

PROVINCIA DI BRESCIA	<b>COMUNE DI SALE MARASINO</b>		
	<b>PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO</b>		
REGIONE LOMBARDIA	CONSULENZA OPERATIVA COMPONENTE GEOLOGICA		
	dott. Angelo DE PASCALIS		geologo
	dott. Pietro GIUBBINI		geologo
	IL SINDACO		IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
	DELIBERA DI ADOZIONE		DELIBERA DI APPROVAZIONE DEFINITIVA
	<b>COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</b> D.G.R. n. 8/1566 del 22.12.2005 D.G.R. n. 8/7374 del 28.05.2008		
TAVOLA	<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>		
AMM. COMUNALE DI SALE MARASINO	FASE		
	DATA AGGIORNAMENTO <b>MARZO 2010</b>		

---

## INDICE

1. PREMESSA .....	3
2. Inquadramento geografico.....	4
3. Inquadramento geologico .....	4
4. Quadro geomorfologico	12
5. Quadro idrogeologico	24
6. Carta della pericolosità sismica locale	53
7. Raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata.	66
8. CARTA DEI VINCOLI.....	67
9. CARTA DI SINTESI.....	68
10. Descrizione delle classi di fattibilità e norme geologiche di attuazione	69

## ALLEGATI

## 1. PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Sale Marasino è stato effettuato lo Studio Geologico Idrogeologico e Sismico dell'intero territorio comunale. I criteri utilizzati per la stesura di tale studio, fanno riferimento alle direttive emanate dalla Giunta Regionale Lombardia con deliberazione ai sensi della D.G.R. N. 8/1566 del 22.12.2005, "*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano del Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11.03.2005, n. 12*" aggiornata con la D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374.

Si tratta di un aggiornamento allo Studio Geologico (aprile 2004) già esistente e redatto dagli scriventi ai sensi dell'art. 3 della L.R. 41/97 secondo le direttive della D.G.R. 29.12.2001 – n° 7/6645.

Particolare attenzione è stata posta nell'individuare e nel classificare le principali situazioni di dissesto del territorio, viste nell'ottica della prevenzione e della messa in sicurezza nei confronti delle aree antropizzate.

Quindi per l'inquadramento del territorio sono stati utilizzati i dati già contenuti nello Studio geologico del territorio comunale opportunamente aggiornati e integrati secondo le direttive allegare alle D.G.R. N. 8/1566 del 22.12.2005 - D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374.

Pertanto è stata effettuata una analisi dell'amplificazione sismica locale secondo la metodologia contenuta nell'Allegato 5 della D.G.R. N. 8/1566 del 22.12.2005 e succ. , considerato che il Comune di Sale Marasino risulta in zona sismica 3, secondo l'O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003.

La sovrapposizione dei vari "caratteri" territoriali emersi dallo studio, ha portato alla stesura finale di una carta di fattibilità geologica estesa a tutto il territorio comunale che ha lo scopo di mettere in immediata evidenza le aree dove si concentrano i maggiori rischi.

Tale lavoro rappresenta per questo, un valido ed insostituibile strumento in possesso dell'amministratore per tutelare e prevenire dai rischi il territorio in esame.

Di seguito vengono elencate le carte redatte ed allegare al seguente Studio Geologico:

Tavola 1: Carta geologica–	(scala 1:10.000)
Tavola 2: Carta geomorfologia e della dinamica geomorfologica con elementi idrografici, idrologici ed idraulici	(scala 1:5.000)
Tavola 3: Carta della pericolosità sismica locale	(scala 1:10.000)
Tavola 4: Carta dei Vincoli	(scala 1:5.000)
Tavola 5: Carta di sintesi	(scala 1:5.000)
Tavola 6: Carta di fattibilità e delle azioni di Piano	(scala 1:5.000)
Tavola 7: Carta del dissesto con legenda uniformata PAI	(scala 1:10.000)

## **2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

Il territorio comunale di Sale Marasino si estende sulla sponda sinistra o sponda bresciana del Lago d'Iseo.

I limiti altimetrici sono rappresentati da Punta Almanà (1389 m s.l.m.) e la sponda del Lago d'Iseo (190 m s.l.m.).

Più precisamente e partendo dal punto più a nord, il limite comunale si muove in senso E-W a partire dal Lago d'Iseo toccando Punta dei Dossi (1015 m s.l.m.), Punta Val Mora (1116 m s.l.m.), Monte Caprello (1231 m s.l.m.), Dosso Fontanazzo (1283 m s.l.m.). Il confine percorre quindi, in senso N-S, lo spartiacque tra Val Camonica e Val Trompia attraverso Punta Almanà (1389 m s.l.m.), Croce di Pezzolo (1007 m s.l.m.), il Monte Eclinetto (1100 m s.l.m.), Monte Rodondone (1140 m s.l.m.) fino al rifugio di S. Maria del Giogo. Da qui il confine si muove con direzione SE-NW fino a Punta Ventura (1030 m s.l.m.) per poi scendere con direzione E-W fino alla sponda del Lago d'Iseo.

Il territorio sopra delimitato si estende per circa 13.0 kmq, compresa la parte di Lago d'Iseo. Per la sua collocazione spaziale rispetto al Lago e l'aspetto morfologico non particolarmente acclive, si presenta alquanto antropizzato, soprattutto lungo la fascia del Lago.

## **3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

Sulla la zona è stato effettuato un rilevamento geologico di dettaglio, che ha portato alla stesura della carta geologico-strutturale alla scala 1:10.000.

Nella redazione della carta geologica i vari materiali riconosciuti nel corso del rilievo di campagna sono stati classificati secondo un criterio di tipo litostratigrafico. In questo elaborato cartografico sono state quindi rappresentate diverse unità definite in funzione delle proprie caratteristiche litologiche e dei rapporti geometrici reciproci.

### ***3.1. Inquadramento strutturale***

Il territorio comunale di Sale Marasino presenta un assetto strutturale relativamente complesso nell'ambito del quale si possono distinguere tre differenti zone separate da elementi tettonici lineari:

1a zona, corrisponde alla Conca di Sale, dove affiorano le unità del Trias superiore;

2a zona, corrisponde allo spartiacque con la Val Trompia, dove affiorano le unità dei Trias medio ed inferiore;

3a zona, localizzata nella parte meridionale del territorio e coincide con gli affioramenti delle unità del cretaceo.

Nella prima zona le formazioni costituiscono la parte orientale di una piega sinclinale simmetrica, avente piano assiale subverticale orientato in senso EW, che prosegue ad occidente anche sulla sponda opposta del Lago d'Iseo: questa piega tende a chiudersi al limite orientale della Conca di Sale

dove viene troncata da una faglia subverticale con direzione NS che la mette in contatto tettonico con le formazioni del Trias medio-inferiore.

Nella seconda zona le formazioni del Trias medio-inferiore sono disposte con immersione SW e presentano una flessura a ginocchio in corrispondenza del contatto tra il Calcere di Esino e le Arenarie di Val Sabbia, in prossimità di questo contatto il calcere di Esino risulta fagliato ed intruso dalle porfiriti.

La presenza dei litotipi gessosi del S. Giovanni Bianco, facilmente erodibili, determina l'insellatura orientata parallelamente alla direzione degli strati posta ad est della Forcella di Sale e corrispondente alla parte alta della Valle dell'Acqua Santa e della Valle delle Casere. Con il S. Giovanni Bianco e la Dolomia Principale si esaurisce la flessura e l'inclinazione degli strati diviene più blanda, il contatto tra le due formazioni risulta tettonizzato, sottolineato dalla comparsa di brecce e di dolomie cariate alla sommità del S. Giovanni Bianco. Le formazioni affioranti in questa zona risultano inoltre sovrascorse alle unità giurassiche e cretache che costituiscono il versante della Val Trompia, oltre la linea di spartiacque che decorre da Punta Almana fino all'estremità meridionale dell'area rilevata con direzione NNE-SSW. La presenza del sovrascorrimento è testimoniata dalla forte fratturazione della Dolomia Principale nell'area del Monte Rodondone e dalla comparsa della Formazione di Concesio nei pressi della località Palazzina. Localmente nell'area in esame si osservano pieghe, boudinage, stiramenti, faglie e uncinamenti, e nonostante le strutture raggiungano un grado di disordine elevato in taluni settori, complessivamente la situazione tabulare è stata mantenuta.

L'assetto delle formazioni presenti nella seconda zona deriva probabilmente da un campo di sforzi compressivi diretti verso sud o sud-ovest che hanno portato le formazioni a flettersi ed in parte ad accavallarsi fra loro scorrendo al di sopra delle unità giurassiche e cretache. La Dolomia Principale di Punta Almana si ipotizza traslata sui termini carnici della Formazione del S. Giovanni Bianco, essendo inoltre sovrascorsa sui termini giurassico-cretaci posti più ad oriente. Assieme alla Dolomia Principale, di età norica, si sono messi in moto le formazioni retiche superiori e liassiche.

### **3.2. Successione Stratigrafica**

Le varie formazioni riconosciute sono state rappresentate seguendo un ordine cronologico, dalla formazione più antica alla più recente, e distinguendo le unità che costituiscono i depositi superficiali, in genere poco o nulla diagenizzati, da quelle che rappresentano il substrato roccioso; le distinzioni relative a questi due criteri sono sostanzialmente coincidenti in quanto le unità più recenti si identificano nei depositi superficiali.

Di seguito vengono sinteticamente elencati i caratteri litologici delle formazioni presenti:

– *Formazione di Buchenstein*: si tratta di calcari grigi compatti, in strati ben marcati. Questa formazione si rinviene in corrispondenza di Cappello di Brutine al limite del confine comunale NE.

– *Calcare di Esino*: tale formazione affiora nella zona del Dosso di Fontanazzo, all'estremità nord-orientale del territorio comunale. E' costituita da calcari e calcari dolomitici massicci di colore grigio chiaro, talora rosati. Questi litotipi risultano abbondantemente fossiliferi con coralli, lamellibranchi e gasteropodi, ed al foro interno compaiono spesso pisoliti vadose, cavità riempite da cemento carbonatico ed oncoliti.

– *Porfiriti*: a diretto contatto ma con discordanza rispetto al Calcare di Esino si trovano, allineate secondo il contatto con le Arenarie di Val Sabbia e disposte in prossimità di un piano di faglia, delle masse di porfiriti quarzifero-biotitiche di colore rosso-vino la cui età di messa in posto risulta di difficile collocazione; per analogia con altre masse simili potrebbero essere triassiche, in particolare carniche e quindi di poco successive all'Esino ed alle Arenarie.

– *Arenarie di Val Sabbia*: Sempre nel settore nord-orientale dell'area, in asse con gli impluvi della valle dell'Acqua Santa e della Valle delle Casere, affiorano i litotipi appartenenti alla formazione delle Arenarie di Val Sabbia, costituiti da arenarie di colore rosso in strati da medi a spessi, i clasti sono di prevalente composizione vulcanica, immersi in matrice sericitica o argillosa con locale presenza di cemento carbonatico. Alle arenarie si intercalano a volte dei livelli di marne arenacee e di siltiti di colore rosso cupo. Questa unità rappresenta un corpo delizioso depositatosi all'interno di una laguna a sedimentazione carbonatica e terrigena. (Carnico medio-inferiore).

– *Formazione di S. Giovanni Bianco*: anche questa unità si trova disposta parallelamente alla fascia delle Arenarie, con le quali si trova in contatto stratigrafico, anche se risulta quasi sempre coperta dai depositi superficiali. E' costituita da gessi microcristallini a stratificazione sottile, con strati localmente sottolineati dalla presenza di una frazione argillosa di colore grigio scuro nero. Poiché i litotipi sono caratterizzati da un comportamento plastico, nel corso dell'evoluzione strutturale dell'area questa formazione ha rappresentato un orizzonte di relativa debolezza assorbendo gran parte delle deformazioni. Per questo motivo l'unità risulta tettonizzata in prossimità del contatto stratigrafico con la sovrastante Dolomia Principale, ed è rappresentata da brecce tettoniche giallastre in cui si notano cristalli di calcite e dolomite di neoformazione. I litotipi appartenenti a questa unità testimoniano un ambiente sedimentario, collocato nella zona più interna di una piattaforma carbonatica oppure in una laguna, caratterizzato da un certo apporto terrigeno e dal raggiungimento di condizioni evaporitiche. Gli orizzonti gessosi, nei pressi di Casere sono stati in passato oggetto di coltivazione. (Carnico superiore).

– *Dolomia Principale*: La formazione della Dolomia Principale affiora in corrispondenza della linea di cresta che separa il Lago d'Iseo dalla Val Trompia, a partire dalla Forcella di Sale fino alla Croce di Pezzolo, ed alla sommità del versante rivolto verso la Val Trompia, dalla Croce di Pezzolo al Dosso Sabbione. Questa formazione si trova in contatto stratigrafico sul S. Giovanni Bianco mentre si trova in contatto tettonico con le altre formazioni che affiorano nella Conca di Sale e giace in sovrascorrimento sulle formazioni affioranti sul versante della Val Trompia. E' costituita da dolomie saccaroidi e calcari dolomitici, di colore variabile da grigio chiaro a nero, disposti in grossi banchi od a stratificazione indistinta, l'origine di queste rocce è legata ad un ambiente sedimentario di

piattaforma carbonatica. Questi litotipi appaiono spesso interessati da forme carsiche superficiali. (Norico).

– *Argillite di Riva di Solto*: si tratta di argilliti e marne argillose nerastre, fissili, talora intercalate da calcari e calcari marnosi di colore grigio-nocciola. unico affioramento rilevato è posizionato a quota 1027 metri nel versante sud-orientale del monte Rodondone. i contatti rilevati nell'area sono entrambi tettonici, il contatto inferiore è con la Dolomia Principale e quello superiore è con il Calcarea di Zu. In letteratura, i passaggi stratigrafici sono con la D.P. inferiormente e con il C. di Zu superiormente. l'Argillite di Riva di Solto è attribuibile al Norico superiore.

– *Calcarea di Zu*: questa formazione consta di calcari e calcari marnosi prevalentemente grigio-nocciola, marroncini, grigio scuri o grigio-neri, a stratificazione da sottili a massiccia e con intercalazioni anche cospicue di marne o argilliti bruno-nerastre. A questa formazione sono stati attribuiti i calcari marnosi rilevati nell'area in esame. Questa formazione rappresenta una deposizione di fango calcareo, in acque basse (modello di Rampa Deposizionale), generalmente tranquille e localmente in acque con correnti trattive che hanno rimaneggiato il sedimento non ancora consolidato. I maggiori affioramenti si localizzano nei dintorni del Monte Rodondone e nel versante settentrionale della cresta formata dal Monte Caprello sino a Punta dei Dossi. (Norico sup. Retico)

– *Dolomia Conchodon*: questa formazione si trova stratigraficamente sovrapposta al Calcarea di Zu ed è segnata alla base dalla comparsa di un banco di calcari oolitici seguiti da calcari dolomitici e dolomie. Sulla carta geologica è stata effettuata la distinzione tra Dolomia Conchodon indistinta a causa della dolomitizzazione pervasiva e le unità superiore, media e inferiore. La Dolomia Conchodon indistinta affiora abbondantemente in corrispondenza del Monte Caprello Punta Val Mora e Punta dei Dossi e nella zona SE del territorio comunale in corrispondenza della Croce di Pezzolo e il Monte Eclinetto e Punta Ventura. Le unità informali si rilevano alla base di Punta Ventura e del Monte Eclinetto (per maggiori dettagli vedere sulla carta allegata). Questi litotipi sono disposti in grossi banchi oppure a stratificazione indistinta. Nelle zone di affioramento queste rocce appaiono a volte interessate dalla presenza di manifestazioni carsiche superficiali. La Dolomia Conchodon rappresenta condizioni di sedimentazione tipiche delle zone di piattaforma carbonatica. (Hettangiano-Retico sup.).

– *Calcarea di Gardone Val Trompia*: questa formazione comprende calcari per lo più marnosi, di colore grigio chiaro o scuro, con evidente stratificazione; inoltre sono presenti letti e noduli di selce, con intercalazioni di marne e argilliti grigio-verdastre. Nell'area della carta questa formazione è stata osservata all'interno della Valle di Gardone V.T., in Val Codibolo. Il contatto inferiore non è presente nell'area, ma in letteratura si evince che il passaggio può essere con la Corna o con il Calcarea di Sedrina. Il contatto superiore stratigrafico è stato rilevato con il Calcarea di Domaro. (Hettangiano *p.p.* - Pliensbachiano inf.)

– *Formazione di Concesio*: questa formazione affiora in particolare nell'estremità meridionale del territorio comunale in prossimità della chiesa di S. Maria del Giogo la Formazione di Concesio è stata cartografata nei suoi due Membri:

- **Membro dei Calcari Nocciola (inferiore)**: comprende calcari in genere marnosi, talora clastici e passanti ad arenarie, di colore per lo più nocciola, con selci sovente listate, ben stratificati, con intercalazioni di marne grigio-verdastre.
- **Membro dei Calcari Medoloidi (superiore)**: comprende calcari molto marnosi di colore comunemente grigiastro, con selci, in strati più o meno spessi (molto simili al Medolo: Calcare di Gardone V.T. e Calcare di Domaro, da cui il nome “medoloidi”), separati da giunti marnoso-argillosi e friabili. La sommità di questo membro è caratterizzata da una facies rossastra stratificata.

La potenza degli strati è variabile da 100 a 300 metri; nell'area è stato rilevato uno spessore massimo di circa 100 metri. Inferiormente la Fm. di Concesio è a contatto stratigrafico con il Calcare di Domaro. Il contatto superiore stratigrafico è con le Radiolariti in località Santa Maria del Giogo; comunemente nell'area di Punta dell'Orto il contatto per faglia con la Maiolica. Il contenuto faunistico permette di riferire questa formazione al Toarciano, mentre i termini superiori sono riferibili al Dogger.

– Gruppo del “Medolo” indistinto: *nella carta geologica dove non è stato possibile differenziare le due formazioni che costituiscono il Medolo, cioè il Calcare di Gardone V.T. e il Calcare di Domaro, è stato cartografato in Medolo indistinto.*

– *Selcifero Lombardo*: Questa formazione affiora anch'essa nell'estremità inferiore del territorio comunale ed è rappresentata da marne e marne calcaree sottilmente laminate, di colore rosso, e da calcari marnosi rossastri, di spessore medio, contenenti liste e noduli di selce. Queste rocce si sono sedimentate in ambiente di mare aperto, entro un bacino relativamente profondo. (Titoniano - Calioviano).

### 3.3.1. Antico deposito di versante cementato (presunta età pre e sin -glaciale)

La datazione relativa che viene riportata in questa descrizione rappresenta una considerazione stratigrafica svolta in relazione alle osservazioni desunte dal rilevamento diretto. La coltre morenica di seguito descritta raggiunge le quote più elevate sino a metri 700-750, in posizione altimetriche sottostanti ricopre quasi uniformemente tutto il versante. In generale, all'interno dei torrenti che solcano il versante orientale sebino, nei Comuni di Sulzano e Sale Marasino, è possibile osservare una stratificazione di depositi superiormente morenici e inferiormente costituiti da breccie di versante fortemente cementate.

L'osservazione di numerosi affioramenti, la loro estensione e di conseguenza l'importanza che assumono nell'area di studio, ha portato in evidenza la necessità di cartografare questi depositi.

La composizione litologica di queste breccie varia fortemente in funzione dei versanti che le hanno prodotte: localmente sono costituite da clasti di Calcare di Zu, in associazione con clasti di Dolomia a



Conchodon e/o con litologie quali Medolo, Rosso ad Aptici, Radiolariti e Maiolica; localmente si rinvencono breccie a clasti di sola Dolomia Principale.

I cementi che le compongono sono a volte costituiti da Calcite spatica bianca ed in altre occasioni di colore rossiccio.

In carta geologica non sono state messe differenziazioni del tratto a seconda della composizione della breccia, ma è stata cartografata solo l'estensione del deposito.

### 3.3.2. Depositi morenici

In corrispondenza della Conca di Sale il substrato roccioso risulta quasi sempre coperto da una coltre di depositi superficiali soprattutto di origine glaciale, depositati nel corso delle glaciazioni che hanno interessato durante il quaternario l'intero bacino del Lago d'Iseo. I depositi variano da conglomerati ad arenarie sino ad argilliti; essi contengono la litologie sedimentarie, intrusive e metamorfiche come: Calcari, Porfidi, Graniti, Filladi e Gneiss. La presenza di queste rocce, anche in grossi massi erratici, è sicuramente da attribuire ad eventi glaciali come depositi morenici e depositi fluvio-glaciali.

In base ai rapporti stratigrafici rilevati è stato possibile distinguere nell'ambito dei depositi superficiali differenti unità.

In particolare per i depositi glaciali è stato utilizzato il termine di "Complesso Glaciale" riferendo i sedimenti alle unità morfologiche rappresentate dai cordoni della cerchia morenica sebina.

- *Complesso Glaciale raccordabile alla cerchia morenica esterna*: la reale esistenza di questa unità non è stata confermata dal rilievo di campagna, questa unità è rappresentata da un lembo di sedimenti presenti nell'area di Pezzolo indicati come depositi glaciali nel foglio Breno della Carta Geologica d'Italia. La collocazione sul versante, a quota ben superiore a quella raggiunta dal cordone morenico laterale raccordabile alla cerchia mediana dell'anfiteatro sebino, ha indotto gli autori del foglio Breno a ritenere questo deposito come legato ad una fase glaciale più antica.
- *Complesso Glaciale raccordabile alla cerchia morenica mediana*: con questa unità sono stati indicati tutti i depositi glaciali, sia i depositi di contatto glaciale, glaciolacustri e fluvio-glaciali, associati al cordone morenico più alto presente nella Conca di Sale.

Questi depositi costituiscono una fascia continua compresa tra la quota del cordone più alto ed il terrazzo morfologico posto alla quota media di 400 m. Sono in genere caratterizzati dalla presenza di uno orizzonte superficiale di alterazione potente alcuni decimetri. I sedimenti appartenenti a questa unità sono costituiti dai materiali depositi in seguito alla fusione del ghiaccio, organizzati in cordoni laterali ed in terrazzi morfologici. Si tratta degli accumuli di materiale che si sono formati sui fianchi delle lingue glaciali (morene laterali). A causa della spinta laterale esercitata dal ghiacciaio le morene laterali possono presentarsi ben consolidate. Il cordone morenico più evidente decorre con relativa continuità alla quota media di 700 m, da Nandovere a Dazze, un altro tratto di cordone si trova alla quota di 570 m (Portole). Questi sedimenti sono caratterizzati da una forte eterogeneità granulometrica e litologica. Si tratta in

genere di sedimenti formati da blocchi, ciottoli e ghiaia in matrice sabbioso-limosa. Possono presentare supporto clastico o supporto di matrice con clasti poco arrotondati. Sono in genere contraddistinti da un grado di consolidazione basso. Mentre i depositi glaciali di fondo sono caratterizzati in genere da un discreto grado di consolidazione.

All'esterno del cordone morenico più alto è stata rilevata la presenza di depositi di contatto formati in superficie da limi sabbiosi lacustri, poco consolidati. I depositi di contatto alterati presenti nella parte bassa della conca al di sotto dei depositi glaciali più recenti appaiono invece deformati dall'attività glaciale successiva alla loro sedimentazione ed in genere ben consolidati. Depositi glaciolacustri poco consolidati sono stati rilevati nella scarpata del versante sinistro della valle di Tedezzano. Localmente, in corrispondenza delle scarpate di erosione, i depositi glaciali appaiono cementati con un grado di cementazione variabile da basso a medio.

- *Complesso Glaciale raccordabile alla cerchia morenica interna*: questa unità comprende i depositi glaciali situati nella parte inferiore della Conca di Sale, a partire dal terrazzo morfologico posto alla quota media di 400 m. Ad essa appartengono i tratti di un cordone morenico situati ad una quota media di 350 m (Presso e Maspiano). Come è stato osservato in numerose sezioni questi depositi risultano stratigraficamente sovrapposti a quelli appartenenti al Complesso Glaciale raccordabile alla cerchia mediana. I depositi appartenenti a questa unità presentano in genere un orizzonte superficiale di alterazione poco sviluppato e con rari clasti alterati al loro interno. Per quanto riguarda la cronologia assoluta di questo Complesso tutti gli autori sono concordi sulla sua attribuzione al Würm.

### 3.3.3. Depositi olocenici

Con questa unità sono stati raggruppati tutti i depositi che sono stati messi in posto successivamente all'ultima glaciazione, distinguendoli in funzione della genesi deposizionale.

- *Depositi detritici di versante*: questi depositi sono dovuti principalmente all'azione della gravità e si originano dall'accumulo, alla base delle pareti rocciose, dei materiali derivanti dal distacco di volumi di roccia provocata dall'azione dei vari agenti esogeni. Nella Conca di Sale sono organizzati in falde e con di detrito e costituiscono una fascia di raccordo tra le pareti rocciose ed i sottostanti depositi glaciali compresi. Altre falde detritiche si trovano ai piedi delle pareti rocciose che costituiscono i versanti della testata della valle dell'Acqua Santa e della Valle delle Casere. Questi accumuli sono rappresentati da sedimenti sciolti, a supporto clastico o, meno frequentemente, a supporto di matrice, costituiti da clasti a spigoli vivi con una percentuale variabile di matrice. Le dimensioni dei clasti sono molto variabili, dai blocchi alla ghiaia, e nell'ambito di uno stesso accumulo, in riferimento all'area di alimentazione, aumentano dalla zona prossimale alla zona distale. Questi depositi appaiono in genere colonizzati dalla vegetazione.

- 
- *Depositi eluvio-colluviali*: i depositi eluviali sono costituiti dai materiali derivanti dall'alterazione in posto del substrato operata dall'attività dei vari agenti esogeni. I depositi colluviali derivano invece dal trasporto e dall'accumulo lungo i versanti, ad opera della gravità o per il dilavamento delle acque meteoriche, dei materiali eluviali. Costituiscono delle coltri più o meno continue ed in genere poco potenti che ricoprono localmente il substrato roccioso nelle zone alte dell'area in esame. Le caratteristiche granulometriche e tessiture di questi depositi sono strettamente legate alla composizione dei litotipi originari. Si tratta in genere di sedimenti fini a prevalente supporto di matrice, rappresentati da ghiaia e ciottoli immersi in matrice limoso-argillosa. I clasti sono in genere spigolosi.
  
  - *Depositi alluvionali*: questi depositi sono legati all'attività deposizionale dei corsi d'acqua e nell'area esaminata sono rappresentati particolarmente da conoidi alluvionali, mentre le alluvioni sono presenti solo in strette fasce lungo l'alveo dei torrenti presenti nel territorio comunale. I conoidi alluvionali sono depositi dalla tipica forma a ventaglio creati dai corsi d'acqua quando incontrano una sensibile diminuzione del gradiente topografico che provoca una riduzione della velocità e quindi della capacità di trasporto della corrente. Si tratta di depositi sciolti con clasti generalmente arrotondati le cui dimensioni diminuiscono dall'apice del conoide verso la zona distale, in relazione alla progressiva diminuzione della velocità della corrente. Le dimensioni medie dei clasti dipendono soprattutto dalle caratteristiche idrauliche dei corsi d'acqua stessi. Nell'area in esame i conoidi sono distribuiti essenzialmente lungo la fascia costiera del lago dove si trovano in coalescenza tra loro e, spingendosi verso il lago, assumono in parte il carattere di delta lacustri. In relazione alle caratteristiche idrauliche dei corsi d'acqua presenti questi depositi sono costituiti sia da orizzonti legati a fenomeni di trasporto in massa, formati da massi, ciottoli e ghiaia in matrice di sabbia e limo, sia da orizzonti dovuti ad un'azione trattiva della corrente. formati invece da ciottoli e ghiaia con sabbia.
  
  - *Depositi lacustri*: Depositi lacustri sono presenti localmente lungo la linea di costa nel tratto a nord di Sale. Sono depositi legati a sedimentazione in condizioni di bassa energia con eventuale rielaborazione da parte delle onde e sono pertanto rappresentati da livelli di sabbia limo sabbioso o limo e argilla.

## 4. QUADRO GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista dell'assetto morfologico nel territorio in esame si possono distinguere principalmente due zone - la prima coincidente con la Conca di Sale e fortemente improntata dall'attività glaciale e la seconda corrispondente alle zone situate al di là della linea di cresta che delimita la conca stessa che non sono state raggiunte dal ghiaccio.

L'assetto morfologico della prima area è caratterizzato soprattutto dall'attività deposizionale del ghiacciaio sebino-camuno e dall'azione erosiva che le acque incanalate hanno operato su questi depositi, successivamente al ritiro del ghiacciaio. La Conca di Sale è infatti ricoperta da abbondanti depositi glaciali che formano una serie continua di terrazzi, culminanti a metà dei versante con un cordone morenico laterale relativamente ben conservato - all'esterno del cordone si trovano piccole piane di contatto glaciale ed estesi depositi detritici relativi alle pareti rocciose soprastanti. Dopo il ritiro del ghiacciaio l'azione delle acque superficiali ha creato entro i depositi glaciali delle profonde incisioni in cui scorrono i corsi d'acqua provenienti dal versante. Il materiale eroso e trasportato dai corsi d'acqua è stato depositato alla base del versante creando i conoidi alluvionali presenti.

L'assetto morfologico della seconda area appare invece legato alle caratteristiche litologico-strutturali dell'area stessa: gli impluvi e le forme depresse sono impostati in corrispondenza di lineamenti tettonici ed in ragione dei caratteri composizionali dei litotipi sono presenti numerose forme legate al carsismo.

### 4.1. *Forme di versante legate alla gravità*

Le forme in esame sono determinate in maniera preponderante dall'azione della forza di gravità, unite all'azione combinata e spesso preparatoria della tettonica, della circolazione idrica sotterranea, di quella superficiale dilavante e all'azione del gelo e disgelo. Un ruolo estremamente importante è stato anche svolto dal progressivo ritiro della coltre glaciale che ha provocato in epoca post-glaciale un notevole rilascio tensionale sui fianchi vallivi, e conseguente distacco di materiale lapideo, dando origine a falde e coni di detrito. L'azione della gravità si risente maggiormente nelle zone alte dell'area soprattutto in corrispondenza delle pareti rocciose della Dolomia Principale e della Dolomia Conchodon, dove sono presenti scarpate di degradazione interessate episodicamente da fenomeni di crollo. Le falde ed i coni detritici poste alla base di queste pareti sono pertanto da considerare come forme quiescenti che possono ricevere ulteriore alimentazione.

Fenomeni legati alla gravità si registrano spesso anche in corrispondenza delle scarpate che limitano le incisioni dei corsi d'acqua principali. I fenomeni che si registrano sono rappresentati, da piccole frane di crollo che interessano i depositi detritici cementati, da frane per scorrimento che coinvolgono i depositi glaciali e da diffusi fenomeni di soliflusso o reptazione. Le frane nei depositi glaciali presentano in genere dimensioni contenute con volumetrie comprese tra 10 e 100 m<sup>3</sup>. Rispetto alle dimensioni medie sono presenti nicchie di distacco relative a frane inattive che hanno coinvolto volumi ben maggiori ed i due corpi di frana presenti lungo la Valle di Marasino presentano

un volume di circa 50.000 m<sup>3</sup> mentre la frana attiva presente sulla sponda sinistra della Valle di Vigolo, all'altezza di Varzano, ha coinvolto un volume di circa 300 m<sup>3</sup>. La stessa tipologia dei fenomeni si registra localmente anche sulla superficie dei terrazzi glaciali, in questi casi le frane presentano dimensioni decisamente minori.

Fenomeni di soliflusso e piccoli fenomeni franosi per scorrimento sono molto diffusi anche nella zona della Forcella di Sale e di Casere, dove coinvolgono la coltre di depositi eluvio-colluviali.

#### **4.1.1. Falde di detrito e detrito di versante**

Sono costituiti da deposi grossolani come ghiaie, ciottoli e blocchi staccatisi da pareti rocciose e accumulatisi in forma di coni lungo i versanti; nella zona indagata questi processi hanno agito con particolare vigore, trovando rocce localmente molto fratturate per l'intensa tettonizzazione alpina.

Sono stati rilevati numerose aree dove prevale l'affioramento del detrito di falda sia attivo che quiescente che inattivo.

Le aree dove affiorano con maggiore frequenza i detriti di falda attivi sono state riscontrate in corrispondenza delle quote più elevate.

In particolare alla base della Dolomia Principale e della Dolomia a Conchodon.

#### **4.1.2. Fenomeni franosi**

Sulla carta geomorfologica e su quella di sintesi, è stato utilizzato il codice alfanumerico in uso l'Atlante dei Dissesti, secondo il seguente schema:

Esempio: **554.CODar**

**1 NUMERAZIONE PROGRESSIVA DEL DISSESTO (554.CODar)**

**2 TIPOLOGIA DEI MOVIMENTI DI VERSANTE (554.CO Dar)**

CR	Crollo.	
SR-ST	Scivolamento.	SR) rotazionale, ST) traslazionale.
CO	Colata.	
SP	Sprofondamento.	
CX	Complessa.	
NC	Frana non classificata.	

**3 TIPO DI MATERIALE (prima del movimento) (554.CO Dar)**

R	Roccia.	
D	Detrito.	(materiale prevalentemente grossolano)
T	Terra.	(materiale prevalentemente fine)
M	Misto.	

**4 STATO DI ATTIVITÀ DEL FENOMENO FRANOSO (554.COD ar)**

a	Attivo.	Corpo franoso attualmente soggetto a movimenti o interessato da movimenti durante gli ultimi 30 anni.
q	Quiescente.	Frana non soggetta a movimenti durante gli ultimi 30 anni.
s	Stabilizzato.	Frana le cui cause sono state naturalmente o artificialmente rimosse.

**5 ETÀ DEL FENOMENO FRANOSO (554.COD ar)**

r	Recente.	Fenomeno verificatosi negli ultimi decenni.
s	Storico.	Fenomeno di cui si ha memoria storica.
a	Antico.	Fenomeno di cui <u>non</u> si ha memoria storica.

L'analisi dei fenomeni franosi è stata condotta confrontando preliminarmente i dati di campagna con quelli dell'atlante dei dissesti della Regione Lombardia.

I fenomeni franosi, oltre ad avere un identificativo, sono stati censiti e classificati secondo la "Scheda per il censimento delle frane" fornita dal Servizio Geologico della Regione Lombardia.

I dissesti presenti sul territorio di Sale Marasino sono localizzati sulle valli principali dei torrenti Vigolo e Portazzolo e nella maggior parte dei casi, appaiono difficilmente cartografabili alla scala 1:10.000. Questi interessano le coltri superficiali quaternarie moreniche o i depositi di versante (falde di detrito e depositi colluviali).



Tali fenomeni hanno in genere carattere di scivolamento traslativo (talvolta anche rotazionale) con piani di scorrimento ubicati al contatto copertura-substrato.

Le cause sono da ricercarsi principalmente nello stato di equilibrio limite in cui tali depositi vengono a trovarsi lungo i versanti a causa: dell'azione scalzante dei corsi d'acqua sul fondovalle dell'appesantimento dovuto al perdurare di eventi meteorologici particolarmente intensi e prolungati nel tempo; dell'azione destabilizzante di alcuni interventi antropici come scavi lungo i versanti per la realizzazione di edifici e strutture viarie.

Sono stati infine rilevati locali eventi di crollo in materiale lapideo localizzati agli affioramenti travertinosi in località Tufo a valle della strada panoramica e del nucleo abitato (01.CRRar).

### Dissesto 01.CRRar

Tipo di movimento:	<i>Nicchia</i> : crolli diffusi, sia in massa che in singoli blocchi da due pareti verticali in roccia. <i>Accumulo</i> : rotolamento continuo di ciottoli e blocchi, colate di detrito in occasione di forti precipitazioni.
Tipo di materiale:	<i>Nicchia</i> : depositi travertinosi. <i>Accumulo</i> : ghiaie, ciottoli e blocchi.
Presenza d'acqua:	è presente una sorgente captata a monte del dissesto e la cui acqua alimenta l'acquedotto comunale.
Stato di attività:	Attivo: cedimenti di blocchi, distacco di intere porzioni di roccia, sono ben visibili le linee di frattura.
Probabile evoluzione:	<i>Nicchia</i> : arretramento ed espansione laterale. <i>Accumulo</i> : avanzamento per rotolamento di blocchi o per colate successive.
Danni a elementi del territorio e a persone:	Il rischio consiste in improvvisi crolli di materiale lapideo che potrebbero interessare i fabbricati presenti a valle.
Opere di intervento eseguite (e) o proposte (p):	(e) Nessuna opera eseguita, (p) si consiglia il monitoraggio ed il posizionamento di una barriera paramassi.

<p>Foto panoramica del dissesto</p>	
<p>Fratture all'interno dell'ammasso roccioso che delimitano il blocco instabile presente a destra nella foto successiva:</p>	

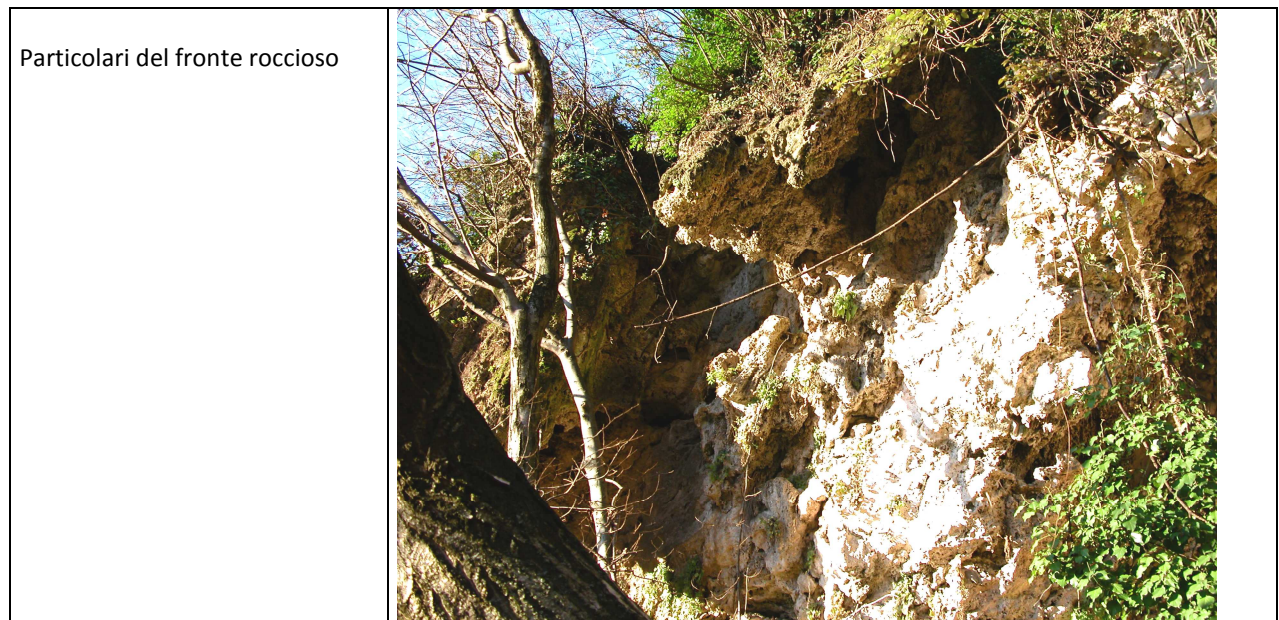
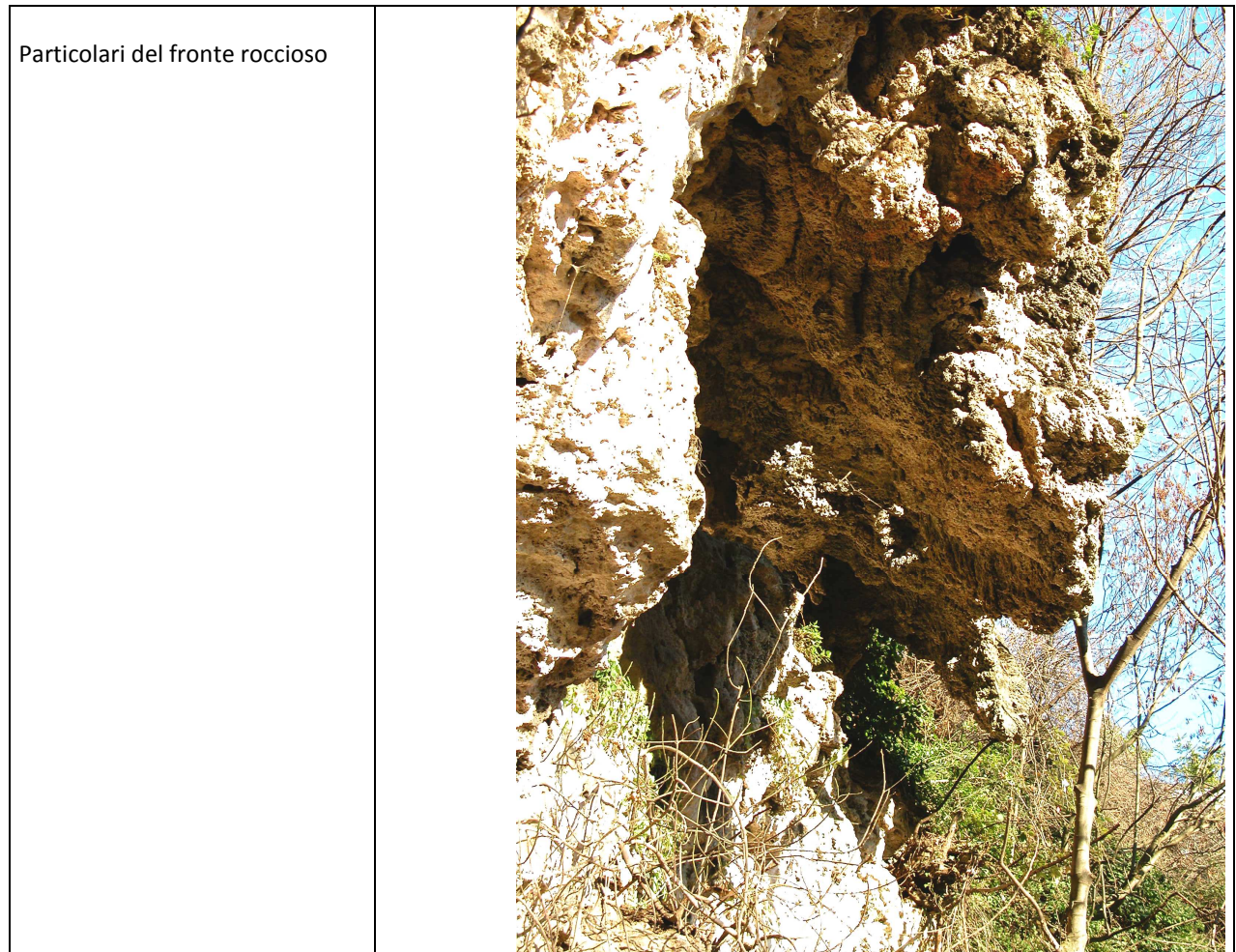
Blocco instabile



Blocco crollato alla base della parete



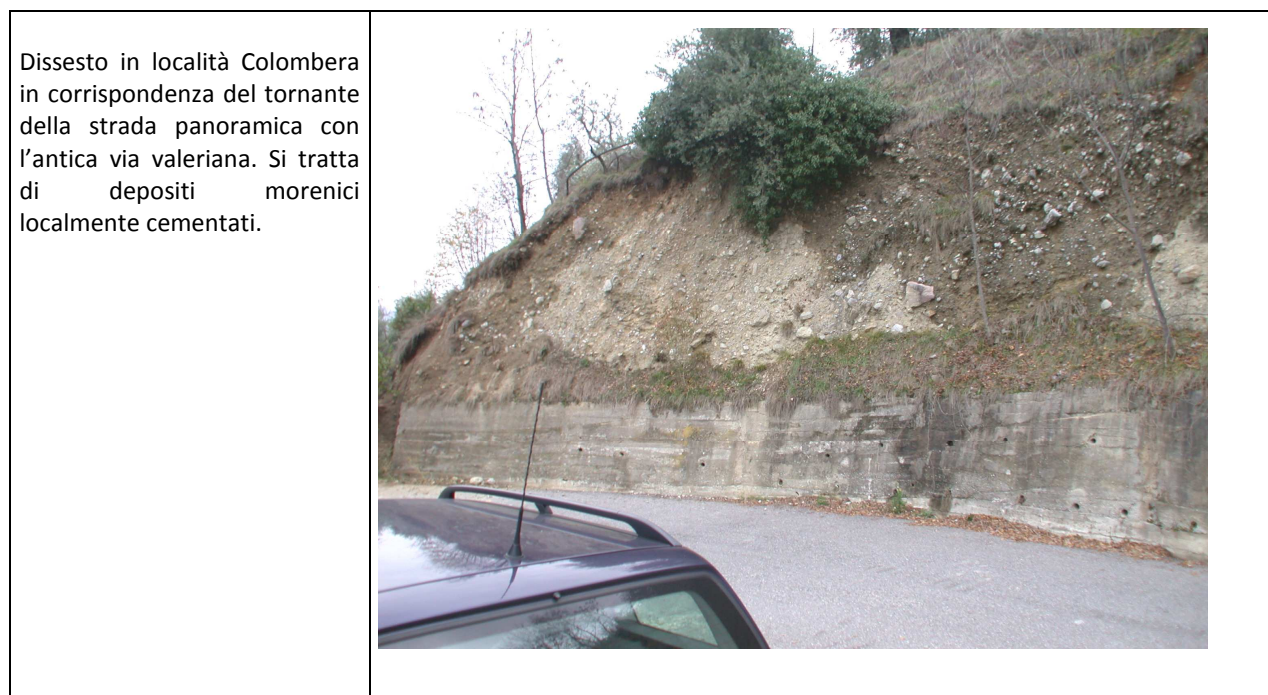




**Dissesti 02.STDqr, 03.STDqr, 04.STDqr, 05.STDqr, 06.STDqr, 07.STDar, 08.STDar, 09.STDqr**

Tipo di movimento:	Si tratta dissesti di modeste dimensioni; la causa scatenante è in genere riconducibile all'azione scalzante dei torrenti Vigolo, Portazzolo e Valle dei Novali in corrispondenza degli affioramenti morenici. Il movimento avviene per scivolamenti traslazionali successivi con conseguente arretramento della nicchia; l'accumulo viene progressivamente portato in alveo ed asportato durante le piene. Di questi solo alcuni risultano attivi, nel complesso si ritengono quiescenti.
Tipo di materiale:	Sabbie ciottoli e blocchi costituenti i depositi di origine morenica.
Presenza d'acqua:	In genere assente nella nicchia e nell'accumulo. Sempre presente al piede dall'accumulo in corrispondenza dei corsi d'acqua.
Stato di attività:	Attivi: scivolamento lungo superfici planari e cedimenti di singoli blocchi, superfici di movimento non alterate, vegetazione assente, colate di detrito in occasione di precipitazioni intense. Ruscellamento sia nella nicchia che nell'accumulo durante le precipitazioni
Probabile evoluzione:	<i>Nicchia</i> : arretramento ed espansione laterale. <i>Accumulo</i> : avanzamento per colate successive.
Danni a elementi del territorio e a persone:	Nessuno
Opere di intervento eseguite (e) o proposte (p):	(e) nessuna (p) opere di protezione alla base e piantumazione.

Sono presenti altri "dissesti" di limitate dimensioni e quindi difficilmente cartografabili in corrispondenza delle opere di sbancamento per la realizzazione di opere viarie. Di questi si propone una documentazione fotografica, che ne illustra l'entità e lo stato attuale:



Crollo di massi a monte della strada panoramica in località Colombera. Il rotolamento può interessare la sede stradale tale per cui si propone un intervento di disaggio ed il posizionamento di una rete paramassi.



Dissesto in Località Tufo a monte della strada panoramica. Si tratta di depositi morenici localmente cementati. Si propone la stabilizzazione della base del versante mediante un'opera di sostegno con alla sommità una rete paramassi.



Dissesto sulla strada per la località Portole. Generato per la presenza di venute d'acqua generalizzate di origine sorgentizia. Verso monte è presente un'ampia zona con ristagno d'acqua. Infatti com'è visibile nella foto successiva, al di sotto dello strato di terreno vegetale è presente la falda di versante di origine sorgentizia.



Zone con ristagno d'acqua lungo la strada per Portole



#### **4.2. Forme, processi e depositi per acque correnti superficiali**

Gli elementi più evidenti sono rappresentati dalle scarpate per erosione che limitano le incisioni dei maggiori corsi d'acqua: queste forme si sono generate per erosione lineare dei depositi glaciali in seguito al ritiro dei ghiacci. Buona parte di queste scarpate sono state considerate attive o quiescenti in relazione alla dinamica dei fenomeni rilevati: benché molti corsi d'acqua abbiano raggiunto in alcuni punti il substrato roccioso, rallentando in questo modo la propria capacità erosiva, il profilo della curva di fondo di molti tratti appare ancora ben lontano dall'essere in equilibrio con le

condizioni morfometriche attuali. Questo disequilibrio si traduce localmente in una forte tendenza all'erosione di fondo o laterale ed inoltre alcuni tratti di scarpata, sebbene non più direttamente interessati dall'azione dei torrenti, si stanno evolvendo sotto l'azione della gravità, come descritto precedentemente, o sotto l'azione delle acque di scorrimento superficiale che generano forme per ruscellamento diffuso o concentrato. La presenza di questi fenomeni può incrementare occasionalmente il trasporto solido dei torrenti e potrebbe determinare in particolari condizioni anche l'insorgere di fenomeni di trasporto in massa, sebbene di entità contenuta.

L'attività erosiva dovuta alle acque superficiali si manifesta anche all'esterno delle incisioni torrentizie e fenomeni di ruscellamento diffuso sono stati rilevati nei pressi di Casera e di Palazzina: nel primo caso coinvolgono una falda detrica di versante mentre nel secondo sia depositi colluviali sia il substrato roccioso fortemente tettonizzato.

Le aree umide riconosciute sui ripiani dei terrazzi sono legate principalmente a fenomeni di ristagno causati dalla presenza di depositi di contatto a granulometria fine e quindi a scarsa permeabilità.

#### **4.2.1. Conoidi di fondovalle**

I conoidi di fondovalle formati ad opera dei corsi d'acqua presenti sul territorio in esame in corrispondenza dello sbocco nella valle principale o meglio nel Lago d'Iseo sono in genere di limitate dimensioni o appena accennati per quei corsi d'acqua posti a nord del territorio comunale ed in parte a sud; questo è dovuto al fatto che i bacini che alimentano i conoidi sono di piccole dimensioni e quindi non sono in grado di produrre sufficiente materiale da scaricare in alveo. Mentre i due corsi d'acqua maggiori (torrenti Vigolo e Portazzolo) che occupano con i loro bacini circa metà dell'intero territorio indagato, hanno dato origine a conoidi di modeste dimensioni. Questo è dovuto soprattutto al fatto che per circa 2/3 del corso i due torrenti solcano terreni morenici o di origine glaciale in genere, in particolare nel passato geologico. Le caratteristiche idrologiche ed i dati morfometrici di questi due bacini e relativi conoidi, vengono illustrate nel paragrafo 6.

Il loro grado di pericolosità è stato valutato secondo le indicazioni contenute al punto 2.4 dell'allegato 2 della D.G.R. Lombardia n° 7/6645 del 29.10.01.

Le schede relative ai conoidi, compilate nella fase di rilevamento, costituiscono l'Allegato 1 della presente relazione.

L'osservazione diretta di alcuni scavi aperti nell'area di conoide dimostra come la granulometria prevalente di questo corpo sedimentario sia costituito da materiale particolarmente grossolano in matrice ghiaioso-sabbiosa.

E' tuttavia probabile che la parte distale del conoide sia costituito da terreni a granulometria più fine; questa considerazione viene avvalorata dalla minore pendenza del conoide stesso.

### **4.3. Forme e depositi carsici**

La presenza di manifestazioni legate all'attività carsica è stata rilevata in corrispondenza degli affioramenti del substrato roccioso che è costituito in gran parte da litotipi carsificabili, di composizione prevalentemente carbonatica e subordinatamente gessosa.

Oltre alle forme di microcarsismo superficiale, come solchi e docce, diffuse soprattutto nelle zone di affioramento della Dolomia Conchodon e dei Calcari di Esino, è stata rilevata l'esistenza di forme di macrocarsismo superficiale cui corrisponde una rete carsica sotterranea che alimenta in modo diretto o indiretto buona parte delle sorgenti presenti nell'area. Sicuramente alimentate da una rete carsica sono le sorgenti di Giaive e Gottola mentre legate più o meno direttamente all'attività carsica sono quelle di Tufo, Gavone, Marasino e Presso. Doline di dissoluzione, aventi diametro di una decina di metri e profonde alcuni metri, interessano il Calcari di Esino nei pressi del Dosso di Fontanazzo. Nella stessa formazione, in prossimità di Brutine, si trova una grotta verticale che funge da inghiottitoio delle acque superficiali. Tutte queste forme sono significativamente allineate secondo la direzione della stratificazione, a ridosso del piano di faglia e degli ammassi di porfiriti che pervadono i calcari.

I fenomeni carsici più caratteristici sono però legati alla dissoluzione dei gessi del S. Giovanni Bianco che costituiscono una fascia disposta in corrispondenza dell'asse della Valle dell'Acqua Santa e della Valle delle Casere e che sono quasi sempre ricoperti da depositi detritici od eluvio-colluviali.

All'affioramento di acque ricche in carbonato di calcio ed alla sua rideposizione sono invece legati i depositi di travertino rilevati localmente nella Conca di Sale: nella Valle di Vigolo, in prossimità di Riva e soprattutto in località Tufo, poco a valle dell'omonima sorgente.

### **4.4. Forme e depositi glaciali**

Come precedentemente descritto, il quadro morfologico della parte di territorio rivolta verso il Lago d'Iseo è stato fortemente caratterizzato dall'attività glaciale che si è tradotta prevalentemente in forme deposizionali creando l'insieme dei terrazzi morfologici che ricoprono il versante dalla linea di costa fino alla quota di circa 700 m. I terrazzi morfologici si sono originati come terrazzi di kame, formati dai materiali che il ghiacciaio abbandonava ai propri lati e ciascun ripiano coincide con la quota raggiunta di volta in volta dal ghiaccio. La serie dei terrazzi culmina con un cordone morenico laterale, ancora ben conservato, che decorre alla quota di 700 m, interrotto solo dai principali impluvi: all'esterno del cordone si trovano delle piccole piane di contatto glaciale. I terrazzi situati alle quote inferiori sono via via più recenti dall'alto verso il basso e sono la conseguenza del progressivo abbassamento del ghiacciaio connesso alla fase di ritiro.

#### **4.5. Forme, processi e depositi lacustri**

L'apporto solido dei corsi d'acqua presenti sul territorio in esame è stato indicato come prevalentemente fine poiché per gran parte dell'anno l'energia della corrente è tale da trasportare materiale di dimensioni non superiori a quelle della sabbia e solo nei periodi di piena viene recapitato a lago il materiale di dimensioni superiori, dalla ghiaia ai ciottoli mentre i massi sono trasportati solo in occasione delle piene eccezionali.

Per quanto riguarda il lago, la direzione del moto ondoso e del flusso trasversale si mantiene in genere parallela all'orientazione nord-sud del lago e quindi alla linea di costa.

Analoga orientazione presenta la direzione del trasporto solido.

#### **4.6. Forme, processi e depositi antropici**

Nell'ambito del territorio comunale non è stata rilevata la presenza di cave attive: una cava di gesso abbandonata si trova in prossimità di Casere mentre una cava inattiva di inerti si trova nei pressi di S. Vincenzo, dove venivano sfruttati gli orizzonti ghiaioso-sabbiosi presenti nei depositi di contatto. Non è stata rilevata la presenza di discariche attive ad eccezione di alcuni piccoli accumuli di rottami o rifiuti vari, deposti abusivamente, in prossimità di alcune cascine presso la Forcella di Sale o lungo le scarpate di erosione dei corsi d'acqua.

I terrazzamenti agrari sono presenti solo localmente nell'ambito del territorio comunale, limitatamente ad alcuni tratti particolarmente acclivi delle scarpate dei terrazzi morfologici di origine glaciale. In alcuni casi, come nei pressi di Gandine o di Rango, i muretti a secco che sostengono i ripiani risultano lesionati o franati per la spinta esercitata dal terreno: si tratta di fenomeni di piccola entità legati alla saturazione del terreno durante eventi meteorici associati al progressivo degrado delle strutture murarie. Fenomeni simili sono stati spesso rilevati anche in corrispondenza dei muri di sostegno che bordano alcune delle strade secondarie che decorrono sui terrazzi glaciali.

Fenomeni di soliflusso o di creep intenso, indotti dal bestiame al pascolo, sono stati rilevati nei pressi delle località di Valecolo, Brudì, Casere e Ronco di Casere: queste manifestazioni possono evolvere col tempo verso forme di erosione superficiale.

In corrispondenza dei centri abitati, della linea ferroviaria e della S.S. 510, alcuni tratti dei corsi d'acqua presenti risultano incanalati artificialmente o intubati, nel primo caso per impedire eventuali fenomeni di esondazione e nel secondo per facilitarne l'attraversamento.

## 5. QUADRO IDROGEOLOGICO

Il territorio comunale di Sale Marasino ricade all'interno del bacino del Fiume Oglio ad eccezione delle aree situate ad est della linea di cresta che dal Dosso di Fontanazzo decorre attraverso la Forcella di Sale fino al rifugio di S. Maria del Giogo, appartenenti al bacino del Fiume Mella.

Per il proprio assetto morfologico la porzione di territorio rivolta verso il Lago d'Iseo, costituisce un settore idrograficamente omogeneo dove i corsi d'acqua presentano un decorso pressoché rettilineo, scorrendo verso il lago entro incisioni strette e profonde scavate nei depositi glaciali che ricoprono il substrato roccioso e dando origine ai conoidi alluvionali coalescenti all'altezza della linea di costa. Le leggere sinuosità presenti lungo il corso dei torrenti sono in genere impostate in corrispondenza dei vari terrazzi morfologici dove le aste principali ricevono l'apporto dei rami secondari e dove si rilevano variazioni nell'erosibilità dei materiali.

La forma dei bacini idrografici presenti in questo settore mostra un andamento piuttosto irregolare condizionato dai terrazzi glaciali e dai cordoni morenici.

Dei corsi d'acqua presenti, soltanto i torrenti Tufo, Vigolo, Portazzolo, Saletto ed il torrente della Valle delle Casere (situato nella parte alta del territorio ed appartenente al bacino idrografico del fiume Mella) presentano un regime perenne mentre tutti gli altri mostrano un carattere stagionale o saltuario.

La curva di fondo dei corsi d'acqua rivolti verso il lago presenta una pendenza media relativamente elevata, con un profilo a gradini i cui ripiani sono sorretti da punti in cui l'erosione ha raggiunto il substrato roccioso.

In funzione della relativa ripidità della curva di fondo tutti i torrenti presenti nell'area presentano la morfologia tipica dei corsi d'acqua a canale rettilineo.

In relazione al quadro morfologico descritto i torrenti posti nella parte più settentrionale della linea di costa, dove minore è la copertura dei depositi superficiali ed il substrato affiora per lunghi tratti dell'alveo, presentano una dinamica evolutiva meno accentuata ed i rispettivi conoidi sono da ritenere forme inattive.

I torrenti presenti nella parte centrale e meridionale del territorio in esame, dove è maggiore la copertura dei depositi superficiali, sono invece contraddistinti da una maggiore dinamicità ed i tratti dove i torrenti esercitano una maggiore attività erosiva di fondo si localizzano nella parte medio-superiore dei bacini, compresa tra il terrazzo del cordone morenico più elevato ed il terrazzo glaciale posto alla quota media di 400 m. La tendenza all'erosione laterale si esplica soprattutto in corrispondenza delle sinuosità.

In relazione alle condizioni del bacino idrografico l'incremento della portata solida dovuto all'erosione operata dai corsi d'acqua o derivante da fenomeni gravitativi può, in determinate condizioni, evolvere verso fenomeni di trasporto in massa, con dense colate di materiale: i corsi d'acqua che possono essere soggetti a questo tipo di fenomeni sono i torrenti Vigolo, Portazzolo e Mesagolo (quest'ultimo confluisce nel lago al di fuori del territorio comunale di Sale Marasino).



Sui torrenti Vigolo e Portazzolo, è stata applicata la procedura relativa alla zonazione della pericolosità generata da colate di detrito e trasporto in massa lungo le conoidi alpine, così come descritto nel paragrafo 8 e le cui risultanze sono illustrate nella carta di sintesi allegata alla presente relazione.

In generale, le aree di pertinenza idraulica dei corsi d'acqua coincidono con gli alvei stessi, in corrispondenza dei conoidi, e con il fondo delle incisioni nell'area di monte. Le zone di esondazione sono distribuite lateralmente ai corsi d'acqua quasi esclusivamente lungo i conoidi, soprattutto in corrispondenza della zona apicale ed immediatamente a valle dei tratti in cui i torrenti erodono i conoidi stessi. La situazione degli alvei in corrispondenza dei conoidi merita un particolare accenno anche in relazione alla intensa urbanizzazione di queste aree. In corrispondenza dei propri conoidi i corsi d'acqua minori sono caratterizzati da un alveo poco definito, in relazione alla scarsa portata che li contraddistingue mentre i torrenti maggiori sono stati inalveati artificialmente per alcuni tratti, soprattutto in corrispondenza degli attraversamenti stradali o ferroviari oppure sono stati convogliati in condotte sotterranee o raccolti dalla rete fognaria. Raccolti entro la rete fognaria sono i tratti terminali del Vallicello, Carebbio e del corso d'acqua che attraversa l'abitato di Presso (nome locale *Palmander*); incanalato in condotte sotterranee è il torrente Tufo mentre parzialmente incanalati nella parte apicale e soprattutto terminale del conoide, sono i torrenti Vigolo e Portazzolo (v. foto allegate) e, solo nella parte terminale, il torrente Ronzone (intubati in più punti sono invece i corsi d'acqua che da Maspiano scendono a Fontane). Generalmente la sezione degli attraversamenti e dei canali risulta sufficiente a garantire il deflusso ma soltanto se viene mantenuto il loro stato di manutenzione. Altrimenti non si esclude la possibilità che in concomitanza di piene caratterizzate da un elevato trasporto solido il materiale trasportato riesca ad intasare l'alveo ed a provocare fenomeni di esondazione.

Per quanto riguarda le opere di regimazione idraulica, queste sono presenti lungo la parte superiore del conoide del T. Vigolo e lungo il corso del T. Portazzolo così come indicato sulla carta idrogeologica e geomorfologica di dettaglio. Si tratta di briglie, arginature con scogliera, fondo d'alveo rivestito.

### ***5.1. Opere di derivazione e captazione delle acque***

I punti di captazione presenti, alimentano l'acquedotto principale dell'abitato di Sale Marasino ed altri acquedotti, secondari per portata, che alimentano alcuni gruppi di cascine.

In carta sono state indicate le opere di captazione per l'approvvigionamento della rete acquedottistica e sono state indicate le aree di rispetto come definite dalla Normativa Vigente.

Le zone di rispetto delle captazioni comunali sono state definite mediante il criterio geometrico previsto dalle "Direttive per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee (pozzi e sorgenti) destinate al consumo umano (art.9, punto 1, lett. f del d.P.R. 24 maggio 1988, n. 236)" (Deliberazione della G.R. del 27 giugno 1996 n.6/15137). Al loro interno valgono le prescrizioni contenute al comma 4 dell'art. 94 del D.L.vo. 3 aprile 2006, n.152.

L'attuazione degli interventi o delle attività elencate all'art.94 comma 5 del citato Decreto Legislativo (tra le quali edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione, fognature, opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio) entro le zone di rispetto, è subordinata all'applicazione delle Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle zone di rispetto, contenute nella D.G.R. 10 aprile 2003 n.7/12693.

### **direttive nazionali e regionali riguardanti la qualità delle acque destinate a consumo umano secondo il D.P.R. del 24.05.88 n°236 e il successivo D.G.R. del 27.06.96 n°6/15137**

#### *Aree di salvaguardia delle risorse idriche*

Per assicurare, mantenere e migliorare le caratteristiche qualitative delle acque da destinare al consumo umano, sono stabilite aree di salvaguardia suddivise in zone di tutela assoluta, zona di rispetto e zone di protezione.

Le zone di tutela assoluta e le zone di rispetto si riferiscono alle sorgenti, ai pozzi ed ai punti di presa; le zone di protezione si riferiscono ai bacini imbriferi ed alle aree di ricarica delle falde.

#### *Zona di tutela assoluta*

La zona di tutela assoluta è adibita esclusivamente ad opere di presa ed a costruzioni di servizio; deve essere recintata e provvista di canalizzazione per le acque meteoriche e deve avere un'estensione di raggio non inferiore a 10 metri, ove possibile.

L'estensione di tale zona è adeguatamente ampliata in relazione alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa.

#### *Zona di rispetto*

Le zone di rispetto sono delimitate in relazione alle risorse idriche da tutelare e comunque devono avere un'estensione di raggio non inferiore a 200 metri rispetto al punto di captazione. Tale estensione può essere ridotta in relazione alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa.

Nelle zone di rispetto sono vietate le seguenti attività o destinazioni:

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

- stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive.
- centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- pozzi perdenti;
- 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.

Per gli insediamenti o le attività di cui al comma 5, preesistenti, ove possibile e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento: in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza.

#### *Zone di protezione*

Nelle zone di protezione possono essere adottate misure relative alla destinazione del territorio interessato, limitazioni per gli insediamenti civili, produttivi, turistici, agroforestali e zootecnici.

In base alle “*Direttive per la disciplina delle attività all’interno delle zone di rispetto*” – allegato 1 punto 3 della d.g.r.12693/2003 si riporta:

### .....**3. Disciplina delle zone di rispetto**

#### **3.1 Realizzazione di fognature**

Ai fini dell'applicazione del presente atto, per fognature si intendono i collettori di acque bianche, di acque nere e di acque miste, nonché le opere d'arte connesse, sia pubbliche sia private  
I nuovi tratti di fognatura da situare nelle zone di rispetto devono:

- ⇒ costituire un sistema a tenuta bidirezionale, cioè dall'interno verso l'esterno e viceversa, e recapitare esternamente all'area medesima;
- ⇒ essere realizzati evitando, ove possibile, la presenza di manufatti che possano costituire elemento di discontinuità, quali i sifoni e opere di sollevamento.

Ai fini della tenuta, tali tratti potranno in particolare essere realizzati con tubazioni in cunicolo interrato dotato di pareti impermeabilizzate, avente fondo inclinato verso l'esterno della zona di rispetto, e corredato di pozzetti rompitratta i quali dovranno possedere analoghe caratteristiche di tenuta ed essere ispezionabili, oggetto di possibili manutenzioni e con idonea capacità di trattenimento.

In alternativa, la tenuta deve essere garantita con l'impiego di manufatti in materiale idoneo e valutando le prestazioni nelle peggiori condizioni di esercizio, riferite nel caso specifico alla situazione di livello liquido all'intradosso dei chiusini delle opere d'arte.

Nella zona di rispetto di una captazione da acquifero non protetto:

- ⇒ non è consentita la realizzazione di fosse settiche, pozzi perdenti, bacini di accumulo di liquami e impianti di depurazione;
- ⇒ è in generale opportuno evitare la dispersione di acque meteoriche, anche provenienti da tetti, nel sottosuolo e la realizzazione di vasche di laminazione e di prima pioggia.

Per tutte le fognature nuove (principali, secondarie, allacciamenti) insediate nella zona di rispetto sono richieste le verifiche di collaudo.

I progetti e la realizzazione delle fognature devono essere conformi alle condizioni evidenziate e la messa in esercizio delle opere interessate è subordinata all'esito favorevole del collaudo.

#### **3.2 Realizzazione di opere e infrastrutture di edilizia residenziale e relativa urbanizzazione**

Al fine di proteggere le risorse idriche captate i Comuni, nei propri strumenti di pianificazione urbanistica, favoriscono la destinazione delle zone di rispetto dei pozzi destinati all'approvvigionamento potabile a «verde pubblico», ad aree agricole o ad usi residenziali a bassa densità abitativa.

Nelle zone di rispetto:

- ⇒ per la progettazione e la costruzione degli edifici e delle infrastrutture di pertinenza non possono essere eseguiti sondaggi e indagini di sottosuolo che comportino la creazione di vie preferenziali di possibile inquinamento della falda;
- ⇒ le nuove edificazioni possono prevedere volumi interrati che non dovranno interferire con la falda captata, in particolare dovranno avere una distanza non inferiore a 5 m dalla superficie

freatica, qualora l'acquifero freatico sia oggetto di captazione. Tale distanza dovrà essere determinata tenendo conto delle oscillazioni piezometriche di lungo periodo (indicativamente 50 anni).

In tali zone non è inoltre consentito:

- ⇒ la realizzazione, a servizio delle nuove abitazioni, di depositi di materiali pericolosi non gassosi, anche in serbatoi di piccolo volume a tenuta, sia sul suolo sia nel sottosuolo (stoccaggio di sostanze chimiche pericolose ai sensi dell'articolo 21, comma S, lettera i) del d.lgs. 152/99);
- ⇒ l'insediamento di condotte per il trasporto di sostanze pericolose non gassose;
- ⇒ l'utilizzo di diserbanti e fertilizzanti all'interno di parchi e giardini, a meno di non utilizzare sostanze antiparassitarie che presentino una ridotta mobilità nei suoli.

### **3.3 Realizzazione di infrastrutture viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio**

Nelle zone di rispetto è consentito l'insediamento di nuove infrastrutture viarie e ferroviarie, fermo restando il rispetto delle prescrizioni di seguito specificate.

Le infrastrutture viarie a elevata densità di traffico (autostrade, strade statali, provinciali, urbane a forte transito) devono essere progettate e realizzate in modo da garantire condizioni di sicurezza dallo sversamento ed infiltrazione di sostanze pericolose in falda, prevedendo allo scopo un manto stradale o un cassonetto di base impermeabili e un sistema per l'allontanamento delle acque di dilavamento che convogli gli scarichi al di fuori della zona indicata o nella fognatura realizzata in ottemperanza alle condizioni in precedenza riportate.

Lungo tali infrastrutture non possono essere previsti piazzali per la sosta, per il lavaggio di mezzi di trasporto o per il deposito, sia sul suolo sia nel sottosuolo, di sostanze pericolose non gassose.

Lungo gli assi ferroviari non possono essere realizzati binari morti adibiti alla sosta di convogli che trasportano sostanze pericolose.

È vietato, nei tratti viari o ferroviari che attraversano la zona di rispetto, il deposito e lo spandimento di sostanze pericolose, quali fondenti stradali, prodotti antiparassitari ed erbicidi, a meno di non utilizzare sostanze che presentino una ridotta mobilità nei suoli.

Per le opere viarie o ferroviarie da realizzare in sottosuolo deve essere garantita la perfetta impermeabilizzazione delle strutture di rivestimento e le stesse non dovranno interferire con l'acquifero captato, in particolare dovrà essere mantenuta una distanza di almeno 5 m dalla superficie freatica, qualora l'acquifero freatico sia oggetto di captazione. Tale distanza dovrà essere determinata tenendo conto delle oscillazioni piezometriche di lungo periodo (indicativamente 50 anni).

È opportuno favorire la costruzione di cunicoli multiuso per il posizionamento di varie infrastrutture anche in tempi successivi, in modo da ricorrere solo in casi eccezionali ad operazioni di scavo all'interno della zona di rispetto.

### **3.4 Pratiche agricole**

Nelle zone di rispetto sono consigliate coltivazioni biologiche, nonché bosco o prato stabile, quale ulteriore contributo alla fitodepurazione.

È vietato lo spandimento di liquami e la stabulazione, come previsto dal Regolamento Attuativo della legge regionale n. 37 del 15 dicembre 1993 «Norme per il trattamento la maturazione e l'utilizzo dei reflui zootecnici».

Per i nuovi insediamenti e per quelle aziende che necessitano di adeguamenti delle strutture di stoccaggio, tali strutture non potranno essere realizzate all'interno delle aree di rispetto, così come dettato dall'art. 9 punto 7 del Regolamento Attuativo della L.R. n. 37 del 15 dicembre 1993 «Norme per il trattamento la maturazione e l'utilizzo dei reflui zootecnici».

L'utilizzo di fertilizzanti di sintesi e di fanghi residui di origine urbana o industriale è comunque vietato. Inoltre l'utilizzo di antiparassitari è limitato a sostanze che presentino una ridotta mobilità all'interno dei suoli.

### **Zone di protezione**

Nelle zone di protezione possono essere adottate misure relative alla destinazione del territorio interessato, limitazioni per gli insediamenti civili, produttivi, turistici, agroforestali e zootecnici.

## 5.1. ANALISI MORFOMETRICA DEI BACINI DEI TORRENTI VIGOLO E PORTAZZOLO E STIMA DELLE PORTATE LIQUIDE

Per quanto riguarda la valutazione delle zone soggette a rischio idrogeologico lungo i conoidi, le varie fasi di analisi sono state le seguenti:

- Determinazione delle caratteristiche morfometriche dei bacini.
- Stima della portata di progetto di acqua chiara in corrispondenza della sezione di chiusura per piene con tempi di ritorno di 50 - 100 - 200 anni.
- Stima della portata della miscela liquido-solido a partire dalla portata di acqua chiara.
- Stima del volume dei sedimenti trasportati e depositati a partire dalla portata della miscela e dalla durata del debris flow.
- Stima del volume di detriti depositati e determinazione dell'area di rischio.
- Stima della massima estensione longitudinale del deposito.

L'analisi idrologica, sia come studio pluviometrico, sia come stima dei deflussi, è stata affrontata con l'ausilio dei dati morfometrici e morfologici.

La valutazione dei deflussi sulla base delle precipitazioni è infatti abbastanza critica a causa dei numerosi fattori che influenzano il regime idraulico di un torrente; tuttavia, nel caso di piccoli bacini montani raramente sono disponibili misure di deflusso per cui la stima delle portate di piena con assegnato tempo di ritorno si deve basare necessariamente su relazioni di tipo empirico o su opportuni modelli di trasformazione afflussi-deflussi.

Utilizzando questi metodi, le condizioni climatiche e, in particolare, le precipitazioni costituiscono un elemento determinante per l'analisi delle portate e, di conseguenza, una base essenziale per la soluzione pratica dei problemi concernenti il dimensionamento e la verifica di eventuali opere in alveo.

Per l'inquadramento climatico e pluviometrico dell'area in esame sono stati utilizzati i dati contenuti nello "Studio delle precipitazioni intense in Provincia di Brescia e verifica funzionale della rete pluviometrica esistente – Provincia di Brescia, 1985".

In particolare sono stati elaborati i dati delle stazioni pluviometriche di Borgonato (BS)

tempo di ritorno anni	durata delle precipitazioni in ore				
	1	3	6	12	24
10	43.3	54.9	69.4	87.6	101.4
25	51.6	64.9	83.1	105.3	120.8
50	57.7	72.2	93.3	118.5	135.2
100	63.8	79.9	103.3	131.6	149.5
200	69.9	87.4	113.4	144.6	163.8
500	77.9	97.2	126.6	161.8	182.6
1000	83.9	104.6	136.6	174.8	196.8

**Tabella 1:** dati stazione pluviometrica di Borgonato, periodo 1951-1982

## 5.1.1. Torrente Vigolo

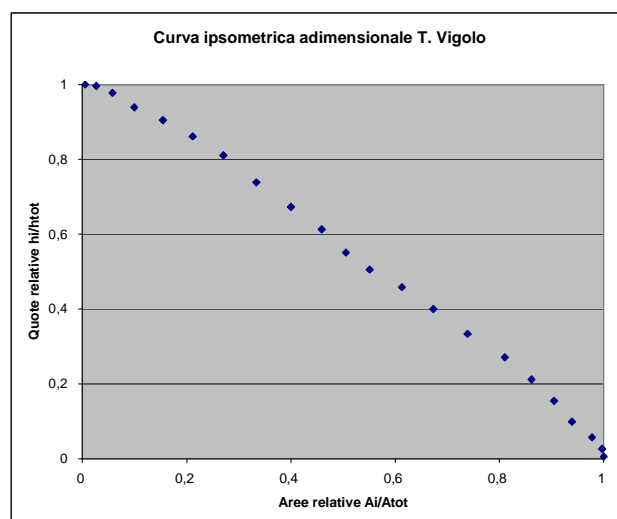
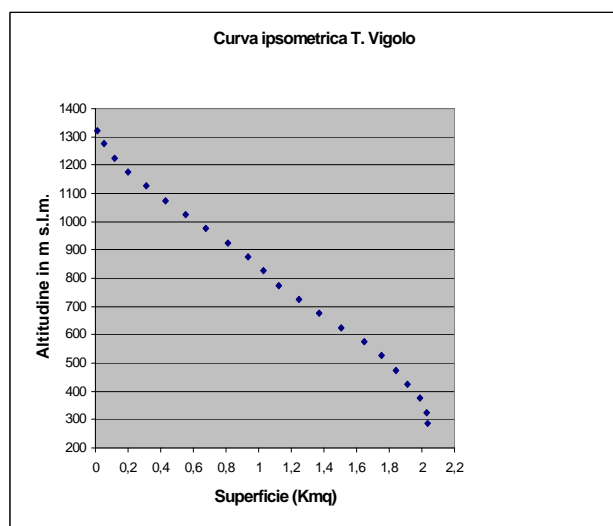
### Analisi morfometrica del bacino e del conoide

Superficie bacino (Kmq)	2,035
Quota massima (m)	1346
Quota minima (m)	275
Lunghezza collettore principale allo spartiacque (km)	3,106
Pendenza media collettore principale allo spartiacque	52% (23°)
Pendenza media del bacino	56% (25°)
Altezza media (m)	804
Altezza media relativa (m)	534
Perimetro (km)	7,167
Lunghezza rete idrografica (km)	4,642
Densità di drenaggio (km/Kmq)	2,28
Fattore di forma	1,938
Fattore di forma (Granvelius - 1914)	1,407
Indice di Melton	0,751
Superficie Conoide (kmq)	0,231

**Tabella 2:** dati morfometrici del bacino del Torrente Vigolo

Superficie conoide (Kmq)	0,231
Quota massima collettore (m s.l.m.)	268
Quota minima collettore (m s.l.m.)	187
Lunghezza collettore principale sul conoide (km)	0,655
Pendenza media conoide (%)	15 % (7°)
Pendenza media collettore (%)	14 % (6°)

**Tabella 3:** dati morfometrici della conoide del Torrente Vigolo



### **Stima delle portate di piena**

L'altezza della precipitazione viene in genere ottenuta ipotizzando che, per un dato tempo di ritorno, la durata critica della precipitazione è pari a quella del tempo di corrivazione, stimato in questo caso con le relazioni di Giandotti (1934) e Tournon (1973):

$$T_c = \frac{4 \sqrt{A} 1,5 L}{0,8 \sqrt{h_{mr}}} \quad (\text{Giandotti, 1934})$$

dove:

T<sub>c</sub> = tempo di corrivazione espresso in ore

A = area bacino

L = lunghezza asta principale del corso d'acqua, estesa fino allo spartiacque

h<sub>mr</sub> = altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura

Tempo di corrivazione - Giandotti, 1934 (ore)	0.561
---	-------

$$T_c = 0,396 \frac{L}{\sqrt{i_a}} \left( \frac{A \sqrt{i_a}}{L^2 \sqrt{i_m}} \right) \quad \text{Turnon, 1973}$$

dove:

T<sub>c</sub> = tempo di corrivazione espresso in ore

A = area bacino

L = lunghezza asta principale del corso d'acqua, estesa fino allo spartiacque

i<sub>a</sub> = pendenza caratteristica asta principale

i<sub>m</sub> = pendenza media del bacino

Tempo di corrivazione - Turnon, 1973 (ore)	0.535
--	-------

La portata al colmo con tempi di ritorno pari a 50, 100 e 200 anni è stata stimata utilizzando il metodo razionale dove la portata al colmo è espressa dalla relazione:

$$Q = k \cdot C \cdot i \cdot A$$

che, con T<sub>p</sub> (durata della precipitazione) uguale al T<sub>c</sub> (tempo di corrivazione) si traduce nella formula:

$$Q_{\max} = \frac{C \cdot h \cdot A}{3.6 \cdot T_c} \quad (\text{mc/s})$$

dove:

A = area del bacino

h = altezza di pioggia

T<sub>c</sub> = tempo di corrivazione

C = coefficiente dimensionale per la riduzione della portata meteorica in funzione dell'infiltrazione nel sottosuolo e del tipo di copertura vegetale.

La stima del valore C è stata condotta valutando la permeabilità dei terreni superficiali presenti all'interno del bacino e valutando la tipologia della copertura vegetale presenti.

Sono stati rilevati i seguenti valori:

Tipi di suolo	Copertura del bacino (km <sup>2</sup> )		
	Coltivi	Pascoli	Boschi
Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi			0.95
Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla)	0.19	0.20	0.69
Suoli poco permeabili. Fortemente argillosi; con strati di argilla prossimi alla superficie. Suoli poco profondi sopra la roccia impermeabile.			

**Tabella 4:** stima areale del tipo di copertura vegetale in funzione del coefficiente di permeabilità per la determinazione del parametro C

I valori di piena al colmo ottenuti sono i seguenti:

Precipitazioni e portate di piena		
Tempi di ritorno	Precipitazioni - hc (mm)	Portata di piena max. (mc/sec)
TR = 50 anni	46.6	10.9
TR = 100 anni	51.6	12.4
TR = 200 anni	56.3	13.2

**Tabella 5:** valori di portata liquida per tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni - T. Vigolo

Tali valori sono riferiti alla portata di acqua chiara priva cioè di materiale trasportato in sospensione o per trascinamento sul fondo.

I valori di portata solido-liquida sono infatti notevolmente maggiori rispetto ai valori indicati nella tabella 3.

## 5.1.2. Torrente Portazzolo - Valle di Marasino

### Analisi morfometrica del bacino e del conoide

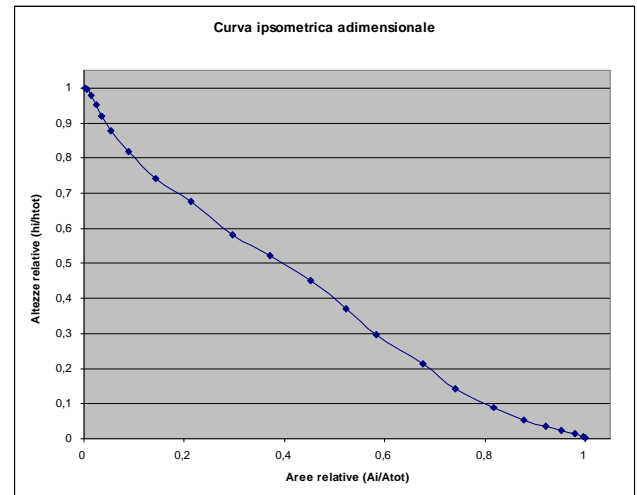
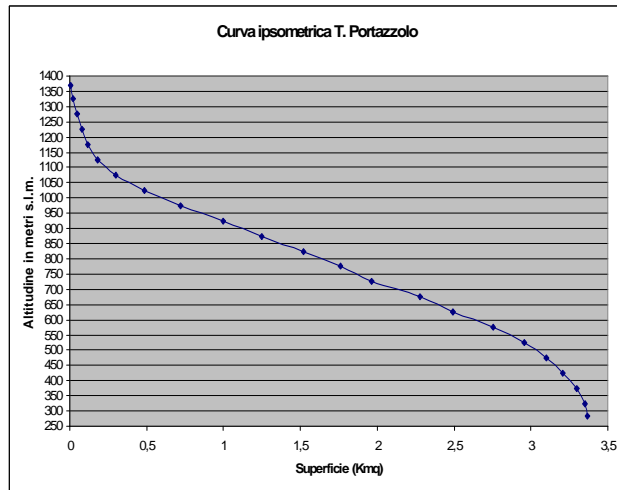
Superficie (Kmq)	3,36
Quota massima (m)	1350
Quota minima (m)	270
Lunghezza collettore principale allo spartiacque (km)	3107
Pendenza media collettore principale allo spartiacque (%)	61% (27°)
Pendenza media del bacino	51% (23°)
Altezza media bacino(m)	764
Altezza media relativa bacino (m)	494
Perimetro (km)	8,775
Lunghezza rete idrografica (km)	4,601
Densità di drenaggio (km/Kmq)	1,36
Fattore di forma	1,506
Fattore di forma (Gravelius - 1914)	1,338
Indice di Melton	0,588
Superficie Conoide (kmq)	0,389

**Tabella 6:** dati morfometrici del bacino del Torrente Portazzolo - Valle di Marasino



Superficie conoide (Kmq)	0,390
Quota massima collettore (m s.l.m.)	297
Quota minima collettore (m s.l.m.)	187
Lunghezza collettore lungo il conoide (km)	1,023
Pendenza media conoide (%)	14 % (6°)
Pendenza media collettore (%)	12 % (5°)

**Tabella 7:** dati morfometrici della conoide del Torrente Portazzolo - Valle di Marasino



### **Stima delle portate di piena**

Per quanto riguarda la stima del tempo di corrivazione  $T_c$  sono state utilizzate le stesse formule del T. Vigolo ed i dati ottenuti sono i seguenti:

Tempo di corrivazione - Giandotti (ore)	0.675
Tempo di corrivazione - Turnon (ore)	0.776

La portata al colmo con tempi di ritorno pari a 50, 100 e 200 anni è stata stimata utilizzando il metodo razionale dove la portata al colmo è espressa dalla relazione:

$$Q = k \cdot C \cdot i \cdot A$$

che, con  $T_p$  (durata della precipitazione) uguale al  $T_c$  (tempo di corrivazione) si traduce nella formula:

$$Q_{\max} = \frac{C \cdot h \cdot A}{3.6 \cdot T_c} \text{ (mc/s)}$$

La stima del valore C è stata condotta valutando la permeabilità dei terreni superficiali presenti all'interno del bacino e valutando la tipologia della copertura vegetale presenti.

Sono stati rilevati i seguenti valori:

Tipi di suolo	Copertura del bacino		
	Coltivi	Pascoli	Boschi
Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi			
Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla)	0.38	0.38	1.27
Suoli poco permeabili. Fortemente argillosi; con strati di argilla prossimi alla superficie. Suoli poco profondi sopra la roccia impermeabile.		0.06	1.28

**Tabella 8:** stima areale del tipo di copertura vegetale in funzione del coefficiente di permeabilità per la determinazione del parametro C.

I valori di piena al colmo ottenuti sono i seguenti:

Precipitazioni e portate di piena		
Tempi di ritorno	Precipitazioni - hc (mm)	Portata di piena max. (mc/sec)
TR = 50 anni	46.6	10.9
TR = 100 anni	51.6	12.4
TR = 200 anni	56.3	13.2

**Tabella 9:** valori di portata liquida per tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni - T. Vigolo

Tali valori sono riferiti alla portata di acqua chiara priva cioè di materiale trasportato in sospensione o per trascinamento sul fondo.

I valori di portata solido-liquida sono infatti notevolmente maggiori rispetto ai valori indicati nella tabella 3.

### 5.1.3. Caratteristiche morfometriche e stima delle portate di piena di corsi d'acqua minori: Valle dei Novali e Valle del Saletto

#### Valle dei Novali (BS/Sale Marasino/005) - caratteristiche del bacino

Superficie bacino	1, 098 Km <sup>2</sup>
Quota massima	1236 m
Quota minima	220 m
Lunghezza collettore principale allo spartiacque	2,610 km
Altezza media	695 m
Altezza media relativa	475 m
Perimetro	6,141 km
Fattore di forma	2,012
Fattore di forma (Granvelius - 1914)	2,21
Indice di Melton	0,97

Tempo di corrivazione - Giandotti, 1934	0,46 ore = 27 min
---	-------------------

Precipitazioni e portate di piena		
Tempi di ritorno	Precipitazioni - hc (mm)	Portata di piena max. (mc/sec)
TR = 50 anni	45,49	12,2
TR = 100 anni	50,48	13,6
TR = 200 anni	55,49	14,9

#### Valle del Saletto (BS/Sale Marasino/008) - caratteristiche del bacino

Superficie bacino	0,81 Km <sup>2</sup>
Quota massima	1030 m
Quota minima	255 m
Lunghezza collettore principale allo spartiacque	1,059 km
Altezza media	531 m
Altezza media relativa	321 m
Perimetro	4,358 km
Fattore di forma	1,046
Fattore di forma (Granvelius - 1914)	1,355
Indice di Melton	0,91

Tempo di corrivazione - Giandotti, 1934	0,36 ore = 21 min
---	-------------------

Precipitazioni e portate di piena		
Tempi di ritorno	Precipitazioni - hc (mm)	Portata di piena max. (mc/sec)
TR = 50 anni	42,17	10,8
TR = 100 anni	46,94	12,1
TR = 200 anni	51,77	13,3

## 5.2. Stima della Magnitudo sui bacini dei torrenti Vigolo e Portazzolo

Nella letteratura tecnica, con il termine magnitudo (simbolo M o  $W_m$ ) si intende la massima quantità di materiale detritico rimobilizzabile durante un evento di trasporto di massa.

Il calcolo della magnitudo può essere ottenuto ricorrendo ad alcuni dei metodi empirici proposti dalla letteratura tecnica, integrati con le osservazioni effettuate sul bacino.

### 5.2.1. -Torrente Vigolo

Di seguito si riportano i dati morfologici relativi al T. Vigolo utilizzati per la stima della magnitudo e già indicati nel paragrafo precedente:

Superficie del bacino(Kmq)	2.035
Quota massima bacino(m)	1346
Quota minima bacino (m)	275
Lunghezza collettore principale allo spartiacque (km)	3.106
Pendenza media collettore principale allo spartiacque	52% (23°)
Pendenza media del bacino	56% (25°)
Lunghezza del collettore lungo il conoide (m)	655
Pendenza del collettore lungo il conoide	14% (6°)
Pendenza media della conoide	15% (7°)

**Tabella 10: dati utilizzati per la stima della magnitudo**

<b>Metodo di Marchi e Tecca (1996)</b>			
E' applicabile con bacini di $A < 10 \text{ km}^2$			
	$M = 70000 * A$	<b>142.450</b> m <sup>3</sup>	Magnitudo
	$A = 2,04 \text{ km}^2$		(area del bacino)

<b>Metodo di Rickermann &amp; Zimmerman (1997)</b>			
	$M = (110 - 2.5S) * L$	<b>47.488</b> m <sup>3</sup>	Magnitudo
	$S = 15,0 \%$		(pendenza conoide)
	$L = 655 \text{ m}$		(lunghezza dell'alveo sulla conoide)

<b>Metodo di Hampel (1977)</b>			
	$M = 150 * A * (Sf - 3)^{2.3}$	<b>75.833</b> m <sup>3</sup>	Magnitudo
	$A = 2,04 \text{ km}^2$		(area del bacino)
	$Sf = 14 \%$		(pendenza conoide)

<b>Metodo di Crosta, Ceriani, Frattini &amp; Quattrini (2000)</b>					
	M =	$K \cdot A \cdot M_b \cdot S \cdot (1/IF^2)$	<b>12.699</b>	m <sup>3</sup>	Magnitudo
		K =	5,4		
		K = 3.0	per fenomeni di bed load (trasporto di fondo)		
		K = 5.4	per fenomeni di debris flow		
		A =	2,04	km <sup>2</sup>	(area del bacino)
		$M_b = (H_{max} - H_{min}) \cdot A^{-1/2} =$	0,751		
		(Indice di Melton)			
		quota massima del bacino	H <sub>max</sub> =	1,346	km
		quota minima del bacino	H <sub>min</sub> =	0,275	km
		S =	14	%	(pendenza collettore sulla conoide)
		IF =	3		
		indice di frana così determinato:			
		grandi frane, frane al piede			1
		frane sui versanti			2
		frane piccole o assenti			3

<b>Metodo di Bottino, Crivellari &amp; Mandrone (1996)</b>					
Dall'interpolazione di 6 valori di volumi di colata misurati in occasione di eventi verificatisi nella zona di Ivrea nel 1993					
	M =	$21241 \cdot A^{0.28}$	<b>25.916</b>	m <sup>3</sup>	Magnitudo
		Ab =	2,04	km <sup>2</sup>	(area del bacino)

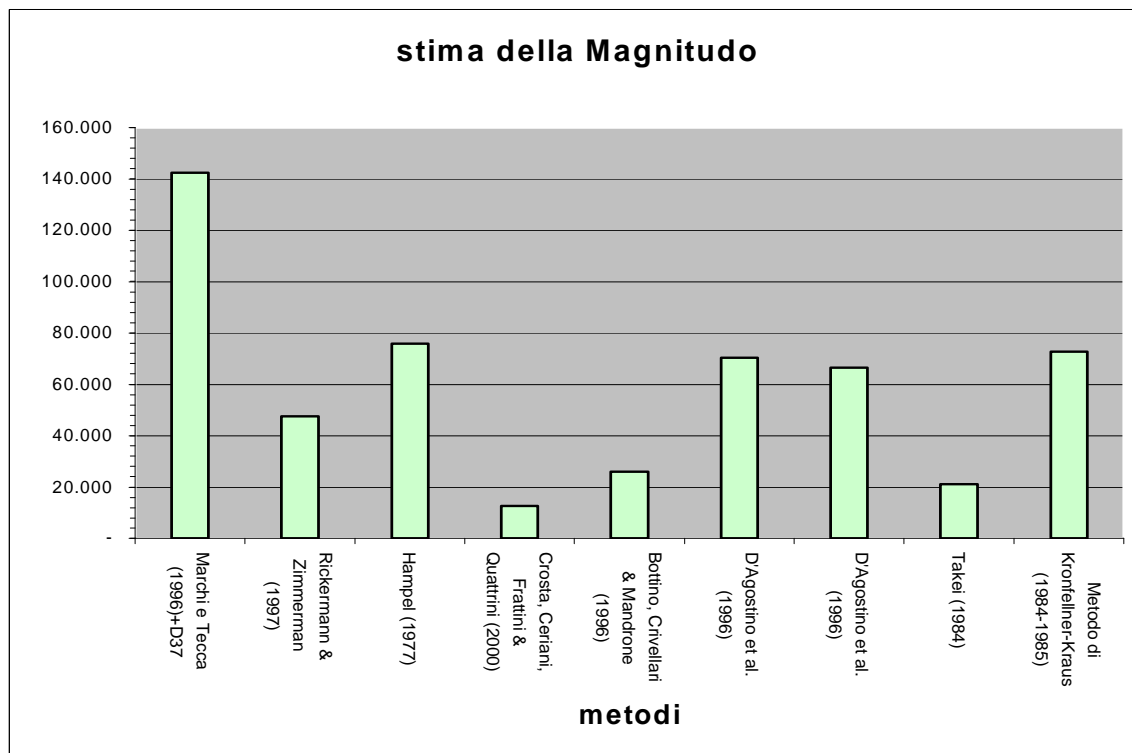
<b>Metodo di D'Agostino et al. (1996)</b>					
	M1 =	$39 \cdot A \cdot S^{1.5} \cdot (I.G.) \cdot (I.T)^{-0.3}$	<b>70.434</b>	m <sup>2</sup>	
	M2 =	$36 \cdot A \cdot S^{1.5} \cdot (I.G.) \cdot (1+C.S.)^{-1}$	<b>66.382</b>	m <sup>3</sup>	
		A =	2,04	km <sup>2</sup>	(area del bacino)
		S =	32,024066	%	(pendenza asta principale)
		I.G. =	5	(dipende dai litotipi costituenti il bacino)	
			4	rocce metamorfiche	
			3	rocce terrigene	
			2	rocce laviche degradate, tufi basaltici, brecce	
			1	rocce calcaree	
			0	rocce porfiriche, granitiche, dioritiche	
		I.T. =	2	(indice di trasporto basato sulla classificazione di Aulitzky)	
	Valori	I.T. =	1	per i debris flow	
			2	per i debris flood	
			3	per il trasporto di fondo	
		C.S. =	0	(coefficiente di sistemazione del bacino)	

<b>Metodo di Takei (1984)</b>					
Sulla base di 552 dati raccolti in Giappone					
	M =	$13.600 \cdot A^{0.61}$	<b>20.978</b>	m <sup>3</sup>	Magnitudo
		A =	2,04	km <sup>2</sup>	(area del bacino)

Metodo di Kronfellner-Kraus (1984-1985)					
M =	K*A*i =	72.839	m <sup>3</sup>	max	Magnitudo
M =	K*A*i =	34.623	m <sup>3</sup>	min	Magnitudo
	A =	2,035	km <sup>2</sup>	(area del bacino )	
	K=b/e <sup>c*A</sup>	1118	531	(fattore di torrenzialità)	
		max	min		
	b=	1150	540		
	c=	0,014	0,008		
		max	min		
	i =	32	%	(pendenza media dell'asta torrentizia)	

SCHEDA RIASSUNTIVA	
metodi utilizzati	magnitudo (m <sup>3</sup> )
Marchi e Tecca (1996)+D37	142.450
Rickermann & Zimmerman (1997)	47.488
Hampel (1977)	75.833
Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	12.699
Bottino, Crivellari & Mandrone (1996)	25.916
D'Agostino et al. (1996)	70.434
D'Agostino et al. (1996)	66.382
Takei (1984)	20.978
Metodo di Kronfellner-Kraus (1984-1985)	72.839

**Tabella 11:** quadro complessivo dei valori della magnitudo secondo diversi Autori e relativo istogramma.



### 5.2.2. - Torrente Portazzolo - Valle di Marasino

Di seguito si riportano i dati morfologici relativi al T. Portazzolo utilizzati per la stima della magnitudo e già indicati nel paragrafo precedente:

Superficie del bacino (Km <sup>2</sup> )	3.36
Quota massima bacino (m)	1350
Quota minima bacino (m)	270
Lunghezza collettore principale allo spartiacque (km)	3.107
Pendenza media collettore principale allo spartiacque	61% (27°)
Pendenza media del bacino	51% (23°)
Lunghezza del collettore sul conoide (m)	1.023
Pendenza del collettore lungo il conoide	14% (6°)
Pendenza media della conoide	12% (7°)

**Tabella 12:** dati utilizzati per la stima della magnitudo.

Stima della magnitudo secondo i vari autori:

<b>Metodo di Marchi e Tecca (1996)</b>			
E' applicabile con bacini di A<10km <sup>2</sup>			
M =	70000*A	235.613 m <sup>3</sup>	Magnitudo
A =		2,04 km <sup>2</sup>	(area del bacino)

<b>Metodo di Rickermann &amp; Zimmerman (1997)</b>			
M =	(110-2.5S)*L	76.801 m <sup>3</sup>	Magnitudo
S =	15,0 %		(pendenza conoide)
L =	655 m		(lunghezza dell'alveo sulla conoide)

<b>Metodo di Hampel (1977)</b>			
M =	150*A*(Sf-3) <sup>2.3</sup>	125.428 m <sup>3</sup>	Magnitudo
A =		2,04 km <sup>2</sup>	(area del bacino)
Sf =		14 %	(pendenza conoide)

<b>Metodo di Crosta, Ceriani, Frattini &amp; Quattrini (2000)</b>			
M =	K*A*M <sub>b</sub> *S*(1/IF <sup>2</sup> )	13.915 m <sup>3</sup>	Magnitudo
K =		5,4	
K = 3.0		per fenomeni di bed load (trasporto di fondo)	
K = 5.4		per fenomeni di debris flow	
A =		2,04 km <sup>2</sup>	(area del bacino)
Mb = (H <sub>max</sub> - H <sub>min</sub> )*A <sup>-(1/2)</sup> =		0,751	
(Indice di Melton)			
quota massima del bacino		H <sub>max</sub> =	1,346 km
quota minima del bacino		H <sub>min</sub> =	0,275 km
S =		14 % (pendenza collettore sulla conoide)	
IF =		3	
indice di frana così determinato:			
grandi frane, frane al piede			1
frane sui versanti			2
frane piccole o assenti			3

<b>Metodo di Bottino, Crivellari &amp; Mandrone (1996)</b>				
Dall'interpolazione di 6 valori di volumi di colata misurati in occasione di eventi verificatisi nella zona di Ivrea nel 1993				
M =	$21241 * A^{0.28}$	<b>29.838</b>	m <sup>3</sup>	Magnitudo
	Ab =	2,04	km <sup>2</sup>	(area del bacino)

<b>Metodo di D'Agostino et al. (1996)</b>				
M1 =	$39 * A * S^{1.5} * (I.G.) * (I.T.)^{-0.3}$	<b>127.668</b>	m <sup>2</sup>	
M2 =	$36 * A * S^{1.5} * (I.G.) * (1 + C.S.)^{-1}$	<b>120.324</b>	m <sup>3</sup>	
	A =	2,04	km <sup>2</sup>	(area del bacino)
	S =	32,024066	%	(pendenza asta principale)
	I.G. =	5	(dipende dai litotipi costituenti il bacino)	
		4	rocce metamorfiche	
		3	rocce terrigene	
		2	rocce laviche degradate, tufi basaltici, breccie	
		1	rocce calcaree	
		0	rocce porfiriche, granitiche, dioritiche	
	I.T. =	2	(indice di trasporto basato sulla classificazione di Aulitzky)	
	Valori	I.T. =	1	per i debris flow
			2	per i debris flood
			3	per il trasporto di fondo
	C.S. =	0	(coefficiente di sistemazione del bacino)	

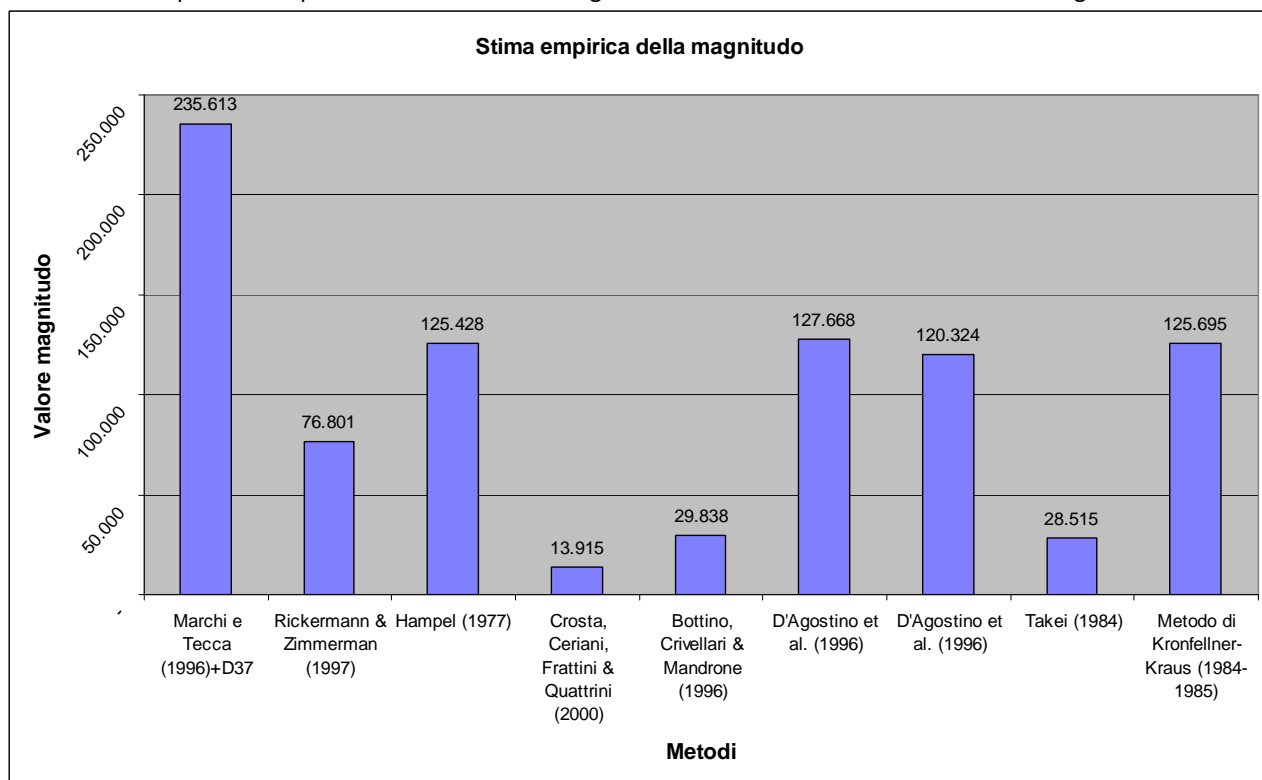
<b>Metodo di Takei (1984)</b>				
Sulla base di 552 dati raccolti in Giappone				
M =	$13.600 * A^{0.61}$	<b>28.515</b>	m <sup>3</sup>	Magnitudo
	A =	2,04	km <sup>2</sup>	(area del bacino)

<b>Metodo di Kronfeller-Kraus (1984-1985)</b>						
M =	$K * A * i =$	<b>125.695</b>	m <sup>3</sup>	max	Magnitudo	
M =	$K * A * i =$	<b>60.226</b>	m <sup>3</sup>	min	Magnitudo	
	A =	2,035	km <sup>2</sup>	(area del bacino)		
	$K = b / e^{c * A}$	1118	531	(fattore di torrenzialità)		
		max	min			
	b =	1150	540			
	c =	0,014	0,008			
		max	min			
	i =	32	%(pendenza media dell'asta torrentizia)			



SCHEDA RIASSUNTIVA	
metodi utilizzati	magnitudo (m <sup>3</sup> )
Marchi e Tecca (1996)+D37	235.613
Rickermann & Zimmerman (1997)	76.801
Hampel (1977)	125.428
Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	13.915
Bottino, Crivellari & Mandrone (1996)	29.838
D'Agostino et al. (1996)	127.668
D'Agostino et al. (1996)	120.324
Takei (1984)	28.515
Metodo di Kronfellner-Kraus (1984-1985)	125.695

**Tabella 13** quadro complessivo dei valori della magnitudo secondo diversi Autori e relativo istogramma



### **5.3. Valutazione della pericolosità generata da colate di detrito e trasporto in massa su conoide**

I fenomeni di colata si possono formare a causa di materiale di frana che invade l'alveo, oppure in seguito ad un'ostruzione temporanea (ad esempio per effetto di tronchi d'albero che si mettono di traverso) che trattiene grandi quantità di materiale per poi cedere di colpo sotto l'aumentata pressione a monte.

A volte è semplicemente il materiale accumulatosi, nel giro di alcuni anni, nel letto del torrente che, per effetto dell'imbibizione provocata da una pioggia anche di entità non eccezionale, si mette in movimento.

In questo senso risultano particolarmente pericolosi i corsi d'acqua con scarse portate o con portate nulle per lunghi periodi.

Durante il periodo d'inattività del corso d'acqua si accumulano infatti grandi quantità di materiale portato in alveo per gravità; contemporaneamente la vegetazione tende a colonizzare l'alveo.

I fenomeni di debris flow possiedono una forza distruttiva estremamente rilevante, molto più grande di quella provocata dalle piene d'acqua e detriti, per la grande velocità e peso specifico della massa in moto (fino a 1800 Kg/mc).

Attualmente gli studi delle colate lungo i versanti e lungo i corsi d'acqua in area alpina ha assunto particolare importanza a causa della loro frequenza e pericolosità anche in termini di danni a manufatti e perdita di vite umane.

La valutazione dell'estensione del deposito di materiale solido da colata detritica (stony debris flow), in area di conoide, è stata condotta utilizzando il sistema semi-empirico sviluppato presso il Disaster prevention research Institute di Kioto, diretto da Tamotsu Takahashi.

Il metodo di Takahashi permette di determinare il comportamento di una colata detritica quando l'alveo subisce una brusca diminuzione di pendenza (ad esempio quando un torrente sbocca sul conoide) ed è, quindi, utilizzato per individuare l'area interessata dal deposito di materiale solido di una colata detritica.

Al raggiungimento del settore caratterizzato dalla brusca variazione di pendenza, le colate detritiche danno luogo a fenomeni di inondazione, caratterizzati da processi erosivi, trasporto di massa e formazione di depositi alluvionali.

Le caratteristiche morfologiche del bacino e dell'area inondabile, le caratteristiche del materiale trasportato e le cause naturali d'innescio della colata influenzano sia la morfometria della colata (estensione e spessore), sia le modalità deposizionali (deposizione a ventaglio o formazione di lobi di colata).

Presupposti per l'utilizzazione del metodo proposto, pertanto, sono stati la raccolta di dati riguardanti l'assetto del bacino, quali l'analisi geologica, geomorfologica e del dissesto, lo studio idrologico del bacino stesso e l'analisi storica degli eventi alluvionali avvenuti nel settore.

Successivamente, la fase d'indagine è stata concentrata sul conoide alluvionale di ogni torrente, con particolare riguardo al settore apicale, rilevando in dettaglio il grado di incisione del canale, individuando eventuali settori con diversa influenza sul deflusso delle portate solido-liquide (restringimenti, diminuzione delle pendenze, curve), zone che possano modificare, catturare e

deviare il deflusso (paleoalvei, viabilità e attraversamenti di fondo alveo, ecc.) e punti critici come sezioni ristrette, attraversamenti e curve.

In seguito alle indagini generali e di dettaglio sopra elencate, il metodo di Takahashi prevede l'individuazione del punto di rottura del pendio a valle del quale si ha la deposizione della colata, la determinazione della portata di acqua chiara di progetto e della portata di piena della miscela liquido solido, il calcolo del volume di sedimenti trasportati e, infine, quello dell'estensione longitudinale del deposito.

### 5.3.1. Torrente Vigolo

#### - *Determinazione del punto di rottura del pendio*

Un primo cambio di pendenza è stato individuato a quota 270 m slm, al termine del tratto ove il torrente scorre incassato e sfocia nella valle principale.

Dopo aver individuato il punto di rottura, è stato schematizzato il profilo longitudinale dell'alveo percorso dalla colata, suddiviso in due tratti a pendenza costante; da questo profilo sono stati determinati gli angoli di inclinazione del fondo a monte e a valle del punto di rottura:

$$\vartheta_u = 18^\circ \qquad \vartheta_d = 5^\circ$$

#### - *Determinazione della portata di acqua chiara di progetto (Q<sub>l</sub>)*

Non essendo disponibili misure reali di portata del bacino in esame, la portata al colmo è stata determinata utilizzando la nota "formula razionale".

$$Q_l = 13,1 \text{ m}^3/\text{s}.$$

#### - *Determinazione della portata di piena della miscela liquido – solido (Q<sub>m</sub>)*

La portata di piena della miscela liquido – solido Q<sub>m</sub> rappresenta una colata detritica originatasi con lo scorrimento di acqua su un ammasso detritico sino a superarne la resistenza degli strati superficiali.

La determinazione della portata di picco di una eventuale colata si basa sulla ipotesi che il volume relativo della portata liquida di picco si sommi al volume solido e al volume di fluido preesistente in condizioni di saturazione:

Sulla base della portata di acqua chiara, la determinazione della portata Q<sub>m</sub> è stata stimata con la seguente formula:

$$Q_m = \frac{c}{c - c_u} Q_l = 141,9 \text{ m}^3 / \text{sec}$$

dove:

c = 0,65 concentrazione volumetrica dei sedimenti nel letto (c = 1-n dove n è la porosità);

c<sub>u</sub> = 0,59 concentrazione volumetrica di equilibrio dei solidi (fini e grossolani) trasportati dalla corrente in moto uniforme (≤ c).

#### - *Determinazione del volume dei sedimenti trasportati M (magnitudo)*

Con il termine magnitudo si intende la massima quantità di materiale detritico rimobilizzabile durante un evento di trasporto di massa.

Nel lavoro in oggetto, il volume M ed il calcolo della magnitudo sono stati ottenuti ricorrendo ai metodi empirici sopra riportati, integrati con le osservazioni effettuate nel bacino.

Si è ritenuto ragionevole usare un valore di:  $M = 20.000 \text{ m}^3$  (magnitudo)

- *Calcolo dell'estensione longitudinale del deposito (XL)*

La stima della massima estensione del deposito in senso longitudinale è stata effettuata utilizzando una formula approssimata ricavata studiando le modalità di arresto di una colata detritica in seguito ad una brusca diminuzione di pendenza dell'alveo, approssimando la densità del fluido interstiziale a quello della sola acqua.

La distanza di arresto è stata definita sulla base di considerazioni di equilibrio dinamico del tratto di corrente coincidente con il fronte del debris flow:

$$XL = \frac{V^2}{G} = 53,5 \text{ m}$$

dove

$$G = \frac{c_u \cdot g \cdot (\rho_s - \rho_l) \cdot \cos \theta_d \cdot \tan \phi}{c_u \cdot (\rho_s - \rho_l) + \rho_l} - g \cdot \sin \theta_d = 1,925$$

$$V = \left( u_u + \frac{g \cdot h_u}{2 \cdot u_u} \cos \theta_u \right) \cdot \cos(\theta_u - \theta_d) = 10,147$$

In base ai seguenti parametri

Bu = 4 m	larghezza della sezione del canale a monte del punto di rottura.;
Bd = 6 m	larghezza della sezione dell'alveo a valle del cambio di pendenza;
d = 0,2 m	diametro significativo dei sedimenti;
$\vartheta_u = 18^\circ$	angolo di inclinazione del fondo dell'alveo a monte del cambio di pendenza;
$\vartheta_d = 5^\circ$	angolo di inclinazione del fondo dell'alveo a valle del cambio di pendenza;
a = 0,04	costante con valore pari a 0.04 per il tratto di monte con fondo stabile e compreso fra 0.35 – 0.5 per fondo mobile;
$g = 9.8 \text{ m/sec}^2$	accelerazione di gravità;
$\phi = 30^\circ$	angolo di attrito interno statico del materiale;
$\rho_l = 1000 \text{ kg/m}^3$	densità dell'acqua;
$\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$	densità dei solidi grossolani;
$c_o = 0,65$	concentrazione dei sedimenti nel letto (tipicamente tra 0.65 e 0.75);
$c_u = 0,59$	concentrazione del solido nella corrente (minore o uguale a 0.9 co).

Nelle relazioni precedenti appaiono la velocità media  $u_u$  e la profondità  $h_u$  della corrente a monte del cambio di pendenza:

$$u_u = K^{\frac{2}{5}} \left( \frac{Q_m}{B_u} \right)^{\frac{3}{5}} = 7,366 \text{ m/sec} \quad h_u = \left( \frac{Q_m}{B_u \cdot K} \right)^{\frac{2}{5}} = 4,817 \text{ m}$$

Nell'ipotesi di stony debris flow la costante K è data da:

$$K = \frac{2}{5d} \left( \frac{g \cdot \sin \theta_u}{a \cdot \sin \phi} \left( c_u + (1 + c_u) \frac{\rho_l}{\rho_s} \right) \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left( \left( \frac{c}{c_u} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right) = 0,697$$

Il tempo di arresto della colata è dato dalla seguente formula:

$$t_t = \frac{2V}{G} = 10,54 \text{ sec}$$

*- Calcolo della pendenza della superficie del deposito( $\omega$ )*

Quando il materiale solido di una corrente detritica si deposita, il valore della concentrazione dei solidi aumenta, l'acqua in eccesso presente nei pori viene eliminata e va a costituire una corrente di deflusso che scorre sul deposito.

L'equazione è stata ricavata a partire da considerazioni di natura statica circa lo sforzo applicato e quello resistente all'interno del deposito di detriti.

La metodologia proposta prevede due diverse soluzioni a seconda della presenza o meno di un alveo inciso sul conoide

$$tg\omega = \frac{c(\rho_s - \rho_l)}{c(\rho_s - \rho_l) + \rho_l \left( 1 + \frac{0.52}{d} \left( \frac{Q_l^2}{g \cdot B_d^2} \right)^{\frac{1}{3}} \right)} = 0,15 \quad \text{da cui } \omega = 8,55^\circ$$

*- Calcolo del volume dei detriti depositati e determinazione dell'area di accumulo*

Per la determinazione del volume di detriti depositati è stato ipotizzato che la superficie occupata dal deposito abbia la forma del perimetro descritto da una linea chiusa a forma di imbuto, la cui estensione longitudinale è rappresentata dalla lunghezza XL prima calcolata:

$$Wd = \frac{1}{3} XL^2 \cdot B_d \left( XL + \frac{B_u}{2} \right) (tg\omega - tg\theta_d) = 19.970m^3$$

A questo punto è stato determinato il volume Wr, calcolato assumendo prudenzialmente che la miscela depositata abbia concentrazione Cu

$$Wr = Wm/c_u = 33.900$$

Dove al volume Wm è stato assegnato il valore ricavato precedentemente.

Da questo risulta che  $Wr > Wd$ , quindi l'area effettivamente a rischio di debris flow è maggiore di quella calcolata.

Mantenendo sempre la stessa forma, XL va aumentata, mantenendo invariato l'angolo  $\omega$ , fino a quando il volume del materiale depositato (Wd) non assume lo stesso valore del volume di detriti della colata (Wr).

L'area di massima estensione della colata è stata quindi assunta pari a:  $XL = 64 \text{ m}$

Il punto di rottura prescelto e l'estensione della colata calcolata con il metodo di Takahashi potrebbero accordarsi con quanto osservato sul terreno; quindi è stato stimato che un eventuale colata di progetto può raggiungere al massimo quota 240 m slm. L'entità del fenomeno di colata dovrebbe rimanere confinata all'interno delle aree di pertinenza idraulica. Per le aree a valle di quota 240 è possibile sopporre il solo deflusso della portata liquida con modalità di trasporto per trascinamento sul fondo o sospensione del materiale.

### 5.3.2. Torrente Portazzolo - Valle di Marasino

#### - Determinazione del punto di rottura del pendio

Un primo cambio di pendenza è stato individuato a quota 275 m slm, al termine del tratto ove il torrente scorre incassato e sfocia nella valle principale.

Dopo aver individuato il punto di rottura, è stato schematizzato il profilo longitudinale dell'alveo percorso dalla colata, suddiviso in due tratti a pendenza costante; da questo profilo sono stati determinati gli angoli di inclinazione del fondo a monte e a valle del punto di rottura:

$$\vartheta_u = 8^\circ \quad \vartheta_d = 7^\circ$$

#### - Determinazione della portata di acqua chiara di progetto ( $Q_l$ )

Non essendo disponibili misure reali di portata del bacino in esame, la portata al colmo è stata determinata utilizzando la nota "formula razionale".

$$Q_l = 26 \text{ m}^3/\text{s}.$$

#### - Determinazione della portata di piena della miscela liquido – solido ( $Q_m$ )

La portata di piena della miscela liquido – solido  $Q_m$  rappresenta una colata detritica originatasi con lo scorrimento di acqua su un ammasso detritico sino a superarne la resistenza degli strati superficiali.

La determinazione della portata di picco di una eventuale colata si basa sulla ipotesi che il volume relativo della portata liquida di picco si sommi al volume solido e al volume di fluido preesistente in condizioni di saturazione:

Sulla base della portata di acqua chiara, la determinazione della portata  $Q_m$  è stata stimata con la seguente formula:

$$Q_m = \frac{c}{c - c_u} Q_l = 281.7 \text{ m}^3 / \text{sec}$$

dove:

$c = 0.65$  concentrazione volumetrica dei sedimenti nel letto

( $c = 1 - n$  dove  $n$  è la porosità);

$c_u = 0.59$  concentrazione volumetrica di equilibrio dei solidi (fini e grossolani) trasportati dalla corrente in moto uniforme ( $\leq c$ ).

#### - Determinazione del volume dei sedimenti trasportati $M$ (magnitudo)

Con il termine magnitudo si intende la massima quantità di materiale detritico rimobilizzabile durante un evento di trasporto di massa.

Nel lavoro in oggetto, il volume  $M$  ed il calcolo della magnitudo sono stati ottenuti ricorrendo ai metodi empirici sopra riportati, integrati con le osservazioni effettuate nel bacino.

Si è ritenuto ragionevole usare un valore di:  $M = 30.000 \text{ m}^3$  (magnitudo)

### - Calcolo dell'estensione longitudinale del deposito (XL)

La stima della massima estensione del deposito in senso longitudinale è stata effettuata utilizzando una formula approssimata ricavata studiando le modalità di arresto di una colata detritica in seguito ad una brusca diminuzione di pendenza dell'alveo, approssimando la densità del fluido interstiziale a quello della sola acqua.

La distanza di arresto è stata definita sulla base di considerazioni di equilibrio dinamico del tratto di corrente coincidente con il fronte del debris flow:

$$XL = \frac{V^2}{G} = 82 \text{ m}$$

$$\text{dove: } G = \frac{c_u \cdot g \cdot (\rho_s - \rho_l) \cdot \cos \theta_d \cdot \tan \phi}{c_u \cdot (\rho_s - \rho_l) + \rho_l} - g \cdot \sin \theta_d = 1,575$$

$$V = \left( u_u + \frac{g \cdot h_u}{2 \cdot u_u} \cos \theta_u \right) \cdot \cos(\theta_u - \theta_d) = 11,361$$

In base ai seguenti parametri

Bu = 8 m	larghezza della sezione del canale a monte del punto di rottura.;
Bd = 8 m	larghezza della sezione dell'alveo a valle del cambio di pendenza;
d = 0,3 m	diametro significativo dei sedimenti;
$\vartheta_u = 8^\circ$	angolo di inclinazione del fondo dell'alveo a monte del cambio di pendenza;
$\vartheta_d = 7^\circ$	angolo di inclinazione del fondo dell'alveo a valle del cambio di pendenza;
a = 0,04	costante con valore pari a 0.04 per il tratto di monte con fondo stabile e compreso fra 0.35 – 0.5 per fondo mobile;
$g = 9.8 \text{ m/sec}^2$	accelerazione di gravità;
$\phi = 30^\circ$	angolo di attrito interno statico del materiale;
$\rho_l = 1000 \text{ kg/m}^3$	densità dell'acqua;
$\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$	densità dei solidi grossolani;
$c_o = 0,65$	concentrazione dei sedimenti nel letto (tipicamente tra 0.65 e 0.75);
$c_u = 0,59$	concentrazione del solido nella corrente (minore o uguale a 0.9 co).

Nelle relazioni precedenti appaiono la velocità media  $u_u$  e la profondità  $h_u$  della corrente a monte del cambio di pendenza:

$$u_u = K^{\frac{2}{5}} \left( \frac{Q_m}{B_u} \right)^{\frac{3}{5}} = 5,315 \text{ m/sec} \quad h_u = \left( \frac{Q_m}{B_u \cdot K} \right)^{\frac{2}{5}} = 6,624 \text{ m}$$

Nell'ipotesi di stony debris flow la costante K è data da:

$$K = \frac{2}{5d} \left( \frac{g \cdot \sin \theta_u}{a \cdot \sin \phi} \left( c_u + (1 + c_u) \frac{\rho_l}{\rho_s} \right) \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left( \left( \frac{c}{c_u} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right) = 0,312$$

Il tempo di arresto della colata è dato dalla seguente formula:  $t_t = \frac{2V}{G} = 14,43 \text{ sec}$

*- Calcolo della pendenza della superficie del deposito ( $\omega$ )*

Quando il materiale solido di una corrente detritica si deposita, il valore della concentrazione dei solidi aumenta, l'acqua in eccesso presente nei pori viene eliminata e va a costituire una corrente di deflusso che scorre sul deposito.

L'equazione è stata ricavata a partire da considerazioni di natura statica circa lo sforzo applicato e quello resistente all'interno del deposito di detriti.

La metodologia proposta prevede due diverse soluzioni a seconda della presenza o meno di un alveo inciso sul conoide

$$tg \omega = \frac{c(\rho_s - \rho_l)}{c(\rho_s - \rho_l) + \rho_l \left( 1 + \frac{0.52}{d} \left( \frac{Q_l^2}{g \cdot B_d^2} \right)^{\frac{1}{3}} \right)} = 0.16 \quad \text{da cui } \omega = 9,14^\circ$$

*- Calcolo del volume dei detriti depositati e determinazione dell'area di accumulo*

Per la determinazione del volume di detriti depositati è stato ipotizzato che la superficie occupata dal deposito abbia la forma del perimetro descritto da una linea chiusa a forma di imbuto, la cui estensione longitudinale è rappresentata dalla lunghezza XL prima calcolata:

$$Wd = \frac{1}{3} XL^2 \cdot B_d \left( XL + \frac{B_u}{2} \right) (tg \omega - tg \theta_d) = 50.585 m^3$$

A questo punto è stato determinato il volume Wr, calcolato assumendo prudenzialmente che la miscela depositata abbia concentrazione  $c_u$

$$Wr = Wm/c_u = 50.847$$

Dove al volume Wm è stato assegnato il valore ricavato precedentemente. Dopo aver verificato che  $Wr \leq Wd$ , l'area di massima estensione della colata è stata prudenzialmente assunta pari a quella XL precedentemente calcolata (XL = 82 m).

Il punto di rottura prescelto e l'estensione della colata calcolata con il metodo di Takahashi potrebbero accordarsi con quanto osservato sul terreno; quindi è stato stimato che un eventuale colata detritica può raggiungere al massimo quota 260 m slm.

A valle del ponte posto a quota 276 m slm, la colata detritica ipotizzata potrebbe interessare le aree in sponda destra ed in sponda sinistra. Per le aree a valle di quota 260 è possibile supporre il solo deflusso della portata liquida con modalità di trasporto per trascinarsi sul fondo o sospensione del materiale.



## 5.4. Punti critici dal punto di vista idraulico

I punti critici dal punto di vista idraulico sono stati identificati e classificati secondo una numerazione progressiva, ricavabile dalla *Carta di inquadramento di dettaglio* a scala 1:2.000 posta in allegato. Ad ogni identificativo presente in carta, è stata associata una scheda esplicativa della situazione di rischio idrogeologico e/o idraulico.

In particolare, per i due torrenti esaminati, si è posta l'attenzione su cinque situazioni di cui viene data una breve descrizione:

**ID.01:** ponte sul T. Vigolo a quota 240 m

**ID.02:** parte terminale del T. Vigolo tra quota 200 m e la foce

**ID.03:** ponte sul T. Portazzolo a quota 275 m

**ID.04:** restringimento dell'alveo del Torrente Portazzolo a quota 259 m

**ID.05:** attraversamento a raso sul T. Portazzolo a quota 255 m

**ID.06:** ponte sul T. Portazzolo a quota 240 m

### 9.1. Scheda ID.01

Corso d'acqua interessato	Torrente Vigolo a quota 240 m s.l.m. (foto 49)
Descrizione del problema	Sezione di deflusso insufficiente a causa della limitata larghezza dell'alveo unita alla presenza di un ponte. Immediatamente a monte del ponte stesso, in sponda destra, è presente un restringimento della sezione che favorisce il deposito del materiale trasportato. Si teme l'effetto "tappo" a causa della scarsa manutenzione dell'alveo a monte dove, oltre ad abbondante materiale lapideo, è presente una folta vegetazione. Secondo le stime delle portate, anche senza l'effetto tappo, la sezione risulta al limite della capacità di smaltimento per piene con tempi di ritorno di 200 anni con trasporto solido. In base a quanto sopra espresso è possibile stimare che, in caso di evento estremo, l'area in esame può essere interessata da fenomeni di esondazione di media entità. In particolare, si possono stimare deflussi con altezze idriche ridotte (max 30-40 cm) con trasporto di materiali sabbioso - ghiaiosi.

### 9.2. Scheda ID.02

Corso d'acqua interessato	Torrente Vigolo tra quota 200 m e la foce.
Descrizione del problema	Sezione di deflusso insufficiente a causa della limitata larghezza dell'alveo unita alla presenza di un intubamento del corso d'acqua in corrispondenza della S.S. 510. Dalle notizie raccolte in loco e dai dati storici, in tale zona si sono verificati fenomeni di tracimazione con conseguente allagamento della strada e deposito di materiale ghiaioso-sabbioso.

### 9.3. Scheda ID.03

Corso d'acqua interessato	Torrente Portazzolo in corrispondenza di quota 259 m
Descrizione del problema	<p>La presenza di un muro in sponda sinistra disposto ortogonalmente alla direzione di deflusso, spinge la corrente verso la sponda opposta dove sono presenti alcuni edifici di servizio per una abitazione. Il flusso tende quindi ad incanalarsi lungo la strada che corre parallelamente al corso d'acqua.</p> <p>Durante gli eventi alluvionali del 2000 i manufatti di cui sopra sono stati distrutti in seguito alla tracimazione del torrente.</p>
<b>9.4. Scheda ID.04</b>	
Corso d'acqua interessato	Torrente Portazzolo ponte a quota 275 m
Descrizione del problema	<p>Si teme in questo tratto l'effetto "tappo" a causa della scarsa manutenzione dell'alveo a monte del ponte, dove, oltre ad abbondante materiale lapideo, è presente una folta vegetazione.</p> <p>Da ciò è possibile stimare che, in caso di evento estremo, l'area in esame può essere interessata da fenomeni di esondazione di media entità. In particolare, si possono stimare deflussi con altezze idriche ridotte (max 30-40 cm) con trasporto di materiali sabbioso - ghiaiosi lungo la strada in sponda destra.</p> <p>Possibile evento di trasporto in massa che può interessare una limitata area poste in sponda destra a valle del ponte.</p>
<b>9.5. Scheda ID.05</b>	
Corso d'acqua interessato	Torrente Portazzolo attraversamento a raso a quota 255 m
Descrizione del problema	<p>Si teme in questo tratto una tracimazione del corso d'acqua a causa della scarsa manutenzione dell'alveo a monte dell'attraversamento, dove, oltre ad abbondante materiale lapideo, è presente una passerella pedonale con scarsa luce utile al deflusso, così come illustrato nella foto allegata.</p> <p>Da ciò è possibile stimare che, in caso di evento estremo, l'area in esame può essere interessata da fenomeni di esondazione di media entità. In particolare, si possono stimare deflussi con altezze idriche ridotte (max 30-40 cm) con trasporto di materiali sabbioso - ghiaiosi lungo la strada in sponda sinistra e le zone immediatamente a valle.</p>
<b>9.6. Scheda ID.06</b>	
Corso d'acqua interessato	Torrente Portazzolo ponte a quota 240 m (foto 3)
Descrizione del problema	<p>Sezione di deflusso insufficiente a causa della limitata larghezza dell'alveo unita alla presenza di un ponte.</p> <p>Si teme l'effetto "tappo" a causa della scarsa manutenzione dell'alveo a monte dove, oltre ad abbondante materiale lapideo, è presente una folta vegetazione.</p> <p>Secondo le stime delle portate, anche senza l'effetto "tappo", la sezione risulta al limite della capacità di smaltimento per piene con tempi di ritorno di 200 anni con trasporto solido.</p> <p>In base a quanto sopra espresso è possibile stimare che, in caso di evento estremo, l'area in esame può essere interessata da fenomeni di esondazione di media entità. In particolare, si possono stimare deflussi con altezze idriche ridotte (max 30-40 cm) con trasporto di materiali sabbioso - ghiaiosi sia in sponda destra che in sponda sinistra.</p>

## 5.5. Metodologia di Aulitzky per l'analisi dei conoidi - carta di sintesi

L'analisi dei conoidi dei torrenti Vigolo e Portazzolo, procede attraverso l'applicazione del metodo di Aulitzky (1982), questo metodo si basa sulla osservazione ed interpretazione di alcune caratteristiche morfologiche dei conoidi, così come illustrato nella seguente tabella:

<b>Metodologia di Aulitzky modificato</b>		
Scheda per il rilevamento delle conoidi secondo il metodo di Aulitzky:		
	Osservazioni e domande	punti
1	Dimensione massima del materiale trasportato/eroso presente sulla conoide 1) < 0,0 1 mc 2) 0,01-0,2 mc 3) 0,2-1,0 mc 4) > 1,0 mc	1 2 3 4
2	Massimo spessore del singolo debris flow che può essere differenziato dallo strato unifero o da uno strato con differente struttura 1) < 0,1 m 2) 0,1-0,5 m 3) 0,5-1,0 m 4) ≥ 1,0 m	1 2 3 4
3	Acclività della conoide 1) 0-2% 2) 2-7% 3) 7-15% 4) > 15%	1 2 3 4
4	L'attuale copertura vegetale predominante è: 1) Prevalgono i campi senza muretti di sassi o terrazzamenti formati da sassi lavorati, con la presenza di solo pochi e piccoli sassi nel terreno 2) Prevalgono prati e pascoli in confronto ai campi, talvolta intercalati da muretti di sassi o da terrazzamenti formati da sassi lavorati, terreno con piccoli sassi in terra mescolata 3) Successione già evoluta, progredita fino a formazioni coetanee formate in prevalenza da larici-betulle-pini-abeti su un substrato grossolano e sassoso 4) Vegetazione in prevalenza rustica, colonizzatrice del suolo dei conoidi, come consorzi a ontano-salicetamerice insistenti su un substrato grossolano, sassoso fino ad una successione di specie di origine anemofila come larici-pini-abeti	1 2 3 4
5	L'andamento del terreno nelle aree del conoide si può presentare 1) Superfici fortemente sopraelevate in confronto al letto del torrente profondamente incassato, che non possono più essere raggiunte dal torrente ma con le quali i punti di collegamento fra le due sponde possono ancora essere portate via 2) Superfici chiaramente sopraelevate, pensili rispetto al letto normale del torrente che potrebbero essere investite dalla colata solo in caso di un riempimento o di una ostruzione dell'alveo normale del torrente stesso 3) Sono presenti poche forme di deposito circoscritte, le quali sono state disseminate dalla dilagante colata di fango oppure che sono state investite in occasione dell'ulteriore dilagare della colata stessa 4) La sommità dei materiali sulla conoide o sulla dorsale dei conoidi presentano una solcatura dei materiali stessi prodotta dall'erosione di grossi massi, che classifica queste aree fra quelle colpite o con possibilità di essere colpite da una colata di fango concentrata e compatta ad alta velocità	1 2 3 4
6	Condizioni di deflusso lungo l'alveo e sulla conoide 1) Alveo ampio e/o incassato che può facilmente far scorrere la colata 2) Alveo caratterizzato dall'assenza di ostacoli significativi, per contro presenta un canale poco inciso; sulla conoide deflusso caratterizzato da trasporto limitato di detrito ghiaioso-sabbioso con altezze idriche minime (cm) 3) Lungo l'alveo possibili sezioni critiche solo in occasione di trasporto di tronchi e grossi massi; sulla conoide deflusso caratterizzato da trasporto di detrito medio-grossolano con altezze idriche ridotte (pochi dm) 4) Lungo l'alveo sezioni critiche (ponti, restringimenti, curve); sulla conoide fenomeni di trasporto di massa (debris flow-debris torrent) e/o fenomeni torrentizi con portate prevalentemente liquide con elevate capacità erosive di trasporto	1 2 3 4

**Tabella 14:** scheda per il rilevamento delle conoidi secondo il metodo di Aulitzky modificato secondo M. Ceriani, D. Fossati, S. Quattrini.

Per i conoidi dei torrenti esaminati sono state prese in considerazione 4 delle 6 caratteristiche indicate da Aulitzky poiché non è stato possibile identificare colate recenti e valutarne lo spessore (domanda 2) ed è risultato difficile riferire ai processi geomorfologici indicati dall'autore le morfologie individuate sui conoidi (domanda 6).

Al termine delle fasi illustrate nei paragrafi precedenti è stata redatta una carta di sintesi a scala 1:2000 su cui vengono rappresentate le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità generata da colate di detrito e trasporto in massa lungo le conoidi esaminati (tali aree sono indicate per la presente fase di studio sulla Carta di Sintesi in scala 1:5.000).

La mappatura e la zonazione del pericolo si basano sui risultati dei metodi citati, sull'assetto morfologico del conoide, sulle opere di regimazione idraulica presenti e, in generale, sulla caratteristiche del collettore e sulle condizioni di deflusso del collettore stesso.

In base a questi presupposti ed alle evidenze morfologiche rilevate sul terreno, il settore di conoide in esame è stato suddiviso in quattro aree a diverso grado di pericolosità:

(H2) Pericolosità bassa: aree con bassa probabilità di essere interessata da fenomeni di esondazione.

(H3) Pericolosità media: aree con moderata probabilità di essere esposte a fenomeni alluvionali (esondazione) con altezze idriche ridotte (massimo 30 – 40 cm) e con trasporto di materiali sabbioso – ghiaiosi.

(H4) Pericolosità alta: aree con alta probabilità di essere interessate da fenomeni di erosione di sponda e di trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale, con danneggiamento di opere e manufatti.

(H5) Pericolosità molto alta: comprende l'alveo attuale con le sue pertinenze.

## 6. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Con l'O.P.C.M. n°3274 del 20.03.2003 sono state individuate sul territorio nazionale 4 zone sismiche. Ciascuna zona è contrassegnata da un diverso valore del parametro  $a_g$  = accelerazione orizzontale massima, espresso come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ .

Il Comune di Sale Marasino ricade in Zona Sismica 3 ed al suo interno il valore da adottare è  $a_g = 0.15g$ .

La Regione Lombardia con D.G.R. 7 novembre 2003 n.7/14964 ha recepito, in via transitoria e fino a nuova determinazione, tale classificazione.

L'Ordinanza è in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, dal 23 ottobre 2005. Alla stessa data sono entrate in vigore anche le "Norme tecniche per le costruzioni" (D.M. 14.09.2005 e succ. D.M. 14.01.2008). Durante il "periodo transitorio" si possono utilizzare per la progettazione sia le norme di cui agli allegati tecnici dell'Ordinanza n. 3274/2003, sia le norme previgenti. In tal caso per i comuni in zona 3 si possono usare le specifiche di "sismicità bassa" (S=6).

La metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, contenuta nell'Allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28/05/2008, prevede un 1° livello di approfondimento che consiste nel riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica. Le diverse situazioni tipo (scenari) in grado di determinare gli effetti sismici locali sono elencate nella seguente tabella:

Sigla	Scenari di pericolosità sismica locale	Effetti
Z1 a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	instabilità
Z1 b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1 c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H>10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluviolaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)	
Z4d	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine pluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella 1 - Scenari di pericolosità sismica locale

In occasione di eventi sismici le particolari condizioni litologiche e geomorfologiche di una zona possono produrre effetti di amplificazione locale o effetti di instabilità.

Nel territorio esaminato potrebbero verificarsi fenomeni di amplificazione sismica locale riferibili ai seguenti scenari, rappresentati sulla CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (Tav. 3):

Nel territorio esaminato potrebbero verificarsi fenomeni di amplificazione sismica locale riferibili ai seguenti scenari, rappresentati sulla CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE:

- Z1c - Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana;
- Z3a – Orlo di scarpata con  $H > 10$  m (amplificazione topografica);
- Z3b - Linea di cresta morfologica (amplificazione topografica);
- Z4b - Zona pedemontana di falda di detrito e di conoide alluvionale (amplificazione litologica);
- Z4c - Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (amplificazione litologica);
- Z5 - Zona di contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto differenti (comportamenti differenziali).

Nelle aree identificate come Z1c è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento previsto dalla normativa regionale necessario per la quantificazione dei fenomeni di instabilità.

Per le aree interessate dalla "Zona di contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto differenti" non è previsto un approfondimento delle conoscenze dal punto di vista sismico in quanto tale scenario esclude la possibilità di edificare a cavallo dei due litotipi. In fase progettuale tale limitazione potrà essere superata qualora si operi in modo tale da ottenere un terreno di fondazione omogeneo.

Per gli altri scenari di pericolosità sismica individuati si rende necessaria l'applicazione del 2° livello di approfondimento previsto dall'Allegato 5 che consente una caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi, in quanto fornisce una stima della

Si rende quindi necessaria l'applicazione del 2° livello di approfondimento previsto dall'Allegato 5 della D.G.R. n.8/1566 del 22/12/2005 che consente una caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi, in quanto fornisce una stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione ( $F_a$ ).

L'applicazione del 2° livello di approfondimento richiede la conoscenza di alcuni parametri, tra i quali l'andamento della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s, nonché lo spessore e la velocità di ciascun sismostrato.

È stata quindi realizzata una indagine geofisica di sismica a rifrazione al fine di ricostruire il modello geofisico del sottosuolo.

## 6.1 Valutazione amplificazione sismica locale

### Z2 Cedimenti e/o liquefazioni:

Con il termine liquefazione si indica la situazione nella quale in un terreno saturo non coesivo si possono avere deformazioni permanenti significative o l'annullamento degli sforzi efficaci a causa dell'aumento della pressione interstiziale.

Deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa.

Nel caso di edifici con fondazioni superficiali, la verifica della suscettibilità a liquefazione può essere omessa se il terreno sabbioso saturo si trova a profondità superiore a 15 m dal piano campagna. Si può inoltre trascurare il pericolo di liquefazione quando  $a_g < 0,15$  g (valore non valido per il territorio di Sale Marasino).

Per quanto riguarda l'effetto di liquefazione, dai dati litostratigrafici del sottosuolo ricavati da indagini effettuate sul territorio, il sottosuolo nella fascia tra la strada provinciale "sebina" e la linea di costa è costituito principalmente da terreni sabbioso limosi lacustri. In considerazione del fatto che i dati raccolti sono da ritenersi puntuali e quindi non estendibili all'intera area, non si esclude che in determinate zone siano presenti livelli sabbiosi sotto falda potenzialmente liquefacibili, o la presenza di strati di terreni compressibili che possano generare cedimenti; pertanto si rimanda alla fase di progetto per la determinazione del potenziale di liquefazione attraverso l'esecuzione di prove geotecniche in situ. In alternativa è possibile utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore (Zona sismica 2).

### Z3 Amplificazione morfologica:

L'allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28/05/2008 riporta la procedura per la valutazione qualitativa degli scenari morfologici suscettibili di amplificazione sismica. Tali scenari sono costituiti da "Zona di ciglio  $H > 10$  m" e da "Zona di cresta rocciosa".

Nel Comune di Sale Marasino si possono osservare, in corrispondenza dei rilievi montuosi lungo i due versanti della Valle del Vigolo e del Portazzolo, gli scenari di ciglio di scarpata con altezza maggiore di 10 m. In tavola 3 (CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE) sono riportate le creste e le scarpate individuate e anche le tracce delle sezioni utilizzate per l'analisi sismica.

Facendo riferimento alle relative schede per gli effetti morfologici riportate nell'allegato 5 sono stati ottenuti i fattori di amplificazione (Fa) che dovranno essere utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica nazionale vigente.

Per gli effetti morfologici la procedura fornisce il valore di Fa solamente per l'intervallo di periodo 0.1-0.5 s. I valori di Fa ottenuti dalle schede di valutazione (Fa abaco) devono essere confrontati con il valore di St delle Norme Tecniche per le Costruzioni (derivante dalla categoria topografica), che rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa nazionale non è sufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione topografica presente nel sito. Rispetto al valore di soglia, viene considerata una variabilità di + 0.1 che tiene conto della variabilità del valore di Fa ottenuto dalla procedura semplificata.

SEZIONE	SCENARIO Z3	Fa abaco	Categoria topografica	Soglia norma
Sz1	cresta appuntita	1,40	t4	1,4±0.1
Sz2	cresta appuntita	1,50	t4	1,4±0.1
Sz3	cresta appuntita	1,40	t4	1,4±0.1
Sz4	cresta appuntita	1,30	t4	1,4±0.1
Sz5	cresta appuntita	1,40	t4	1,4±0.1
Sz6	cresta appuntita	1,20	t4	1,4±0.1
Sz7	cresta appuntita	1,30	t4	1,4±0.1
Sz8	scarpata	1,20	t1	1,2±0.1
Sz9	scarpata	1,20	t1	1,2±0.1
Sz10	scarpata	1,20	t1	1,2±0.1
Sz11	scarpata	1,20	t4	1,2±0.1

Il confronto mostra come i valori di soglia siano superiori o uguali ai valori di Fa ottenuti dall'abaco. Lungo alcune sezioni si osserva un valore calcolato di Fa superiore di 0.1 rispetto al valore di soglia, che indica situazioni topografiche limite. In questi casi, in fase di progettazione, risulta quindi ancora più importante la corretta applicazione della normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008) e in particolare delle tabelle 3.2.IV – Categorie topografiche e 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST.

La procedura semiquantitativa di 2° livello evidenzia che: per il territorio di Sale Marasino la possibile amplificazione sismica di carattere topografico risulta contenuta e che quindi l'applicazione dello spettro previsto dalla normativa (D.M. 14 gennaio 2008) risulta sufficiente a tenere in considerazione i reali effetti di amplificazione topografica.

#### Z4 Amplificazione litologica

Per l'applicazione del 2° livello di approfondimento è necessario conoscere, oltre alla stratigrafia del sito, l'andamento della velocità delle onde trasversali (Vs) con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s ed in particolare lo spessore e la velocità Vs di ciascuno strato.



Sulla base dei risultati del livello 1, illustrati sulla CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (Tav. 3), sono state scelte quattro aree campione dove realizzare indagini geofisiche per la ricostruzione di profili di Vs che possano essere rappresentativi degli scenari individuati in tutto il territorio.

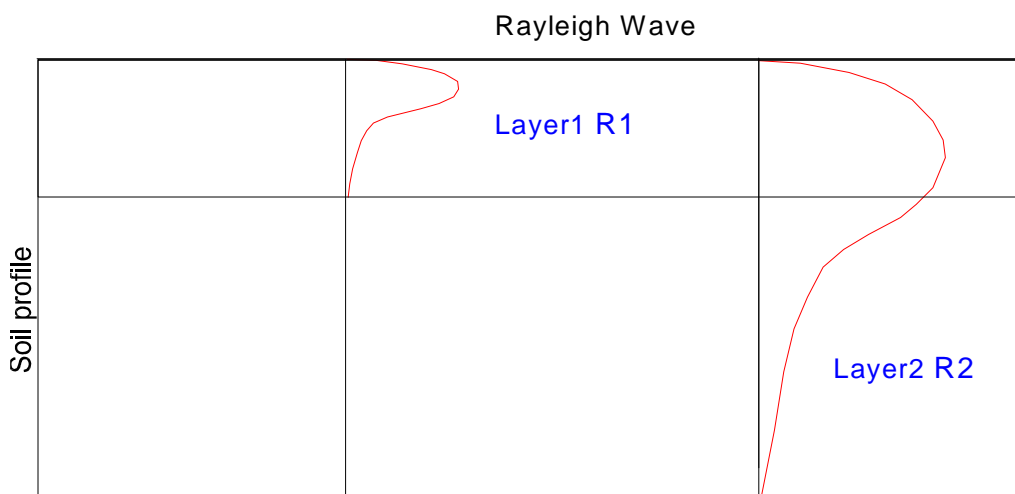
### metodologia d'indagine e risultati ottenuti

Le indagini geofisiche realizzate si sono avvalse di prove di caratterizzazione basate sulla propagazione di onde sismiche superficiali mediante metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves). Tale metodologia permette di ricavare le velocità delle onde di taglio verticali Vs dalla determinazione delle velocità delle onde superficiali.

La misura delle velocità delle onde superficiali viene calcolata grazie all'utilizzo di stendimenti di sensori posti in genere a distanze regolari sulla superficie del suolo da indagare.

La porzione che predomina nelle onde superficiali è costituita dalle onde di Rayleigh la cui velocità è correlata alla rigidità e ai parametri elastici dei suoli attraversati.

E' importante tenere presente che nei mezzi stratificati le onde di Rayleigh sono dispersive cioè, le alte frequenze e quindi con lunghezze d'onda corta, si propagano prevalentemente negli strati più superficiali del terreno, invece le onde con lunghezze maggiori tendono a coinvolgere gli strati più profondi così come di seguito illustrato.



La metodologia MASW può essere sia *attiva* che *passiva* o la combinazione di entrambe. Nel sistema attivo le onde superficiali vengono generate in un punto noto in modo non casuale e vengono registrate da stendimenti lineari di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento di ricezione può essere sia lineare che circolare e si misura il rumore di fondo ambientale esistente.

Il metodo attivo è quello che meglio permette la classificazione sismica dei suoli perché fornisce con un miglior dettaglio il profilo delle velocità sismiche nei primi 30 metri da piano campagna. Infatti si ottiene una curva dispersione per un range di frequenze normalmente comprese tra 5 e i 70 Hz la cui propagazione avviene prevalentemente nella parte più superficiale del suolo in funzione anche delle sue caratteristiche elastiche.

Dall'utilizzo del metodo passivo invece si ottiene una maggiore investigazione in termini di profondità ma una minore risoluzione delle velocità degli strati, soprattutto quelli più superficiali.

La strumentazione geosismica utilizzata comprende:

- Sismografo ECHO 12-24 consente la rappresentazione degli impulsi sismici su PC tramite un apposito programma; le onde vengono registrate simultaneamente su 24 geofoni e risulta possibile sommare fra loro successivi impulsi sismici migliorando il rapporto fra segnale e rumore;



- geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile che consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno, e relativo cavo di collegamento a 24 fili;



*Geofono*

- Energizzazione con mazza battente e cannoncino sismico

### **ELABORAZIONE DEI DATI ACQUISITI**

La procedura elaborativa, che prevede l'utilizzo del programma è sinteticamente descrivibile nei passi seguenti.

- Acquisizione dei dati
- trasformazione in formato compatibile
- Immissione delle geometrie di acquisizione dati (sorgente – ricettori)  
(Encoding Field Geometry Field Setup)
- Generazione dell'immagine di dispersione (Analysis Dispersion Overtone)
- Estrazione della curva di dispersione (curve extraction)
- Inversione (Analysis inversion)
- Estrazione del profilo delle velocità in onde S  
(S-Velocity Vs Profile)

In generale i sistemi di elaborazione dati prevedono una prima azione in cui si esegue il calcolo delle velocità di fase apparente sperimentale (curva di dispersione). Al termine della prima parte si passa al calcolo della velocità di fase apparente numerica corrispondente al modello di suolo assegnato attraverso una procedura manuale o automatica.

Infine si estrapola il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ .

Dal modello stratigrafico espresso tramite il profilo di velocità  $V_s$ , il programma dà una ricostruzione del modello stratigrafico presunto anche in onde P assumendo però che il rapporto di Poisson e la densità dei terreni siano costanti (pari rispettivamente a 0.4 e a 2 ton/mc) per tutta la profondità investigata.

Per ottenere una migliore definizione delle velocità in onde P, si procede in genere ad acquisire, lungo la stessa sezione MASW, una sezione sismica a rifrazione con geofoni verticali (più idonea a restituire un modello stratigrafico reale in onde P del terreno).

Quest'ultima procedura permette di confrontare il profilo stratigrafico ottenuto dalla prova MASW in onde S con il profilo stratigrafico ottenuto dalla sismica a rifrazione in onde P. Dal confronto di questi due profili di velocità è possibile estrapolare, attraverso la creazione di appositi grafici, l'andamento indicativo di alcuni parametri elastici che scaturiscono dalle correlazioni sotto riportate.

#### **correlazione tra le velocità delle onde sismiche e i parametri elastici e geomeccanici**

La liberazione istantanea di energia nel terreno genera un sistema di onde sismiche la cui propagazione è regolata dalle classiche leggi della fisica.

Le deformazioni e le tensioni generate da una sollecitazione artificiale impulsiva sono abbastanza complesse ma nell'ambito di cui si tratta in queste note è sufficiente fare riferimento ai due tipi principali di onde sismiche, (dette anche onde di volume - body waves): le onde sismiche di compressione (longitudinali, onde prime) e le onde sismiche di taglio (trasversali, onde seconde).

Le onde di volume si propagano nel terreno in ogni direzione ed intercettando il piano topografico danno origine sullo stesso ad onde di natura diversa (Rayleigh e Love) che si propagano esclusivamente in superficie.

Nel loro complesso, le onde sismiche creano sollecitazioni e conseguenti deformazioni nel mezzo attraversato che generalmente ricadono nel campo elastico del diagramma sforzi/deformazioni. Pertanto in questo ambito sono applicabili le relazioni classiche della teoria dell'elasticità.

Le onde sismiche longitudinali sono deformazioni che si propagano in linea retta con un'alternanza continua di compressioni e dilatazioni della materia lungo il percorso di propagazione.

Ogni particella di materia oscilla attorno al suo punto di quiete lungo un asse coincidente con il raggio di propagazione dell'onda sismica.

Le onde sismiche di taglio sono invece deformazioni che si propagano nella stessa direzione delle precedenti ma con movimento oscillatorio delle particelle ortogonale alla traiettoria dei raggi sismici.

Per la descrizione dettagliata di questi fenomeni è sufficiente far riferimento ai testi generali di geofisica.

La velocità di propagazione delle onde sismiche dipende dalle costanti elastiche e dalla densità del mezzo attraversato, e pertanto risulta variabile in funzione delle caratteristiche geomeccaniche e fisiche del terreno o delle rocce.

In uno stesso tipo di materiale le velocità di propagazione dei vari tipi di onde differiscono tra loro: le più veloci sono le onde di compressione, a cui seguono le onde di taglio e successivamente le diverse onde superficiali.

Poiché le tensioni e le deformazioni che si generano nel campo sismico sono di modestissima entità anche il terreno e le rocce sollecitate in questo ambito possono essere considerati in prima approssimazione come materiali omogenei, isotropi ed elastici. E' applicabile quindi la legge di Hooke (proporzionalità tra lo sforzo applicato  $d$  e la deformazione prodotta  $e$ ):

$$d = e \times E$$

La costante  $E$ , definita come rapporto tra sollecitazione e conseguente deformazione longitudinale, rappresenta il modulo elastico (o di Young) del materiale. E' importante sottolineare che in campo dinamico si parla di modulo elastico dinamico (e non statico), ricavandosi tale modulo da prove dinamiche (o sismiche). Il rapporto tra la sollecitazione ortogonale (trasversale o di taglio) e la deformazione definisce il modulo di elasticità tangenziale (o di taglio)  $G$ .

Il rapporto tra la tensione idrostatica e la deformazione cubica (o di volume) definisce il modulo di compressione cubica (o di Bulk)  $k$ .

Infine il modulo (o rapporto) di Poisson  $\nu$  è definito come il rapporto tra la deformazione trasversale e quella longitudinale.

Tale modulo varia da 0 a 0.5 con valore medio di 0.25 per molte rocce: i valori tendono a 0.05 per materiali estremamente duri ed a 0.45 per i materiali incoerenti.

Per i fluidi il modulo assume il valore limite di 0.5.

In senso più generale possono ancora essere definite le costanti di Lamè  $l$  e  $m$  come caratteristiche elastiche indipendenti dalle direzioni lungo cui vengono registrate le deformazioni. Queste due costanti sono definite dalle relazioni:

$$l = \frac{\nu \times E}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)} \quad (1)$$

$$m = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (2)$$

Analogamente i due moduli  $E$  e  $\nu$  possono essere espressi in funzione delle costanti di Lamè  $I$  e  $m$ :

$$E = \frac{m(3I+2m)}{I+m} \quad (3)$$

$$\nu = \frac{I}{2(I+m)} \quad (4)$$

La seconda costante di Lamè  $m$  ha lo stesso significato fisico del modulo di elasticità tangenziale  $G$  prima definito.

Dimensionalmente il modulo elastico e le due costanti di Lamè esprimono il rapporto tra una forza ed una superficie mentre il modulo di Poisson è adimensionale.

Un'ultima costante entra a far parte delle relazioni tra caratteristiche elastiche e velocità: si tratta della densità  $r$  espressa come rapporto tra massa e volume.

Le velocità longitudinale  $V_p$  e trasversale  $V_s$  si correlano alle costanti elastiche con le relazioni:

$$V_p = \left[ \frac{I+2m}{r} \right]^{1/2} \quad (5)$$

$$V_s = \left[ \frac{m}{r} \right]^{1/2} \quad (6)$$

Pertanto, avendo determinato i valori di  $V_p$  e  $V_s$  con rilievi sismici ed il valore della densità con prove di laboratorio, è possibile calcolare i valori delle costanti elastiche che caratterizzano i terreni esaminati con le espressioni:

$$\nu = 0.5 \times \frac{[v_p/v_s]^2 - 2}{[v_p/v_s]^2 - 1} \quad (7)$$

$$E = r \times v_p^2 \times \frac{[(1+\nu)(1-2\nu)]}{(1-\nu)} = 2r \times v_s^2 (1+\nu) \quad (8)$$

L'analisi delle varie relazioni illustrate permette una serie di considerazioni assai interessanti che si traducono in altrettanti comportamenti fisici riscontrabili nell'applicazione pratica.

Il confronto fra le espressioni (5) e (6) delle velocità conferma come per uno stesso materiale la velocità longitudinale abbia sempre un valore superiore a quello trasversale.

Per i fluidi il modulo di Poisson vale 0.5 e la seconda costante di Lamè  $m = 0$ : ne risulta che nei fluidi non possono essere trasmessi sforzi di taglio e quindi la velocità longitudinale ha sempre un valore superiore a quello della velocità trasversale.

Il rapporto tra le velocità di propagazione  $V_s/V_p$  è solo funzione del modulo di Poisson: al variare del modulo da 0 a 0.5, il rapporto varia da 0.7 a 0. Per il valore medio delle rocce ( $\nu = 0.25$ ) il rapporto vale  $V_s/V_p = 0.58$ .

Merita essere ricordato infine che i parametri ricavati per via dinamica hanno in genere valori superiori a quelli ricavati da prove statiche in laboratorio proprio per il diverso campo di sollecitazione applicata e la diversa deformazione raggiunta.

I valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali variano da poche centinaia di metri al secondo sino ad alcune migliaia (7-8) di metri al secondo.

Velocità inferiori alla velocità del suono nell'aria (344 m/s) sono misurabili in terreni soffici superficiali anidri con elevato contenuto di materiali organici.

Gli stessi materiali, saturi d'acqua, incrementano i loro valori sino a 500-800 m/s.

I terreni incoerenti alluvionali presentano valori variabili tra 600 e 1800 m/s con prevalenza di velocità superiori a 1400 m/s per quelli saturi d'acqua.

Si ricorda che il valore della velocità nell'acqua varia tra 1480 e 1520 m/s al variare della temperatura e della salinità.

La velocità nelle rocce sedimentarie spazia tra valori di 2000 e 5000 m/s incrementandosi sia con la profondità dei sedimenti che con la loro età geologica.

Le rocce metamorfiche si attestano tra i valori di 3000 e 5000 m/s mentre le rocce ignee intrusive ed effusive salgono sino ai massimi valori di 8000 m/s.

Per l'anisotropia delle rocce tutti questi valori cambiano in funzione della direzione di propagazione rispetto alla stratificazione con differenze variabili dal 5 al 25%.

Analogamente questi valori, che si riferiscono a rocce sane, compatte ed omogenee, tendono a decrescere in funzione dell'alterazione dei loro componenti mineralogici, del grado di fratturazione e delle discontinuità stratigrafiche.

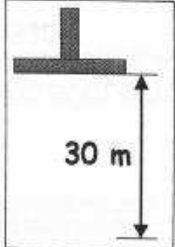
## – RISULTATI

Sulla Carta della Pericolosità Sismica Locale vengono riportate le tracce degli stendimenti utile alla ricostruzione del profilo di velocità in onde S per la classificazione sismica dei suoli di progetto.

I risultati ottenuti sono illustrati nei grafici allegati. E' esplicitato l'andamento indicativo di alcuni dei principali parametri elastici estrapolati dalla determinazione indiretta delle velocità  $V_p$  e  $V_s$  alle varie profondità d'indagine. Si tenga conto che i dati sono stati ricavati da prove di superficie ed il dettaglio e l'attendibilità sono attribuibili in rapporto ai limiti della metodologia utilizzata.

Dai valori delle velocità sismiche delle onde di taglio calcolate e riportate è possibile valutare anche il valore di  $V_{s30}$  secondo la formula sotto esplicitata.

CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$


Il modello geofisico dell'area indagata evidenzia la presenza di 4 unità geofisiche principali, nelle rispettive sezioni, dal punto di vista delle  $V_s$ .

Di seguito si riporta il modello geofisico del terreno indagato dagli stendimenti

Modello geofisico <b>stendimento 1</b>		
Unità geofisica	Profondità interfaccia (m da p.c.)	$V_s$ medio (m/s)
U1	0 -4.38	373
U2	4.38 – 15.76	534
U3	15.76-30	1026
$V_{s30} = 640$ m/s		

Modello geofisico <b>stendimento 2</b>		
Unità geofisica	Profondità interfaccia (m da p.c.)	V <sub>s</sub> medio (m/s)
U1	0-1.5	491
U2	1.5-3.5	570
U3	3.5-8.1	644
U4	8.1-10.30	885
U5	10.30-14.9	1010
U6	14.9-30	1562
V <sub>s30</sub> = 985 m/s		

Modello geofisico <b>stendimento 3</b>		
Unità geofisica	Profondità interfaccia (m da p.c.)	V <sub>s</sub> medio (m/s)
U1	0-3.2	782
U2	3.2-8.0	1112
U3	8.0-14.2	1313
U4	14.2-21.1	1293
U5	21.1-30	2289
V <sub>s30</sub> = 1341 m/s		

Modello geofisico <b>stendimento 4</b>		
Unità geofisica	Profondità interfaccia (m da p.c.)	V <sub>s</sub> medio (m/s)
U1	0.0-2.5	358
U2	2.5-6.35	478
U3	6.35-8.35	460
U4	8.35-10.11	577
U5	10.11-12.74	656
U6	12.74-30	1991
V <sub>s30</sub> = 856 m/s		

Il modello geofisico del sottosuolo, in particolare l'andamento delle Vs con la profondità, permette, ai sensi del D.M. 14.09.2005, di calcolare il valore di V<sub>s30</sub> che rappresenta la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 metri di profondità. Il valore di V<sub>s30</sub> calcolato per ogni stendimento risulta variabile da 621 m/s a 758 m/s. In base a tali valori i litotipi presenti nell'area appartengono alla **Categoria di suolo di fondazione B** – Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti secondo la distinzione indicata dal O.P.C.M. 3274/03.



Il modello geofisico del sottosuolo ricavato (variazione delle onde di taglio  $V_s$  con la profondità) ha permesso di calcolare il periodo proprio (T) mediante l'utilizzo della seguente formula:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dei depositi presenti nell'area compreso tra 0,121 s e 0,274 s. Utilizzando la scheda relativa alla litologia ghiaiosa (Allegato 5 della D.G.R. n. 8/1566 del 22.12.2005), facendo riferimento alla curva 3 (blu) e inserendo nell'abaco i periodi T ricavati, il fattore di amplificazione risulta  $F_a = 1.24 \div 1.38$  nell'intervallo 0.1-0.5 s e  $F_a = 1.03 \div 1.13$  nell'intervallo 0.5-1.5 s.

Questi valori di  $F_a$  devono essere confrontati con il valore soglia indicato dalla Regione per il Comune di Sale Marasino per la categoria di suolo B-C-E.

Intervallo di periodo (T) 0.1-0.5 s		Intervallo di periodo (T) 0.5-1.5 s	
Fa abaco	Soglia norma	Fa abaco	Soglia norma
1.0 ÷ 1.28	1.4 ±0.1	1.0 ÷ 1.06	1.7±0.1

Il confronto mostra come entrambi i valori di soglia forniti dalla Regione, siano superiori ai valori di  $F_a$  ottenuti dall'abaco.

La procedura semiquantitativa di 2° livello evidenzia che per tutti gli scenari identificati nel territorio in esame la possibile amplificazione sismica risulta inferiore ai valori soglia forniti dalla Regione Lombardia e dalla normativa nazionale e che quindi l'applicazione dello spettro previsto dalla normativa (D.M. 14.01.2008) risulta sufficiente a tenere i reali effetti di amplificazione litologica.

Sulla CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO (Tav. 6) saranno riportate solamente le aree per le quali è previsto il terzo livello di approfondimento in fase progettuale, cioè le aree classificate "Zona caratterizzata da terreni di fondazione granulari fini saturi"

## **7. RACCORDO CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA**

La Delibera di Giunta riportante i “Criteri per la redazione della componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T.” prevede che lo Studio Geologico comunale recepisca quanto riportato negli strumenti di pianificazione sovracomunale esistenti in materia di rischio idrogeologico, consentendone anche la modifica.

### **7.1. PIANO STRALCIO PER L’ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL BACINO DEL FIUME PO (PAI)**

Il comune di Sale Marasino, compreso nell’elenco dei comuni riportato nella d.g.r. 11 dicembre 2001, ha avviato ma non ha concluso l’iter di cui all’art. 18 delle N.d.A. del PAI (Tabella 2, Allegato 13 alla D.G.R. 28 maggio 2008 n. 8/7374).

Sulla Tavola 5 - CARTA DEI VINCOLI sono riportati i dissesti secondo la legenda unificata del PAI, mentre sulla Tavola 7 Carta dei dissesti con legenda uniformata PAI, sono stati riportati sia i dissesti indicati sulla tavola 5, sia i dissesti individuati con il presente Studio e che riguardano principalmente aree in dissesto marginali al territorio comunale ed in particolare non interessano l’abitato. Pertanto tale Carta dovrà essere sottoposta all’approvazione degli organi competenti.

### **7.2. PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO DELLA PROVINCIA DI BRESCIA**

Per quanto riguarda il PTCP l’analisi delle Tavole di interesse geologico-ambientale ad esso allegate consente di effettuare le seguenti considerazioni.

#### Tavola Ambiente e Rischi - Carta Inventario dei dissesti

I dissesti riportati sulla tavola del P.T.C.P. sono stati meglio definiti e integrati sulla CARTA GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA DI DETTAGLIO (tavola 2)

## 8. CARTA DEI VINCOLI

Su questa carta sono state riportate le limitazioni d'uso del territorio di carattere prettamente geologico derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore.

VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO AI SENSI DELLA L. 183/89

Quadro del dissesto derivante dall'aggiornamento ai sensi dell'art. 18 delle N.d.A. del PAI:

FRANE

- Area di frana attiva (Fa)
- Area di frana quiescente (Fq)
- Area di frana stabilizzata (Fs)
- Area di frana attiva non perimetrata (Fa)

ESONDAZIONI E DISSESTI MORFOLOGICI A CARATTERE TORRENTIZIO

- Aree allagate in passato da corsi d'acqua minori;
- Aree interessate da scorrimento superficiale e trasporto di materiale solido in occasione di forti precipitazioni.

TRASPORTO DI MASSA SUI CONOIDI

- Area di conoide non recentemente riattivatosi o completamente protetta (Cn)
- Area di conoide attivo parzialmente protetta (Cp)
- Area di conoide attivo non protetta (Ca)

AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI A SCOPO IDROPOTABILE

Zona di tutela assoluta e Zona di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile.

Le aree sono state individuate secondo le disposizioni contenute nel D.L.vo. 3 aprile 2006, n.152 (art. 94). La zona di rispetto delle sorgenti ha un'estensione di almeno 200 metri di raggio rispetto al punto di captazione.

Le attività consentite e vietate all'interno delle zona di rispetto sono normate da:

- D.g.r. 10 aprile 2003 n. 7/12693 "Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto..."
- D.Lgs. n. 152 del 3 Aprile 2006 – Norme in materia ambientale – Art. 94 "Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano".

VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA

Fasce di rispetto dei corsi d'acqua.

Sono riportate le fasce di rispetto dei corsi d'acqua tratte dallo "Studio per la determinazione del reticolo idrico minore", redatto dagli scriventi (febbraio 2004).

## 9. CARTA DI SINTESI

Sulla CARTA di SINTESI sono rappresentati gli elementi di fragilità individuati sul territorio.

Sono cartografate quindi tutte quelle situazioni areali o puntuali che sono caratterizzate da fragilità riferita alle diverse componenti ambientali (suolo, sottosuolo, acque superficiali e sotterranee) e che di conseguenza possono comportare delle limitazioni nell'uso del territorio, limitazioni delle quali è necessario tener conto nella stesura del Piano di Governo del Territorio.

Di seguito vengono descritti ed analizzati tali ambiti:

### AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITÀ DEI VERSANTI

Sono state riportate le frane attive e quelle quiescenti, nonché le aree interessate da franosità superficiale diffusa, censite sulla Carta geomorfologica.

### AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

Sono state cartografate le zone di tutela assoluta e di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile, previste dal D.LGS. 258/2000.

### AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

Sono state riportate le aree potenzialmente allagabili ubicate lungo la rete idrografica.

Sono inoltre riportate le aree interessate da scorrimento superficiale e trasporto di materiale solido in occasione di forti precipitazioni cartografate.

### AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Nella fascia costiera è stata indicata un'area caratterizzata da depositi prevalentemente limoso-sabbiosi, in falda con caratteristiche geotecniche scadenti.

La delimitazione dell'area è tuttavia indicativa, data la scarsità dei dati a disposizione.

Inoltre, sono da considerarsi le aree soggette a ristagno d'acqua per la presenza di terreni medio-fini in superficie, così come indicato in tavola 2.

## 10. DESCRIZIONE DELLE CLASSI DI FATTIBILITÀ E NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE

Lo studio geologico, allegato al PGT, ha evidenziato la presenza nel territorio di Sale Marasino, di aree a differente sensibilità nei confronti delle problematiche geologiche, geomorfologiche, sismiche e idrogeologiche.

Queste aree, sulla base delle limitazioni di tipo geologico in esse riscontrate, sono state suddivise in quattro classi e sono state individuate nella CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO (TAVOLA 6 dello studio geologico).

All'interno di ciascuna classe sono presenti differenti situazioni (sottoclassi) che sono state distinte sulla carta in base al tipo di controindicazione o di limitazione alla modifica della destinazione d'uso. Laddove si verifica una sovrapposizione di due o più classi o sottoclassi, questa è indicata in carta.

La descrizione delle classi, per maggiore chiarezza espositiva, è effettuata a partire dalla classe che presenta maggiori limitazioni.

### • ZONE IN CLASSE 4 - FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI

Questa classe comprende aree nelle quali sono state riscontrate gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso del territorio.

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso dell'area. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a) b) c) della l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

Si dovranno inoltre fornire indicazioni in merito alle opere di sistemazione idrogeologica e, per i nuclei abitati esistenti, quando non sarà strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile ed inoltre dovrà essere valutata la necessità di predisporre sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto.

Eventuali opere pubbliche e di interesse pubblico che non prevedano la presenza continuativa e temporanea di persone, dovranno essere valutate puntualmente. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

ZONE IN CLASSE 4A: in questa classe ricadono le aree dove la coltre colluviale e/o morenica si trova in una situazione di equilibrio limite o localmente instabile, a causa di

fenomeni di ruscellamento od erosione regressiva all'interno delle fasce in erosione dei principali corsi d'acqua e dei lori tributari.

Ricadono in questa classe anche le aree di pertinenza dei corsi d'acqua e le aree con alta probabilità di essere interessate da fenomeni di trasporto in massa e/o di trasporto solido lungo il fondo valle dei torrenti Vigolo e Portazzolo; le uniche opere ammesse sono quelle di sistemazione idrogeologica ed i lavori di manutenzione dell'alveo (ad esempio: la pulizia, ecc.); eventuali opere di attraversamento dei corsi d'acqua dovranno essere attentamente valutate e dimensionate sulla base di studi idraulici ed idrogeologici atti a individuare situazioni di rischio di vario tipo e a definire i valori di trasporto solido e liquido e di colata dei corsi d'acqua stessi.

All'interno delle aree così delimitate si applica la normativa prevista dal PAI per le aree Ee, Eb e Ca, Cp (art. 9, comma 5, 6, e 7, 8 delle N.t.A. del PAI).

Nelle aree Ee e Ca sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) della l.r. 12/05;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico 16 Autorità di bacino del fiume Po la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;
- l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità

competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

Nelle aree Eb e Cp, oltre agli interventi di cui al precedente comma 5, sono consentiti:

- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) della l.r. 12/05, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue;
- il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quando esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi di completamento sono subordinati a uno studio di compatibilità con il presente Piano validato dall'Autorità di bacino, anche sulla base di quanto previsto all'art. 19 bis.

**ZONE IN CLASSE 4B:** in questa classe ricadono le aree di frana attive (Fa) e quiescenti (Fq) presenti al di fuori delle zone 4A; sono comprese inoltre le aree impostate sui litotipi dolomitici e calcareo dolomitici. Qui l'elevata acclività e la naturale fratturazione della roccia, rendono queste zone a rischio di frane per crollo e per ribaltamento di materiale lapideo anche dalle coperture quaternarie. Le uniche opere ammesse sono quelle di consolidamento e di stabilizzazione delle aree instabili nonché quelle di protezione delle opere esistenti.

All'interno delle aree così delimitate si applica la normativa prevista dal PAI per le aree Fa ed Fq (art. 9, comma 2 e 3 delle N.t.A. del PAI).

Sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria, di restauro e risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a) b) c) della l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo.
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e di volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;
- le opere di bonifica, di sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi;

- le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue e l'ampliamento di quelli esistenti, previo studio di compatibilità dell'opera con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente; sono comunque escluse la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22. E' consentito l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi dello stesso D.Lgs. 22/1997 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 del D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

ZONE IN CLASSE 4C: in questa classe ricadono le - *Fascia di rispetto dei corsi d'acqua ad alto grado di tutela*: vengono recepite le fasce di rispetto individuate per il reticolo idrico minore (*Reticolo Idrico Minore* - De Pascalis Giubbini, 2004). Al loro interno si applica il Regolamento di Polizia Idraulica allegato allo studio citato. Si precisa che le distanze dall'argine dal corso d'acqua, così come indicato nelle Norme Tecniche del RIM, sono da verificare in sito.

Ricadono infine nella classe di fattibilità 4 le zone di tutela assoluta di opere di captazione ad uso idropotabile che dovranno essere tutelate secondo le prescrizioni contenute al D.Lvo 3 aprile 2006 n. 152 (art. 94) di cui si allega un estratto:

*“la zona di tutela assoluta è adibita esclusivamente ad opere di presa ed a costruzioni di servizio; deve essere recintata e provvista di canalizzazione per le acque meteoriche e deve avere un'estensione di raggio non inferiore a 10 metri, ove possibile.*

*L'estensione di tale zona è adeguatamente ampliata in relazione alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa”.*



**• ZONE IN CLASSE 3 - FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI**

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni per l'entità e la natura dei rischi individuati nell'area di studio o nell'immediato intorno.

L'utilizzo di queste zone sarà pertanto subordinato alla realizzazione di supplementi di indagine per acquisire una migliore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno, mediante campagne geognostiche, prove in sito e in laboratorio, nonché mediante studi specifici di varia natura (idrogeologici, idraulici, ambientali, pedologici). Ciò dovrà consentire di precisare le idonee destinazioni d'uso, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune, nonché le opere di sistemazione e bonifica. Per l'edificato esistente dovranno essere fornite indicazioni in merito alle indagini da eseguire per la progettazione e realizzazione delle opere di difesa, sistemazione idrogeologica e degli eventuali interventi di mitigazione degli effetti negativi indotti dall'edificato. Potranno inoltre essere predisposti idonei sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto o indotti dall'intervento.

**ZONE IN CLASSE 3A:** in questa classe ricadono aree a rischio idrogeologico dove la realizzazione di eventuali opere è vincolata ad una analisi idrogeologica che determini le caratteristiche morfometriche del bacino e della conoide secondo le indicazioni contenute nell'allegato 4 dalla D.G.R. del 28 Maggio 2008 - N. 8/7374 che porteranno alla delimitazione di aree a pericolosità omogenea che stimi inoltre i valori di portata di piena al colmo nel punto interessato dall'opera, per piene con tempi di ritorno 50, 100 e 200 anni.

Verranno valutate le portate solido-liquide conseguenti e la possibilità che si verifichino fenomeni di colata, la loro consistenza e se possibile il loro punto di arresto. Verrà infine indicata la compatibilità tra tali portate e le caratteristiche geometriche dell'alveo e delle opere di difesa presenti nonché delle opere in progetto, proponendo eventuali interventi di mitigazione del rischio.

Ricadono nella zona 3A anche alcune aree interessate dall'oscillazione del livello del Lago d'Iseo; in queste fasce verranno indicate le soluzioni progettuali più idonee a minimizzare i rischi di danneggiamento delle opere in via di realizzazione.

**ZONE IN CLASSE 3B:** l'elevata acclività, la presenza di coperture moreniche o colluviali e/o la vicinanza di terrazzamenti fluviali anche di notevole altezza, rendono necessaria l'esecuzione di prove geotecniche e/o di analisi strutturali sull'ammasso roccioso; si dovranno inoltre definire gli spessori delle coperture e l'eventuale presenza d'acqua al loro interno e al contatto con il substrato roccioso laddove presente. L'acquisizione di

questi dati servirà ad effettuare analisi di stabilità lungo il pendio o in corrispondenza dei terrazzamenti, e a proporre le migliori soluzioni per la stabilizzazione degli stessi sia durante i lavori che dopo la loro conclusione.

Tale analisi dovrà inoltre definire la presenza di eventuali aree instabili o potenzialmente instabili a monte delle opere in via di realizzazione.

**ZONA IN CLASSE 3C:** Aree di salvaguardia di opere di captazione ad uso idropotabile che dovranno essere tutelate secondo le prescrizioni contenute al D.L.vo. 3 aprile 2006, n.152 (art. 94)

In questa classe ricadono le zone di rispetto di sorgenti e pozzi per acque deputate al consumo umano (area circolare delimitata in carta da tratteggio rosso) dove, oltre alle prescrizioni previste per le classi 3, si dovranno seguire le "direttive per la disciplina delle attività all'interno delle zone di rispetto" contenute nel citato decreto e secondo l'allegato 1 della D.G.R. 10.04.2003 n. 7/12693 (punto 3: disciplina delle zone di rispetto):

le zone di rispetto sono delimitate in relazione alle risorse idriche da tutelare e comunque devono avere, utilizzando il criterio geometrico, un'estensione di raggio non inferiore a 200 metri rispetto al punto di captazione. Tale estensione può essere ridotta in relazione alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa.

L'attuazione degli interventi o delle attività elencate all'art.94 comma 5 del citato Decreto Legislativo (tra le quali edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione, fognature, opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio) entro le zone di rispetto, è subordinata all'applicazione delle *Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle zone di rispetto*, contenute nella D.G.R. 10 aprile 2003 n.7/12693, di cui si allega un estratto:

*"Nelle zone di rispetto sono vietate le seguenti attività o destinazioni*

- dispersione ovvero immissione in fossi non impermeabilizzati, di reflui, fanghi e liquami anche se depurati;*
- accumulo di concimi organici;*
- dispersione nel sottosuolo di acque bianche provenienti da piazzali e strade;*
- aree cimiteriali;*
- spargimento di pesticidi e fertilizzanti;*
- apertura di cave e pozzi;*
- discariche di qualsiasi tipo, anche se controllate;*
- stoccaggio di rifiuti, reflui, prodotti, sostanze chimiche pericolose, sostanze radioattive;*
- centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;*
- impianti di trattamento di rifiuti;*
- pascolo e stazzo di bestiame;*
- è vietato l'insediamento di fognature e pozzi perdenti; per quelle esistenti si adottano, dove possibile, le misure per il loro allontanamento."*

## • CLASSE 2: FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI

In questa classe ricadono aree dove sono state rilevate puntuali o ridotte condizioni limitative alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni per la presenza di limitata acclività dei versanti, di spessori discontinui delle coltri superficiali moreniche e/o colluviali e per la possibile presenza, a monte delle opere, di fasce di instabilità ad elevata acclività o per la residua possibilità di rischio idrogeologico dovuta a modesti flussi residui.

In questa classe ricadono le aree nelle quali è stato riscontrato un limitato rischio idrogeologico per il possibile passaggio di flussi residui sui conoidi dei torrenti Vigolo e Portazzolo.

Nuova edificazione: per le aree ubicate in corrispondenza dei conoidi dei corsi d'acqua maggiori, la relazione redatta dal professionista incaricato dovrà contenere una analisi storica dei fenomeni alluvionali verificatisi nel passato o anche di semplici fenomeni di flussi idrici non catastrofici sulla parte di conoide interessata dall'opera ed in un suo intorno significativo. Lo studio dovrà verificare lo stato di manutenzione delle opere idrauliche presenti sull'asta torrentizia nel tratto di conoide a monte dell'opera, la loro funzionalità, la presenza in alveo di vegetazione e/o di materiale trasportato ed eventualmente in grado di essere rimosso od in grado di creare fenomeni di tappo. Laddove non siano presenti opere di difesa si verifichi la presenza di sponde in erosione. Si individui quindi la presenza, lungo l'alveo, di eventuali sezioni critiche come ponti, restringimenti curve, ecc.

Si verifichi infine la presenza di eventuali intubamenti di corsi d'acqua minori o di canali di raccolta delle acque meteoriche drenate, ad esempio lungo il versante a monte, il loro dimensionamento ed il loro stato di manutenzione. Si individuino eventuali percorsi preferenziali delle acque piovane (con eventuale trasporto di materiale) incanalate in superficie durante violenti eventi meteorici e si indichino le migliori soluzioni per minimizzare gli effetti negativi.

Inoltre, per la realizzazione di nuovi fabbricati e per tutte le opere che prevedano l'esecuzione di sterri e rilevati, per tutte le opere che, all'interno del centro abitato, pregiudichino la stabilità degli edifici limitrofi, si rendono necessari approfondimenti per la definizione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione; si indichi l'eventuale presenza della falda idrica sotterranea e la sua influenza sulle caratteristiche dei terreni. La relazione dovrà infine indicare le migliori soluzioni progettuali per rendere compatibili i carichi previsti con le caratteristiche geotecniche dei terreni, per la messa in sicurezza sia dei cantieri che delle opere una volta terminate e per quelle presenti nel loro intorno.

Ampliamento di edifici esistenti: sono ammessi, senza verifiche integrative inerenti le condizioni di rischio geologico, interventi che comportino ampliamento di fabbricati

esistenti fino ad un incremento di superficie pari al 20% dell'esistente. Qualora l'incremento di superficie superi il 20% dell'esistente, valgono le prescrizioni formulate per le nuove edificazioni.

Sono ammessi, senza verifiche integrative inerenti le condizioni di rischio geologico, interventi che comportino il recupero di sottotetti senza innalzamento dell'altezza del fabbricato.

Recupero del patrimonio edilizio esistente: sono ammessi, senza verifiche integrative di tipo geologico, gli interventi di cui alle lettere a), b), c), d) dell'art. 27 della L.R. 12/05. Per gli interventi e) dell'art. 27 della LR. 12/05 valgono le prescrizioni indicate per le nuove edificazioni.

Opere varie: per la realizzazione di opere di vario tipo (strade comunali, strade di accesso, opere di sistemazione idrogeologica dei versanti e dei corsi d'acqua e opere di interesse pubblico), valgono le prescrizioni formulate per le nuove edificazioni.

---

## PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Con l'OPCM n°3274 del 20 Marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" vengono individuate le nuove zone sismiche sul territorio nazionale. L'Ordinanza è in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, dal 23 ottobre 2005.

La Regione Lombardia con D.G.R. 7 novembre 2003 n.7/14964 recepisce, in via transitoria e fino a nuova determinazione, la classificazione contenuta nella OPCM n°3274 del 20 Marzo 2003.

Il Comune di Sale Marasino ricade in **Zona Sismica 3**.

Il 5 marzo 2008 è entrato in vigore il D.M. 14 gennaio 2008 contenente la nuova normativa tecnica associata alla classificazione sismica. Tale decreto sostituisce il precedente D.M. 14 settembre 2005, fatto salvo il periodo di monitoraggio di 18 mesi durante il quale si possono utilizzare per la progettazione sia le norme del D.M. 14 gennaio 2008, sia le norme previgenti. In tal caso per i comuni in zona 3, come Sale Marasino, si possono usare le specifiche di "sismicità bassa" (S=6).

Fanno eccezione le nuove progettazioni degli interventi relativi agli edifici e alle opere infrastrutturali di cui al decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile 21 ottobre 2003, per le quali si applicano da subito le norme del D.M. 14 gennaio 2008.

La metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, contenuta nell'Allegato 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008, prevede tre livelli di approfondimento in funzione della zona sismica di appartenenza e degli scenari di pericolosità sismica individuati sul territorio.

La procedura ha evidenziato che, per gli scenari identificati nel territorio di Sale Marasino, la possibile amplificazione sismica, risulta contenuta e che quindi l'applicazione dello spettro previsto dalla normativa (D.M. 14 gennaio 2008) risulta sufficiente a tenere in considerazione i reali effetti di amplificazione litologica.

L'analisi della sismicità del territorio ha individuato le aree per le quali si rende necessario un approfondimento delle conoscenze di tipo sismico (3° livello di analisi – All. 5 della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008) che sono costituite dalle aree caratterizzate da terreni di fondazione granulari fini saturi.

## PROCEDURE PER L'APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA GEOLOGICA

1. Si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi di fattibilità 3 e 4 (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa.
2. Copia della relazione geologica deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani Attuativi (l.r. 12/2005, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/2005, art. 38).
3. Si sottolinea che gli approfondimenti di cui sopra non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste nel testo unico sulle costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni").
4. In osservanza ai contenuti di cui allo studio geologico allegato al PGT, il piano individua, quali ambiti non soggetti a trasformazione urbanistica, gli ambiti territoriali aventi grado di fattibilità geologica per le azioni di piano 4 "Fattibilità con gravi limitazioni".

Brescia – MARZO 2010

CONSULENTI COMPONENTE GEOLOGICA:

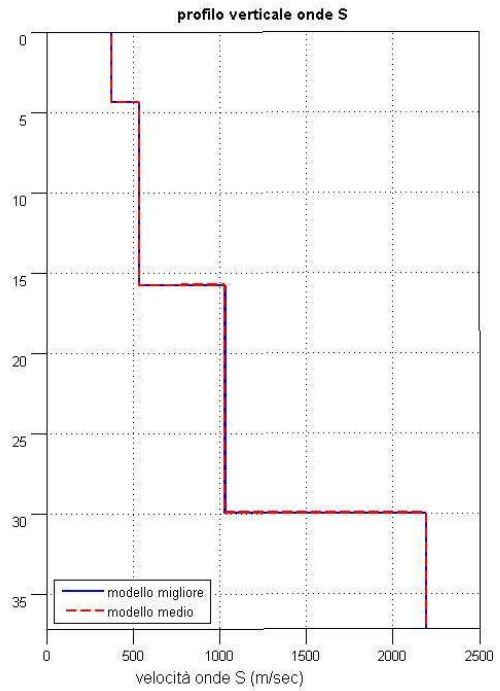
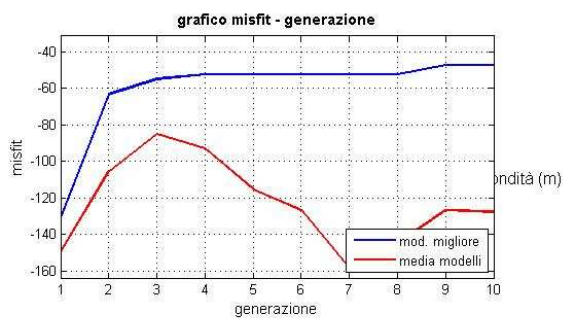
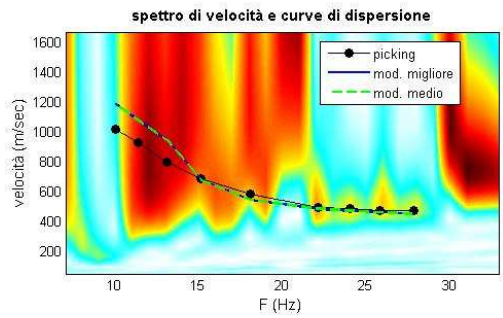
Dott. Angelo DE PASCALIS (geologo)

Dott. Pietro GIUBBINI (geologo)

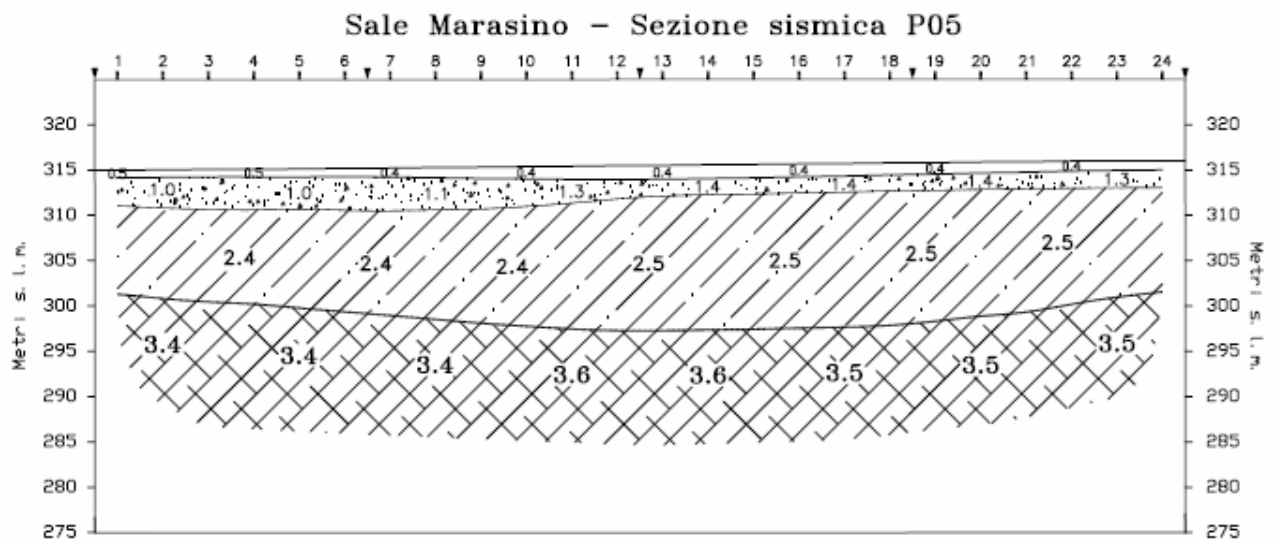


## ALLEGATI RIFERITI ALLA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

## SEZIONE SISMICA 1

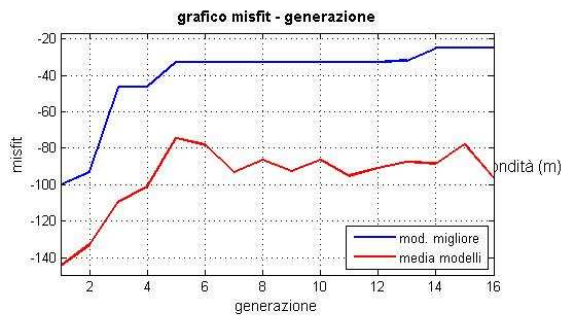
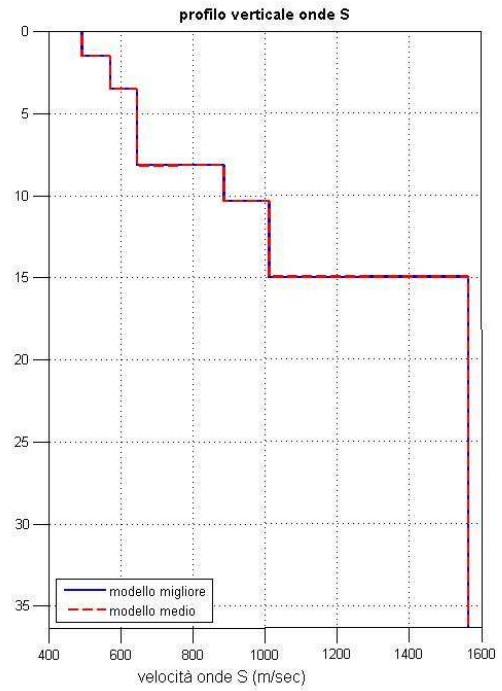
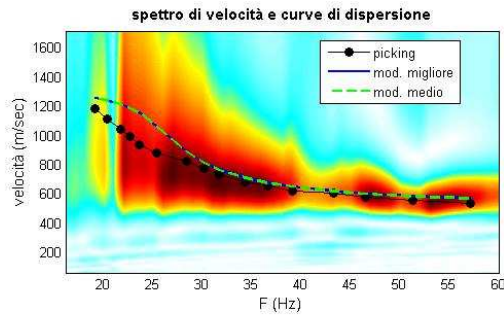


dataset: 5b.SGY  
 curva di dispersione: pick.cdp  
 modello migliore VS30: 640 m/sec  
 modello medio VS30: 640 m/sec

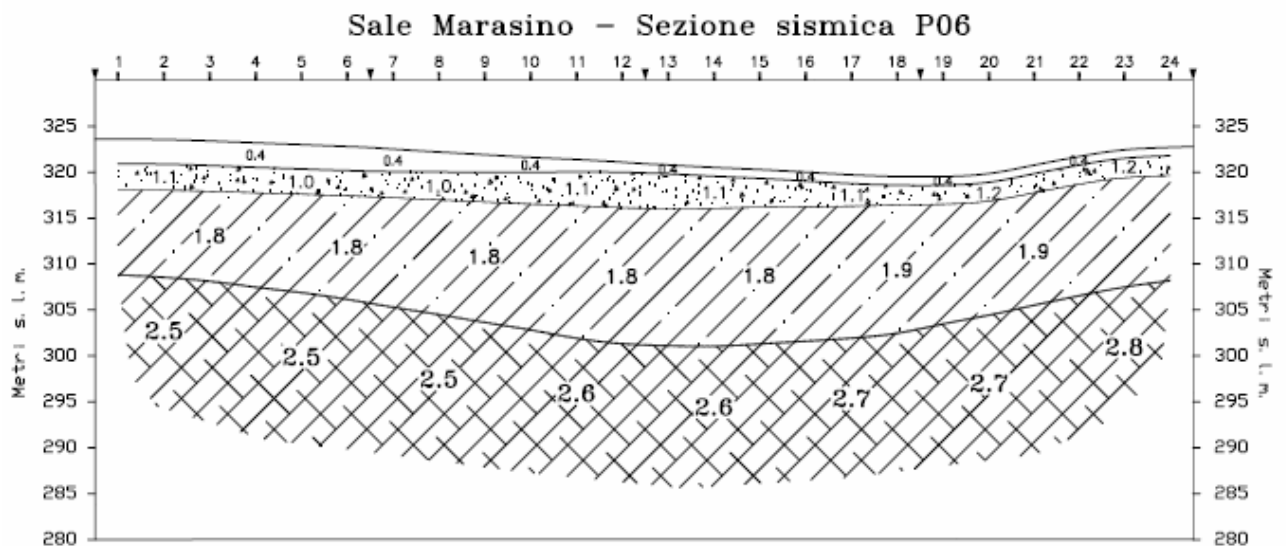




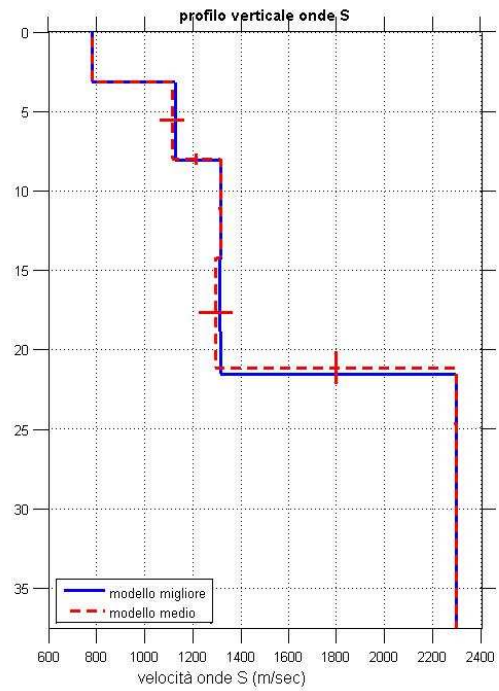
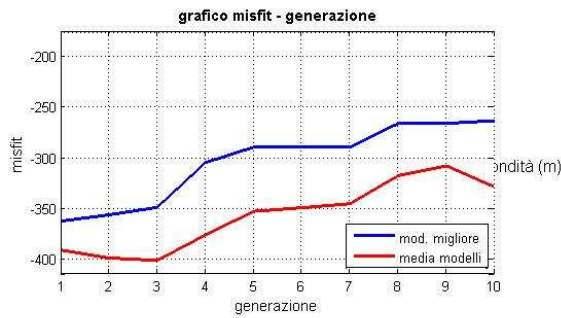
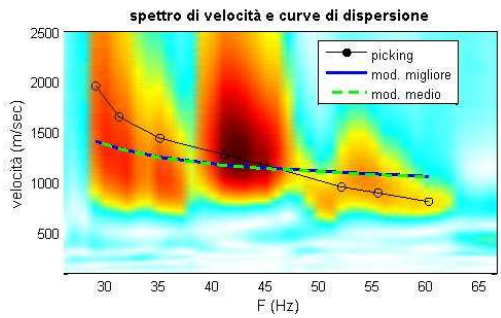
## SEZIONE SISMICA 2



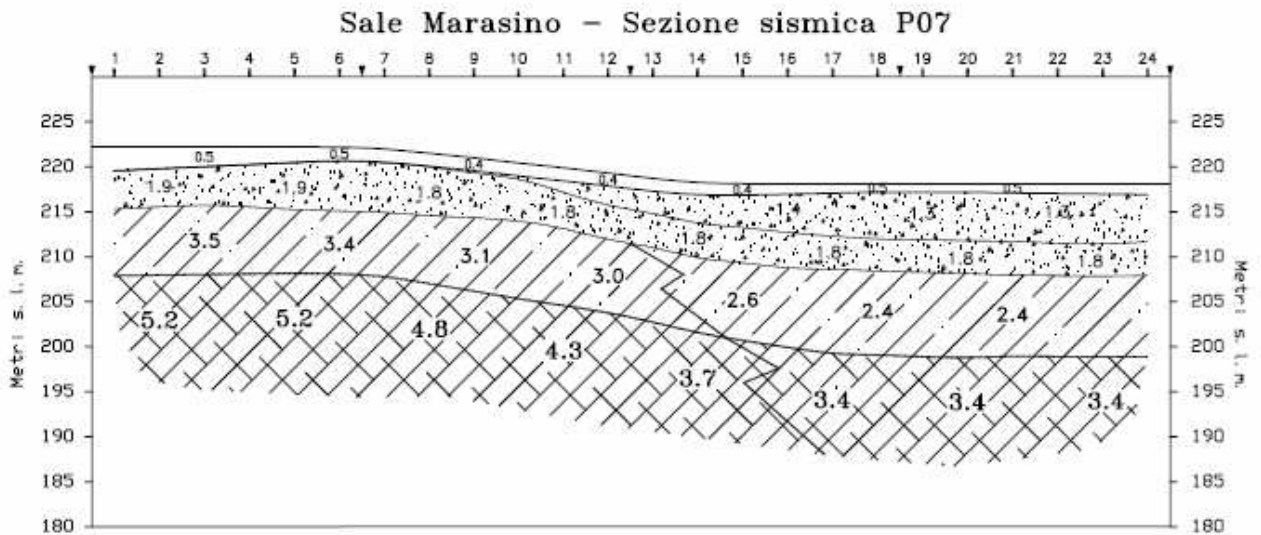
dataset: -10A.SGY  
 curva di dispersione: pick.cdp  
 modello migliore VS30: 985 m/sec  
 modello medio VS30: 985 m/sec



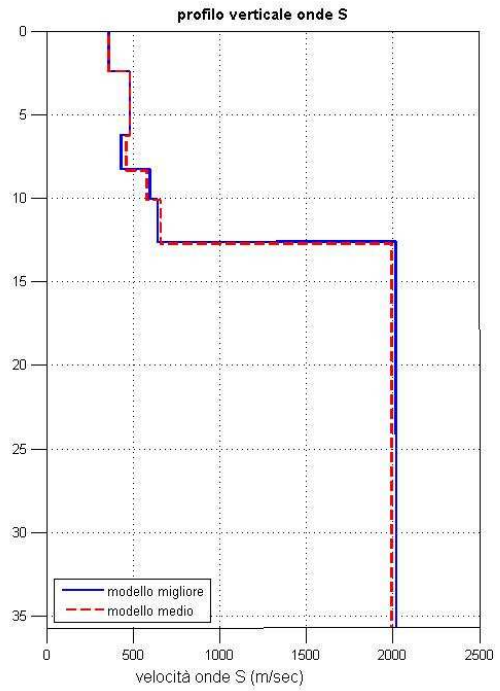
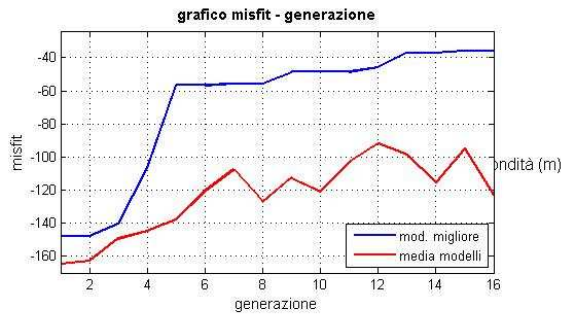
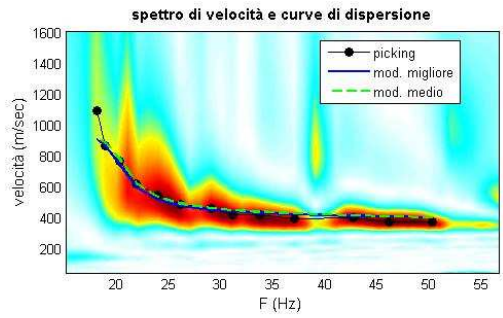
### SEZIONE SISMICA 3



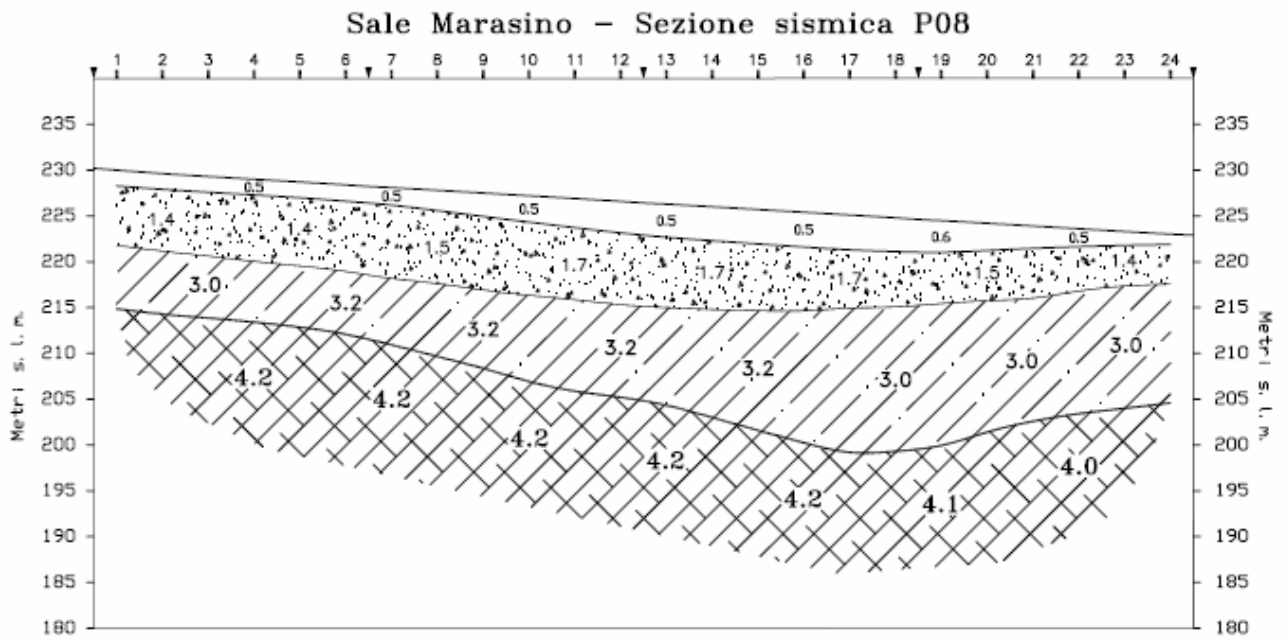
dataset: -10b.SGY  
curva di dispersione: pick.cdp  
modello migliore VS30: 1341 m/sec  
modello medio VS30: 1341 m/sec



## SEZIONE SISMICA 4



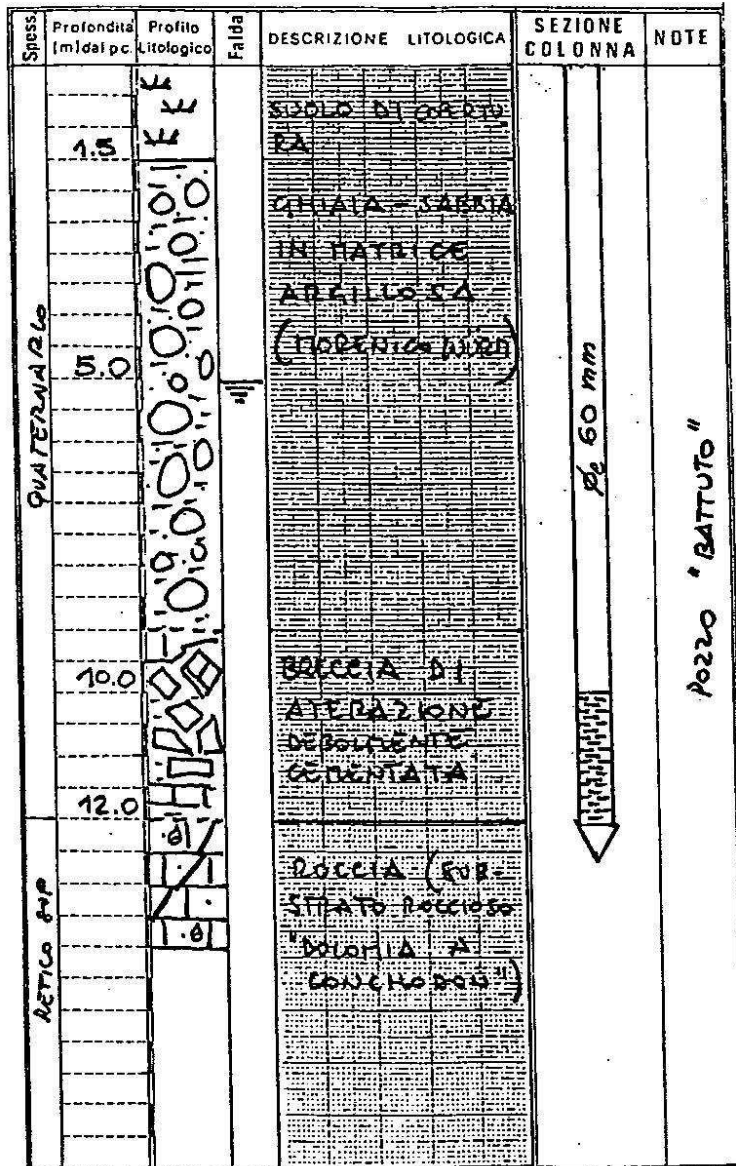
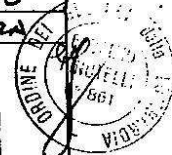
dataset: -5a.sgy  
 curva di dispersione: pick.odp  
 modello migliore VS30: 855 m/sec  
 modello medio VS30: 856 m/sec



## STRATIGRAFIE DI ALCUNI POZZI PRESENTI SUL TERRITORIO IN ESAME

P1

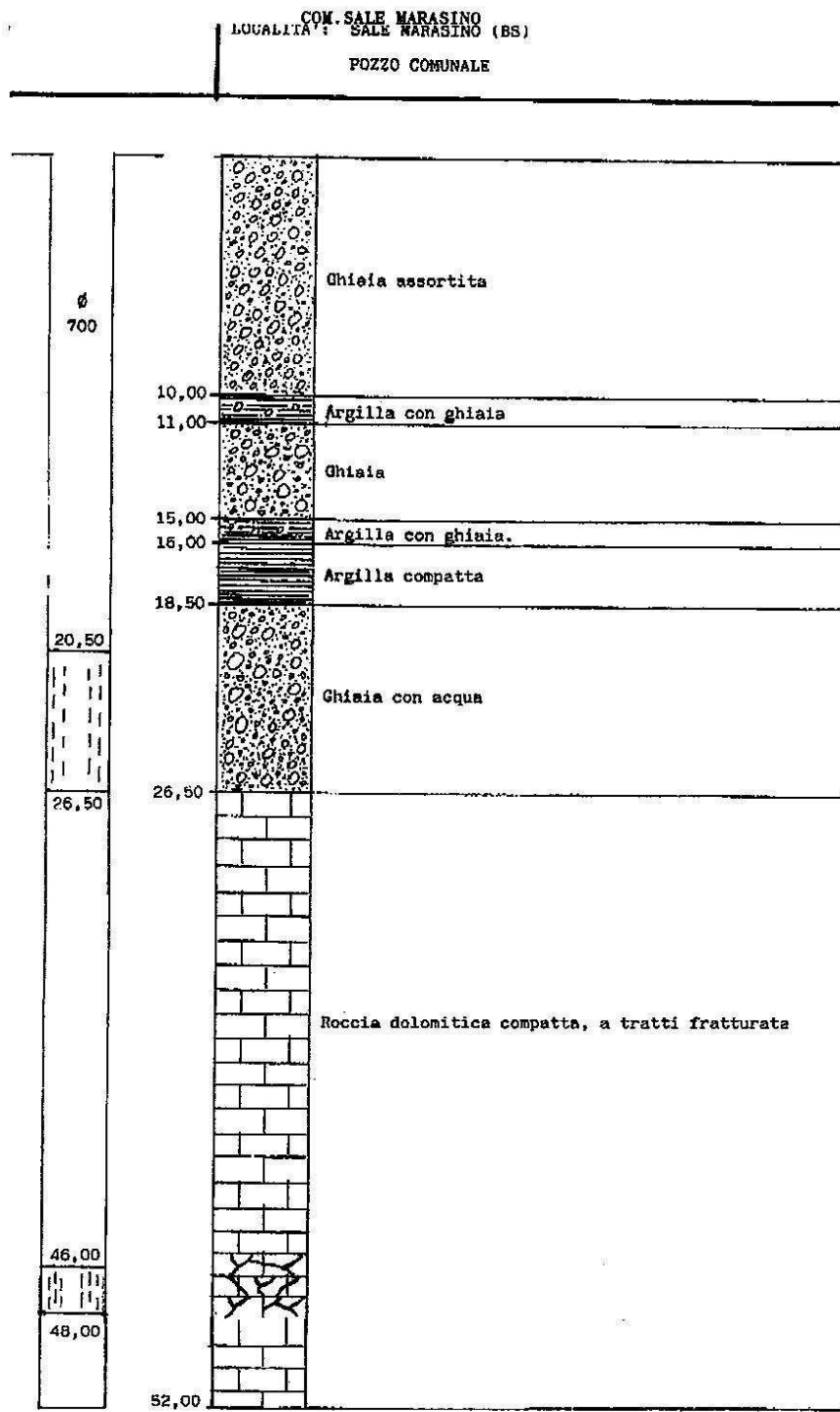
COMMITTENTE :	SONDAGGIO (PRESUNTO)*
CANTIERE: COMUNE di SALE MARASINO	DATA: 1960
TIPOLOGIA: POZZO "HOTTA"	FALDA IDRICA: LIBERA



\* NOTA: STRATIGRAFIA PRESUNTA RICOSTRUITA SU  
BASI LITOLOGICHE - IDROGEOLOGICHE

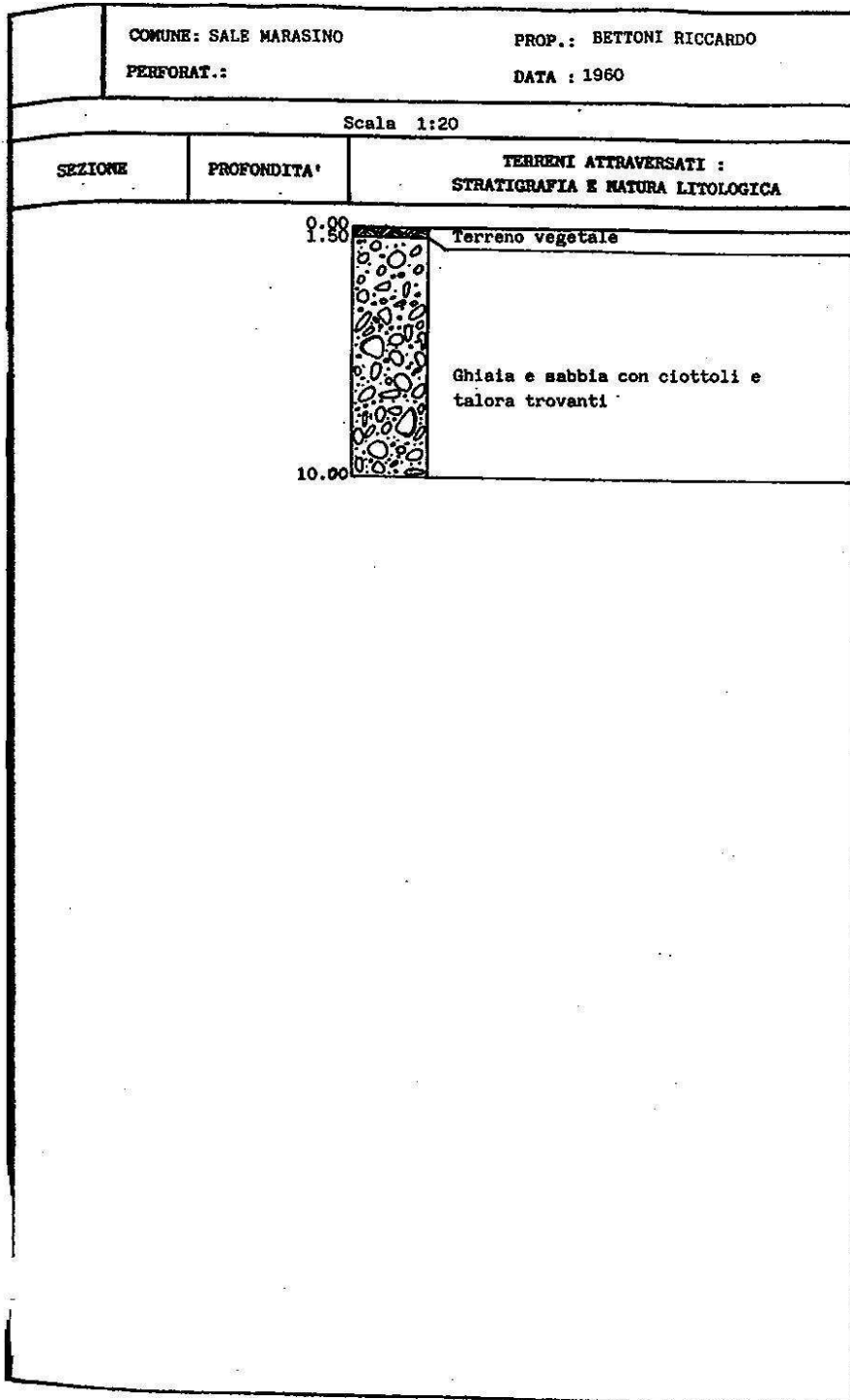
8 MAR 1961 IL GEOLOGO RELATORE Giulio Pellis

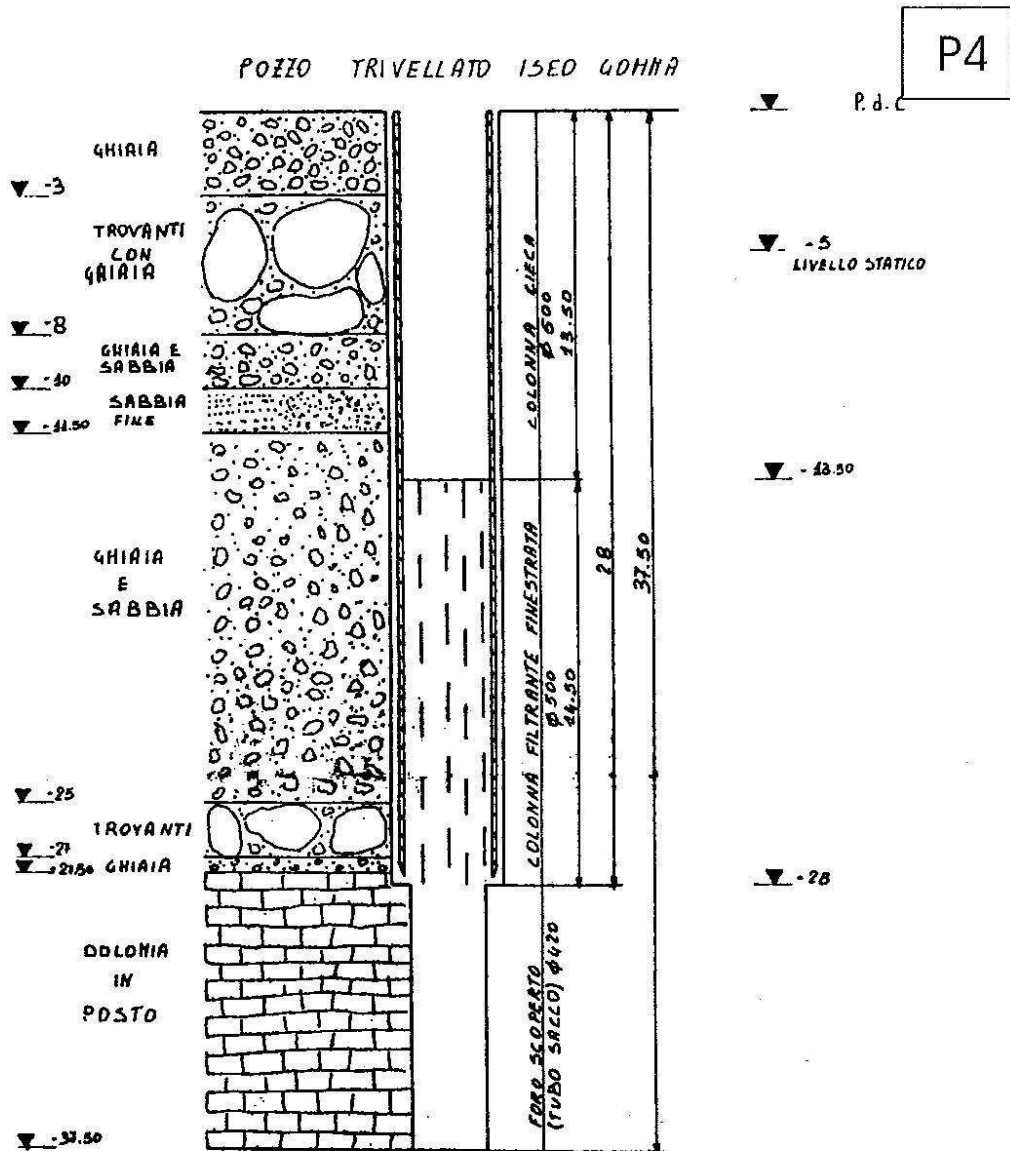
P2



COLONNA CIECA: m 44,00  
 COLONNA FINESTRATA: m 8,00  
 LIVELLO STATICO: m 12,50  
 LIVELLO DINAMICO: m 29,00

P3

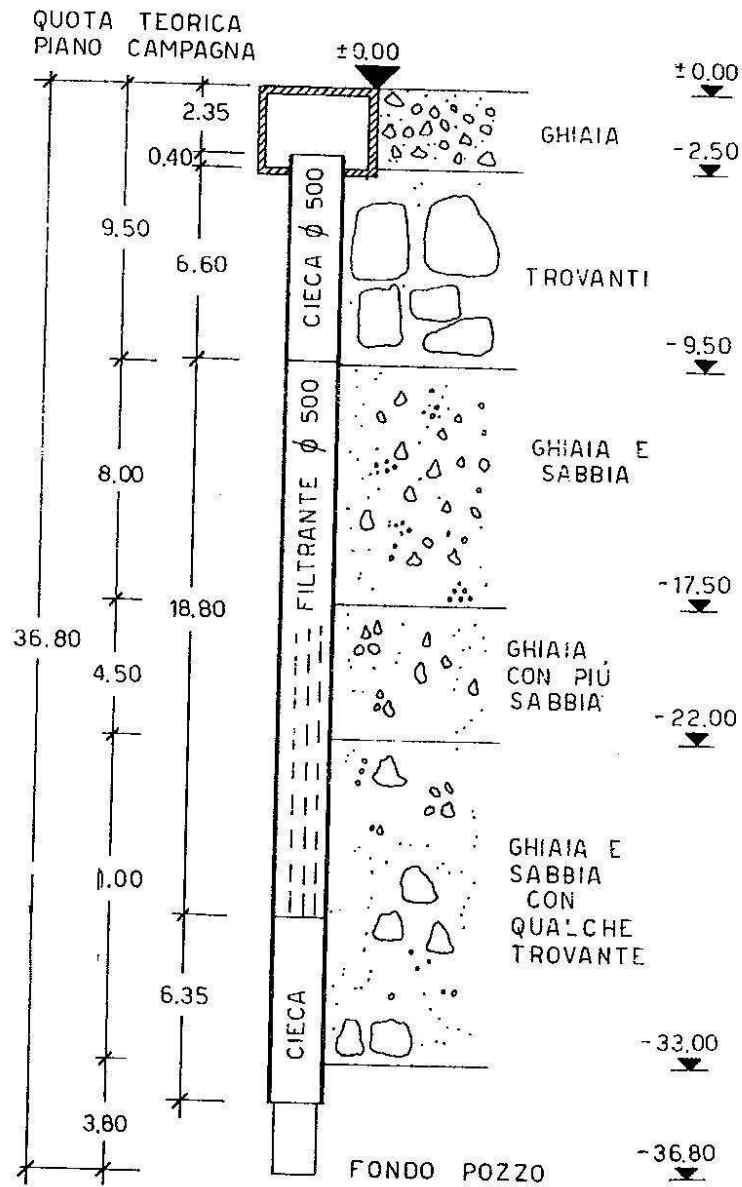




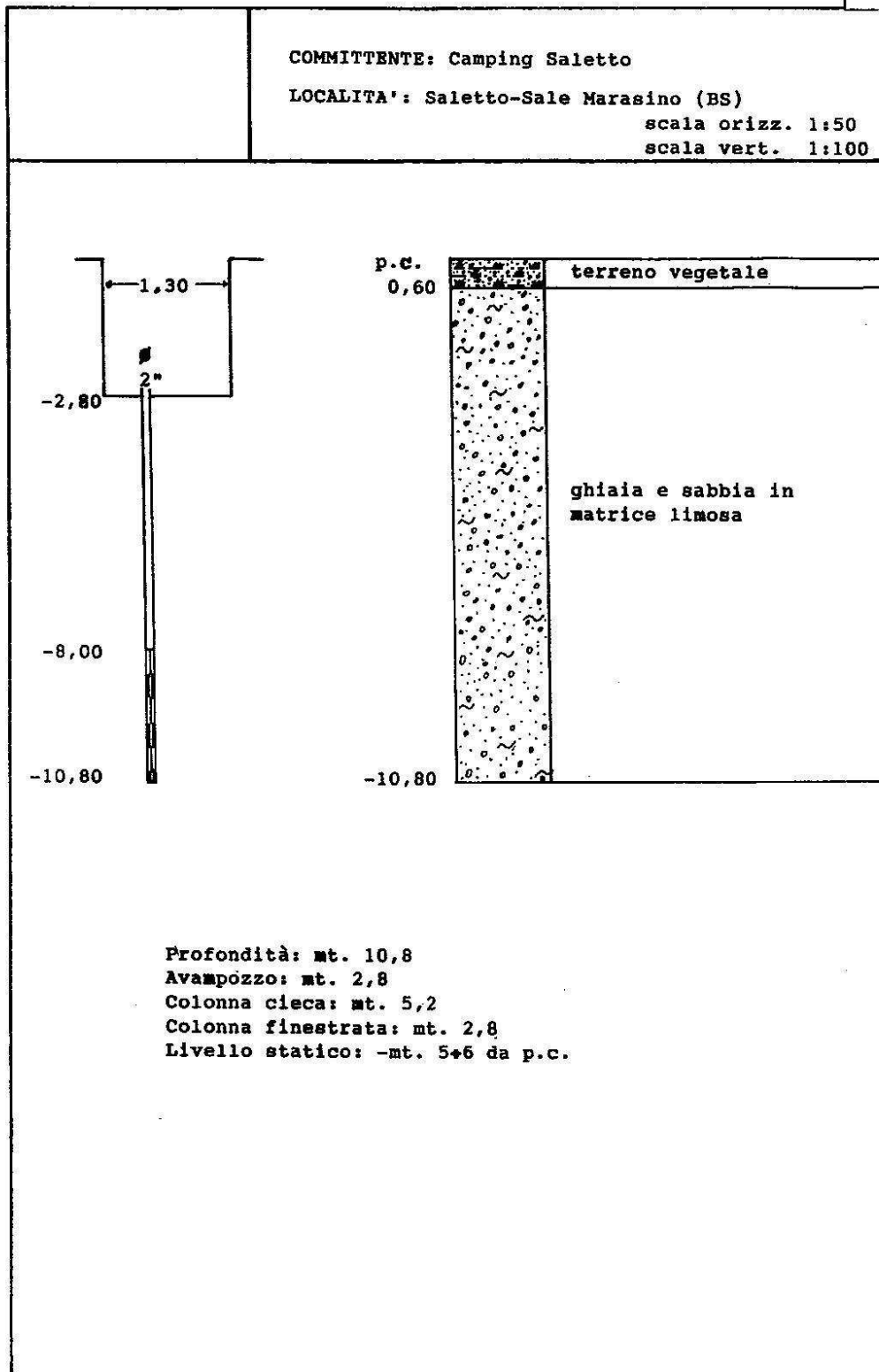


P5

### POZZO N° 2



P6












**COMUNE DI SALE MARASINO**  
**POZZO AD USO IRRIGUO PRESSO LA NUOVA R.S.A. IN LOCALITA' CONCHE**

DATA: 12.03.2008

LOCALITA': Sale Marasino

METODO PERFORAZIONE: rotoperкуSSIONE

COORDINATE GAUSS-BOAGA: X: 1.586.574 Y: 5.062.558

Prof. (m)		Descrizione	Livello Statico	Colonna
2.10		Terreno vegetale e ricarica eterogenea		
19.50		Ghiaia sabbiosa con ciottoli debolmente limosa		
20.80			20.80	
23.00		Dolomia compatta		
26.00		Dolomia leggermente fratturata		
35.50		Dolomia compatta		
36.00		Dolomia fratturata		
42.00		Dolomia compatta		
42.80		Dolomia fratturata		
45.00		Dolomia compatta		
				TUBO PVC Ø 140mm CIECO
				TUBO PVC Ø 140mm MICROFESSURATO

P 7