli enti competenti all'adozione degli strumenti di governo del territorio, in sede di predisposizione di nuovi strumenti o di approfondimento del quadro conoscitivo del PAI, ove individuino condizioni di pericolosità geomorfologica molto elevata ed elevata al di fuori delle aree di cui ai precedenti articoli 13 e 14, adottano disposizioni coerenti con quelle del PAI relative alle stesse aree”*.

In considerazione di quanto sopra detto, la classe G.3b (pericolosità geomorfologica elevata), descritta nel presente quadro conoscitivo, risulta coerente con quanto inserito dal P.A.I. nella definizione della classe P.F.E. mentre la classe G.4 (pericolosità geomorfologica molto elevata) risulta coerente con quanto inserito dal P.A.I. nella definizione della classe P.F.M.E..

Per la definizione delle classi di pericolosità geomorfologica è risultato prioritario stabilire i criteri di analisi previsionale per un dato evento di dissesto geomorfologico.

L'analisi previsionale dell'evento di dissesto geomorfologico si è basata su 4 aspetti:

1. *previsione spaziale*, intesa come previsione che una determinata area possa essere coinvolta o meno da frane; essa è stata effettuata attraverso valutazioni semiquantitative basate sulla indicizzazione dei principali fattori generali condizionanti la franosità (evidenze geomorfologiche, litologia, acclività, struttura e giacitura, uso del suolo eventuale), integrati da altri fattori locali (piovosità);

2. *previsione tipologica*, intesa come previsione del tipo di frana atteso, nel caso del Comune di Massa si ritrovano essenzialmente frane di crollo su litotipi essenzialmente calcarei e frane di scorrimento e locali fluimenti della copertura superficiale eluvio-colluviale interessanti per lo più le formazioni filladiche;

3. *previsione dell'intensità*: intesa come previsione dell'energia del fenomeno stimata sulla base delle dimensioni (areali e volumetriche) e della velocità di spostamento, tenendo conto delle seguenti definizioni orientative:

dimensione	
modesta	larghezza media < 10 m e volume inferiore ai 100 mc
media	larghezza media compresa tra 10 e 20 m; volume compreso tra 100 e 1.500 mc
grande	larghezza media > 20 m; volume >1.500 mc

velocità	
lenta	velocità < 1 m/anno
moderata	velocità compresa tra 1 m/giorno e 1 m/anno
rapida	velocità > 1 m/giorno

intensità	
bassa	frana di modeste o medie dimensioni ed a lenta velocità di spostamento
media	frana di modeste o medie dimensioni ed a moderata velocità di spostamento; frana di grandi dimensioni ed a lenta velocità di spostamento
elevata	frana di grandi dimensioni ed a moderata velocità di spostamento; frana di qualsiasi dimensione ma a rapida velocità di spostamento

4. *previsione dell'evoluzione*: intesa come previsione della distanza di propagazione, dei limiti di retrogressione o di espansione laterale.

La velocità delle frane di piccole dimensioni (non cartografabili) è rapida, ovvero la frana avviene con tempi "istantanei". In genere molte delle frane individuate hanno le caratteristiche di movimenti gravitativi a rapida velocità. Tale fattore, la velocità dell'evento, risulta fortemente condizionato dall'acclività dei versanti che nel Comune di Massa risulta estremamente accentuata, soprattutto nella zona montana, presentando mediamente valori superiori al 60-80%.

La tipologia di frane prevista nel territorio del Comune di Massa è per lo più riconducibile a intensità di tipo media ed elevata.

I maggiori fattori che indicano potenziale franosità (individuati in base alla tipologia delle frane avvenute) sono dunque stati riscontrati per l'acclività dei versanti ma anche per le caratteristiche del substrato roccioso (frane maggiori dove il substrato roccioso è costituito da formazioni filladiche), nella presenza di coltre detritica (falde di detrito) o eluvio colluviale e soprattutto nella presenza di fenomeni di ruscellamento concentrato e diffuso.

Si descrivono di seguito, in maniera sintetica, le classi di pericolosità riconosciute nel territorio comunale:

Classe G.1: Pericolosità geomorfologica bassa

In questa classe rientra la vasta area di pianura costituita dalle alluvioni della conoide del Fiume Frigido (formata per lo più da un deposito eterogeneo di ghiaie e ciottoli in matrice limo-sabbiosa alternato a livelli conglomeratici) comprendente gran parte del centro cittadino di Massa e gran parte della zona industriale apuana. In tale area si ritiene che i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche e giaciture non costituiscano fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa. Si ritiene comunque necessario eseguire, per opere edilizie di un certo rilievo, indagini geognostiche che confermino la bassa propensione al dissesto dell'area e che escludano la presenza di eventuali livelli fini (limosi o limo sabbiosi) in corrispondenza di orizzonti rilevanti per la portanza dei terreni.

Classe G.2: Pericolosità geomorfologica media

Tale classe risulta poco rappresentata all'interno del Comune di Massa. Corrisponde per lo più ad aree a bassa pendenza o addirittura pianeggianti presenti nella fascia collinare o pedecollinare per le quali sono al massimo prevedibili, sulla base di valutazioni geologiche, litotecniche e clivometriche limitati processi di degrado riconoscibili e neutralizzabili a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia.

Tali aree sono riconoscibili in alcune zone delle frazioni di San Carlo, Tombara, Castagnetola, La Frangola, Mirteto e in alcuni settori pedecollinari presenti sia in sinistra che in destra idrografica del Fiume Frigido. Aree a pericolosità media sono state descritte anche in corrispondenza di alcuni fenomeni franosi inattivi stabilizzati (paleofrane) ubicati in aree di fondovalle.

Classe G.3.a: Pericolosità geomorfologica medio-elevata

E' la classe più diffusa. Corrisponde alle aree collinari e montane del Comune di Massa dove sono presenti fenomeni quiescenti e in generale descrive tutte le aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico. Tale classe descrive anche tutti i versanti interessati da coperture detritiche eluvio-colluviali s.l. e i versanti in roccia o con roccia sub-affiorante caratterizzanti per lo più la zona montana.

In tali aree l'intervento edilizio è possibile anche se si ritiene subordinato ad un attento e preventivo piano di indagini di approfondimento.

Classe G.3I: Pericolosità medio-elevata per caratteristiche geotecniche

In questa classe vi rientrano tutte le aree comunali che ricadono all'interno delle conoidi pedemontane e che rappresentano il margine più settentrionale della zona di pianura. Sono aree potenzialmente soggette a cedimenti differenziali per la presenza di terreni compressibili con caratteristiche geotecniche variabili da mediocri a scadenti.

In sinistra idrografica del Fiume Frigido queste aree interessano principalmente il centro storico, la frazione La Rocca e parte dell'abitato di Turano. In destra idrografica del Fiume Frigido presentano una classe G.3I le frazioni di Tomba, Castagnara, Romagnano, Codupino e parte della zona industriale sottostante.

Presentano inoltre una classe G.3I tutti i terreni lungo il corso del Fiume Frigido interessati da alluvioni oloceniche.

Tutte queste zone sono caratterizzate da situazioni geologiche apparentemente stabili sulle quali occorrono degli approfondimenti da effettuarsi a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia.

Classe G.3s: Pericolosità medio-elevata per subsidenza

Con il termine subsidenza si indica un movimento della superficie del terreno che interessa aree relativamente estese, con prevalente componente verticale e velocità generalmente lenta, che può essere dovuto sia a cause naturali che artificiali (antropiche).

Tralasciando le cause naturali, che di per sé coinvolgono generalmente aree tettonicamente attive (margini continentali), le principali cause della subsidenza possono essere ricondotte essenzialmente alla estrazione di fluidi dal sottosuolo ed al drenaggio superficiale di aree paludose.

Infatti in un acquifero confinato con l'estrazione d'acqua si ha una diminuzione di pressione, che comporta una riduzione di volume dell'acquifero e una compattazione dipendente dall'entità dell'abbassamento piezometrico e dalle caratteristiche dell'acquifero stesso. La subsidenza del terreno risulta accentuata se l'acquifero confinato o semi-confinato è coperto da sedimenti fini di recente deposizione; in questo caso l'abbassamento del livello piezometrico comporta anche una desaturazione dei terreni di copertura ed il loro consolidamento, che passa attraverso una riduzione del volume. Invece il fenomeno della subsidenza è trascurabile negli acquiferi liberi, dove la superficie freatica è in equilibrio con la pressione atmosferica.

L'entità dei fenomeni di subsidenza è pertanto direttamente collegata alla maggiore o minore presenza di terreni compressibili (terreni torbosi e limo-argillosi) presenti nella sequenza stratigrafica del territorio di pianura.

La pianura del Comune di Massa, a differenza della pianura versiliese, non è mai stata interessata (almeno sulla base degli studi e delle notizie raccolte) da problemi di

subsidenza anche se presenta aree potenzialmente subsidenti per caratteri stratigrafici, litotecnici ed idrogeologici.

Nel territorio comunale sono state cartografate a pericolosità medio-elevata G.3s tutte le aree che presentano la falda in prossimità del piano campagna o comunque nei primi 4/5 m dal p.c. interessate da permeabilità bassa o nulla. Tali aree che coincidono con l'affioramento dei depositi fini alluvionali eterogenei di ambiente focivo e di stagno retrodunale (dl) e ai depositi palustri o di stagno costiero (e3a) sono tutte interessate da numerosi pozzi utilizzati sia per scopi industriali (nelle aree site in destra idrografica del Torrente Ricortola) che per uso irriguo.

Tutte queste zone sono caratterizzate da situazioni geologiche apparentemente stabili sulle quali occorrono degli approfondimenti da effettuarsi a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia.

Classe G.3.b: Pericolosità geomorfologica elevata

Questa classe descrive tutte le situazioni contraddistinte da elevate criticità geomorfologiche o aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti con indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di movimenti di massa di media intensità.

Rientrano in tale classe numerose aree del territorio comunale che presentano evidenze di instabilità di vario genere connesse alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, a intensi fenomeni erosivi e a processi accertati di degrado antropico.

Tale classe include le frane non attive interessate (e non interessate) da fenomeni di ruscellamento diffuso e/o concentrato con pendenze superiori al 40% e i terreni di copertura s.l. in condizioni di instabilità geomorfologica potenziale.

Vi ricadono anche le aree interessate da coperture detritiche con pendenze superiori al 60% e le aree esposte a possibili fenomeni di caduta massi.

Le aree del territorio comunale classificate a pericolosità geomorfologica elevata G.3b assommano ad una superficie complessiva di circa 15 km² pari al 16% dell'intero territorio comunale.

Classe G.4: Pericolosità geomorfologica molto elevata

Sono state descritte in questa classe tutte le frane attive con le relative aree di influenza, nonché le aree che possono essere coinvolte dai suddetti fenomeni. Corrispondono alle aree con dissesto in atto al momento del rilevamento quanto a fenomeni inattivi che presentano però indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di movimenti di massa di elevata intensità.

Tale classe include le aree che possono essere coinvolte da processi a cinematica rapida e veloce quali quelle soggette a colate rapide incanalate di detrito e terra nonché quelle aree esposte a fenomeni accertati di caduta massi.

A questo proposito sono state classificati come G.4 tutti i canali e tutti quei tratti di corsi d'acqua, a forte acclività, che presentano evidenti fenomeni di sovralluvionamento sia per motivi naturali che per fattori antropici. I canali classificati in classe G.4, in occasione di eventi pluviometrici estremi, potrebbero dar origine a colate detritico-torrentizie ad elevata velocità e potrebbero attivare, in corrispondenza di alcuni tratti montani, fenomeni di debris-flow come già sottolineato nel corso di numerosi studi effettuati sul territorio.

In classe G.4 sono state inserite, infine, tutte quelle aree interessate da ricorrenti fenomeni di crollo e caduta massi. Le aree più colpite che rientrano in tale classe sono il versante in destra idrografica del Torrente Renara e quello, sempre in destra idrografica, del Canale di Resceto detto anche della Tambura (versante che sovrasta la via Alta Tambura dal ponte in corrispondenza della confluenza del Torrente Renara nel Fiume Frigido fino al paese di Resceto), una vasta area in corrispondenza della vallata dove insiste l'abitato di Forno e il versante compreso tra la località Il Fornello e il paese di Cagliaglia, versante anche questo incombente sulla viabilità comunale.

Le aree del territorio comunale classificate a pericolosità geomorfologica molto elevata G.4 assommano ad una superficie complessiva di circa 6,75 km² pari al 7% dell'intero territorio comunale.

Per quanto riguarda la descrizione della pericolosità geomorfologica riscontrata nelle singole frazioni montane si rimanda alla lettura del capitolo successivo.

4.2 LA CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA

La carta delle aree a pericolosità idraulica ha integralmente recepito, così come richiesto dal Comune di Massa, i dati contenuti nella Relazione integrativa del recente “Studio idrologico e idraulico per la revisione della pericolosità idraulica dei principali corsi d’acqua nel Comune di Massa” (Maggio 2010) commissionato dall’Amministrazione Comunale di Massa al Dott. Ing. David Settesoldi.

Tale ulteriore studio idraulico si è reso necessario per rispondere alla richiesta di integrazioni dell’Autorità di Bacino di Rilievo Regionale Toscana Nord del 17/06/2009 prot. 159644/P-80-10-10.

Di seguito si riportano alcuni dati salienti dello studio, parte integrante del quadro conoscitivo del Piano Strutturale del Comune di Massa, che si unisce in allegato al presente lavoro (Allegato B) a cui si rimanda per eventuali approfondimenti tematici.

La pericolosità idraulica del territorio condiziona la definizione del Piano Strutturale in quanto le scelte in esso contenute devono tenere conto di un corretto assetto del territorio e della sicurezza dei suoi abitanti.

Devono pertanto essere in primo luogo recepiti i vincoli connessi alle condizioni di pericolosità rilevate allo stato attuale derivanti dagli atti normativi e di pianificazione.

Lo studio dell’Ing. David Settesoldi ha riguardato i corsi d’acqua principali, Frigido, Ricortola, Magliano, Canalmagro, Loghi, Brugiano, Poveromo, Grondini e fosso del Sale per i quali sono state individuate le aree di pericolosità mediante uno studio analitico e relativamente ai tratti di interesse (vedi relazioni in Allegato B).

Per ciascun bacino considerato, lo studio ha previsto un’analisi idrologica finalizzata alla determinazione degli idrogrammi di piena nelle sezioni di interesse per i tempi di ritorno (Tr) di 20, 30 e 200 anni.

Al fine di rappresentare adeguatamente i diversi fenomeni che governano la propagazione delle piene all’interno dei corsi d’acqua, la loro laminazione per effetto di casse di espansione, nonché la diffusione dei volumi idrici di inondazione sul territorio, lo studio ha previsto una modellistica idraulica che comprende un modello di tipo unidimensionale accoppiato ad un modello bidimensionale per la simulazione dei fenomeni di inondazione del territorio.

Circa il dettaglio dei risultati ottenuti ed un approfondimento dei modelli matematici utilizzati nello studio si rimanda agli elaborati contenuti nell’allegato B fuori testo.

Il recepimento delle integrazioni dell’ Autorità di Bacino Toscana Nord da parte dell’Ing. Settesoldi ha prodotto una revisione complessiva dello studio idraulico considerando, per ciascun corso d’acqua, la traslazione della portata idrologica fino alla foce e la definizione di aree inondabili per singolo corso d’acqua.

Tale studio ha suddiviso ulteriormente (rispetto alla suddivisione già operata nelle verifiche del Febbraio 2009) i diversi corsi d'acqua provvedendo a inserire a monte di ciascun tratto l'intero contributo derivante dall'analisi idrologica.

La suddivisione per ciascun corso d'acqua è la seguente:

- Torrente Ricortola:

Tratto 1 – a monte della ferrovia Ge-Li;

Tratto 2 – dalla ferrovia Ge-Li all' Autostrada A12;

Tratto 3 – dall' Autostrada A12 al ponte di via Pietrasanta;

Tratto 4 – dal ponte di via Pietrasanta alla foce.

- Fosso Brugiano

Tratto 1 – a monte dell' Autostrada A12;

Tratto 2 – a valle dell' Autostrada A 12.

- Torrente Frigido

Tratto 1 – dal ponte di via Giosuè Carducci all' Autostrada A12;

Tratto 2 – dall' Autostrada A12 alla foce;

- Fosso Magliano

Tratto 1 – a monte della ferrovia Ge-Li;

Tratto 2 – dalla ferrovia Ge-Li all' Autostrada A12;

Tratto 3 – dall' Autostrada A12 al ponte di via Arezzo;

Tratto 4 – dal ponte di via Arezzo alla foce;

- Fosso Poveromo

Tratto 1 – dall' Autostrada A12 al ponte di via Santa Teresa;

Tratto 2 – dal ponte di via Santa Teresa alla foce.

- Torrente Canalmagro e fosso del Sale

Tratto 1 – dalla ferrovia Ge-Li al ponte di via Romana;

Tratto 2 – dal ponte di via Romana all' Autostrada A12;

Tratto 3 – dall' Autostrada A12 a via Santa Caterina e via del Sale;

Tratto 4 - da via Santa Caterina e via del Sale alla foce.

Per i corsi d'acqua oggetto dello studio idraulico di cui sopra sono state definite le aree inondabili per i tempi di ritorno di 20, 30 e 200 anni (vedi **Carta delle aree inondabili** alla scala 1:10.000).

La mappatura delle aree inondabili, secondo quanto emerso dallo studio, è stata condotta sulla base delle mappe dei battenti e delle velocità di propagazione (Tavole studio integrativo Allegato B). I battenti idraulici sono stati calcolati considerando le connessioni idrauliche (soglie sfioranti) tra l'alveo principale e le celle (25x25 m) di un D.T.M. elaborato dai punti quotati e curve di livello contenuti nella CTR della Regione Toscana a scala 1: 2000.

Sulla base dei risultati ottenuti dalle verifiche idrauliche condotte per i tempi di ritorno di 20, 30 e 200 anni, sono state mappate le fasce di pericolosità idraulica per i corsi d'acqua oggetto di studio per i tratti di interesse.

Le fasce di pericolosità idraulica, individuate per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni, sono riportate nella **Carta delle aree a pericolosità idraulica** alla scala 1:10.000.

Per il Fosso Lavello e per il tratto di Fiume Frigido a monte del ponte di Via Carducci (non oggetto di nuove verifiche idrauliche) si è fatto riferimento alle perimetrazioni contenute nel Piano di Assetto Idrogeologico vigente (P.A.I. dell'Autorità di Bacino Toscana Nord).

In carta, ai sensi di quanto enunciato dalla D.P.G.R.T. n°26/R del 27/04/2007, sono state definite le seguenti classi di pericolosità idraulica:

I.3	<p>Classe I.3: Pericolosità idraulica elevata Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < Tr \leq 200$ anni</p>
I.4	<p>Classe I.4: Pericolosità idraulica molto elevata Aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr \leq 30$ anni</p>

4.3 LA CARTA DELLE ZONE A MAGGIORE PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (ZMPSL)

Il Comune di Massa è un comune sismico classificato in zona 3S secondo quanto enunciato dalla Delibera di Giunta Regionale n° 431 del 19 giugno 2006.

Dall'analisi e da una valutazione integrata di quanto emerso dall'acquisizione delle conoscenze relative agli elementi geologici, geomorfologici, delle indagini geofisiche, geotecniche e geognostiche, sulla base del quadro conoscitivo desunto nei capitoli precedenti sono state descritte e classificate, ai sensi della D.P.G.R.T. n°26/R del 27/04/2007, le aree ove possono verificarsi effetti di amplificazione sismica locale o di sito.

Secondo quanto indicato nelle direttive regionali la valutazione preliminare degli effetti locali o di sito, ai fini della riduzione del rischio sismico, consente di rappresentare:

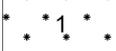
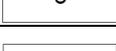
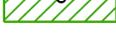
1. probabili fenomeni di amplificazione stratigrafica, topografica e per morfologie sepolte;
2. la presenza di faglie e/o strutture tettoniche;
3. i contatti tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche significativamente differenti;
4. accentuazione della instabilità dei pendii;
5. terreni suscettibili a liquefazione e/o addensamento;
6. terreni soggetti a cedimenti diffusi e differenziali.

Tale valutazione viene rappresentata nel piano strutturale attraverso la realizzazione della cartografia delle Zone a Maggior Pericolosità Sismica Locale (ZMPSL) che individua qualitativamente gli elementi in grado di generare i fenomeni di amplificazione locale ed instabilità dinamica. Tale cartografia si compone di n°20 tavole in scala 1:2.000 relative a tutti i centri urbani così come definiti dal censimento "*Centri e nuclei Istat del 1991*" (centri urbani maggiormente significativi del Comune di Massa) e da una carta a scala 1:10.000 che riguarda l'area di pianura sempre secondo una perimetrazione basata sulle sezioni di censimento dell'Ufficio Sit della Regione Toscana.

La redazione della carta delle Zone a Maggior Pericolosità Sismica Locale (ZMPSL) è stata realizzata secondo la legenda di seguito descritta:

AREE ED ELEMENTI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

(Allegato n°1 alle Direttive della D.P.G.R.T. n°26/R del 27/04/2007)

SIMBOLOGIA	TIPOLOGIA DELLE SITUAZIONI	POSSIBILI EFFETTI
	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Accentuazione dei fenomeni di instabilità in atto o potenziali dovuti ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici
	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
	Zone potenzialmente franose. Interessano i pendii caratterizzati da coperture detritiche s.l. con pendenza media >25% (incluse frane non attive)	
	Zone potenzialmente franose. Interessano i pendii caratterizzati da coperture detritiche s.l. con pendenza media <25% (incluse frane non attive)	
	Zone caratterizzate da movimenti franosi inattivi (paleofrane)	
	Zone con terreni che presentano caratteristiche geotecniche variabili da mediocri a particolarmente scadenti (argille e limi molto soffici, riporti poco addensati)	Cedimenti diffusi
	Zone con terreni granulari fini poco addensati, saturi d'acqua con falda superficiale indicativamente nei primi 5 m dal p.c.	Possibili fenomeni di liquefazione
	Zona di ciglio H>10 m costituita da scarpate con parete sub-verticale, bordi di cava, nicchie di distacco, orli di distacco e/o di scarpata di erosione (buffer di 10 m a partire dal ciglio)	Amplificazione sismica dovuta ad effetti topografici
	Zona di cresta rocciosa sottile (buffer di 20 m) e/o cocuzzolo	
	Zone di bordo della valle e/o aree di raccordo con il versante (buffer a 20 m a partire dal contatto verso la valle)	Amplificazione sismica dovuta a morfologie sepolte
	Zone con presenza di depositi alluvionali granulari e/o sciolti	Amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta alla differenza di risposta sismica tra substrato e copertura dovuta a fenomeni di amplificazione stratigrafica
	Zone con presenza di coltri detritiche di alterazione del substrato roccioso e/o coperture colluviali e coperture detritiche di origine antropica (ravaneti, terreni di riporto e discariche)	
	Aree costituite da conoidi alluvionali e/o coni detritici	Amplificazioni differenziate del moto del suolo e dei cedimenti; meccanismi di focalizzazione delle onde
	Zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse (buffer di 20 m)	
	Contatti tettonici, faglie, sovrascorrimenti e sistemi di fratturazione (buffer di 20 m)	

In tali elaborati cartografici è stata inoltre riportata, con colorazione omogenea, il grado di pericolosità sismica associato ad ogni elemento di pericolosità sismica descritto precedentemente secondo la legenda di seguito riportata:

CLASSI DI PERICOLOSITA'

(Allegato n°2 alle Direttive della
D.P.G.R.T. n°26/R del 27/04/2007)

S1	Pericolosità sismica locale bassa: aree caratterizzate dalla presenza di formazioni litoidi e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.
S2	Pericolosità sismica locale media: zone con fenomeni franosi inattivi (3); zone potenzialmente franose o esposte a rischio frana (2B2) per le quali non si escludono fenomeni di instabilità indotta dalla sollecitazione sismica (pendii caratterizzati da coperture detritiche s.l. con pendenza media <25%); aree in cui è possibile un'amplificazione dovuta ad effetti topografici (6-7).
S3	Pericolosità sismica locale elevata: aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti (2A) e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di fenomeni sismici; zone potenzialmente franose o esposte a rischio frana (2B1) per le quali non si escludono fenomeni di instabilità indotta dalla sollecitazione sismica (pendii caratterizzati da coperture detritiche s.l. con pendenza media >25%); zone con terreni di fondazione con caratteristiche geotecniche variabili da mediocri a particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi (4); terreni soggetti a liquefazione dinamica (5); zone con possibile amplificazione sismica connesse a zone di bordo della valle e/o aree di raccordo con il versante (8); zone con possibile amplificazione per effetti stratigrafici (9, 10, 11); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisicomeccaniche significativamente diverse (12); presenza di faglie e/o contatti tettonici (13).
S4	Pericolosità sismica locale molto elevata: aree in cui sono presenti fenomeni di instabilità attivi (1) e che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di effetti sismici.

E' opportuno precisare, infatti, che tutti gli effetti locali prodotti da eventi sismici e connessi ad aspetti stratigrafici, morfologici, geotecnici, strutturali, rappresentati nelle cartografie delle Zone a Maggior Pericolosità Sismica Locale con simbologia puntuale o lineare, assumono una diversa rilevanza in funzione della sismicità di base del territorio comunale e della relativa accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Decreto Ministeriale 14.9.2005).

A tale proposito, la legenda della pericolosità sismica sopra riportata è stata ottenuta applicando quanto enunciato nell'allegato 2 delle direttive regionali dove gli elementi della ZMPSL da prendere in considerazione sono associati al grado di pericolosità sismica, dipendente dall'interazione tra ciascun elemento di pericolosità sismica locale e la sismicità di base, connessa alla Zona sismica di appartenenza del territorio comunale (Delibera di Giunta Regionale n. 431 del 19 giugno 2006).

In generale possiamo affermare che secondo l'applicazione dei criteri enunciati dalle recenti direttive regionali il territorio del Comune di Massa presenta, nel suo complesso, un grado di pericolosità sismica locale elevata (S3) per la coesistenza di numerosi

fattori descritti nelle cartografie allegate. Si rilevano, secondariamente, zone a pericolosità sismica molto elevata (S4) in corrispondenza delle frane attive e zone a pericolosità sismica locale media (S2) dovute per lo più ad amplificazioni per effetti topografici e dunque collegata alla forte acclività dei rilievi.

Per quanto riguarda la descrizione della pericolosità sismica locale riscontrata nei singoli centri urbani si rimanda alle considerazioni contenute nel capitolo successivo.

Le carte predisposte hanno come obiettivo quello di evidenziare le situazioni di criticità sulle quali porre attenzione, al fine di effettuare una corretta pianificazione, e disciplinare in maniera specifica nel Regolamento Urbanistico in funzione delle destinazioni d'uso previste.

4.3.1 Considerazioni circa la liquefazione dei terreni

Il fenomeno della liquefazione interessa terre sabbiose fini sature, in depositi naturali o in accumuli artificiali, che nel corso di un evento sismico subiscono una forte riduzione della resistenza al taglio, a seguito della quale il terreno può scorrere o fluire, nel caso di un pendio, o assestarsi nel caso di una giacitura orizzontale.

La risposta sismica è funzione della composizione granulometrica, dell'addensamento dei depositi nonché dalla profondità della falda acquifera. In linea generale, per terremoti di elevata magnitudo la liquefazione del deposito può essere indotta da un numero, anche ridotto, di cicli di carico poiché ad ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di grande intensità; per contro, in terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto lo si ottiene, chiaramente, solo con un numero superiore di cicli di carico. In definitiva, quindi, una elevata magnitudo del sisma (maggiore intensità degli sforzi di taglio applicati al terreno) e una lunga durata dello stesso (maggior numero di cicli di carico) rendono più probabile l'iniziarsi della liquefazione in un deposito sabbioso saturo.

Tenendo conto di quanto sopra e considerando le stime effettuate da vari autori (Youd e Perkins (1978), Iwasaki *et al.* (1982)) riguardanti valutazioni qualitative del grado di vulnerabilità alla liquefazione nel caso di pianure alluvionali costiere oloceniche, sulla base del tipo di deposito sedimentario e della sua età, si ritiene ragionevole considerare una probabilità di liquefazione da bassa a moderata, tenuto conto anche delle limitate accelerazioni indicate per la fascia costiera del Comune di Massa.

Il fenomeno della liquefazione richiede, per altro, oltre a depositi incoerenti sciolti, anche la presenza della falda entro i primi 5 m dal piano campagna, condizione di fatto realizzata praticamente su tutto il territorio comunale. Qui, tuttavia, il tipo di deposito presente caratterizzato in massima parte da sabbie medie e/o fini, in genere pulite ma con frazione fine limosa variabile tra il 5% e il 10% e grado di addensamento tale da

impedire episodi di filtrazione significativa già entro 2/3 metri dal p.c., rende assai remota la possibilità di incidenza di questo fenomeno.

Alla luce di quanto sopra e considerando che la presenza di una seppur contenuta frazione limosa porta a diminuire la suscettibilità dei depositi alla liquefazione (Shannon *et al.*), il rischio verso tale fenomeno appare dunque poco significativo.

Nonostante le considerazioni di cui sopra, le sabbie del litorale del Comune di Massa sono state descritte dal presente studio, seguendo le indicazioni della D.P.G.R.T. n°26/R del 27/04/2007, con una classe S3 (pericolosità sismica locale elevata).

Si ritiene pertanto necessario eseguire, in fase di formazione del Regolamento Urbanistico, uno studio di dettaglio su basi geotecniche che approfondisca la suscettibilità alla liquefazione delle sabbie del litorale del Comune di Massa.

4.4 LA CARTA DELLE AREE CON PROBLEMATICHE COSTIERE

Questa carta sottolinea la principale criticità della zona costiera rappresentata dall'erosione a cui è sottoposto praticamente tutto il litorale del Comune di Massa.

La carta riporta inoltre la delimitazione (tratteggio verde) del sistema dunale recente ampiamente descritto precedentemente con indicazione delle aree che, pur parzialmente oblitrate dall'attività antropica, conservano al loro interno emergenze vegetazionali e morfologiche di interesse ambientale legate appunto alla dinamica costiera recente.

La legenda della carta è così articolata:

	Sistema dunale recente
	Aree degradate di interesse ambientale
	Linea di riva in erosione

4.5 LA CARTA DELLE AREE CON PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE

La carta sottolinea le principali criticità legate a squilibri idrogeologici della falda presenti nella pianura del Comune di Massa.

Tali squilibri sono essenzialmente riconducibili ad un eccessivo emungimento della falda il cui effetto sulla linea di costa è rappresentato dall'intrusione del cuneo salino mentre in porzioni più arretrate della pianura è rappresentato dalla depressione assunta dalla falda sotto il livello medio marino.

Nello specifico sono evidenziate due aree, in corrispondenza delle foci del Fosso Brugiano e del Fosso Lavello, dove lo studio del Prof. Pranzini ha evidenziato valori elevati di conducibilità elettrica da collegare a fenomeni già in atto di intrusione salina.

Nella carta è poi evidenziato il tratto del Fiume Frigido che da alcuni anni presenta gravi problemi legati al disseccamento estivo. Tale fenomeno si ritiene riconducibile ad un indiscriminato utilizzo delle acque sotterranee e in tal senso rappresenta il risultato di evidente squilibrio idrogeologico in atto.

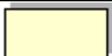
La carta riporta inoltre i principali fattori antropici produttori reali e/o potenziali di inquinamento dei corpi idrici e fornisce un'indicazione qualitativa del grado di protezione della falda esercitato dalle litologie presenti sulla pianura del Comune di Massa.

La legenda della carta è così articolata:

AREE SOGGETTE A SQUILIBRI IDROGEOLOGICI

	Aree con intrusione accertata di acqua marina
	Limite indicativo dell'area soggetta ad intrusione di acqua marina (tratto dal "Piano di tutela delle acque" della Regione Toscana approvato con D.C.R.T. n°6 del 25/01/2005)
	Aree con superficie piezometrica al di sotto del livello medio marino da piezometria Aprile 1999
	Aree con superficie piezometrica al di sotto del livello medio marino da piezometria Settembre 1999
	Tratto del Fiume Frigido soggetto al fenomeno del disseccamento estivo
	Conducibilità delle acque di falda $\geq 1.500 \mu\text{S/cm}$

GRADO DI PROTEZIONE DELLA FALDA

	Aree con un grado di protezione della falda molto basso
	Aree con un grado di protezione della falda basso
	Aree con un grado di protezione della falda medio

FATTORI ANTROPICI PRODUTTORI REALI E/O POTENZIALI DI INQUINAMENTO DEI CORPI IDRICI

	Depuratori
	Discariche
	Zona Industriale di Massa

AREE DI SALVAGUARDIA DEI CAMPI POZZI COMUNALI (Acque sotterranee destinate al consumo umano)

	Zone di rispetto ai sensi del comma 6 art. 94 del D.Lgs n°152/06
---	--

5. CONSIDERAZIONI CIRCA LE CRITICITA' RISCONTRATE

5.1 CONSIDERAZIONI PARTICOLAREGGIATE SULLE FRAZIONI MONTANE

Alla presente relazione tecnica fa seguito una dettagliata descrizione della situazione attuale, dal punto di vista del dissesto geologico-idrogeologico, delle frazioni montane. Per le principali frazioni montane è stata infatti predisposta una carta geologica-geomorfologica in scala di dettaglio (1:2.000) al fine di ubicare la zona e sintetizzare i fattori che la rendono vulnerabile al dissesto geologico-idrogeologico e che concorrono alla definizione della pericolosità geomorfologica e sismica.

5.1.1 Altagnana (Tav. I scala 1:2.000)

Con la sua forma allungata e stretta che segue il pendio di un ripiano (326 metri sul livello del mare), il paese si trova naturalmente protetto su tre lati dai fianchi scoscesi del colle, assumendo l'aspetto di un villaggio fortificato. L'esposizione a mezzogiorno lo pone in una posizione di vantaggio rispetto alla pianura ma ne rappresenta anche il suo limite poiché ha condizionato le caratteristiche dell'abitato limitandone lo sviluppo. L'agglomerato di case aveva infatti comportato l'occupazione fitta e capillare di tutto lo spazio agibile, con abitazioni strettamente addossate le une sulle altre.

L'abitato di Altagnana poggia interamente sulle filladi del basamento paleozoico apuano e presenta nel complesso una buona stabilità. Stesse condizioni presenta il versante esposto a nord alla cui sommità è fondato l'abitato. Tale versante, data la pendenza, risulta sprovvisto di copertura detritica e presenta condizioni giaciture favorevoli. Il versante meridionale presenta, invece, la giacitura a franapoggio delle superfici di scistosità delle rocce metamorfiche, una spessa coltre detritica, un diffuso ruscellamento indifferenziato e la presenza di orli di scarpata relativi a frane e/o paleofrane. La litologia del terreno, la giacitura delle formazioni che costituiscono il substrato e la pendenza sono i fattori che determinano la fragilità geomorfologica del versante in oggetto. Le rocce metamorfiche del basamento apuano costituite da filladi e scisti porfirici sono facilmente aggredibili dagli agenti atmosferici, si disgregano e formano masse detritiche mobilizzabili. In corrispondenza di aree acclivi e piogge intense tali masse detritiche si mobilizzano modellando i versanti e accumulandosi al piede di essi. Queste coperture definite eluvio-colluviali sono dal punto di vista litotecnico classificate come detriti in matrice argillo-limosa.

Pericolosità geomorfologica (rif. Tav. 6pgm scala 1:5.000)

Nell'area comprendente la frazione di Altagnana sono state individuate le seguenti Classi di Pericolosità:

- l'abitato e il versante sottostante fino al fondo valle, coincidente con il Fosso di Antona, per le caratteristiche di giacitura, acclività e litologia sono stati classificati con un grado di Pericolosità medio-elevata (Classe G.3a);
- il primo tratto di versante a S - SW dell'abitato per le caratteristiche di giacitura, acclività e litologia è stato invece classificato con un grado di Pericolosità elevata (Classe G.3b);
- il secondo tratto di versante a S - SW dell'abitato, denominato Prati del Ciocca-Debbio, per le caratteristiche di giacitura, acclività e litologia è stato classificato con un grado di Pericolosità molto elevata (Classe G.4).

Pericolosità sismica (rif. Tav. I-ps scala 1:2.000)

In corrispondenza dell'abitato e sul versante esposto a NE, alla cui sommità è fondato il paese, la roccia risulta sub-affiorante. Queste aree sono classificabili con un grado di Pericolosità sismica locale bassa (Classe S1);

L'area comprendente il versante a S-SW dell'abitato fino ai Prati della Ciocca-Debbio è stata classificata con un grado di Pericolosità sismica locale elevata (Classe S3) per la coesistenza di diversi elementi di pericolosità sismica locale (2B1, 10, 12, 13).

Inoltre sono state evidenziate le principali zone di cresta (7) e le scarpate di erosione (6) presenti nell'area che determinano un grado di pericolosità sismica locale media (S2). In particolare si rileva una zona di cresta a NW del paese e una scarpata di erosione che delimita tutto l'abitato sul versante esposto a NE.

5.1.2 Antona (Tav. II scala 1:2.000)

Il paese di Antona è arroccato tra castagni e ulivi a 411 metri sul livello del mare sul monte "La Croce" nel lato che guarda a mare, alle sue spalle il grandioso semicerchio marmoreo, formato dall'Altissimo, dalla Tambura e dal Sagro, cuore delle Alpi Apuane. L'antico insediamento sembra essersi formato sul versante ad ovest del pendio del monte: alcuni ruderi infatti si ritrovano vicino all'oratorio di San Marco a Croce. Quei muri a secco erano un ottimo punto di avvistamento per una difesa efficace, potendovi scorgere oltre ad un lungo tratto del F. Frigido anche i paesi di Forno, Casette e Cagliaglia.

Le rocce affioranti nella zona appartengono al basamento paleozoico apuano trattandosi di scisti porfirici e filladi. L'area del versante su cui sorge la frazione di Antona è caratterizzata da un'estesa copertura detritica di alterazione e accumulo in matrice argillo-limo-sabbiosa. La rappresentazione cartografica evidenzia un'estensione

della copertura detritica per circa i $\frac{3}{4}$ dell'area considerata inclusa la frazione e le aree a monte e a valle della medesima.

Il dissesto idrogeologico presente in queste aree è originato da fenomeni di ruscellamento diffuso, localizzati sia a monte dell'abitato, nell'area situata fra la strada provinciale di Arni e la frazione di Antona, sia a valle dell'abitato. La cattiva regimazione delle acque e l'erosione prodotta dai fossi durante eventi piovosi di rilevante importanza possono risultare una fonte di dissesto in un versante sul quale è presente una coltre detritica caratterizzata da evidenti segni di movimenti gravitativi avvenuti nel passato. Orli di scarpata di degradazione sono presenti sia a monte che a valle dell'abitato e sono connessi alla presenza di copertura detritica, all'acclività, alla litologia, al deflusso caotico delle acque superficiali.

Pericolosità geomorfologica (rif. Tav. 6pgm scala 1:5.000)

Nell'area comprendente la frazione di Antona sono state individuate le seguenti Classi di Pericolosità:

- l'area comprendente l'abitato di Antona e la porzione immediatamente a monte della stessa è stata classificata con un grado di Pericolosità medio-elevata (Classe G.3a);
- il tratto di versante a valle dell'abitato presenta invece un grado di Pericolosità elevata (Classe G.3b).

Pericolosità sismica (rif. Tav. II-ps scala 1:2.000)

L'area caratterizzata dalla presenza di una placca detritica di tipo eluvio-colluviale, presenta un grado di pericolosità S3 (Pericolosità sismica locale elevata) per la coesistenza di diversi elementi di pericolosità sismica locale (2B1, 10 e 12).

5.1.3 Bergiola Maggiore (Tav. III scala 1:2.000)

Il paese di Bergiola Maggiore è situato sul versante meridionale del M. Brugiana ad una quota media di circa 350 metri sul livello del mare.

Un'ampia area di questo versante risulta coperto da una coltre detritica di alterazione e accumulo. La particolare estensione areale del materiale eluvio-colluviale è dovuta alla spiccata propensione all'alterazione chimica ad opera degli agenti atmosferici e alla mobilitazione di masse rocciose per gravità in corrispondenza degli affioramenti delle rocce filladiche dell'Unità di Massa.

Su tutta la placca detritica sono evidenti fenomeni di instabilità come orli di scarpate di degradazione, frane quiescenti e il corpo residuo di una paleofrana; tutta l'area risulta interessata da ruscellamenti diffusi ed erosione concentrata da parte delle acque meteoriche; il versante all'inizio del paese, dalla scuola fino al Fosso dei Marmi, risulta interessato da una falda di detrito a grossi blocchi e presenta chiari indizi dell'esistenza di fenomeni gravitativi riconducibili alla caduta massi.

Tutti i canali della zona (Fosso della Colombera, Fosso del Fontanello, Fosso dei Marmi e Fosso di Bargana) risultano pieni di materiale detritico con possibilità di fenomeni di sovralluvionamento.

Il versante a sud e a sud/est del paese risulta caratterizzato da detrito morfologicamente instabile (dim) e da una frana di scorrimento attiva (a1a).

Pericolosità geomorfologica (rif. Tav. 5pgm scala 1:5.000)

Le condizioni geomorfologiche del versante su cui sorge il paese, spesso aggravate da insufficienti opere di regimazione idraulica, e gli evidenti indizi di movimenti gravitativi avvenuti nel passato (con ogni probabilità tutto il paese sorge su un accumulo di frana), ci hanno indotti ad inserire l'intera area di affioramento della placca detritica in classe G.3b a pericolosità geomorfologica elevata mentre l'area, dove ha sede la scuola oltre a tutta un'ampia fascia che corre lungo il Fosso di Bargana, è stata inserita in una classe di pericolosità geomorfologica molto elevata (G.4).

Pericolosità sismica (rif. Tav. IV-ps scala 1:2.000)

L'area, ricoperta da una coltre detritica di alterazione e accumulo, presenta un grado di pericolosità S3 (Pericolosità sismica locale elevata) per la coesistenza di diversi elementi di pericolosità sismica locale (2A, 2B1, 9, 10, 12 e 13).

Da segnalare la presenza di un'area, in destra idrografica del Fosso di Bargana, a Pericolosità sismica locale molto elevata (S4) dovuta a movimenti franosi attivi (1).

Inoltre si osserva, sul versante a Nord della scuola, la presenza di scarpate di erosione (6) che determinano un grado di pericolosità sismica locale media (S2).

5.1.4 Caglieglia (Tav. IV scala 1:2.000)

Il paese di Caglieglia sorge al di sopra di uno sperone di roccia in destra idrografica del Fosso delle Casette ad un quota di 270 metri sul livello del mare.

A monte del paese si trova il contatto tra le filladi del basamento apuano (FAF) e la formazione dei grezzoni (GRE) che affiorano diffusamente nel versante formando talvolta pareti subverticali. Il contatto fra le due formazioni è coperto da una coltre detritica di alterazione e accumulo caratterizzata da spessori variabili.

Le pareti subverticali costituite da grezzone presentano una fratturazione pervasiva ed in molte aree esiste la possibilità di frane di crollo, in alcune aree più favorevoli all'accumulo si sono formate delle falde di detrito. Fenomeni storici di caduta massi sono documentabili lungo tutto il versante che sovrasta la viabilità di collegamento tra Caglieglia e il paese di Casette, parzialmente protetta da una decina d'anni grazie al posizionamento a quote differenti di barriere elastiche paramassi ad alto assorbimento di energia.

Sia sul versante in destra idrografica del Fosso Casette, immediatamente a valle del paese, sia sul versante in destra idrografica del F. Frigido, ci sono delle placche

detritiche in matrice argillo-limosa formatesi dall'alterazione del substrato roccioso (scisti porfirici, porfiroidi e filladi). Tali placche detritiche presentano molti segni di instabilità (dim) come testimoniano alcune frane quiescenti ivi esistenti originate presumibilmente a causa dell'elevata pendenza e della scarsa regimazione delle acque (ruscellamento diffuso ed erosione concentrata). Da segnalare la presenza, sul versante in destra idrografica del Fosso Casette, immediatamente a valle del paese, di una frana di scorrimento attiva (a1a) ben visibile anche dalla viabilità comunale che conduce al paese delle Casette.

Pericolosità geomorfologica (rif. Tav. 6pgm scala 1:5.000)

Le criticità sopra descritte riconducibili sinteticamente alla caduta massi e ad una cattiva regimazione delle acque superficiali ci hanno indotto ad inserire la zona circostante il paese di Caglioglia in un'area con pericolosità geomorfologica molto elevata (classe G.4) ad esclusione di una parte dell'abitato che per la più felice posizione geografica risente meno delle criticità sopra indicate e che comunque presenta condizioni morfologiche tali da far rientrare l'area in classe G.3b ovvero a pericolosità geomorfologica elevata.

Pericolosità sismica (rif. Tav. V-ps scala 1:2.000)

Una parte del paese ed il versante a monte dello stesso, dove la roccia è sub-affiorante, presenta un grado di pericolosità sismica S1 (Pericolosità sismica locale bassa).

L'altra porzione dell'abitato, coperta da una coltre detritica di alterazione e accumulo, è stata classificata a pericolosità sismica locale elevata (S3) per la coesistenza di diversi elementi di pericolosità sismica locale (2A, 2B1, 5, 10 e 12).

Da segnalare la presenza, sul versante in destra idrografica del Fosso Casette, immediatamente a valle del paese, di un'area a pericolosità sismica locale molto elevata (S4) dovuta a movimenti franosi attivi (1).

Inoltre si osserva, in prossimità del paese (in località Fornello e sul versante a NW dell'abitato), la presenza di aree con creste rocciose e/o cocuzzoli (7) che determinano un grado di pericolosità sismica locale media (S2).

5.1.5 Canevara (Tav. V scala 1:2.000)

Della frazione, la parte più antica è posta sulla destra del F. Frigido, collocata sul fianco orientale della Brugiana nella località detta "Al Santo"; l'insediamento fu dovuto alla presenza in epoca medioevale di un ponte (l'antico ponte della Tavella) mentre quella ottocentesca, insediatasi dopo che ha preso il via l'industria marmifera nei monti massesi, sorge ai due lati della strada conducente a Forno ad una quota di circa 100 metri sul livello del mare. A metà ottocento, comincia l'escavazione dei marmi e Canevara se ne avvantaggia perchè nelle vicinanze vengono installati segherie, laboratori, opifici etc.

La geologia del substrato è rappresentata dalle formazioni dell'autoctono apuano dei porfiroidi, scisti porfirici e le filladi dell'Unità di Massa che vengono a contatto (contatto tettonico). La diversa natura geologica del substrato determina un diverso assetto geomorfologico dell'area.

Il versante in destra idrografica (località Al Santo), caratterizzato dagli scisti porfirici dell'Autoctono, presenta, in generale, alti valori di acclività e forme spigolose che si accentuano proseguendo verso nord in corrispondenza degli affioramenti delle rocce carbonatiche metamorfiche ("Grezzoni" e Marmi) delle Apuane. Il versante in sinistra idrografica (località Il Debbio, Prati della Ciocca), caratterizzato dalle filladi dell'Unità di Massa, è ricoperto da detrito di natura eluvio-colluviale interessato dal fenomeno del ruscellamento diffuso e da numerose tracce erosive rappresentate da orli di scarpata di degradazione e/o di frana. Questi movimenti gravitativi, seppure di limitata estensione, hanno fino ad oggi interessato la parte superficiale della coltre detritica e possono riattivarsi in occasione di eventi piovosi intensi e prolungati.

Pericolosità geomorfologica (rif. Tav. 6pgm scala 1:5.000)

Nell'area comprendente la frazione di Canevara sono state individuate le seguenti Classi di Pericolosità:

- l'area ubicata in sinistra idrografica del F. Frigido che comprende i nuclei abitativi denominati Debbio e Prati della Ciocca caratterizzata da condizioni di instabilità morfologica è stata classificata con un grado di Pericolosità molto elevata (Classe G.4); lateralmente a questa, in direzione di Altagnana, è cartografata un'area che può essere classificata con un grado di Pericolosità elevata (Classe G.3b);
- in destra idrografica il nucleo abitativo Al Santo è inserito in un'area che può essere classificata con un grado di Pericolosità elevata (Classe G.3b);
- il nucleo abitativo di Canevara ubicato sulla sponda destra del F. Frigido è inserito in un'area che può essere classificata con un grado di Pericolosità medio-elevata (Classe G.3a) mentre l'area che comprende il nucleo abitativo situato sulla sponda sinistra del F. Frigido può essere classificata con un grado di Pericolosità elevata (Classe G.3b).

Pericolosità sismica (rif. Tav. VI-ps scala 1:2.500)

Tutta l'area, comprendente l'abitato e i versanti in destra e sinistra idrografica del F. Frigido, è caratterizzata dalla presenza di una estesa placca detritica di tipo eluvio-colluviale con un grado di pericolosità sismica S3 (Pericolosità sismica locale elevata) per coesistenza di diversi elementi di pericolosità sismica locale (2B1, 9, 10, 11, 12 e 13).

5.1.6 Casette (Tav. VI scala 1:2.000)

Il paese di Casette è situato ad un quota media di circa 350 m s.l.m. sul versante in sinistra idrografica del Fosso delle Casette, affluente in destra idrografica del Fiume Frigido.

In particolare, il centro urbano delle Casette occupa un ampia porzione del versante meridionale del M. Tamburone (728 m s.l.m.) in posizione di “mezzacosta” e risulta delimitato verso sud dal tracciato del fosso omonimo. Dal punto di vista morfologico la valle del Fosso delle Casette si presenta con andamento asimmetrico, con versanti maggiormente acclivi in destra idrografica e meno acclivi in sinistra dove appunto ha sede il paese.

Sotto il profilo geologico gran parte del paese insiste sulle rocce metamorfiche del basamento dell’autoctono apuano, costituite da porfiroidi/scisti porfirici (PRS) e filladi (FAF), mentre la parte più occidentale del paese, dove ha sede l’asilo, insiste sulle formazioni calcareo dolomitiche note come grezzoni (GRE) appartenenti alla successione mesozoica dell’Unità delle Apuane (il contatto tra grezzoni e filladi passa circa in corrispondenza dell’impluvio sopra la piazza-parcheggio del paese; vedi Tav. VI).

Una vasta area del paese poggia su una placca detritica di tipo eluvio-colluviale in matrice prevalentemente argillo-limosa, determinata da alterazione della roccia in posto e da movimenti gravitativi ormai assestati (paleofrane). In particolare la parte sud-orientale del paese, dove ha sede il cimitero, sorge sul corpo di una grossa paleofrana allungata in direzione Nord/Est-Sud/Ovest che vede la paleo-zona di accumulo impostata ad una quota di circa 270 m s.l.m. sotto la strada comunale delle Casette, a valle del cimitero. La zona di accumulo si presenta attualmente con una caratteristica spianata morfologica e/o con basse pendenze intorno al 25%. Il piede di tale paleofrana risulta parzialmente rimobilizzato da una frana di scorrimento attiva, cartografata in un tratto della strada comunale in prossimità del Fosso delle Casette.

La parte più antica del paese sorge invece su due crinali dove le coperture detritiche hanno limitati spessori.

Tutte le coperture detritiche nell’intorno del paese sono state considerate morfologicamente instabili (dim) a causa dell’elevata acclività (pendenze medie del 50-60%), per la presenza di frane attive presenti principalmente in destra idrografica del Fosso delle Casette e soprattutto per una cattiva regimazione delle acque di ruscellamento superficiale. Risultano infatti evidenti un po’ ovunque fenomeni di ruscellamento diffuso che, in occasione di eventi precipitativi più intensi, mobilizzano la parte più superficiale delle coltri detritiche argillo-limose creando frequenti dissesti con conseguenti disagi a discapito della popolazione.

Inoltre è da rilevare un generale approfondimento del reticolo idrografico testimoniato in questa area dall'erosione lineare prodotta dai canali che scendono sul versante su cui sorge il paese.

Le maggiori criticità di dissesto idrogeologico sono infatti descrivibili lungo la maggior parte dei canali che attraversano il paese e che risultano in gran parte tombati. Sono stati censiti circa 650 m di reticolo tombato e le principali criticità sono riscontrabili lungo il Fosso denominato "Sopra l'Asilo" e lungo il Fosso delle Casette.

In particolare il Fosso "Sopra l'Asilo" risulta tombato per una lunghezza totale di circa 120 m e in corrispondenza della strada comunale, dopo aver attraversato un tratto prospiciente un'abitazione, presenta una innaturale curvatura di circa 90° che lo dirige verso una canaletta in fonsider prima di immettersi nel sottostante Fosso delle Casette.

Il Fosso delle Casette che nasce dal versante di Cima di Gioia, dove è presente una delle più famose aree estrattive, si presenta con un alveo regimato solo a valle del ravaneto della cava di Gioia; in seguito il canale oltrepassato l'attraversamento stradale, in prossimità della località "Grotta Madonna del Cavatore", risulta intubato per una lunghezza di circa 170 m (in totale lungo il Fosso delle Casette il reticolo tombato ha uno sviluppo di circa 230 m) al di sotto di un vistoso riempimento antropico che occupa una grossa porzione del canale e che raggiunge nella parte più alta lo spessore di 10 m.

Quasi tutti i canali risultano soggetti a fenomeni di sovralluvionamento e si ritiene possibile per la natura dei luoghi che possano essere sede, in concomitanza di eventi precipitativi estremi, di fenomeni a cinematica rapida come debris flow.

A fronte delle diverse criticità descritte sono stati eseguiti, negli ultimi 10 anni, diversi lavori di consolidamento e bonifica di vari dissesti idrogeologici; ne sono testimonianza i massicci lavori di consolidamento dell'area sovrastante la piazza parcheggio e le numerose opere di sistemazione idrogeologica quali muri di sostegno, tiranti etc. eseguiti a seguito dell'alluvione del settembre del 2003 e realizzati lungo tutta la nuova viabilità comunale (terminata di recente) che corre a monte del paese e termina in corrispondenza della via dei Pini.

Pericolosità geomorfologica (rif. Tav. 3pgm scala 1:5.000)

Le criticità sopra descritte ci ha indotto ad inserire gran parte del paese interessato da coltri detritiche di rilievo nella classe G.3b, ovvero in un area caratterizzata da pericolosità geomorfologica elevata, mentre si è ritenuto necessario inserire le aree interessate dai canali che attraversano il paese in un area con pericolosità geomorfologica molto elevata (classe G.4) poiché potenzialmente sede di fenomeni gravitativi a cinematica rapida.

Pericolosità sismica (rif. Tav. VII-ps scala 1:2.500)

Una vasta area del paese, caratterizzata dalla presenza di una placca detritica di tipo eluvio-colluviale, presenta un grado di pericolosità sismica S3 (Pericolosità sismica locale elevata) per la coesistenza di diversi elementi di pericolosità sismica locale (2A, 2B1, 9, 10 e 12).

La parte più antica del paese sorge invece su due crinali dove le coperture detritiche hanno limitati spessori e dove la roccia risulta sub-affiorante. Tale area è pertanto stata classificata a pericolosità sismica locale bassa (S1).

Da evidenziare, lungo una fascia parallela al corso del Fosso delle Casette, la presenza di aree a pericolosità sismica locale molto elevata (S4) dovuta a movimenti franosi attivi (1).

Inoltre sono state evidenziate le principali zone di cresta e/o cocuzzoli (7) e le scarpate di erosione (6) presenti nell'area che determinano un grado di pericolosità sismica locale media (S2). In particolare si osserva una zona di cresta presso l'abitato e creste rocciose sottili delimitanti il versante orientale del paese.

5.1.7 Castagnetola (Tav. VII scala 1:2.000)

L'area cartografata nella Tav. VII denominata Castagnetola comprende in realtà anche la frazione di Lavacchio e la località denominata La Frangola.

Tutte e tre le frazioni insistono sul versante posto alla base del M. Brugiana.

Coperto dai depositi alluvionali intercalati a detriti eluvio-colluviali è presente il contatto tettonico fra l'Unità di Massa e l'Unità della Falda Toscana (il contatto passa all'incirca lungo il Fosso di Bargana) rappresentata in quest'area dalla Scaglia rossa e dalle formazioni calcaree basali.

La parte più meridionale del paese di Castagnetola sorge sulla parte apicale della conoide di deiezione del Fosso Colombera (o Canale di Rotino), mentre la parte più a monte sorge su una placca di detrito di origine eluvio-colluviale. Attualmente il Fosso Colombera è in fase erosiva; ha re-inciso i propri depositi formando delle scarpate di erosione molto acclivi. In tutto il paese non ci sono indizi di instabilità ad eccezione delle pareti del suddetto fosso causate sia dall'elevata acclività sia dall'erosione al piede del versante.

A monte di Castagnetola è ubicato il paese di Lavacchio. Tutto il paese sorge su una placca detritica di origine eluvio-colluviale. Su tale versante sono numerosi gli indizi di instabilità, anche se di modesta entità, dovuti a fenomeni di ruscellamento incontrollato e ad una generale insufficiente regimazione idraulica operata in seguito ai numerosi recenti interventi edilizi che hanno sensibilmente alterato il già precario equilibrio idrogeologico preesistente.

In destra idrografica del Fosso Colombera, in prossimità del tornante, è situata la frazione della Frangola. Tale frazione sorge sul corpo di una paleofrana; la porzione del

paese più densamente antropizzata presenta una pendenza modesta e non sono stati rinvenuti indizi di instabilità; a monte di tale frazione è presente una frana quiescente delimitata a monte da un evidente orlo di scarpata.

Pericolosità geomorfologica (rif. Tav. 9pgm scala 1:5.000)

Le frazioni Castagnetola e La Frangola sono state inserite nella classe di pericolosità media G.2 in quanto caratterizzate da una generale bassa acclività e da elementi geomorfologici dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto.

Tutto il versante a monte del paese di Lavacchio, compreso il paese stesso, rientra invece nella classe G.3b a pericolosità geomorfologica elevata a causa del repentino aumento della pendenza media del versante che raggiunge valori del 50-60% e delle cattive condizioni generali di regimazione idraulica in cui versa.

Pericolosità sismica (rif. Tav. VIII-ps scala 1:2.000)

L'area, ricoperta da una estesa coltre detritica di alterazione e accumulo, presenta un grado di pericolosità sismica S3 (Pericolosità sismica locale elevata) per la coesistenza di diversi elementi di pericolosità sismica locale (2A, 2B1, 4, 8, 9, 10, 11, 12 e 13).

Inoltre è stata evidenziata una zona di cresta (7) presente sul versante a NE dell'abitato della Frangola che determina un grado di pericolosità sismica locale media (S2).

5.1.8 Forno (Tav. VIII scala 1:2.000)

L'abitato di Forno si sviluppa, in posizione di fondovalle, ad una quota di circa 180 m s.l.m. risultando incassato nella stretta valle incisa dal F. Frigido.

Gli edifici si sviluppano principalmente in verticale lungo una fascia, con direzione Nord-Nord/Est – Sud-Sud/Ovest, allungata secondo i due lati del corso del fiume a causa della elevata acclività delle pendici montuose che rendono ed hanno reso nel tempo particolarmente difficoltoso lo sviluppo planimetrico dell'edificato di questo paese montano tra i più abitati del Comune di Massa.

Le pendici a ridosso del paese, contraddistinte da una elevata acclività, sono formate dalle rocce metamorfiche del basamento dell'autoctono apuano, costituite da porfiroidi/scisti porfirici (PRS) e filladi (FAF), spesso contraddistinte superficialmente da spessori anche consistenti di roccia alterata e fratturata.

Le principali placche detritiche sono rilevabili in corrispondenza delle valli secondarie e lungo gli impluvi originati dai numerosi canali che, discendendo dalle pendici acclivi sovrastanti il paese, attraversano in numerosi punti l'abitato di Forno rappresentando uno dei principali fattori di predisposizione al dissesto idrogeologico presenti nell'area. La natura pressoché impermeabile delle rocce scistose del basamento, unitamente alla non corretta regimazione delle acque superficiali, è invece la causa principale del ruscellamento diffuso che caratterizza entrambi i versanti.

La maggior parte delle coperture detritiche rilevate, in ragione delle condizioni fisiche sopra descritte (coperture detritiche s.l. su versanti acclivi, interessati da ruscellamento/erosione concentrato/a), sono state riportate nella carta geomorfologica come dim ovvero come detriti e terreni di copertura in condizioni di instabilità morfologica potenziale.

Un'attenzione particolare è da rivolgere alle condizioni in cui versano i canali sopra ricordati. Il nucleo di Forno si trova infatti in posizione di fondovalle in una specie di imbuto per la presenza di molti canali, alcuni dei quali con bacino di alimentazione non trascurabile (Canale Sopra le Case, Canale di Campo e Canale della Valle).

La portata di questi corsi d'acqua a forte pendenza, in occasione di eventi piovosi estremi, può assumere nel giro di pochi minuti valori elevati (ricordiamo che l'area Apuana è caratterizzata da alti valori di piovosità con medie annue, su base trentennale, intorno ai 1.500-2.000 mm/anno, che arrivano quasi a 3000 mm/anno sui rilievi maggiori della catena delle Alpi Apuane) incompatibili con le numerose vetuste tombature ed attraversamenti esistenti sotto l'abitato di Forno.

Basti pensare che complessivamente nel solo nucleo abitato sono stati censiti un totale di circa 450 m di canali tombati (comprensivi anche degli attraversamenti di strade e vicoli) di cui circa 70 m sono da imputare unicamente al Canale Sopra le Case e circa 100 m al sistema di canali denominati Canale della Valle/Canale di Campo/Canale dei Novelli.

Risulta evidente che questi attraversamenti e vecchie tombature, in occasione di eventi precipitativi particolarmente intensi, possano facilmente ostruirsi per alberi, frane, crolli, etc. con formazioni di bacini idrici temporanei e conseguente formazione di fenomeni di sovralluvionamento e conseguenti effetti che potrebbero risultare devastanti considerando la densità abitativa ivi presente.

Per tali motivi lungo i predetti canali soggetti a fenomeni di sovralluvionamento (dis) si ritiene molto probabile il verificarsi di fenomeni a cinematica rapida.

Prova delle criticità sopra elencate sono le numerose notizie storiche esistenti, ad esempio il Canale della Valle nel 1935 sfondò due abitazioni provocando due morti e straripò nuovamente nel 1964, il Canale della Scala esondò nel 1982 e nel 1991, mentre il 13 Novembre 1982 una frana presso il Canale dei Fagiolini distrusse completamente una abitazione ubicata lungo il vicolo delle Scalette causando cinque morti.

In aggiunta alle criticità sopra elencate è da rilevare che, in corrispondenza degli affioramenti rocciosi caratterizzati da pareti sub-verticali siti nella parte alta dei versanti, si verificano episodicamente fenomeni gravitativi di rotolamento massi con rischio di innesco di frane di crollo.

Nella cartografia allegata sono poi state cartografate le frane censite presso l'abitato e le porzioni di versante interessate dai recenti interventi di bonifica mediante tecniche di

ingegneria naturalistica (Vsi). Si menzionano tra tutte la frana quiescente (originatasi durante l'evento alluvionale del settembre 2003) sita lungo il Canale Sopra le Case, dove, di recente, l'amministrazione comunale ha edificato una briglia in cemento armato, e la grossa paleofrana presente in sinistra idrografica dove ha sede il cimitero di Forno. Tale paleofrana presenta i segni recenti di una sua riattivazione riconoscibile dalle tracce di movimento di una frana attualmente quiescente.

In conseguenza di quanto sopra evidenziato si ritiene che nonostante i numerosi interventi di bonifica/consolidamento e regimazione idraulica condotti sui versanti della vallata del Forno negli ultimi 10-15 anni, la cattiva regimazione delle acque meteoriche per cause antropiche e naturali costituisca, unitamente ai fenomeni diffusi di caduta massi, la causa principale dell'instaurarsi di fenomeni gravitativi in un'area con caratteristiche geomorfologiche sfavorevoli.

Pericolosità geomorfologica (rif. Tav. 3pgm scala 1:5.000)

Il dissesto idrogeologico, la presenza di coperture detritiche in matrice argillo-limosa ed in generale le sfavorevoli condizioni idrogeologiche e geomorfologiche costituiscono quindi i presupposti per considerare il paese di Forno e una vasta zona limitrofa come un'area con pericolosità geomorfologica molto elevata (classe G.4).

Pericolosità sismica (rif. Tav. IX-ps scala 1:2.000)

La parte del paese ubicato in destra idrografica del F. Frigido, è caratterizzata dalla presenza di una placca detritica di tipo eluvio-colluviale con un grado di pericolosità sismica S3 (Pericolosità sismica locale elevata) per la coesistenza di diversi elementi di pericolosità sismica locale (2B1, 9, 10 e 12). Nella restante area, in prossimità per lo più delle zone di crinale e sul fondovalle, la roccia è sub-affiorante pertanto tale zona è stata classificata a pericolosità sismica locale bassa (S1).

Da evidenziare, sempre in destra idrografica del F. Frigido, le principali zone di cresta (7) e le scarpate di erosione (6) presenti nell'area che determinano un grado di pericolosità sismica locale media (S2).

La parte del paese localizzata in sinistra idrografica del F. Frigido è ricoperta da una estesa coltre detritica di alterazione e accumulo e presenta, analogamente alla parte in destra idrografica, un grado di pericolosità sismica S3 (Pericolosità sismica locale elevata) per la coesistenza di diversi elementi di pericolosità sismica locale (2B1, 9, 10 e 12).

5.1.9 Gronda - Redicesi (Tav. IX scala 1:2.000)

Il paese di Gronda sorge ad una quota di circa 250 metri sul livello del mare in corrispondenza della confluenza fra il Torrente Renara e il Canale della Tambura sulle pendici sud-orientali del rilievo denominato Cima del Campo (472 m s.l.m.).

Le pendici acclivi site a ridosso del paese sia di Gronda che di Redicesi sono formate dalle rocce metamorfiche del basamento dell'autoctono apuano (porfiroidi/scisti porfirici (PRS) e filladi (FAF), spesso contraddistinte superficialmente da spessori anche consistenti di roccia alterata e fratturata.

Il paese di Gronda sorge alla base del corpo di una paleofrana. Verso monte, infatti è presente un orlo di scarpata che potrebbe corrispondere alla vecchia nicchia di distacco. Sul versante sono presenti fenomeni di ruscellamento diffuso localizzati principalmente a Nord/Est del paese.

In questa sede è stata cartografata una frana di scorrimento quiescente originata da una pessima regimazione idraulica presente in questa parte del paese.

La porzione di versante contigua al paese verso occidente risulta in roccia e presenta pendenze che superano il 100%. Su tale versante sono documentabili frequenti fenomeni di crollo.

Immediatamente a valle, ad una quota di circa 240 metri su livello del mare, sorge il paese di Redicesi ubicato in destra idrografica del fosso omonimo che attualmente si presenta in fase erosiva. Il versante a monte del paese risulta particolarmente acclive con possibilità di fenomeni di crollo. Inoltre sullo stesso versante sono presenti placche detritiche morfologicamente instabili e con problemi di regimazione delle acque meteoriche (ruscellamento diffuso).

Le principali placche detritiche sono rilevabili in corrispondenza delle valli secondarie e lungo gli impluvi originati dai numerosi canali che recapitano le loro acque nel T. Renara. La natura pressoché impermeabile delle rocce scistose del basamento, unitamente alla non corretta regimazione delle acque superficiali, è invece la causa principale del ruscellamento diffuso che caratterizza i versanti ivi presenti.

La maggior parte delle coperture detritiche rilevate, in ragione delle condizioni fisiche sopra descritte (coperture detritiche s.l. su versanti acclivi, interessati da ruscellamento/erosione concentrato/a), è stata descritta nella carta geomorfologica come dim ovvero come detriti e terreni di copertura in condizioni di instabilità morfologica potenziale.

I corsi d'acqua presenti, sia quelli principali che secondari, sono tutti a carattere torrentizio e in fase erosiva.

Dal punto di vista morfologico le vallate assumono un aspetto "alpino" caratterizzate da versanti particolarmente acclivi con notevole dislivello fra il fondo valle e le creste montuose.

Pericolosità geomorfologica (rif. Tav. 3pgm scala 1:5.000)

Per la situazione litologica (detrito con componente argillosa) e geomorfologica (area di accumulo di probabile paleofrana) il paese di Gronda viene inserito nella classe G.3b a

pericolosità geomorfologica elevata mentre la porzione soggetta a fenomeni di crollo risulta in classe G.4.

L'abitato di Redicesi è stato inserito nella classe G.3b a pericolosità geomorfologica elevata per la particolare configurazione geomorfologica e per l'assetto delle rocce (scisti fratturati con giacitura a franapoggio, affiancati o ricoperti da detrito con componente argillosa) mentre l'area di pertinenza del Canale di Redicesi risulta inserita in classe G.4.

Pericolosità sismica (rif. Tav. X-ps scala 1:2.000)

L'abitato di Gronda, il versante a monte dello stesso e quello in sinistra idrografica del Canale di Resceto sono caratterizzati dalla presenza di una placca detritica di tipo eluvio-colluviale e presentano un grado di pericolosità sismica S3 (Pericolosità sismica locale elevata) per la coesistenza di diversi elementi di pericolosità sismica locale (2A, 2B1, 9, 10, 11 e 12).

Inoltre sono state evidenziate le principali zone di cresta e/o cocuzzoli (7) e le scarpate di erosione (6) presenti nel versante in sinistra idrografica del Canale di Resceto che determinano un grado di pericolosità sismica locale media (S2).

Una parte del paese di Redicesi, ubicato in destra idrografica del fosso omonimo, presenta zone dove la roccia è sub-affiorante e pertanto tali aree sono classificate a pericolosità sismica locale bassa (S1). Un'altra parte, caratterizzata da una copertura detritica di alterazione e accumulo, presenta un grado di pericolosità sismica S3 (Pericolosità sismica locale elevata) per la coesistenza di diversi elementi di pericolosità sismica locale (2B1, 9, 10, 11 e 12).

Da evidenziare le principali zone di cresta e/o cocuzzoli (7) presenti nelle aree situate in destra e sinistra idrografica del Fosso di Redicesi che determinano un grado di pericolosità sismica locale media (S2).

5.1.10 Guadine - Casania (Tav. X scala 1:2.000)

L'abitato delle Guadine si sviluppa, in posizione di fondovalle, ad una quota di circa 190 m s.l.m., alla base della pendice meridionale del M. Cipolla e risulta incassato nella destra idrografica della stretta valle incisa dal Torrente Renera.

Le formazioni affioranti appartengono esclusivamente al complesso metamorfico dell'Unità Autoctona Apuana. Nell'area dove sorge il paese e in generale in tutta la zona di fondovalle del Torrente Renara affiorano litotipi appartenenti alla formazione dei Porfiroidi e Scisti Porfirici che appartengono appunto al Basamento Paleozoico dell'"Autoctono Apuano" (vedi Tav. 3g).

La geologia dell'area indagata risulta particolarmente complessa per il sovrapporsi di piani assiali appartenenti alle due fasi deformative succedutesi nelle Alpi Apuane (fase 1 e fase 2).

La dorsale M. Cipolla-M. Girello (660-770 m s.l.m.), sovrastante l'abitato delle Guadine, presenta una cresta in roccia sottile soggetta a fenomeni di degradazione ed è origine di frequenti fenomeni di crollo. Tutto il versante si presenta, almeno nella parte intermedia e sommitale, scarsamente vegetato a causa dell'esiguo spessore di suolo dovuto alla difficoltà di accumulo e permanenza di materiale sciolto. Solo localmente in depressioni morfologiche si accumulano dei detriti di falda. Principalmente nella parte bassa del versante lungo Via Alta Tambura, dal bivio che porta al paese di Forno sino al versante sottostante il paese di Casania, è presente un sistema di falde di detrito (con angoli con valori medi intorno ai 40°) composte da grossi blocchi, anche di dimensione plurimetrica, derivanti dallo smantellamento delle pendici rocciose sovrastanti.

Gli accumuli detritici, in corrispondenza dello sbocco delle vallecole minori, che rappresentano una via preferenziale per le traiettorie dei blocchi distaccati a quote medio-elevate, risultano più voluminosi e si dispongono a ventaglio (coni di detrito).

Il paese delle Guadine che sorge alla base della valle incisa dal Canale dei Fichi risulta costruito su uno di questi coni di detrito. In particolare, alle spalle dell'abitato delle Guadine è presente un versante montuoso molto acclive, con presenza di pareti rocciose subverticali, spesso ben sviluppate.

Dall'esame di studi presenti in bibliografia (*"Pappalardo M. – Putzolu P.P. – Le "sassae" dei Monti Pisani: "colate di pietre" tipiche dell'ambiente periglaciale"*) risulta che le falde di detrito di cui sopra presentino grosse affinità con i depositi conosciuti nei Monti Pisani come il nome di sassae. Secondo tali studi, le falde di detrito presenti lungo la viabilità che conduce al paese delle Guadine potrebbero avere un'origine periglaciale ed essere assimilata ai depositi conosciuti in letteratura come *Block stream* o *"colate di pietre"*. Quanto ai meccanismi genetici, si riconosce l'importanza dei processi crioclastici nella formazione di gelifratti e di quelli di soliflusso per la loro messa in posto. Il contesto morfoclimatico legato alla loro genesi potrebbe ricondursi alla fase di massima espansione dell'ultimo glaciale che si ritiene essersi verificata attorno ai 18-20.000 anni fa quando il limite delle nevi sulle Alpi Apuane era sceso a 1.250 m s.l.m.

Da segnalare la presenza all'inizio del paese di una grossa frana attiva descrivibile come "frana complessa di roccia e detrito" che il 27 febbraio 2007 isolò i cinque paesi presenti nella vallata del Torrente Renara.

Dalle indagini fatte risulta che la frana si sia innescata alla quota di 316 m s.l.m. formando una nicchia di distacco di larghezza di circa 18 m mentre l'unghia del corpo di frana è situata in prossimità del Torrente Renara ad una quota prossima ai 180 m s.l.m. ed ha interessato un tratto di Via Alta Tambura per una lunghezza di circa 90 m.

Le indagini eseguite hanno evidenziato che la frana si sia innescata come semplice frana di scorrimento di detrito ed abbia interessato una placca detritica sita in corrispondenza di una antica mulattiera sorretta in quel punto da muretti in sasso che, a

seguito delle precipitazioni avvenute nei giorni precedenti, sono collassati originando il movimento. Inizialmente, pertanto, la frana è stata prodotta da una cattiva regimazione idraulica e il motore del movimento è da attribuirsi all'azione esercitata dall'acqua al contatto tra placca detritica e substrato litoide.

In seguito il corpo di terra e detrito scivolando lungo un pendio caratterizzato da angoli fino a 70° e su un dislivello di 70 m ha acquistato velocità e ha incrementato il volume di materiale mobilizzato ripulendo tale porzione di versante dai massi, terre e detriti già presenti in equilibrio precario. La frana ha perciò mutato il suo processo evolutivo diventando la caduta e il rotolamento massi il suo movimento principale. La massa detritica suddetta poi, all'impatto con la falda detritica sottostante, ha movimentato, spianandoli, i terrazzamenti che caratterizzavano il pendio da quota 250 m s.l.m. a quota 185 m sulla via Alta Tambura.

La frana (adesso in fase di consolidamento) ha messo in luce, senza gravi conseguenze, i principali fattori di fragilità di questa zona che sono riconducibili alla caduta massi e ad una cattiva regimazione delle acque superficiali.

Da segnalare inoltre la tombatura di circa 60 m che interessa il Canale dei Fichi, canale principale che attraversa l'abitato delle Guadine le cui acque discendono in maniera incontrollata da balze rocciose verticali esistenti a ridosso del paese e che in concomitanza di eventi precipitativi estremi potrebbero dare origine per le particolari connotazioni fisiche dei luoghi a fenomeni gravitativi a cinematica rapida di elevata pericolosità per l'abitato sottostante.

Il paese di Casania sorge ad una quota di circa 310 metri sul livello del mare in corrispondenza del contatto geologico tra la formazione dei Grezzoni e i porfiroidi/scisti porfirici del basamento metamorfico apuano. Tale contatto rimane coperto da una placca detritica di alterazione e accumulo sulla quale sorge il paese anche se in prossimità dell'abitato la roccia risulta sub-affiorante.

A monte del paese affiora la formazione dei Grezzoni con pareti molto acclivi con potenziale rischio di fenomeni di crollo. Il fenomeno della caduta massi risulta particolarmente rilevante lungo il versante sovrastante la strada comunale che conduce al paese di Casania.

Il versante a valle del paese risulta ricoperto da una placca detritica con evidenti indizi di instabilità dovuti alla cattiva regimazione delle acque meteoriche. Tutti i canali che solcano il versante risultano in erosione.

Da segnalare la presenza sul versante opposto a quello su cui sorge Casania di una grossa paleofrana che insiste sulla pendice in sinistra idrografica del Torrente Renara e che risulta di recente parzialmente rimobilizzata per la presenza di due frane di scorrimento (una attiva ed una quiescente) originate molto probabilmente dall'azione erosiva esercitata dal torrente al piede della paleofrana.

Pericolosità geomorfologica (rif. Tav. 3pgm scala 1:5.000)

Le criticità sopra descritte riconducibili sinteticamente alla caduta massi e ad una cattiva regimazione delle acque superficiali ci hanno indotto ad inserire i paesi di Guadine e Casania oltre ad una vasta area limitrofa dislocata lungo la valle del Torrente Renara in un'area con pericolosità geomorfologica molto elevata (classe G.4).

Pericolosità sismica (rif. Tav. XI-ps scala 1:2.000)

Il paese delle Guadine è caratterizzato dalla presenza di una copertura eluvio-colluviale e presenta un grado di pericolosità sismica S3 (Pericolosità sismica locale elevata) per la coesistenza di diversi elementi di pericolosità sismica locale (2B1, 9, 10 11 e 12).

Da evidenziare un'area, situata in destra idrografica del Torrente Renara a valle dell'abitato, con una pericolosità sismica locale molto elevata (S4) dovuta a movimenti franosi attivi (1).

A monte del versante dove sorge il paese delle Guadine è da segnalare la presenza di zone di cresta e/o cocuzzoli (7) e di scarpate di erosione (6) che determinano un grado di pericolosità sismica locale media (S2).

L'abitato di Casania e il versante opposto a quello su cui sorge il paese stesso sono caratterizzati dalla presenza di una coltre eluvio-colluviale e presentano pertanto un grado di pericolosità sismica S3 (Pericolosità sismica locale elevata) per la coesistenza di diversi elementi di pericolosità sismica locale (2B1 e 10).

È stata segnalata una zona a NW del paese con la presenza di cresta e/o cocuzzoli (7) che determinano un grado di pericolosità sismica locale media (S2).

Inoltre sono da evidenziare due zone: la prima, localizzata a SW dell'abitato, e la seconda, ubicata in sinistra idrografica del Torrente Renara tra i due paesi, presentano una pericolosità sismica locale molto elevata (S4) dovuta a movimenti franosi attivi (1).

5.1.11 La Rocca (Tav. XI scala 1:2.000)

La frazione de La Rocca è compresa, ad una quota altimetrica di circa 100 metri s.l.m., tra il castello Malaspina ad ovest e il Colle Tecchioni a nord-est. La geologia dell'area è rappresentata dalle Filladi dell'Unità di Massa che per le loro caratteristiche chimico-mineralogiche sono facilmente aggredibili dagli agenti atmosferici che con la loro azione chimico-fisica disgregano il substrato roccioso producendo quantità notevoli di detrito potenzialmente mobilizzabile. Lo sbocco a valle del Canale delle Grondini e del Fosso del Colletto genera un vasto cono di deiezione la cui composizione è il risultato dell'alterazione chimico-fisica delle rocce filladiche dell'Unità di Massa.

Il contatto tettonico tra le formazioni dell'Unità della Falda Toscana e quelle dell'Unità di Massa non è reso visibile nell'area dalla copertura alluvionale presente.

Pericolosità geomorfologica e geotecnica (rif. Tav. 9pgm scala 1:5.000)

Nell'area comprendente la frazione de La Rocca sono state individuate le seguenti Classi di Pericolosità:

- il nucleo abitato de La Rocca è inserito in un'area che presenta una pericolosità per caratteristiche geotecniche (Pericolosità medio-elevata G.3l) mentre la parte meridionale a ridosso del colle, dove sorge il castello Malaspina, è invece classificabile con un grado di pericolosità geomorfologica medio-elevata (Classe G.3a);
- è inoltre cartografata, a nord-est dell'abitato, un'area in frana che può essere classificata con un grado di Pericolosità geomorfologica molto elevata (Classe G.4).

Pericolosità sismica (rif. Tav. XII-ps scala 1:2.000)

Il nucleo abitativo de La Rocca, caratterizzato dalla presenza di una copertura detritica di tipo eluvio-colluviale, presenta un grado di pericolosità sismica S3 (Pericolosità sismica locale elevata) per la coesistenza di diversi elementi di pericolosità sismica locale (2B1, 4, 8, 10, 11, 12 e 13).

Da evidenziare a NE del paese, in destra idrografica del Fosso del Colletto, la presenza di un'area a pericolosità sismica locale molto elevata (S4) dovuta a movimenti franosi attivi (1).

5.1.12 Mirteto (Tav. XII scala 1:2.000)

La parte più elevata del paese di Mirteto (cosiddetta "Mirteto alto") è adagiata in posizione collinare su un alto morfologico dove affiora la Scaglia Toscana ad una quota di circa 100 m s.l.m.. La parte bassa del paese e le località San Vitale e Tomba insistono invece sui depositi di conoide pedemontana depositati dal Canale della Foce, che presentano una debole pendenza (0-10%).

Il canale risulta in erosione in quanto incide i suoi stessi depositi e in sinistra idrografica è ben evidenziabile una ampia fascia alluvionale che costituisce la spianata tipica di una superficie di terrazzo che risulta allungata e ben rappresentata dal vicolo Palancato, a nord del paese, sino alle scuole elementari Michele Battistini a sud.

Il versante in sinistra idrografica del canale, a monte della Via Foce, è costituito da detrito di copertura avente uno spessore variabile che ricopre la formazione del Calcere Cavernoso della "Serie Toscana". Il versante ha una pendenza modesta (20-30%) e presenta fenomeni di ruscellamento diffuso dovuto alla cattiva regimazione delle acque. A Nord del paese, a valle della via Foce, sono stati invece segnalati una paleofrana e alcuni fenomeni di dissesto.

Il versante in destra idrografica del canale è caratterizzato da una pendenza compresa fra il 40 e il 50%, mentre il fondovalle si presenta quasi pianeggiante. L'intero versante risulta quasi totalmente ricoperto da detrito di alterazione e accumulo e solo localmente

affiorano le rocce appartenenti alla formazione del “Macigno”. Il versante si presenta quasi totalmente terrazzato e coltivato a vigneto e privo di aree edificate.

Da segnalare la notevole estensione del reticolo tombato che raccoglie le acque scolanti da alcuni impluvi discendenti dai versanti di calcare cavernoso sovrastanti la via della Foce dove è stata segnalata la presenza di tratti soggetti a fenomeni di sovralluvionamento.

Pericolosità geomorfologica (rif. Tav. 5pgm scala 1:5.000)

La zona di fondovalle caratterizzata da una debole pendenza (0-10%) è stata inserita nella classe G.2 di pericolosità (pericolosità media), mentre i versanti più acclivi, caratterizzati dalla presenza della copertura detritica, sono stati valutati come aree a pericolosità medio-elevata (Classe G.3a).

Pericolosità sismica (rif. Tav. XIII-ps scala 1:2.000)

Nella parte più elevata del paese di Mirteto (cosiddetta “Mirteto alto”) la roccia risulta sub-affiorante e pertanto tale area è stata classificata a pericolosità sismica locale bassa (S1).

Il resto dell’abitato è caratterizzato dalla presenza di una placca detritica di tipo eluvio-colluviale e presenta un grado di pericolosità sismica S3 (Pericolosità sismica locale elevata) per la coesistenza di diversi elementi di pericolosità sismica locale (2A, 2B1, 4, 9, 10, 11, 12 e 13).

5.1.13 Pariana (Tav. XIII scala 1:2.000)

Pariana sorge sulla sinistra del F. Frigido, a 272 metri d’altezza, su uno sperone che si protende verso il fiume. Eccellente la sua posizione perché gli conferiva, nel passato, i vantaggi di un luogo fortificato isolandolo in una cintura protettiva ricordata nei vecchi catasti lucchesi. Le sue origini sono riconducibili all’era del bronzo grazie ai reperti archeologici rinvenuti in località Tecchiarella (poco sotto Pariana).

La geologia dell’area è rappresentata dalle rocce filladiche dell’Unità di Massa. Il substrato è generalmente ricoperto da detrito di versante con spessori variabili, immerso in matrice limo- argillosa.

Il versante, sia a monte che a valle dall’abitato, è caratterizzato dalle filladi dell’Unità di Massa ed è ricoperto da una coltre detritica di natura eluvio-colluviale; è interessato dal fenomeno del ruscellamento diffuso e presenta numerose tracce erosive rappresentate da orli di scarpata di degradazione e/o di frana. Questi movimenti gravitativi, seppure di limitata estensione, hanno fino ad oggi interessato la parte superficiale della coltre detritica e possono riattivarsi in occasione di eventi piovosi intensi e prolungati. La natura litologica del substrato e il conseguente assetto giaciturale e geo-morfologico rendono l’intero versante vulnerabile al dissesto idrogeologico.

Pericolosità geomorfologica (rif. Tav. 9pgm scala 1:5.000)

Nell'area comprendente la frazione di Pariana sono state individuate le seguenti Classi di Pericolosità:

- il nucleo abitativo di Pariana e un suo intorno significativo sono inseriti in un'area classificabile con un grado di Pericolosità elevata (Classe G.3b);
- l'area che circonda la Polla di Tommaso è invece classificata con un grado di Pericolosità molto elevata (Classe G.4).

Pericolosità sismica (rif. Tav. XIV-ps scala 1:2.000)

Tutta l'area comprendente l'abitato, caratterizzata dalla presenza di una copertura detritica di tipo eluvio-colluviale, presenta un grado di pericolosità sismica S3 (Pericolosità sismica locale elevata) per la coesistenza di diversi elementi di pericolosità sismica locale (2A, 2B1, 9, 10 e 12).

Da segnalare un'area in località Polla di Tommaso classificata a pericolosità sismica locale molto elevata (S4) per la presenza di movimenti franosi attivi (1).

5.1.14 Resceto (Tav. XIV scala 1:2.000)

Il paese di Resceto è un borgo di origini non molto antiche. La sua fortuna, se così può dirsi, va ricercata nell'apertura della strada Vandelli (dal nome dell'ideatore abate Domenico Vandelli) voluta a metà del settecento dal duca Francesco III di Modena il quale, con un'ardita via di comunicazione tagliata sui ripidi fianchi della Tambura, cercò di allacciare lo stato modenese al lido massese per dare sbocco alle proprie ambiziose mire espansive. Questo villaggio montano, l'ultimo della valle e il più lontano dalla città, si trova nel cuore delle Apuane ai piedi del M. Tambura a 485 metri di altitudine e per lungo tempo è stato famoso per l'ospitalità della sua osteria-albergo dove trovavano rifugio e ristoro i viandanti avventurosi.

La geologia dell'intera valle è caratterizzata dalla presenza della formazione metamorfica dei marmi dolomitici che affiorano nel versante in destra idrografica, all'ingresso del paese e in sinistra idrografica più estesamente. Gran parte della morfologia dell'area è stata modificata per azione antropica. Fino agli anni '60 del secolo scorso, l'attività cavifera è stata assai sviluppata ed ha concorso in misura significativa a disegnare l'attuale assetto morfologico. Caratterizzano il paesaggio numerose aree di accumulo di materiale di scarto (ravaneti) oltre a vecchie e dismesse aree di escavazione. Ma la modellizzazione del paesaggio è avvenuta anche per cause naturali dovute all'erosione da parte degli agenti atmosferici dei rilievi presenti e al conseguente accumulo di detrito che ha ricoperto la formazione metamorfica sottostante. Il versante in destra idrografica, sopra l'abitato, è costituito in massima parte da depositi eluvio-colluviali che a ridosso del paese, a causa del ruscellamento indifferenziato e cambi di pendenza, si presentano in condizioni di instabilità

geomorfologica potenziale. La valle è originata dal Canale della Tambura e dai suoi affluenti piuttosto numerosi che presentano carattere torrentizio. Il versante sovrastante l'abitato è caratterizzato da ruscellamento diffuso e da fossi attualmente in fase di erosione che confluiscono nel canale della Tambura.

Pericolosità geomorfologica (rif. Tav. 4pgm scala 1:5.000)

Nell'area comprendente la frazione di Resceto sono state individuate le seguenti Classi di Pericolosità:

- l'abitato di Resceto ubicato in destra idrografica del canale omonimo, è caratterizzato da copertura detritica di alterazione in matrice argillo-limo-sabbiosa ed elevata acclività e può essere classificato con grado di Pericolosità elevata (Classe G.3b);
- immediatamente a ridosso dell'abitato è cartografata un'area caratterizzata da detriti e terreni di copertura in condizioni di instabilità morfologica potenziale dovute a condizioni di acclività accentuata e ruscellamento diffuso e indifferenziato. Quest'area è classificata con grado di Pericolosità molto elevata (Classe G.4);
- nel versante in sinistra idrografica del Canale di Resceto, sono presenti aree con grado di Pericolosità medio-elevata (Classe G.3a) ed aree con grado di Pericolosità elevata (Classe G.3b).

Pericolosità sismica (rif. Tav. XVI-ps scala 1:2.000)

Il paese e i versanti in destra e in sinistra idrografica del Canale di Resceto sono caratterizzati dalla presenza di una copertura detritica e, dunque, presentano un grado di pericolosità sismica S3 (Pericolosità sismica locale elevata) per la coesistenza di diversi elementi di pericolosità sismica locale (2B1, 9, 10 e 12).

Nel versante in sinistra idrografica del C. di Resceto sono state classificate anche aree a pericolosità sismica locale bassa (S1), per la presenza di roccia sub-affiorante, ed aree a pericolosità sismica locale media (S2), per la presenza di zone di cresta e/o cocuzzoli (7) e scarpate di erosione (6).

5.1.15 San Carlo (Tav. XV scala 1:2.000)

San Carlo Terme è un piccolo paese non lontano da Massa, immerso nelle colline e famoso per le Terme, ed è ubicato in sinistra idrografica del F. Frigido, a 297 metri lungo le propaggini meridionali del M. Belvedere. La geologia dell'area è rappresentata dalle Filladi dell'Unità di Massa che per le loro caratteristiche chimico-mineralogiche sono facilmente aggredibili dagli agenti atmosferici che con la loro azione chimico-fisica disgregano il substrato roccioso producendo quantità notevoli di detrito potenzialmente mobilizzabile immerso in matrice limo-argillosa. Il versante, sia a monte che a valle dall'abitato, è interessato dal fenomeno del ruscellamento indifferenziato e presenta indizi di instabilità connessi alla giacitura, acclività e alla litologia.

Pericolosità geomorfologica (rif. Tav. 9pgm scala 1:5.000)

Il nucleo storico comprendente la piazzetta Belvedere è classificato con un grado di Pericolosità media (Classe G.2);

La parte del nucleo storico dell'abitato, sottostante la strada provinciale Massa-Arni, è classificato con un grado di Pericolosità medio-elevata (Classe G.3a);

Le aree circoscritte ubicate lateralmente alle Terme, sia a monte che a valle, sono classificabili con un grado di Pericolosità elevata (Classe G.3b).

Pericolosità sismica (rif. Tav. XVII-ps scala 1:2.000)

L'area comprendente la frazione, caratterizzata dalla presenza di una estesa placca detritica di tipo eluvio-colluviale, presenta un grado di pericolosità sismica S3 (Pericolosità sismica locale elevata) per la coesistenza di diversi elementi di pericolosità sismica locale (2A, 2B1, 9, 10 e 12).

5.2 CONSIDERAZIONI SULLE CRITICITA' IDRAULICHE DELL'AREA DI PIANURA

Per quanto riguarda le criticità riscontrate lungo i corsi d'acqua della zona di pianura si rimanda alla descrizione degli stessi contenuta nello "Studio idrologico e idraulico per la revisione della pericolosità idraulica dei principali corsi d'acqua nel Comune di Massa" (rev. Maggio 2010) a firma del Dott. Ing. David Settesoldi consultabile nell'Allegato B.

6. INDICAZIONI SUI CONDIZIONAMENTI ALLA TRASFORMABILITA' DEL TERRITORIO E APPROFONDIMENTI DI INDAGINE DA EFFETTUARSI IN FASE DI FORMAZIONE DEL REGOLAMENTO URBANISTICO

In questo capitolo verranno fornite alcune indicazioni e dei suggerimenti, sulla base delle situazioni di pericolosità e delle criticità riscontrate sul territorio del Comune di Massa, sui condizionamenti alla trasformabilità del territorio in termini anche di necessità di approfondimenti da effettuarsi in fase di formazione del Regolamento Urbanistico.

Tali indicazioni costituiscono, di fatto, dei criteri generali da seguire funzionali alla trasformabilità di aree che di per se presentano fragilità accertate sotto il profilo geomorfologico, idraulico, idrogeologico o ambientale.

I criteri di seguito esposti vanno pertanto ad aggiungersi alle considerazioni già enunciate nel capitolo 4 “Valutazioni di pericolosità”.

6.1 INDICAZIONI SUI CONDIZIONAMENTI ALLA TRASFORMABILITA' DELLE AREE A PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

Nelle situazioni caratterizzate da **pericolosità geomorfologica molto elevata (Classe G.4)** così come descritte nel capitolo 4, sulla base delle direttive contenute nella D.P.G.R.T. n°26/R del 27/04/2007, è necessario rispettare i seguenti criteri generali:

- a) non sono da prevedersi interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture che non siano subordinati alla preventiva esecuzione di interventi di consolidamento, bonifica, protezione e sistemazione;
- b) gli interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi geologici, idrogeologici e geotecnici, devono essere comunque tali da non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti, da non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni franosi, da consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza;
- c) in presenza di interventi di messa in sicurezza dovranno essere predisposti ed attivati gli opportuni sistemi di monitoraggio in relazione alla tipologia del dissesto;
- d) l'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere di consolidamento, gli esiti positivi di eventuali sistemi di monitoraggio attivati e la delimitazione delle aree risultanti in sicurezza devono essere certificati;
- e) relativamente agli interventi per i quali sia dimostrato il non aggravio delle condizioni di instabilità dell'area, purchè siano previsti, ove necessario, interventi mirati a tutelare

la pubblica incolumità, a ridurre la vulnerabilità delle opere esposte mediante consolidamento o misure di protezione delle strutture per ridurre l'entità di danneggiamento, nonché l'installazione di sistemi di monitoraggio per tenere sotto controllo l'evoluzione del fenomeno; della sussistenza delle condizioni di cui sopra deve essere dato atto nel procedimento amministrativo relativo al titolo abilitativo all'attività edilizia.

Nelle situazioni caratterizzate da **pericolosità geomorfologica elevata (Classe G.3b)** così come descritte nel capitolo 4, è necessario rispettare i seguenti principi generali:

- a) l'attuazione di interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture è subordinata all'esito di idonei studi geologici, idrogeologici e geotecnici finalizzati alla verifica delle effettive condizioni di stabilità ed alla preventiva realizzazione degli eventuali interventi di messa in sicurezza;
- b) gli eventuali interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi geologici, idrogeologici e geotecnici, devono essere comunque tali da non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti, da non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione e prevenzione dei fenomeni, da consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza;
- c) in presenza di interventi di messa in sicurezza dovranno essere predisposti ed attivati gli opportuni sistemi di monitoraggio in relazione alla tipologia del dissesto;
- d) l'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere di consolidamento, gli esiti positivi del sistema di monitoraggio attivato e la delimitazione delle aree risultanti in sicurezza, devono essere certificati;
- e) possono essere attuati quegli interventi per i quali venga dimostrato che non determinano condizioni di instabilità e che non modificano negativamente i processi geomorfologici presenti nell'area; della sussistenza di tali condizioni deve essere dato atto nel procedimento amministrativo relativo al titolo abilitativo all'attività edilizia.

Nelle aree caratterizzate da **pericolosità geomorfologia medio-elevata (G.3a)**, **pericolosità medio-elevata (G.3l)** per **caratteristiche geotecniche**, **pericolosità medio-elevata (G.3s)** per **subsidenza**, **pericolosità geomorfologia media (G.2)** e **pericolosità geomorfologia bassa (G.1)** valgono tutte le indicazioni e i suggerimenti fatti nel capitolo 4.

6.1.1 Approfondimenti da effettuarsi in fase di formazione del Regolamento Urbanistico

Sulla base del quadro conoscitivo descritto nei capitoli precedenti, alla luce delle direttive contenute nei regolamenti regionali e provinciali, si consiglia, nella fase di formazione del Regolamento Urbanistico, di eseguire gli approfondimenti di seguito elencati:

- studio geotecnico - stratigrafico orientato a valutare la potenziale suscettibilità alla subsidenza della pianura del Comune di Massa soprattutto in relazione agli emungimenti presenti nella zona di costa.

6.2 INDICAZIONI SUI CONDIZIONAMENTI ALLA TRASFORMABILITA' DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA

Nelle situazioni caratterizzate da **pericolosità idraulica molto elevata (Classe I.4) ed elevata (Classe I.3)** così come descritte nello studio a firma del Dott. Ing. David Settesoldi (revisione Maggio 2010) riportato nell'Allegato B, sulla base delle direttive contenute nella D.P.G.R.T. n°26/R del 27/04/2007, in fase di formazione del Regolamento Urbanistico, sarà necessario rispettare i seguenti criteri generali:

a) non sono da prevedersi interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture per i quali non sia dimostrabile il rispetto di condizioni di sicurezza o non sia prevista la preventiva o contestuale realizzazione di interventi di messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno di 200 anni;

b) nelle aree che risultino soggette a inondazioni con tempi di ritorno inferiori a 20 anni sono consentite solo nuove previsioni per infrastrutture a rete non diversamente localizzabili, per le quali sarà comunque necessario attuare tutte le dovute precauzioni per la riduzione del rischio a livello compatibile con le caratteristiche dell'infrastruttura;

c) gli interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi idrologici e idraulici, non devono aumentare il livello di rischio in altre aree con riferimento anche agli effetti dell'eventuale incremento dei picchi di piena a valle;

d) relativamente agli interventi di nuova edificazione previsti nel tessuto insediativo esistente, la messa in sicurezza rispetto ad eventi con tempo di ritorno di 200 anni può essere conseguita anche tramite adeguati sistemi di autosicurezza, nel rispetto delle seguenti condizioni:

- dimostrazioni dell'assenza o dell'eliminazione di pericolo per le persone e i beni;
- dimostrazione che gli interventi non determinano aumento delle pericolosità in altre aree;

e) possono essere previsti interventi per i quali venga dimostrato che la loro natura è tale da non determinare pericolo per persone e beni, da non aumentare la pericolosità in altre aree e purchè siano adottate, ove necessario, idonee misure atte a ridurre la vulnerabilità;

f) della sussistenza delle condizioni di cui sopra deve essere dato atto anche nel procedimento amministrativo relativo al titolo abilitativo all'attività edilizia;

g) fino alla certificazione dell'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere idrauliche accompagnata dalla delimitazione delle aree risultanti in sicurezza, non può essere rilasciata dichiarazione di abitabilità e di agibilità;

h) deve essere garantita la gestione di quanto in essere tenendo conto della necessità di raggiungimento anche graduale di condizioni di sicurezza idraulica fino a $T_r = 200$ per il patrimonio edilizio e infrastrutturale esistente e per tutte le funzioni connesse.

6.2.1 Approfondimenti da effettuarsi in fase di formazione del Regolamento Urbanistico

Sulla base del quadro conoscitivo descritto nei capitoli precedenti e sulla base delle conoscenze acquisite con lo studio del Dott. Ing. David Settesoldi, alla luce delle direttive contenute nei regolamenti regionali e provinciali, si consiglia, nella fase di formazione del Regolamento Urbanistico, di eseguire gli approfondimenti di seguito elencati:

- analisi di dettaglio delle criticità presenti sul reticolo tombato;
- progettazione degli interventi strutturali e di adeguamento dei tratti tombati sulla base delle criticità emerse nello studio del Dott. Ing. David Settesoldi in Allegato B.

6.3 INDICAZIONI SUI CONDIZIONAMENTI IN RELAZIONE AGLI ASPETTI SISMICI

Di seguito si riportano i criteri generali da rispettare e le condizioni di attuazione di fattibilità per le previsioni edificatorie limitatamente alle aree per cui è stata redatta una cartografia della Zone a Maggior Pericolosità Sismica Locale (ZMPSL) ed effettuata l'individuazione delle differenti situazioni di pericolosità sismica.

Si specifica che, limitatamente alle aree in cui sono presenti fenomeni di instabilità connessi a problematiche geomorfologiche, si rimanda a quanto previsto dai criteri generali enunciati al paragrafo 6.1 e si sottolinea che le valutazioni relative alla stabilità dei versanti devono necessariamente prendere in considerazione gli aspetti dinamici relativi alla definizione dell'azione sismica.

Nello specifico, per le situazioni caratterizzate da **pericolosità sismica locale molto elevata (S4)**, in sede di predisposizione del Regolamento Urbanistico dovranno essere valutati i seguenti aspetti:

a) nel caso di aree caratterizzate da movimenti franosi attivi (1), oltre a rispettare le prescrizioni enunciate al paragrafo 6.1, devono realizzarsi opportune indagini geofisiche e geotecniche finalizzate ad una corretta definizione dell'azione sismica.

Nelle situazioni caratterizzate da **pericolosità sismica locale elevata (S3)**, in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi dovranno essere valutati i seguenti aspetti:

a) nel caso di aree caratterizzate da movimenti franosi quiescenti (2A) e da zone potenzialmente franose (2B1), oltre a rispettare le prescrizioni enunciate al paragrafo 6.1, devono essere realizzate opportune indagini geofisiche e geotecniche per la corretta definizione dell'azione sismica;

b) nel caso di terreni di fondazione particolarmente scadenti (4) e per i terreni soggetti a liquefazione dinamica (5), devono prevedersi adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate al calcolo del coefficiente di sicurezza relativo alla liquefazione dei terreni;

c) nelle zone con possibile amplificazione sismica connesse al bordo della valle e/o aree di raccordo con il versante (8), deve prevedersi una campagna di indagini geofisiche, opportunamente estesa ad un intorno significativo, che definisca in termini di geometrie la morfologia sepolta del bedrock sismico ed i contrasti di rigidità sismica (rapporti tra velocità sismiche in termini di V_{sh} delle coperture e del substrato);

d) nelle zone con possibile amplificazione stratigrafica (9-10-11), deve prevedersi una campagna di indagini geofisica e geotecnica che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra alluvioni e bedrock sismico;

e) in presenza di zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse (12) e in presenza di faglie e/o contatti tettonici (13), tali situazioni devono essere opportunamente chiarite e definite attraverso una campagna di indagini geofisica che definisca la variazione di velocità delle Vsh relative ai litotipi presenti e la presenza di strutture tettoniche anche sepolte.

Nelle situazioni caratterizzate da **pericolosità sismica media (S2)** e da **pericolosità sismica bassa (S1)** non è necessario indicare condizioni di fattibilità specifiche.

6.3.1 Approfondimenti da effettuarsi in fase di formazione del Regolamento Urbanistico

Sulla base del quadro conoscitivo descritto nei capitoli precedenti, alla luce delle direttive contenute nei regolamenti regionali e provinciali si consiglia, nella fase di formazione del Regolamento Urbanistico, di eseguire gli approfondimenti di seguito elencati:

- studio geotecnico su grande scala mirato a quantificare la suscettibilità alla liquefazione dei terreni presenti nella pianura del Comune di Massa;
- esecuzione di sezioni geologiche a media scala, basate su una necessaria campagna di indagini geofisiche, per approfondire le conoscenze sulle Zone a Maggior Pericolosità Sismica Locale (ZMPSL) individuate presso i centri urbani montani e cittadini.

6.4 INDICAZIONI SULLA TRASFORMABILITA' DELLE AREE CON PROBLEMATICHE DI DINAMICA COSTIERA

Nelle aree costiere così come descritte nelle tavole allegate al presente quadro conoscitivo (Tav. Bdc - Carta della dinamica costiera e Tav. Bpdc - Carta delle aree con problematiche costiere entrambe in scala 1:10.000), ai sensi delle direttive contenute nel P.I.T approvato con D.C.R.T. n°72 del 24/07/2007, nella D.P.G.R.T. n°26/R del 27/04/2007 e ai sensi dell'art. 19 e 20 delle Norme di Piano del P.A.I. approvato con D.C.R.T n°11 del 25/01/2005 è necessario rispettare le seguenti indicazioni:

1. verificare preventivamente gli effetti di interventi effettuati lungo la linea di separazione fra il mare e la terra (portualità, sistemazione delle foci fluviali, difesa costiera intesa a correggere localmente fatti erosivi);
2. conservazione degli insiemi vegetazionali di tipo particolare (zone umide, ecosistemi dunali) e valorizzazione di aree degradate che conservano un interesse ambientale;
3. nella fascia di spiaggia attiva, cioè quella interessata dal moto ondoso, dovranno evitarsi interventi di tipo rigido che oltre a determinare una locale sottrazione della risorsa naturale spiaggia, possono generare fenomeni erosivi della linea di riva per mancata dissipazione dell'energia e conseguente innesco di fenomeni di riflessione;
4. nelle foci dei corsi d'acqua e nel litorale marittimo prospiciente, ogni intervento in grado di influire sul regime dei corsi d'acqua deve essere definito sulla base di idonei studi idrologici idraulici per tempo di ritorno di 200 anni opportunamente correlati con studi meteomarinari e deve altresì tenere conto delle esigenze di riequilibrio del litorale.

Inoltre della necessità di garantire equilibrio idrogeologico costiero si deve tenere conto nelle previsioni relative ad:

5. azioni a monte della fascia costiera con rilevante influenza sulla sua dinamica (sistemazioni idraulico-forestali, costruzione di sbarramenti di ritenuta, correzione degli alvei fluviali ed estrazione di inerti dagli stessi, urbanizzazione con conseguente impermeabilizzazione crescente del suolo);
6. interventi interessanti l'entroterra e suscettibili di accentuare fenomeni di salinizzazione e costipamento dei sedimenti anche in relazione a cospicui emungimenti di acque freatiche e alle bonifiche idrauliche.

6.5 INDICAZIONI SULLA TRASFORMABILITA' DELLE AREE CON PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE

Nelle aree di pianura così come descritte nelle tavola allegata al presente quadro conoscitivo (Tav. Bpig - Carta delle aree con problematiche idrogeologiche in scala 1:10.000), ai sensi delle direttive contenute nella D.P.G.R.T. n°26/R del 27/04/2007, ai sensi della D.C.R.T n°6 del 25/01/2005 - "Approvazione del piano di tutela delle acque" e ai sensi dell'art. 20 delle Norme di Piano del P.A.I. approvato con D.C.R.T n°11 del 25/01/2005 è necessario rispettare le seguenti indicazioni:

1. nelle aree interessate da fenomeni accertati di ingressione delle acque salate, così come individuati nella Tav. Bpig, non potranno essere attivati nuovi emungimenti dal sottosuolo né incrementati quelli esistenti;
2. non potranno essere rilasciate concessioni di prelievo di acqua superficiale in quei tratti e per quei periodi in cui vi è risalita delle acque costiere lungo l'asta terminale;
3. nelle aree di pianura interessate o potenzialmente soggette a ingressione di acqua salata, così come individuate nella Tav. Bpig dal limite indicativo fornito dal Piano di tutela delle acque della Regione Toscana, si dovrà provvedere progressivamente a ridurre i prelievi e razionalizzare gli usi, anche mediante un miglioramento delle tecniche irrigue con l'utilizzo di sistemi a basso consumo, utilizzo di acque reflue depurate, raccolta delle acque piovane, possibilità di soddisfare la domanda di acqua per uso irriguo attraverso strutture consortili;
4. nelle aste terminali dei corsi d'acqua dovrà essere verificata la possibilità di realizzare barriere anche mobili per impedire la risalita delle acque costiere nei periodi di magra;
5. nelle aree indicate al punto 3 dovranno essere incentivate, in particolare per gli usi industriali o irrigui, le soluzioni alternative per l'approvvigionamento idrico, quali:
 - a) il riciclo di acque interne, il riuso di acque esterne (da impianti di depurazione civili o da altri impianti produttivi), il riuso consortile o limitrofo di acque interne con sistema di utilizzo a cascata, secondo i criteri definiti nella normativa tecnica attuativa della Legge n°36 del 5/1/94, salvo motivate ragioni tecniche e/o economiche contrarie;
 - b) la raccolta e l'impiego delle acque meteoriche;
 - c) la promozione di metodi e di tecnologie per il risparmio idrico, incentivando la sostituzione dell'irrigazione ad alta intensità con impianti a bassa intensità o con irrigazione localizzata.

6.5.1 Approfondimenti da effettuarsi in fase di formazione del Regolamento Urbanistico

Sulla base del quadro conoscitivo descritto nei capitoli precedenti, alla luce delle direttive contenute nei regolamenti regionali e provinciali, si consiglia, nella fase di formazione del Regolamento Urbanistico, di eseguire gli approfondimenti di seguito elencati:

- studio idrogeologico di dettaglio e campagna di monitoraggio delle acque superficiali e sotterranee finalizzato all'individuazione e quantificazione del fenomeno di ingressione del cuneo salino nella pianura del Comune di Massa;
- studio di dettaglio sulla vulnerabilità dell'acquifero a fenomeni di inquinamento chimico e batteriologico.

6.6 INDICAZIONI SULLA TRASFORMABILITA' DELLE AREE DI SALVAGUARDIA DELLE ACQUE SOTTERRANEE DESTINATE AL CONSUMO UMANO

Nella carta dei vincoli e delle salvaguardie sovracomunali descritta al paragrafo 3.8 sono state riportate le aree di salvaguardia delle acque sotterranee destinate al consumo umano così come definite in attuazione del D. Lgs n°152 del 03/04/2006.

La cartografia riporta tutti i pozzi (n°4 del campo pozzi in località Stadio e n° 4 del campo pozzi in località Le Polle) e le sorgenti (n° 59) allacciate alla rete acquedottistica destinata al consumo umano.

In particolare il decreto sopra enunciato, all'art. 94 (*"Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano"*), Titolo III parte terza, prevede di esercitare la tutela delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano, erogate a terzi mediante impianto di acquedotto, individuando zone di tutela assoluta e zone di rispetto.

"La zona di tutela assoluta è costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni o derivazioni: essa, in caso di acque sotterranee e, ove possibile, per le acque superficiali, deve avere un'estensione di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e deve essere adibita esclusivamente a opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio" (comma 3).

La zona di rispetto è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata *"individuata in un raggio di 200 metri dal punto di captazione o di derivazione"*. Al comma 4 dello stesso articolo si definiscono le attività non consentite all'interno dell'area di rispetto.

Secondo il comma 4 dell'art. 94, nella zone di rispetto, così come evidenziate nella Carta dei vincoli e delle salvaguardie comunali allegata al presente studio, sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- a) dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurate;
- b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- d) dispersione nel sottosuolo di acque bianche provenienti da piazzali e strade;
- e) aree cimiteriali;
- f) aperture di cave che possono essere in connessione con la falda;

- g) apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;
- h) gestione dei rifiuti;
- i) stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- l) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- m) pozzi perdenti;
- n) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. E' comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

Il comma 5 dell'art. 94 disciplina poi che per i suddetti insediamenti ed attività preesistenti, ove possibile comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, siano adottate le misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza. La Regione disciplina, all'interno delle zone di rispetto, le seguenti strutture od attività:

- a) fognature;
- b) edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
- c) opere viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio;
- d) le pratiche agronomiche ed i contenuti dei piani di utilizzazione di cui alla lettera c) del punto precedente.

A conclusione di questo studio sembra opportuno fornire alcune proposte circa la salvaguardia nel tempo del patrimonio idrico comunale.

Per quanto riguarda le risorse idriche dell'arco collinare e montano la salvaguardia consiste nel preservarle dal supersfruttamento e dagli eventuali inquinamenti.

Il primo obiettivo è facilmente raggiungibile tenendo conto dei dati quantitativi relativi alle singole sorgenti, di cui sono note le portate minime, e facendo sì che eventuali captazioni non depauperino interamente il patrimonio disponibile.

Nel caso dei pozzi l'utilizzo deve essere preceduto ed accompagnato da una attenta verifica idrogeologica e idrochimica al fine di rapportare i prelievi alle reali disponibilità degli acquiferi.

Per quanto riguarda la salvaguardia dagli inquinamenti il discorso è indubbiamente più complesso, specialmente per quanto riguarda i bacini delle sorgenti principali che traggono alimentazione da aree assai estese e poste al di fuori dei confini comunali (è nota per il Fiume Frigido la non corrispondenza tra bacino idrografico e bacino idrogeologico).

D'altra parte, proprio per la consistenza dei circuiti carsici sotterranei ed i conseguenti modesti tempi di permanenza delle acque nel sottosuolo, sussistono molteplici criticità legate a possibili inquinanti chimici ed organici, che dovranno in tutti i modi essere

evitati, controllando, anche nei territori dei Comuni limitrofi, l'insorgenza di attività industriali a rischio che possano interessare i bacini idrogeologici principali e controllando il rispetto delle norme in materia ambientale da parte delle attività estrattive esistenti nel settore montano.

Per quanto riguarda la salvaguardia dei pozzi presenti in pianura si ritiene fondamentale un monitoraggio chimico in continuo degli 8 pozzi allacciati alla rete acquedottistica tramite l'installazione di sonde multiparametriche in grado di fronteggiare, nel miglior modo possibile, i rischi derivanti da eventuali contaminazioni chimiche della falda (si ricorda che il campo pozzi dello Stadio è inserito all'interno della zona industriale e il campo pozzi "Le polle" risulta adiacente all'autostrada e quindi vulnerabile nei confronti di sversamenti accidentali di sostanze inquinanti interessanti la sede autostradale).

Per quanto concerne infine le risorse idriche della pianura, si ripetono le raccomandazioni già espresse in precedenza, quando si è messo in evidenza come tutto il sistema delle acque sotterranee presenti criticità e che qualunque opera che favorisca l'immissione di acque dolci non inquinate e la riduzione o la eliminazione delle acque marine nelle loro periodiche invasioni tramite i canali e i fossi della costa è ritenuta favorevole.

In particolare si ritiene fondamentale operare una:

- efficace depurazione di tutti gli effluenti civili e industriali che si immettono nei corsi d'acqua presenti nella fascia costiera;
- limitazione e regimazione dei pompaggi dalla falda e monitoraggio del relativo sistema acquifero sia dal punto di vista piezometrico sia della qualità delle acque.

Massa, Dicembre 2010

I tecnici:

Dott. Geol. Pietro Manfredi

Dott. Geol. Andrea Piccinini