



COMUNE DI CASATENOVO

DENOMINAZIONE:

**STUDIO GEOLOGICO DEL TERRITORIO
COMUNALE DI CASATENOVO
ADEGUAMENTO ALLA D.G.R. 2616/2011**

COMMITTENTE: COMUNE DI CASATENOVO
PIAZZA DELLA REPUBBLICA 7 - 23880 CASATENOVO (LECCO)

DATA
APRILE 2013

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA

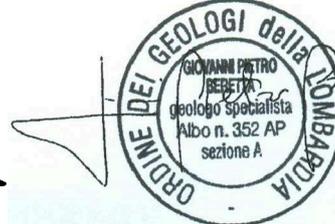
Modificata a seguito delle prescrizioni contenute nella nota della DG Territorio, Urbanistica e Difesa del Suolo
Pianificazione e Programmazione Interventi per l'Assetto Idrogeologico della Regione Lombardia
Prot. Comunale 12148 del 29/05/2013

FIRMA DEI COMMITTENTI:

FIRMA DEI PROGETTISTI:



**NESPOLI
MAURIZIO B.
n° 587**



**GIOVANNI PIETRO
BEBETTA
geologo specialista
Albo n. 352 AP
sezione A**



**ING
ADELLO PASCOLO
N. 4382**

INDICE

PREMESSA.....	5
PARTE 1 - RETICOLO IDROGRAFICO.....	6
1. INTRODUZIONE	6
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO (R.D. n.523/1904, D.G.R. n.7/7868 del 25.01.2002, D.G.R. n.8/8127 del 01.10.2008 e D.G.R. n. 2616/2011 del 15 Dicembre 2011)	7
2.1 Definizione del reticolo idrografico principale	7
2.2 Definizione del reticolo idrografico minore.....	8
3. ELEMENTI IDROGRAFICI PRINCIPALI	10
3.1 Struttura del reticolo idrografico.....	10
3.2 Principali corsi d'acqua presenti nel Comune di Casatenovo.....	11
3.2.1 Tavola 2 – Area Nord-Ovest.....	15
3.2.2 Tavola 3 – Area Nord-Est.....	16
3.2.3 Tavola 4 – Area centrale	16
3.2.4 Tavola 5 – Area centro-settentrionale	17
3.2.5 Tavola 6 – Area Centro-Orientale.....	19
3.2.6 Tavola 7 – Area Centro-Occidentale	20
3.2.7 Tavola 8 – Area centrale (sud)	20
3.2.8 Tavola 9 – Area Est-Sud-Est	21
3.2.9 Tavola 10 – Area Sud-Ovest	22
3.2.10 Tavola 11 – Area Sud-Est	22
4. DEFINIZIONE DEI PRINCIPALI BACINI IDROGRAFICI	24
4.1 Bacino idrografico Torrente Pegorino.....	24
4.1.1. Proprietà lineari.....	25
4.1.2. Proprietà areali	25
4.1.3. Tempo di corrivazione	25
4.1.4. Calcolo della portata per tempi di ritorno assegnati	26
4.1.4.1. Ricostruzione LSPP	26
4.1.4.2. Ietogramma.....	27
4.1.4.3. Idrogramma.....	29
4.2 Bacino idrografico Rio La Molgora	31
4.2.1. Proprietà lineari.....	32
4.2.2. Proprietà areali	32
4.2.3. Tempo di corrivazione	32
4.2.4. Calcolo della portata per tempi di ritorno assegnati	33
4.3 Bacino idrografico Torrente Molgorana	34

4.3.1. <i>Proprietà lineari</i>	35
4.3.2. <i>Proprietà areali</i>	35
4.3.3. <i>Tempo di corrivazione</i>	35
4.3.4. <i>Calcolo della portata per tempi di ritorno assegnati</i>	36
4.4 Verifica idraulica del tratto intubato del Torrente Molgorana presso la località Cascina Colombaro	37
4.4.1. <i>Calcolo della portata per tempi di ritorno assegnati</i>	38
4.4.2. <i>Calcolo della portata smaltibile dal tratto intubato Frazione Rogoredo (cascina Colombaro)</i>	40
4.4.3. <i>Valutazione del volume necessario per la laminazione della piena</i>	41
PARTE 2 - DISSESTO	44
5. FENOMENI ESOGENI E DI DISSESTO	44
5.1 La propensione al dissesto.....	45
5.2 Descrizione dei dissesti nell'area di studio	47
PARTE 3 - IDROGEOLOGIA.....	48
6. CARATTERI IDROGEOLOGICI DEL TERRITORIO COMUNALE	48
6.1 Ricostruzione della struttura idrogeologica.....	50
6.2 Sezioni illustrative della struttura idrogeologica.....	51
6.2.1 <i>Sezioni Nord-Sud</i>	52
6.2.2 <i>Sezioni Est-Ovest</i>	54
6.3 Andamento del flusso idrico sotterraneo	56
6.4 Oscillazioni del livello piezometrico	59
6.5 Qualità delle acque sotterranee.....	61
7. PARAMETRI IDROGEOLOGICI DEGLI ACQUIFERI	64
8. AREE DI SALVAGUARDIA DEI POZZI PER ACQUA FORNITA AL CONSUMO UMANO	65
8.1 Pozzi Ferrarini (VismaraTA)	67
8.1.1 <i>Zone di tutela assolute dei pozzi (ZTA)</i>	67
8.1.2 <i>Zone di Rispetto dei pozzi delimitate con criterio cronologico</i>	68
8.2 Aree di salvaguardia delle opere di captazione del Comune di Casatenovo.....	68
PARTE 4 - SISMICA.....	70
9. ANALISI DEL RISCHIO SISMICO	70
9.1 <i>Risposta sismica locale</i>	70
9.1.1 <i>Effetti di sito o di amplificazione sismica locale</i>	70
9.1.2 <i>Effetti di instabilità</i>	71
9.2 <i>Analisi della sismicità del territorio</i>	71
10. CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE: ANALISI DI I° LIVELLO	74
10.1 <i>Descrizione dell'elaborato</i>	74
11. NORME DI ATTUAZIONE: PROCEDURE DI APPLICAZIONE DEL II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO PER GLI SCENARI PSL INDIVIDUATI.....	76
11.1 <i>Scenario Z3a [effetti topografici]</i>	77
11.2 <i>Scenario Z4a-c-d [effetti litologici]</i>	79

11.3 Valori soglia comunali.....	81
11.4 Note in merito ai criteri di applicazione delle procedure semplificate di approfondimento	82
12. NORME DI ATTUAZIONE: APPROFONDIMENTO DI III° LIVELLO PER GLI SCENARI PSL INDIVIDUATI E RELATIVE PRESCRIZIONI	82
12.1 Scenario Z1b [effetti di instabilità].....	83
12.2 Scenario Z2 [effetti di cedimento].....	84
12.3 Scenari Z3 e Z4 [effetti di amplificazione morfologica e topografica]	85
12.4 Scenario Z5 [effetti di comportamenti differenziali].....	87
13. METODOLOGIE PER IL CALCOLO DELLE ONDE Vs	87
PARTE 5 - FASE DI SINTESI E PROPOSTE	88
14. CARTA DELLA FATTIBILITA' E DELLE AZIONI DI PIANO.....	88
14.1 Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni	88
14.2 Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni.....	88
14.3 Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni	89
14.4 Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni.....	90
15. NORME TECNICHE D'ATTUAZIONE (NTA) PAI (aggiunte a seguito richiesta di adeguamento della Regione Lombardia)	
CONCLUSIONI.....	94

ELENCO ALLEGATI

Allegato A - Documentazione fotografica (formato digitale)

Allegato B – Monografie dissesti in atto

*Allegato C*¹ – Monografie frane quiescenti ed attive

*Allegato D*² – Monografie pozzi

ELENCO TAVOLE

Tavola 1 - Inquadramento generale Reticolo idrografico Comune di Casatenovo (scala 1:10.000)

Tavola 2 - Carta del reticolo idrografico: settore nord/nord-occidentale (scala 1:2.000)

Tavola 3 - Carta del reticolo idrografico: settore nord/nord-orientale (scala 1:2.000)

Tavola 4 - Carta del reticolo idrografico: settore nord/occidentale (scala 1:2.000)

Tavola 5 - Carta del reticolo idrografico: settore nord/centrale (scala 1:2.000)

Tavola 6 - Carta del reticolo idrografico: settore nord/orientale (scala 1:2.000)

Tavola 7 - Carta del reticolo idrografico: settore sud/occidentale (scala 1:2.000)

¹ Allegato 6 - attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 Marzo 2005 n. 12

² Allegato 9 - attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 Marzo 2005 n. 12

- Tavola 8* - Carta del reticolo idrografico: settore sud/centrale (scala 1:2.000)
- Tavola 9* - Carta del reticolo idrografico: settore sud/orientale (scala 1:2.000)
- Tavola 10* - Carta del reticolo idrografico: settore sud/sud-occidentale (scala 1:2.000)
- Tavola 11* - Carta del reticolo idrografico: settore sud/sud-orientale (scala 1:2.000)
- Tavola 12* - Aree esondabili - tratto intubato Cascina Colombaro (scala 1:1.000)
- Tavola 13* - Carta Geomorfologica dei dissesti (scala 1:10.000)
- Tavola 14* - Carta dei dissesti (scala 1:10.000)
- Tavola 15* - Sezioni idrogeologiche (scala grafica)
- Tavola 16* - Carta idrogeologica (scala 1:10.000)
- Tavola 17* - Piezometria Maggio 2009 - Località Torriggia (scala 1:1.500)
- Tavola 18* - Carta della pericolosità sismica locale (scala 1:10.000)
- Tavola 19* - Carta della fattibilità zona Nord (scala 1:5.000)
- Tavola 20* - Carta della fattibilità zona Sud (scala 1:5.000)
- Tavola 21* - Carta dei vincoli di carattere geologico (scala 1:10.000)
- Tavola 22* - Carta di sintesi zona Nord (scala 1:5.000)
- Tavola 23* - Carta di sintesi zona Sud (scala 1:5.000)

PREMESSA

Il presente studio costituisce l'integrazione ai contenuti dello Studio Geologico del territorio comunale di Casatenovo, redatto ai sensi della L.R. 41/97 e relativi criteri attuativi approvato dalla Regione Lombardia - Direzione Generale Territorio ed Urbanistica in data 21 Luglio 2005 con protocollo Z1.2005.23054 e dalla Regione Lombardia - Sede Territoriale di Lecco in data 13/07/2012 con protocollo AD10.2005.0000101.

L'entrata in vigore della Legge Regionale n.12 dell'11 marzo 2005, "Legge per il governo del territorio" modifica l'approccio in materia urbanistica passando dal concetto di pianificazione a quello di Governo del Territorio.

La legge regionale conferma la centralità dei Comuni nel loro ruolo di pianificazione e valorizza contestualmente lo studio della componente geologica, idrogeologica e sismica nello strumento urbanistico, al quale è affidata una responsabilità essenziale nella definizione delle scelte insediative.

Di fatto la nuova normativa persegue l'obiettivo della sicurezza dai rischi idrogeologici per le persone e i loro beni, attraverso un nuovo approccio pianificatorio.

L'art.57 comma 1 della L.R. n. 12 "*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio*", definisce le nuove modalità per la redazione degli studi geologici, fornisce le metodologie per l'individuazione delle aree a pericolosità idrogeologica e a vulnerabilità idraulica, specificando le relative norme di attuazione per un corretto uso del territorio, e precisa i raccordi con gli strumenti di pianificazione sovraordinata.

Il medesimo articolo introduce linee guida specifiche per la definizione del rischio sismico basate sulle più recenti metodologie disponibili, conseguenti alla nuova classificazione del territorio nazionale.

La Deliberazione della Giunta Regionale n.8/7374 del 28 maggio 2008 e succ modifiche, aggiornamento della D.G.R. n.8/1566 del 22 dicembre 2005, costituisce lo strumento di attuazione dei suddetti criteri ed indirizzi all'art.57 comma 1, e rappresenta il documento che riunisce e coordina tutti i precedenti criteri tecnici, quali la D.G.R. n.6/40996 del 15 gennaio 1999, la D.G.R. n.7/6645 del 29 ottobre 2001 in attuazione alla L.R. 41/97 e la D.G.R. n.7/7365 e del 29 ottobre 2001, di fatto da essa sostituiti.

Il Comune di Casatenovo dispone di uno studio geologico esteso a tutto il territorio comunale, redatto ai sensi della L.R. 41/97 e in conformità con i criteri applicativi della D.G.R. n.7/6645 del 29 ottobre 2001.

Allo stato attuale, ai sensi della L.R. n.12/05 "Piano di Governo del Territorio", l'Amministrazione è tenuta ad aggiornare il proprio studio geologico ai sensi della D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008, pertanto tale nuovo studio si pone come obiettivo quello della ridefinizione delle componenti:

- reticolo idrografico;
- dissesti;
- idrogeologia;
- sismica (analisi del rischio sismico, in linea con le disposizioni nazionali introdotte dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003, recepite dal recente D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni", in vigore dal 5 Marzo 2008).

PARTE 1 - RETICOLO IDROGRAFICO

1. INTRODUZIONE

Il primo studio, eseguito sempre da EG – Engineering Geology nel Luglio 2002, aveva portato alla definizione dei principali corsi d'acqua ed alla definizione dei rispettivi bacini con definizione delle portate al colmo in prossimità di due sezioni di chiusura (T. Molgorana presso località Ribona e T. Lavandaia presso ponte di Via Belvedere).

Come già evidenziato nello studio precedente all'interno del Comune di Casatenovo quasi tutti i corsi d'acqua appartengono al "reticolo idrografico minore" eccezion fatta per il T. Lavandaia che appartiene al "reticolo idrografico principale" limitatamente al tratto dalla confluenza con il Torrente Molgorella fino alla località Rengione.

A seguito della Deliberazione Giunta regionale 25 ottobre 2012 - n. IX/4287 relativa al "Riordino dei reticoli idrici di Regione Lombardia e revisione dei canoni di polizia idraulica" il Torrente Molgorana, definito nella Delibera Giunta Regionale 1 Ottobre 2008 nr. 8/8127 (in sostituzione della DGR 25 Gennaio 2002 nr. 7/7868) come appartenente al Reticolo Idrografico Principale, è stato ora declassato a corso d'acqua secondario.

Num. Progressivo	Denominazione	Comuni Interessati	Foce o sbocco	Tratto classificato come principale	N° iscr. El. AAPP
LC008	Torrente Lavandaia	Casatenovo, Lomagna, Missaglia, Barzanò	Molgorella	dallo sbocco al cimitero comunale in località Regione (quota 310 mslm)	174

Tabella 1: Corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico principale

Per il reticolo idrografico secondario ha competenza il Comune nell'imporre e far rispettare norme e vincoli territoriali, nel provvedere alla manutenzione, nonché nell'adottare provvedimenti di polizia idraulica.

L'attività svolta, in conformità alle indicazioni e prescrizioni della D.G.R. sopracitata ha riguardato la verifica della carta del reticolo idrografico con la quale è stata proposta la perimetrazione delle fasce di rispetto fluviali, sempre secondo gli indirizzi della normativa vigente in materia.

Ad integrazione degli interventi descritti, stanti le prescrizioni della suddetta deliberazione, sono state effettuate quattro studi idraulici su diverse sezioni di deflusso (cfr **Tavola 1**):

- Portata al colmo generata dal bacino idrografico del Torrente Pegorino;
- Portata al colmo generata dal bacino idrografico del Rio La Molgora;
- Portata al colmo generata dal bacino idrografico del Torrente Molgorana;
- Verifica idraulica del tratto intubato del Torrente Molgorana presso la località Cascina Colombaro.

Tali studi sono stati ritenuti i più significativi in quanto permettono di comprendere le grandezze in gioco in termini di portate al colmo generate dai principali corsi d'acqua ricadenti nel territorio comunale di Casatenovo.

Gli elaborati cartografici sono stati restituiti su base topografica alla scala 1:20.000 per quanto riguarda la definizione dei bacini dei corsi d'acqua; si è inoltre redatta una cartografia di dettaglio dell'idrografia (**Tavole 2 - 11**) alla scala 1:2.000, derivata dal rilievo aerofotogrammetrico, che rappresenta il supporto cartografico adottato dal Piano Regolatore Generale Comunale.

A corredo della sezione cartografica è stata redatta la presente relazione tecnica esplicativa della metodologia di intervento adottata e un'Appendice contenente gli aspetti normativi riguardanti i criteri di classificazione dei corsi d'acqua, le attività vietate o soggette ad autorizzazione all'interno delle fasce di rispetto fluviali e la definizione dei criteri per l'esercizio delle attività di polizia idraulica sul reticolo idrografico. Al fine di redigere un quadro complessivo (ma al contempo di dettaglio) su tutto il territorio comunale di Casatenovo, la definizione del reticolo idrografico è stata effettuata attraverso l'analisi comparata della Carta Tecnica Regionale (scala 1:10.000), delle curve di livello in formato vettoriale fornite dal SIT Regione Lombardia e del rilievo aerofotogrammetrico (scala 1:2.000); l'analisi è stata successivamente integrata con opportuni rilievi in situ eseguiti su tutto il territorio.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO (R.D. n.523/1904, D.G.R. n.7/7868 del 25.01.2002, D.G.R. n.8/8127 del 01.10.2008 e D.G.R. n. 2616/2011 del 15 Dicembre 2011)

Con la pubblicazione della recente D.G.R. n.8/8127 del 01/10/2008 viene proposta la determinazione del reticolo idrografico principale ai sensi dell'art.3, comma 108, della L.R. 1/2000 e individuati i criteri di trasferimento delle funzioni di polizia idraulica concernenti il reticolo idrografico minore come indicato dall'art.3, comma 114, della medesima normativa.

Il *reticolo idrografico principale*, sul quale la Regione esercita le funzioni di polizia idraulica, viene definito dall'elenco dei corsi d'acqua all'Allegato A della D.G.R. n.8/8127.

Il *reticolo idrografico minore* è individuato, per differenza, dall'elenco del suddetto Allegato A ed è di competenza dei Comuni che applicano i "Criteri per l'esercizio delle attività di polizia idraulica" definiti dall'Allegato B della D.G.R. n.7/7868.

Nella fattispecie "i corsi d'acqua naturali o artificiali non presenti nelle tabelle, nonché i tratti dei corsi d'acqua naturali o artificiali presenti nelle tabelle ma non rientranti nella descrizione tratto indicato come principale, sono da considerarsi non appartenenti al «*reticolo principale*», così come previsto nella D.G.R. n.VI/47310 del 22.12.1999."

2.1 Definizione del reticolo idrografico principale

La definizione dei corpi idrici superficiali appartenenti al *reticolo principale* (Allegato A D.G.R. 8/8127) è stata effettuata dalle strutture dell'ex Genio Civile sulla base dei requisiti contenuti nella suddetta deliberazione, verificandone successivamente la congruenza con i seguenti criteri:

1. Significatività dei bacini: il *reticolo principale* è rappresentato dai soli corsi d'acqua che sottendono bacini idrografici significativi. Sono da considerarsi "significativi" i bacini sottesi da corsi d'acqua aventi lunghezza superiore a 2 km.

2. Particolarità di corsi d'acqua di lunghezza inferiore a 2 km: tali corsi d'acqua sono da considerarsi appartenenti al *reticolo principale* purché siano caratterizzati da rilevanti problematiche idrauliche o idrogeologiche o siano interessati da interventi idraulici o di versante particolarmente significativi, in essi siano presenti opere di sbarramento di cui alla L.R. 8/98 o, comunque, siano oggetto di significative autorizzazioni di derivazioni d'acqua a scopo idroelettrico.

3. Significatività dei corsi d'acqua totalmente compresi nel territorio di un comune: i corsi d'acqua che scorrono all'interno di uno stesso comune o che fungono da confine tra comuni limitrofi devono essere considerati appartenenti al *reticolo principale* solo se interessati da interventi idraulici o di versante particolarmente significativi, in essi siano presenti opere di sbarramento di cui alla L.R. 8/98 o, comunque, siano oggetto di significative autorizzazioni di derivazioni d'acqua a scopo idroelettrico.

4. Individuabilità dei tratti costituenti il reticolo principale: deve essere possibile individuare, attraverso elementi territorialmente visibili, il punto d'inizio del tratto di corso d'acqua costituente il *reticolo principale*: rimane inteso che il tratto iniziale di un corso d'acqua dalla sorgente al punto ove diventa principale, deve sempre essere considerato appartenente al *reticolo minore*.

5. Visibilità in cartografia dei limiti che definiscono il reticolo principale: i punti che delimitano il *reticolo principale* devono essere rappresentati sulla Carta tecnica Regionale in scala 1:10.000, oltre che territorialmente visibili in loco.

6. Congruenza con i limiti di definizione dei laghi principali: i corsi significativi che rappresentano i principali immissari ed emissari dei laghi lombardi devono essere definiti per quanto riguarda il punto di immissione e quello di emissione, in congruenza con i limiti amministrativi con cui vengono delimitati i laghi stessi ai fini delle competenze di trasporto lacuale.

2.2 Definizione del reticolo idrografico minore

Il *reticolo minore* (Allegato B D.G.R. 7/7868) accorpa corpi idrici superficiali, ad esclusione di tutte le "acque piovane non ancora convogliate in un corso d'acqua": In particolare i corpi idrici del reticolo minore debbono rispondere ad almeno uno dei seguenti requisiti:

- a) siano indicati come demaniali nelle carte catastali o in base alle normative vigenti;
- b) siano stati oggetto di interventi di sistemazione idraulica con finanziamenti pubblici;
- c) siano interessati da derivazioni d'acqua;

d) siano rappresentati come corsi d'acqua dalle cartografie ufficiali (C.T.R., I.G.M.).

L'Amministrazione Comunale è tenuta ad individuare le fasce di rispetto dei corsi d'acqua del reticolo minore, nonché stabilire le attività vietate o soggette ad autorizzazione comunale.

Le fasce di rispetto devono essere individuate sulla base delle *“aree storicamente soggette ad esondazioni, delle aree interessabili da fenomeni erosivi e di divagazione dell'alveo e della necessità di garantire una fascia di rispetto sufficiente a consentire l'accessibilità al corso d'acqua ai fini della sua manutenzione, fruizione e riqualificazione ambientale”*. In tale ottica strumento legislativo di riferimento è il R.D. 523/1904, con particolare riferimento all'art. 96 comma f).

In questo ambito, in assenza dell'individuazione del reticolo minore, della definizione delle fasce di rispetto e delle attività vietate o regolamentate, su tutte le acque pubbliche vale il divieto di edificazione a distanza inferiore a 10 m.

La giurisprudenza corrente indica che le distanze dai corsi d'acqua vanno intese come misurate dal piede arginale esterno oppure, in assenza di argini in rilevato, dalla sommità della sponda incisa. Nel caso di sponde stabili consolidate o protette, le distanze possono essere valutate a partire dalla linea sottesa dalla piena ordinaria. Dette distanze possono tuttavia essere derogate solo se previsto da discipline locali, da intendersi anche come norme urbanistiche a livello comunale, frutto di specifici studi e di valutazioni dei caratteri del territorio, fatta salva la struttura urbanistica, le vocazioni e destinazioni d'uso dei differenti settori territoriali.

Per i motivi suddetti, sempre ai sensi della D.G.R. n.7/7868 e come già anticipato, le attività indicate dovranno essere *“oggetto di apposita variante parziale allo Strumento Urbanistico Comunale”* (Piano di Governo del Territorio), previo parere vincolante dell'Autorità Regionale.

3. ELEMENTI IDROGRAFICI PRINCIPALI

Lo studio del reticolo idrografico è stato condotto con la finalità di acquisire progressivamente tutti gli elementi fisiografici fondamentali per la sua specifica caratterizzazione.

Sulla base della bibliografia disponibile, di studi già effettuati dagli scriventi nell'ambito del territorio comunale e del supporto di specifici sopralluoghi, una prima fase di lavoro ha previsto la ricostruzione dei caratteri geologici, geomorfologici e idrologici dei differenti corsi d'acqua.

In una seconda fase, sulla base della documentazione disponibile si è provveduto ad individuare le aree potenzialmente esondabili, sia attuali che recenti, ed a verificare lo stato degli alveo e dei tratti spondali dei corsi d'acqua, con particolare riferimento alla presenza di strutture di contenimento.

Infine si propongono degli interventi tipo da realizzare nei punti maggiormente critici e se ne riporta una progettazione preliminare con la stima dei costi.

Si è trattato quindi di un rilevamento esteso all'intero territorio comunale e mirato alla verifica delle condizioni specifiche che contraddistinguono ciascuna delle aste che compongono il reticolo idrografico principale e minore.

3.1 Struttura del reticolo idrografico

Il Comune di Casatenovo, posto nell'estremità sud-occidentale della Provincia di Lecco, si sviluppa su una superficie complessiva di circa 13.5 km²; i cui limiti amministrativi sono rappresentati ad Ovest e Sud dai comuni di Besana B.za, Correzzana, Camparada e Usmate Velate (Provincia di Milano), mentre a Nord e ad Est da quelli di Monticello B.za, Missaglia e Lomagna (Provincia di Lecco).

Da un punto di vista fisiografico il limite comunale settentrionale è identificato dai rilievi collinari presenti presso le località Monteregio e Casatevecchio, mentre verso Ovest e verso Est lo stesso segue rispettivamente parte del corso del T. Pegorino e la Roggia Nava-T. Lavandaia.

La morfologia del territorio di Casatenovo è contraddistinta da blandi rilievi collinari formati da terreni di origine glaciale e fluviale di età quaternaria, depositatisi a seguito dell'azione deposizionale dei ghiacciai e dei corsi d'acqua da essi fuoriuscenti durante le fasi glaciali Mindel, Riss e Würm Auct..

In particolare i depositi mindeliani, rissiani e würmiani affiorano sul territorio comunale rispettivamente nel settore meridionale, centrale e settentrionale.

L'altimetria varia da un minimo di 250 m s.l.m. nella porzione meridionale del territorio comunale, al confine con i comuni di Camparada e Usmate Velate, fino ad un massimo di circa 375 m s.l.m. all'estremità settentrionale, in corrispondenza della località Casatevecchio.

L'assetto idrografico generale è costituito da corsi d'acqua ad andamento prevalentemente Nord-Sud, i più importanti dei quali sono rappresentati dai Torrenti **Pegorino**, **Lavandaia**, **Molgorana** e dalla Roggia **Nava**. Il reticolo idrografico secondario è costituito da aste di ridotte dimensioni e a regime di portata a carattere strettamente stagionale, confluenti perlopiù nei precedenti corsi d'acqua. Tra questi vanno citati il Rio presso **C.na Dossello**, il Rio **Giovenigo**, il Rio **Rancate** e la Roggia **La Molgora**.

Il regime di portata dei corsi d'acqua è a carattere torrentizio, quindi strettamente dipendente dal regime delle precipitazioni. Si assiste in particolare a portate di una certa rilevanza nella tarda primavera (massimo assoluto di precipitazione nel mese di Maggio) e in autunno (massimo relativo di precipitazione nel mese di Ottobre) e portate di "magra" durante l'inverno (minimo assoluto nel mese di Febbraio) e in estate (minimo relativo nel mese di Luglio).

Si ricorda inoltre come i corsi d'acqua minori risultino asciutti durante buona parte dell'anno o, comunque, in concomitanza dei periodi siccitosi, mentre a seguito degli eventi di precipitazione di particolare intensità evidenzino un incremento della portata pressoché simultaneo, contestualmente ad una rapida diminuzione dei volumi di deflusso al termine dell'evento stesso.

Un'analisi dettagliata delle più significative caratteristiche del sistema idrografico porta alle seguenti considerazioni, ricavate dall'analisi delle *Tavole 2÷11* (scala 1:2.000). Per facilitare la comprensione degli elementi territoriali alla scala dell'intero comune di Casatenovo, sugli elaborati proposti è stato riportato un quadro di unione di tutto il territorio comunale; si è inoltre provveduto alla redazione di una tavola di inquadramento alla scala 1:20000 in cui vengono riportati tutti i bacini oggetti di studio.

La documentazione fotografica raccolta durante i sopralluoghi e riportata in cartografia è invece illustrata in **Allegato A**.

3.2 Principali corsi d'acqua presenti nel Comune di Casatenovo

A Nord della località Torriggia (**Tavola 2**), in prossimità del confine comunale con Monticello B.za, si riscontra la presenza di un'asta della lunghezza di circa 120 m, con impluvio impostato entro una piccola depressione valliva avente direzione Ovest-Est; quest'ultima, per la sua particolare conformazione morfologica, intercetta le falde superficiali contenute all'interno dei depositi glaciali di età würmiana ivi affioranti. In corrispondenza del confine comunale le acque drenate in parte si spagliano sui terreni agricoli e in parte vengono intubate e convogliate immediatamente a valle in territorio comunale di Monticello B.za, verso un'asta tributaria della Roggia Nava.

Ad Est della stessa località Torriggia (**Tavola 2**), sempre in corrispondenza del confine comunale di Monticello B.za, si rinviene una seconda asta fluviale orientata Nord-Sud, confluyente dopo 500 m circa nella Roggia Nava, in territorio di Monticello B.za.

La **Roggia Nava** prende origine ad Est della località Torriggia da alcune emergenze di una falda superficiale presente nell'area (**Tavola 2**), scorre con direzione Nord-Sud lungo un'ampia e profonda depressione valliva identificando il confine comunale orientale (**Tavola 2 e 4**), sino a confluire nel T. Lavandaia poco a monte della località Valaperta, presso il ponte della strada provinciale che collega C.na Bergamina e la suddetta località.

Nella Roggia Nava confluiscono corsi d'acqua di sviluppo assai modesto, che si impostano in corrispondenza di vallecole in destra idrografica che incidono in modo piuttosto marcato i pianalti collinari presenti presso C.na Quattro Valli, C.na Bracchi e C.na Bernaga (**Tavola 2 e 4**).

Il **T. Lavandaia (Tavola 3)**, appartenente al reticolo idrografico principale, nasce immediatamente a Sud dell'abitato di Sirtori, scorre con direzione all'incirca Nord-Sud nell'ambito dei Comuni di Monticello B.za e Missaglia, sino ad identificare il confine amministrativo del territorio comunale di Casatenovo per un tratto di circa 600 m.

L'assetto del reticolo idrografico nel settore occidentale di Casatenovo (**Tavola 2 e 4**) è contraddistinto da valli profondamente incise orientate Nord Est-Sud Ovest, lungo le quali scorrono il **T. Pegorino** e i suoi tributari in sinistra idrografica, nella fattispecie il Rio Rancate, il Rio Giovenigo e un'asta idrica che prende origine nei pressi di C.na Dossello, informalmente denominata nel seguito come Rio Dossello.

Il T. Pegorino identifica il limite comunale occidentale del Comune di Casatenovo per un tratto ad andamento Nord-Sud di circa 1 km sino all'immissione del Rio Dossello, a valle della quale il corso d'acqua è pertinente ai Comuni di Triuggio e Correzzana. In tale settore, esterno al territorio di Casatenovo, è possibile identificare la delimitazione di un'area S.I.C. (Sito di Interesse Comunitario) secondo le disposizioni regionali in materia di tutela ambientale.

Il **Rio Rancate (Tavola 2 e 4)** scorre incassato all'interno di una valle profondamente incisa rispetto al territorio circostante (circa 20 m), caratterizzata da dissesti franosi localizzati sia nella parte superiore del versante sia in corrispondenza del relativo piede. Nel primo caso i dissesti sono da ascrivere al concorso di differenti fattori antropici quali disboscamento, ruscellamento superficiale di acque di precipitazione e scarico sul suolo e nel sottosuolo di acque bianche e nere. Nel secondo caso la causa è naturale, da ricercarsi in fenomeni di erosione di sponda che si esplicano con nicchie di distacco limitate a pochi metri in senso longitudinale e verticale. La dinamica che regola questi fenomeni è in evoluzione in quanto legata all'azione erosiva del corso d'acqua continuamente deviato dall'apporto di materiale franato dai versanti.

I dissesti sopra menzionati caratterizzano i versanti immediatamente sottostanti C.na Rancate, laddove a partire dagli anni '50 si sono succeduti fenomeni di instabilità che in alcuni casi (fine anni '80 e primavera 2002), hanno raggiunto dimensioni e caratteristiche di veri e propri fenomeni franosi, con mobilitazione anche di cospicui volumi di terreno.

Si rammenta che, nel caso specifico, è in via di completamento l'iter procedurale per l'approvazione del progetto per la definitiva messa in sicurezza dei suddetti dissesti, attraverso interventi di riprofilatura dei versanti e di regimazione del corso d'acqua.

Il **Rio Giovenigo (Tavola 3)** nasce nella parte settentrionale del territorio di Casatenovo, immediatamente a Sud di Villa Greppi e procede in direzione Sud-Ovest per circa 1.5 km sino ad immettersi nel T. Pegorino, 650 m più a Sud rispetto al punto di confluenza del Rio Rancate. Rispetto a quanto visto per il Rio Rancate, l'asta idrica in oggetto presenta caratteri fisiografici sensibilmente differenti, evidenziando maggior linearità nello sviluppo ed una minore acclività media dei versanti, fattore quest'ultimo in grado di determinare condizioni di stabilità relativamente migliori. Persistono tuttavia evidenze di erosione sul fondovalle tipiche in presenza di terreni ad elevata componente limoso-argillosa (strutture tipo "gully"), con evidenti incisioni ad opera del corso d'acqua, dell'ordine di 2-3 m e con fenomeni d'erosione di sponda localizzati in corrispondenza delle anse più pronunciate.

Il **Rio Dossello (Tavola 2 e 4)** si origina dalla confluenza di due tributari minori presenti a monte di C.na Dossello, ad andamento Nord-Sud; da detta località il corso d'acqua scorre verso valle con direzione

NordEst-SudOvest sino a confluire con il T. Pegorino in corrispondenza del limite tra i comuni di Camparada e Besana B.za.

A monte di C.na Dossello, si hanno vallecole delimitate da blandi versanti con alveo ad andamento perlopiù rettilineo, ribassato di circa 1 m rispetto al fondo valle ("gullies"). Per quanto attiene il ramo più occidentale del Rio Dossello valgono le seguenti osservazioni: per i primi 200 m dell'asta, interni ad un'area privata, l'alveo scorre entro un impluvio in parte rettificato artificialmente, mentre a partire dal confine di proprietà verso valle, lo stesso risulta intubato per una lunghezza complessiva di 100 m, sino al suo recapito nell'originaria depressione valliva, delimitata da scarpate di 3 m circa di dislivello e sviluppata per circa di 250 m. All'altezza di C.na Giovenigo il corso d'acqua e la relativa valle risultano sbarrati da un ampio terrapieno artificiale, largo 30 m circa e di altezza pari a 5 m.

Il rilievo effettuato ha evidenziato allo stato attuale la mancanza di strutture visibili di connessione idraulica tra la porzione di monte e di valle del terrapieno, o la loro probabile compromissione a seguito dei riporti successivi di materiale e macerie.

A testimonianza di ciò si segnala a monte del paramento la presenza di specie vegetazionali ed arboree tipiche di ambiente umido, comuni in condizioni di ristagno d'acqua, nonché venute d'acqua sul paramento di valle.

In questa zona sarà quindi necessario eseguire idonee e dettagliate valutazioni al fine di predisporre e realizzare i più opportuni interventi per garantire il regolare deflusso delle acque superficiali.

L'ultimo tratto del corso d'acqua, sino alla sua confluenza con l'asta orientale, è caratterizzato da un progressivo aumento di pendenza del fondo e, conseguentemente, dell'acclività dei versanti, mentre l'alveo risulta perlopiù rettilineo, incidendo in modo significativo i sedimenti al fondo ("gully").

Il tratto del Rio Dossello, dalla confluenza delle due precedenti aste fino alla sua immissione nel T. Pegorino risulta incassato in una stretta e profonda valle (15-20 m), manifestando un andamento prevalentemente tortuoso, tipico in presenza di fenomeni di instabilità dei versanti e di erosione d'alveo. In tale contesto si segnala il recente rinvenimento in sinistra idrografica del corso d'acqua, a monte di via San Francesco (tratto a Ovest di C.na Toscana), di rifiuti vari a ridosso del versante e prossimi al torrente (vecchia discarica), che possono essere rimobilizzati in occasione di forti piogge ed ostruire la sezione di deflusso in occasione delle piene.

Anche in tale situazione sono da attivare i più opportuni interventi per mettere in sicurezza l'area.

L'assetto idrografico della porzione centrale di Casatenovo è caratterizzato dalla presenza di due corsi d'acqua, il T. Molgorana e il Rio La Molgora.

Il **T. Molgorana** (*Tavole 4, 5, 6*), appartenente al reticolo idrografico principale secondo quanto previsto dalla Delibera Giunta Regionale del 1 Ottobre 2008 nr. 8/8127 ed ora declassato a corso d'acqua secondario (Deliberazione Giunta regionale 25 ottobre 2012 - n. IX/4287 relativa al "Riordino dei reticoli idrici di Regione Lombardia e revisione dei canoni di polizia idraulica"), nasce immediatamente a valle del centro abitato di Casatenovo presso C.na Crotta, e procede verso valle attraversando le località Rogoredo, C.na Colombaro e Valaperta. Tale corso d'acqua costituisce un affluente in sinistra idrografica del F. Lambro ed è stato oggetto di interventi di regimazione idraulica che hanno previsto la realizzazione di briglie, tombinature, traverse con paratie di regolazione e bacini di laminazione, costruite negli ultimi 10 anni per scongiurare i frequenti

fenomeni di esondazione verificatesi durante i periodi di piena, sia presso Rogoredo sia a valle di Casatenovo, nei comuni di Usmate Velate e Arcore.

Tali interventi si sono resi necessari anche in relazione al fatto che, a partire dall'abitato di Velate, il T. Molgorana funge da recapito del collettore fognario del Consorzio Alto Lambro.

I primi 1.5 km del corso d'acqua, sono caratterizzati da un alveo poco profondo, impostato entro una lieve depressione morfologica con fondo a copertura erbosa.

Immediatamente a Sud di Galgiana e a Nord dell'abitato di Rogoredo, si individuano due interventi di regimazione idraulica, rappresentati da n.2 traverse in calcestruzzo e pietrame, alte circa 4 m e tra loro distanti circa 100 m, provviste di opportune paratie e sfioratori di troppo pieno, che hanno funzione di invasare temporaneamente, nel relativo bacino di laminazione sotteso, i volumi di piena.

Circa 400 m a Sud, in prossimità dell'attraversamento con via San Gaetano (località Rogoredo), il corso d'acqua risulta tombinato per una lunghezza di circa 150 m; al termine di quest'ultimo tratto l'alveo scorre all'interno di un alveo artificiale in cemento, con briglie in pietrame per circa 300 m.

Oltre tale limite l'alveo scorre naturalmente per un primo tratto di 700 m all'interno di uno stretto impluvio, con morfologia tipica delle strutture di "gullies", dopodiché percorre l'ampia depressione valliva riscontrabile sino oltre il confine con il Comune di Usmate Velate; in corrispondenza di quest'ultima l'alveo risulta debolmente infossato (0.5-1 m).

Circa 150 m a Nord della confluenza della valle del T. Molgorana con la vallata proveniente da Valaperta, da considerarsi "relitta" in quanto attualmente non è percorsa da alcun corso d'acqua, è stata realizzato un intervento di regimazione idraulica del tutto simile a quelli presenti a Nord della località Rogoredo.

L'intervento consta in una traversa di sbarramento in calcestruzzo con sfioratore di troppo pieno, di altezza pari a 5 m circa, sviluppata per tutta la larghezza della valle in modo da creare il relativo bacino di laminazione e munita di saracinesca protetta da barre verticali in acciaio per prevenire intasamenti da materiale flottante. L'opera idraulica è posta a meno di 100 m a monte dei pozzi dell'Acquedotto Comunale di Casatenovo, perforati in Comune di Usmate Velate.

Il **Rio La Molgora** nasce a Sud di Casatenovo nei pressi di C.na Levada, procede verso valle per quasi 6 km costeggiando le località di Rogoredo, Campo Fiorenzo e attraversa il Comune di Camparada sino a raggiungere quello di Arcore, laddove viene intubato all'immissione nella rete fognaria della città.

L'incisione torrentizia attraversa i depositi glaciali e fluviali antichi che costituiscono i ripiani a "ferretto" e la cerchia morenica mindeliana affiorante presso la porzione meridionale del territorio di Casatenovo.

Il corso d'acqua è alimentato anche dai volumi idrici derivanti da scaricatori di piena in quanto non si hanno più gli scarichi del depuratore delle acque fognarie di Campofioreno, in quanto le acque sono state coltate direttamente più a valle.

L'alveo del torrente, dalla sua origine sino a valle dell'attraversamento con la direttrice stradale che collega Rogoredo alla SP 51 (località Sant'Anna), incide il profilo topografico in modo modesto per cui risultano assenti segni evidenti di erosione. A valle di detta località è invece manifesto il restringimento della sezione di deflusso e la contestuale marcata incisione dell'alveo che risulta approfondito rispetto al fondo della vallecchia di oltre 2 m. I versanti della vallecchia sono perlopiù stabili, a bassa acclività e coperti da fitta vegetazione.

Allo stesso modo dei casi descritti in precedenza, la morfologia e le caratteristiche forme d'erosione al fondo sono sintomatiche di una situazione di "gully";

All'altezza di Campo Fiorenzo è possibile apprezzare nuovamente l'allargamento dell'incisione valliva con alveo conformato a fondo piatto, copertura di manto erboso, in ragione di una stabilità nell'evoluzione morfologica che comporta presenza di modesti fenomeni erosionali.

In tale contesto fa eccezione quanto si verifica in destra idrografica del R. La Molgora, in corrispondenza di un impluvio laterale che si origina ad Est di Campo Fiorenzo, interessato da intensi fenomeni erosionali localizzati principalmente alla sua testata.

A Sud di Campo Fiorenzo, nei pressi del depuratore, sono manifeste erosioni pronunciate che interessano sia l'alveo del R. La Molgora (salti, scavernamenti sul fondo a sviluppo circolare), sia le sponde dello stesso laddove (scoscendimenti e sradicamento di alberi); ciò anche in relazione alla presenza di scaricatori di piena.

Nel tratto meridionale di Casatenovo, sino al centro di Camparada, a seguito di interventi di regimazione idraulica (briglie, tombinature, etc.) i fenomeni erosionali risultano mitigati e contestualmente favoriti i processi di sedimentazione in alveo.

Un'ultima osservazione merita lo stato attuale dei letti di gran parte dei torrenti insistenti in ambito comunale che, come confermato dai sopralluoghi effettuati, nella maggior parte dei casi risultano ostruiti da tronchi e materiale di vario genere (flottanti).

Tale situazione, se non comporta problemi particolari in condizioni di normale deflusso visto il regime temporaneo che caratterizza i corsi d'acqua della zona, è sicuramente pericolosa in concomitanza di manifestazioni piovose intense.

L'ostruzione e la riduzione della sezione degli alvei possono infatti determinare fenomeni di esondazione anche di notevole entità.

3.2.1 Tavola 2 – Area Nord-Ovest

A Est della località Lavigiate (**Tavola 2**), ad una quota di circa 335 m slm, si riscontra la presenza di un'asta della lunghezza di circa 90 m, con impluvio impostato entro una piccola depressione valliva avente direzione NordEst-SudOvest.

Tale asta torrentizia riappare 130 metri più a valle dopo aver percorso un breve tratto intubata e rappresenta essere il ramo iniziale del corso d'acqua che più a valle prende il nome di Torrente Pegorino; in tale asta vengono convogliate le acque bianche provenienti da un piccolo ramo di fognatura bianca che corre lungo Via Don Carlo Gnocchi e che riceve le acque dagli scolmatori n° 4 e n° 32 (i due scolmatori precedentemente citati servono rispettivamente n.1385 e n.32 abitanti equivalenti). Il T. Pegorino identifica il limite comunale occidentale del Comune di Casatenovo per un tratto ad andamento Nord-Sud di circa 1 km sino all'immissione del Rio Dossello, a valle della quale il corso d'acqua è pertinente ai Comuni di Triuggio e Correzzana. In tale settore, esterno al territorio di Casatenovo, è possibile identificare la delimitazione di un'area S.I.C. (Sito di Interesse Comunitario) secondo le disposizioni regionali in materia di tutela ambientale. Relativamente alla zona cartografata in tale carta non appaiono evidenze di dissesti dovuti al reticolo idrografico.

3.2.2 Tavola 3 – Area Nord-Est

La **Tavola 3** delimita l'area Nord-Orientale del comune di Casatenovo comprendendo, a Nord-Ovest, la località S. Margherita e, a Sud, parte delle vie Circonvallazione e S. Giacomo. In quest'area l'idrografia risulta per lo più costituita da piccoli rivoli e impluvi di carattere stagionale e strettamente legati al regime pluviometrico della zona. A Nord della località Torriggia, in prossimità del confine comunale con Monticello B.za, si riscontra la presenza di un'asta della lunghezza di circa 120 m, con impluvio impostato entro una piccola depressione valliva avente direzione Ovest-Est; quest'ultima, per la sua particolare conformazione morfologica, intercetta le falde superficiali contenute all'interno dei depositi glaciali di età würmiana ivi affioranti. In corrispondenza del confine comunale le acque drenate in parte si spagliano sui terreni agricoli e in parte vengono intubate e convogliate immediatamente a valle in territorio comunale di Monticello B.za, verso un'asta tributaria della Roggia Nava.

Ad Est della stessa località Torriggia (**Tavola 4**), sempre in corrispondenza del confine comunale di Monticello B.za, si rinviene una seconda asta fluviale orientata Nord-Sud che scorre entro il territorio comunale per una lunghezza di circa 350 m, confluendo dopo 500 m circa nella Roggia Nava, in territorio di Monticello B.za. In tale asta fluviale vengono convogliate le acque di sfioramento provenienti dallo scolmatore n° 26 situato sul confine comunale (tale scolmatore serve n.472 abitanti equivalenti).

Spostandosi verso sud lungo il confine del comune si incontra una terza asta torrentizia, impostata lungo un impluvio con direzione Est-Ovest. Tale torrente si trova a Nord della Località Cascina Colombina ed ha una lunghezza di circa 285 m. In quest'asta fluviale convogliano le acque di sfioramento provenienti da quattro scolmatori posizionati ad Ovest e Sud-Ovest del corso d'acqua. Tali scolmatori vengono identificati dai n° 23, 24 e 25 che servono rispettivamente n.130, 2318 e 1036 abitanti equivalenti. Sono poi presenti lo scolmatore 37, situato immediatamente a Sud dell'origine del torrente e lo scolmatore 27 posto a Nord fuori dai confini comunali.

A poco più di 200 m verso Sud si incontra la sorgente del Torrente Roggia Nava che ha origine ad una quota di circa 350 m.s.l.m. nella zona urbanizzata a sud di Via Vivaldi. Il torrente ha inizialmente una orientazione Est-Ovest e successivamente prende direzione Nord/Ovest-Sud/Est fino alla confluenza con un piccolo affluente proveniente da Nord, in Località Quattro Valli (**Tavola 6**). Prima di tale confluenza il torrente riceve le acque di un affluente che si forma in un piccolo ma inciso impluvio posto sulla sua destra idrografica.

Dai rilevamenti effettuati lungo questi torrenti non appare evidenza di nessun dissesto relativo a tale reticolo idrografico.

3.2.3 Tavola 4 – Area centrale

L'elemento idrografico principale della **Tavola 4** è sicuramente il Torrente Pegorino che nasce a nord della cascina Cantino ad una quota indicativa di 330 m slm; altri corsi d'acqua minori presenti sono il Rio Giovenigo e il Rio Rancate.

Il Torrente Pegorino riceve acqua nel suo tratto iniziale da un nuovo tratto di fognatura bianca recentemente realizzata al servizio della zona NordOvest del Comune di Casatenovo, successivamente corre per circa 870 metri in un alveo molto inciso fino alla confluenza con il Rio Rancate; in numerosi punti il naturale deflusso

del corso d'acqua è occluso da dighe in rami o materiale franato dalle sponde che si presentano lungo la quasi totalità del tratto iniziale.

Il Rio Rancate è caratterizzato da scarpate molto ripide che hanno dato origine a numerosi dissesti, l'ultimo esempio in ordine temporale è stato quello che ha interessato il confine Nord di Cascina Rancate dove si è originata una frana di grosse dimensioni (fronte pari a circa 40 m) che ha interessato le abitazioni poste sulla sommità della stessa; quest'ultima è stata originata probabilmente dalla presenza sul versante di un piccolo impluvio (lunghezza circa 90 m) che potrebbe aver contribuito all'origine dell'instabilità del versante.

Il Rio Giovenigo si presenta in condizioni, dal punto di vista idrogeologico, in condizioni fortemente compromesse infatti lungo tutto l'alveo si ha la presenza di sponde in erosione e di numerose frane di dimensioni piccole e medio-piccole; sono presenti lungo il corso d'acqua alcuni punti di scarico che non appaiono tuttavia essere più in funzione. In tale Rio confluiscono le acque provenienti dallo scolmatore n° 5 che serve circa n.680 abitanti equivalenti.

3.2.4 Tavola 5 – Area centro-settentrionale

A valle del centro abitato di Casatenovo, presso C.na Crotta, ha origine il **Torrente Molgorana**, corso d'acqua appartenente al reticolo idrografico secondario. Esso scorre da Nord verso Sud nel tratto compreso tra la località Modromeno ed il limite meridionale del comune, al confine con la cittadina di Usmate. All'interno del territorio comunale il Torrente si estende in direzione Nord/Ovest-Sud/Est per una lunghezza di circa 4 km attraversando le località Rogoredo, C.na Colombaro e Valaperta.

Il Torrente Molgorana costituisce un affluente in sinistra idrografica del F. Lambro ed è stato oggetto di interventi di regimazione idraulica che hanno previsto la realizzazione di briglie, tombinature, traverse con paratie di regolazione e bacini di laminazione, costruite negli ultimi 10 anni per scongiurare i frequenti fenomeni di esondazione verificatisi durante i periodi di piena, sia presso Rogoredo sia a valle di Casatenovo, nei comuni di Usmate Velate e Arcore.

Tali interventi si sono resi necessari anche in relazione al fatto che, a partire dall'abitato di Velate, il T. Molgorana funge da recapito del collettore fognario del Consorzio Alto Lambro.

I primi 1.5 km del corso d'acqua (**Tavola 5**), sono caratterizzati da un alveo poco profondo, impostato entro una lieve depressione morfologica con fondo a copertura erbosa. Il torrente in questo tratto non scorre mai entro canali artificiali anche se talvolta sono presenti delle briglie (Località Cascina Villa) e delle gabbionate che ne regolarizzano il corso. Durante il suo percorso iniziale raccoglie le acque di numerosi piccoli affluenti che si impostano lungo modesti impluvi sia in destra che sinistra idrografica. A nord della Località Cascina Villa il torrente riceve le acque di sfioramento provenienti da due scolmatori: il n° 22 da cui provengono acque bianche e il numero 21 posto nelle immediate vicinanze di C.na Villa. I sopraccitati scolmatori servono rispettivamente n.200 e n.250 abitanti equivalenti.

In questo tratto iniziale il torrente non presenta fenomeni di rilievo dal punto di vista del dissesto idrogeologico. Grazie ai versanti blandi dell'impluvio in cui esso scorre si possono solo evidenziare alcuni tratti in erosione e la presenza di "gully erosion" nei tratti più ripidi. La facilità di asportazione del materiale superficiale è dovuta alla presenza di terreni argilloso-limosi che vengono facilmente scalzati dalle piogge stagionali.

A Ovest del Torrente Molgorana hanno origine alcuni affluenti del Torrente Pegorino che scorre sul confine occidentale del comune di Casatenovo. A Ovest di Villa Greppi, infatti, ha inizio il **Rio Giovenigo** che scorre inizialmente con direzione Nord-Sud in un impluvio abbastanza inciso. Dopo circa 250 m dalla sua sorgente si rinviene una condotta in cemento sospesa sopra l'impluvio ed alcune briglie che regolarizzano il corso d'acqua dopo l'affluenza degli scarichi provenienti dallo scolmatore n° 5, posto leggermente ad Ovest del torrente (n. 679 abitanti equivalenti). Poco più a Sud il torrente riceve le acque di alcuni affluenti posti sulla sua destra idrografica che in parte sono stati canalizzati. Dopo circa 550 m dalla sua origine il torrente viene canalizzato (**Tavola 4**) per un breve tratto e successivamente continua la sua corsa verso il T. Pegorino. Ad Est del tratto incubato si rinviene un piccolo affluente del Rio Giovenigo che scorre con direzione Nord/Est-Sud/Ovest per circa 250 m prima di convogliare nelle sue acque.

Dal punto di vista idrogeologico il Rio Giovenigo, nel suo tratto iniziale, non presenta punti con pericolosità particolarmente elevata; a circa 450 m dalla sua sorgente, dove l'alveo del torrente inizia a farsi più inciso e con pareti molto inclinate, sono però presenti numerosi tratti di sponda in erosione e si rinvengono delle frane di ridotte dimensioni (h_{max} di circa 10 m).

A monte di C.na Dossello, si hanno vallecole delimitate da blandi versanti con alveo ad andamento perlopiù rettilineo, ribassato di circa 1 m rispetto al fondo valle ("gullies"). Per quanto attiene il ramo più occidentale del Rio Dossello valgono le seguenti osservazioni: per i primi 200 m dell'asta, interni ad un'area privata, l'alveo scorre entro un impluvio in parte rettificato artificialmente, mentre a partire dal confine di proprietà verso valle, lo stesso risulta intubato per una lunghezza complessiva di 100 m, sino al suo recapito nell'originaria depressione valliva, delimitata da scarpate di 3 m circa di dislivello e sviluppata per circa di 250 m. il ramo orientale è relativamente più vicino alle aree residenziali e raccoglie le acque naturali provenienti da alcuni impluvi di modeste dimensioni, nonché le acque artificiali provenienti dallo sfioratore n° 7 che serve 1984 abitanti equivalenti. Questo tratto di alveo è caratterizzato da un approfondimento delle sponde vallive che determina una condizione di forte instabilità idrogeologica. Dai rilevamenti effettuati l'alveo del torrente risulta infatti caratterizzato dalla presenza di numerosi tronchi d'albero caduti per colpa del cedimento del terreno e dalla presenza di frane anche di grandi dimensioni. Le sponde risultano in forte erosione per un tratto lungo circa 70 m. Data la tipologia di materiale che costituisce il suolo in questa porzione di territorio essa risulta particolarmente sensibile all'erosione da parte delle piogge superficiali ed è quindi maggiormente soggetta a fenomeni franosi od erosivi.

Il **Rio Dossello (Tavola 5)** si origina dalla confluenza dei due tributari minori sopra descritti, che si sviluppano a monte di C.na Dissello con andamento Nord-Sud; da detta località il corso d'acqua scorre verso valle con direzione Nord/Est-Sud/Ovest sino a confluire con il T. Pegorino in corrispondenza del limite tra i comuni di Camparada e Besana B.za. Il tratto considerato ha una lunghezza di circa 750 m ed inizialmente si sviluppa in un alveo non molto inciso con sponde di circa 1 m. I versanti risultano però molto acclivi, talvolta verticali e mostrano una forte erosione. Procedendo verso occidente il torrente risulta incassato in una stretta e profonda valle (15-20 m), manifestando un andamento prevalentemente tortuoso, tipico in presenza di fenomeni di instabilità dei versanti e di erosione d'alveo. In generale il torrente presenta una forte instabilità

idrogeologica con la presenza di lunghi tratti sottoposti a forte erosione e con l'evidenza di numerose frane recenti anche di dimensioni rilevanti.

Il Rio Dosello riceve, in questo primo tratto, le acque di sfioramento derivanti dallo scolmatore n° 13, posto a Nord-Ovest di Cascina Dosello e che serve 60 abitanti equivalenti.

Presso la località Quattro Valli, nell'estremo orientale del comune, al confine con Missaglia, si ritrova il Torrente **Roggia Nava** che scorre con andamento Nord/Ovest-Sud/Est lungo il confine comunale. Immediatamente ad Est di C.na Quattrovalli il Roggia Nava scorre in un tratto intubato, per poi riprendere corso naturale alla confluenza con un piccolo affluente proveniente da Nord. Successivamente il torrente continua il suo corso verso Sud-Est raccogliendo le acque provenienti da un inciso impluvio situato alla sua destra idrografica e le acque di sfioro provenienti dallo scolmatore n° 29 che serve n.2318 abitanti equivalenti. Dal punto di vista idrogeologico questo tratto del torrente non mostra evidenze di dissesti o evidente erosione.

Immediatamente a Sud di Cascina Levada ha origine un altro torrente, il **Rio La Molgora**, che attraversa il territorio comunale di Casatenovo con un andamento prevalentemente Nord-Sud. Questo primo tratto è stato probabilmente "abbandonato" in seguito al convogliamento delle acque bianche a valle del tratto intubato, tramite lo scolmatore n° 8. Non ci sono evidenze legate al dissesto idrogeologico.

3.2.5 Tavola 6 – Area Centro-Orientale

La **Tavola 6** comprende la porzione centro-orientale del comune di Casatenovo. Il principale corso d'acqua che attraversa quest'area è il torrente **Roggia Nava** che scorre a est della località Galgiana fino all'estremità meridionale della tavola che si trova immediatamente a Nord della C.na Bernaga. Il torrente scorre in un alveo per lo più planare, con sponde poco elevate; tuttavia talvolta viene a fluire alla base di versanti più acclivi e con altezze maggiori, provocandone erosione al piede e quindi franamento. Il torrente, nel tratto nord-occidentale della tavola, scorre con andamento Nord/Ovest-Sud-Est fino a giungere a Nord di C.na Bracchi dove prende una direzione Est-Ovest per poi piegare nuovamente e dirigersi verso Sud-Est. A circa metà di questo tracciato riceve le acque dello scolmatore n° 16 che serve n.360 abitanti equivalenti le cui acque raggiungono il torrente grazie ad un breve tratto di fognatura bianca. Nel tratto Est-Ovest il Roggia Nava riceve le acque di alcuni affluenti provenienti da Sud che incidono lunghi impluvi posti a nord dell'area residenziale. L'impluvio più occidentale, di cui si perdono le tracce a valle, riceve le acque di sfioramento dello scolmatore n°15 che serve n.400 abitanti equivalenti. L'affluente più orientale ha origine immediatamente a Nord del centro abitato e scorre con direzione Nord-Sud e poi Est Ovest per circa 450 m prima di raggiungere le acque del Roggia Nava. Più a valle, circa 200 m a Nord di C.na Bernaga, il torrente riceve le acque di un terzo affluente anch'esso proveniente da Sud; tale corso minore raccoglie le acque dello scolmatore n° 30 che serve n.50 abitanti equivalenti. Date le caratteristiche morfologiche dell'alveo fluviale in cui scorre il Roggia Nava le sponde del torrente sono spesso soggette ad una forte erosione che, talvolta, può evolvere in frane di entità differenti. Seguendo il corso d'acqua da Nord verso Sud i tratti più sensibili si ritrovano soprattutto in corrispondenza dei meandri del torrente e laddove si hanno le sponde più ripide. In questo primo tratto l'entità del fenomeno assume una rilevanza in quando la maggior parte delle aree adiacenti al torrente vengono utilizzate come aree agricole e pertanto alcuni franamenti possono coinvolgere

campi coltivati o, in alcuni casi, delle piccole strade sterrate. Più a valle, dopo il breve tratto Est-Ovest del torrente, il corso d'acqua si addentra in una zona con più vegetazione dove si ritrovano, accanto all'erosione spondale, delle frane di scivolamento anche di grandi dimensioni. Tuttavia, vista la prevalente destinazione d'uso a carattere agricolo-forestale di queste zone, non sussiste un reale rischio legato al dissesto idrogeologico in quest'area del comune.

Nell'estremità sud-occidentale della **Tavola 6** si ritrova anche un tratto del **Torrente Molgorana**, già descritto nel precedente **Paragrafo 3.1.4** che scorre per circa 435 m prima di essere intubato e diretto verso Sud.

3.2.6 Tavola 7 – Area Centro-Occidentale

Gli unici elementi legati al reticolo idrografico che ricadono in questa **Tavola 7** sono localizzati nel suo margine settentrionale e sono rappresentati dalla confluenza del Rio Dosello con il Torrente Pegorino che poi continua la sua corsa uscendo dai territori comunali di Casatenovo entro il comune di Corezzana. Nonostante sia l'affluente secondario è il Rio Dosello a percorrere una lunghezza maggiore (circa 115 m) ed a presentare i maggiori problemi anche dal punto di vista idrogeologico. Come per il resto del suo percorso, infatti, anche in quest'area si rinviene erosione delle sponde e piccole frane lungo i margini del torrente. Poco più a Ovest si nota un'altra asta torrentizia, della lunghezza di circa 130 m che si imposta in un piccolo impluvio e si dirige verso Nord per confluire nelle acque del Rio Dosello.

3.2.7 Tavola 8 – Area centrale (sud)

Questa tavola comprende l'area contro-meridionale del comune di Casatenovo ed è interessata dalla presenza di due corsi d'acqua: il **Torrente Molgorana** e il **Rio La Molgora** facente parte del reticolo secondario e che attraversa il territorio da Nord a Sud. Il Torrente Molgorana si trova nel margine orientale della Tavola; per i primi 180 m scorre intubato parallelamente alla Via Foscolo, dopodichè torna in alveo naturale per circa 250 m prima di essere nuovamente intubato e condotto al di sotto dell'area residenziale. Più a valle, a Sud-Est della C.na Colombaro, il torrente torna a scorrere in superficie dirigendosi verso Sud-Est. In corrispondenza del secondo tratto intubato il torrente riceve le acque di sfioramento dello scolmatore n° 17 e le acque provenienti da un tratto di fognatura bianca lungo circa 350 m che raccoglie le acque di sfioro dello scolmatore n° 20 posto a circa 260 m a Nord del torrente.

Il Rio Molgora scorre invece più a Ovest, a occidente della Cascina Verdura (**Tavola 8**). L'incisione torrentizia attraversa i depositi glaciali e fluviali antichi che costituiscono i ripiani a "ferretto" e la cerchia morenica mindeliana affiorante presso la porzione meridionale del territorio di Casatenovo. Normalmente il corso d'acqua è alimentato da volumi idrici provenienti, previo trattamento, dal depuratore delle acque fognarie situato tra Camparada e Campo Fiorenzo (**Tavola 10**); il deflusso è pertanto presente in modo continuativo solo a partire da quest'ultima località.

L'alveo del torrente, dalla sua origine sino a valle dell'attraversamento con la direttrice stradale che collega Rogoredo alla SP 51 (località Sant'Anna), incide il profilo topografico in modo modesto per cui risultano assenti segni evidenti di erosione. A valle di detta località è invece manifesto il restringimento della sezione di

deflusso e la contestuale marcata incisione dell'alveo che risulta approfondito rispetto al fondo della vallecola di oltre 2 m. I versanti della vallecola sono perlopiù stabili, a bassa acclività e coperti da fitta vegetazione.

Allo stesso modo dei casi descritti in precedenza, la morfologia e le caratteristiche forme d'erosione al fondo sono sintomatiche di una situazione di "gully".

Nel tratto iniziale il corso d'acqua raccoglie le acque provenienti da un tratto di fogna bianca posto a Nord, derivanti dallo scolmatore n. 8 e, successivamente, dallo scolmatore n.6, posto a Ovest; questi servono rispettivamente n.950 e n.597 abitanti equivalenti. Dopo circa 650 m il torrente viene intubato e torna in superficie dopo circa 80 m ricevendo le acque bianche derivanti dallo scolmatore n.33 che serve circa 700 abitanti equivalenti. Questo tratto del Rio La Molgora presenta un alveo poco inciso entro depositi glaciali. Le forme di dissesto principali si rinvencono come erosione di sponda, in alveo o come "gully erosion"; non mancano però alcune frane di grandi dimensioni che si impostano laddove le sponde aumentano la loro acclività. Dato l'uso del suolo a prevalente carattere agricolo-forestale, non sussiste un reale rischio da dissesto idrogeologico.

3.2.8 Tavola 9 – Area Est-Sud-Est

A nord di Cascina Bernaga si trovano due piccole aste torrentizie della lunghezza rispettivamente di 120 e 125 m che si raccordano e confluiscono, poco più a Nord, nelle acque del torrente **Roggia Nava**. L'affluente occidentale riceve le acque bianche provenienti dallo scolmatore n° 30 che serve 50 abitanti equivalenti. Il Roggia Nava scorre per circa 670 m verso Sud-Est prima di convogliare nelle acque del **Torrente Lavandaia**, parte del reticolo idrico principale. Quest'ultimo nasce immediatamente a Sud dell'abitato di Sirtori, scorre con direzione all'incirca Nord-Sud nell'ambito dei Comuni di Monticello B.za e Missaglia, sino ad identificare il confine amministrativo del territorio comunale di Casatenovo per un tratto di circa 600 m. In territorio di Casatenovo il corso d'acqua assume carattere meandriforme e, dopo aver ricevuto le acque del Roggia Nava, continua verso Sud in comune di Lomagna. L'alveo della Lavandaia è abbastanza regolare e non presenta fenomeni di dissesto o di erosione pronunciata. Nella parte alta è tuttavia presente una sponda leggermente erosa, probabilmente a seguito di forti precipitazioni.

La Roggia Nava, come già precedentemente descritto, alterna zone in forte erosione a zone con pendii blandi e senza particolari fenomeni di dissesto. Le aree maggiormente colpite risultano, anche in questo tratto, quelle caratterizzate da pendii molto ripidi o verticali, principalmente in corrispondenza di anse del torrente.

A Est della Cascina Colombara, ritroviamo il **Torrente Molgorana** che, inizialmente, risulta intubato per un tratto di circa 90 m (**Tavola 9**). In questo tratto il torrente riceve le acque di sfioro dello scolmatore n° 18 che serve 1525 abitanti equivalenti. Al termine del tratto intubato l'alveo scorre all'interno di un alveo artificiale in cemento, con briglie in pietrame per circa 300 m. Oltre tale limite l'alveo scorre naturalmente per un primo tratto di 700 m all'interno di uno stretto impluvio, con morfologia tipica delle strutture di "gullies", dopodiché percorre l'ampia depressione valliva riscontrabile sino oltre il confine con il Comune di Usmate Velate; in corrispondenza di quest'ultima l'alveo risulta debolmente infossato (0.5-1 m). Viste le caratteristiche morfologiche dell'alveo del torrente, che presenta sponde di modeste altezze adiacenti ad aree pressoché planari, nella zona non sussistono fenomeni di instabilità di entità rilevante. Le uniche forme di dissesto sono

ricollegabili all'erosione delle sponde nei tratti più ripidi e meno protetti dalla vegetazione. Fenomeni più intensi si rinvergono in corrispondenza delle sponde più elevate o più acclivi.

3.2.9 Tavola 10 – Area Sud-Ovest

All'altezza di Campo Fiorenzo è possibile apprezzare un nuovo allargamento dell'incisione valliva già descritta al **Paragrafo 3.1.7**, dove il Rio La Molgora scorre in un alveo conformato a fondo piatto. La copertura di manto erboso del fondo testimonia la stabilità nell'evoluzione morfologica che comporta assenza di fenomeni erosionali significativi.

In tale contesto fa eccezione quanto si verifica in destra idrografica del R. La Molgora, in corrispondenza di un impluvio laterale che si origina ad Est di Campo Fiorenzo, interessato da fenomeni erosionali localizzati principalmente alla testa e alla confluenza con il Rio La Molgora. Tale affluente riceve le acque di sfioramento provenienti dagli scolmatori 9 e 10 che servono rispettivamente n.398 e n.1354 abitanti equivalenti.

A Sud di Campo Fiorenzo, nei pressi del depuratore, sono manifeste erosioni pronunciate che interessano sia l'alveo del R. La Molgora (salti, scavernamenti sul fondo a sviluppo circolare), sia le sponde dello stesso laddove il torrente scorre al piede della sponda o essa ha una maggiore pendenza (fenomeni principalmente rappresentati da scoscendimenti e sradicamento di alberi); ciò anche in relazione alla presenza di scaricatori di piena. In questo tratto, infatti, il corso d'acqua riceve gli scarichi provenienti dagli scolmatori 11 e 12 che servono rispettivamente 415 e 331 abitanti equivalenti, nonché le acque provenienti dal depuratore (scolmatore 3).

Nel tratto meridionale di Casatenovo, sino al centro di Camparada, a seguito di interventi di regimazione idraulica (briglie, tombinature, etc.) i fenomeni erosionali risultano mitigati e contestualmente favoriti i processi di sedimentazione in alveo.

3.2.10 Tavola 11 – Area Sud-Est

Circa 200 m a Nord della confluenza della valle del T. Molgorana con la vallata proveniente da Valaperta, da considerarsi "relitta" in quanto attualmente non è percorsa da alcun corso d'acqua, è stata realizzato un intervento di regimazione idraulica del tutto simile a quelli presenti a Nord della località Rogoredo.

L'intervento consta in una traversa di sbarramento in calcestruzzo con sfioratore di troppo pieno, di altezza pari a 5 m circa, sviluppata per tutta la larghezza della valle in modo da creare il relativo bacino di laminazione e munita di saracinesca protetta da barre verticali in acciaio per prevenire intasamenti da materiale flottante.

In questa parte del territorio il torrente scorre in un alveo abbastanza largo e con sponde poco elevate. Per queste caratteristiche morfologiche non sussistono gravi problemi legati al dissesto idrogeologico, tuttavia, in alcuni punti del torrente, le sponde risultano abbastanza ripide e molto esposte. Data la vicinanza del canale a terreni adibiti ad uso agricolo potrebbe essere necessario tenere sotto controllo l'erosione spondale in questi tratti del corso d'acqua.

Un'ultima osservazione merita lo stato attuale dei letti di gran parte dei torrenti insistenti in ambito comunale che, come confermato dai sopralluoghi effettuati, nella maggior parte dei casi risultano ostruiti da tronchi e materiale di vario genere (flottanti).

Tale situazione, se non comporta problemi particolari in condizioni di normale deflusso visto il regime temporaneo che caratterizza i corsi d'acqua della zona, è sicuramente pericolosa in concomitanza di manifestazioni piovose intense.

L'ostruzione e la riduzione della sezione degli alvei possono infatti determinare fenomeni di esondazione anche di notevole entità, nonché erosioni spondali significative (fino a qualche metro di altezza) che possono innescare dissesti delle scarpate dei rilievi prospicienti.

4. DEFINIZIONE DEI PRINCIPALI BACINI IDROGRAFICI

“Con bacino idrografico si intende “l'unità fisiografica che raccoglie i deflussi superficiali, originati dalle precipitazioni che si abbattano sul bacino stesso, che trovano recapito nel corso d'acqua naturale e nei suoi diversi affluenti” (Pugliesi).

Al fine di individuare i bacini idrografici dei vari torrenti sono state selezionate dalla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 i fogli relativi al Comune di Casatenovo B5C1, B5C2, B5C3, B5D1, B5D2 E B5D3. Sono stati quindi individuati i punti di quota più elevata e, successivamente, utilizzando una polilinea AUTOCAD che intersecasse perpendicolarmente ogni linea di livello presente sulla CTR e che non tagliasse gli elementi dei reticoli idrografici relativi ai corsi d'acqua limitrofi, si sono tracciate la linea di dislivello (**Tavola 1**).

È stata digitalizzata l'asta del torrente, a partire da questi dati è stato possibile ottenere una serie di informazioni aggregate quali:

- Caratteristiche morfometriche:
 - proprietà lineari: relative al drenaggio e ai caratteri della rete fluviale (lunghezza, numero rami, ecc);
 - proprietà areali: relative alla superficie e alla forma del bacino idrografico;
 - proprietà di rilievo: relative all'altimetria, esprimono un rapporto tra dimensioni verticali e lineari/areali.
- Tempo di corrivazione.

4.1 Bacino idrografico Torrente Pegorino

Il bacino idrografico del Torrente Pegorino occupa la parte NordOvest del Comune, nel caso in esame il suo bacino è stato chiuso subito a valle della confluenza con il Rio Dissello; di seguito sono riassunte le principali caratteristiche morfologiche (**Tabella 2**).

S	3.83	[km ²] superficie bacino
P	8.1	[km] perimetro bacino
L	1.97	[km] lunghezza asta principale
Ls	1.46	[km] lunghezza affluente
Hm	325.8	[m] altezza media del bacino
Ho	261.6	[m.s.l.m.] quota della sez. di chiusura
Hmax	390	[m.s.l.m.] altezza massima del bacino
Pv	4.5	[%] pendenza media dell'asta principale

Tabella 2: Principali caratteristiche morfologiche

4.1.1. Proprietà lineari

Ordine del bacino: sulla base del sistema di numerazione Horton-Strahler si ricava un ordine di bacino k pari a 3, si ha infatti un'asta principale e due affluenti oltre ad un serie di impluvi caratterizzati comunque da dimensioni modeste;

Rapporto di biforcazione $R_b = \frac{N_u}{(N_u + 1)}$: rapporto tra il numero di segmenti di ordine u e il numero di

segmenti di ordine successivo. Nel caso in esame R_b risulta pari a 2.83;

Densità di drenaggio: rapporto tra lunghezza totale del reticolo idrografico e superficie del bacino [km^{-1}], nel caso in esame $D_k=1.40$, se ne ricava che il bacino è caratterizzato da terreni poco permeabili ed una elevata ramificazione (e di conseguenza la presenza di un numero alto di valli);

Frequenza di drenaggio: rapporto tra il numero totale di segmenti del reticolo idrografico e area del relativo bacino idrografico, nel caso in esame $F_k=2.09$.

4.1.2. Proprietà areali

indice di forma di Horton $R_k = \frac{A}{L^2}$: concettualmente equivalente al rapporto tra l'area del bacino e l'area di un quadrato avente lato pari alla lunghezza dell'asta principale, nel caso in esame $R_k=0.98$;

indice di forma $R_k = 0.89 \cdot \frac{L}{A^{1/2}}$: concettualmente equivalente al rapporto tra la lunghezza dell'asta e il diametro del cerchio avente la stessa superficie del bacino, nel caso in esame $R_k=0.89 < 1$;

indice di compattezza del bacino $R_k = 0.28 \cdot \frac{P}{A^{1/2}}$: concettualmente equivalente al rapporto tra il perimetro P del bacino e la circonferenza del cerchio avente una superficie pari a quella del bacino, nel caso in esame $R_k=1.16 > 1$.

Il valore maggiore dell'unità indicano una forma del bacino allungata, al contrario valori inferiori ad uno indicano una forma allargata; i risultati ottenuti mostrano un bacino di forma intermedia.

4.1.3. Tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione è stato calcolato utilizzando vari metodi presenti in letteratura e i risultati sono riassunto in **Tabella 3**.

Per proseguire nello studio è stato scelto un tempo di corrivazione di 57 minuti (pari a 0.95 ore) che risulta essere il tempo medio fornito dagli altri metodi considerati.

	Tempo di corrivazione	
	[ore]	[min]
Ventura	1.17	70
Pezzoli	0.51	31
Puglisi	1.31	79

Pasini	1.01	60
Giandotti	0.75	45
Media	0.95	57
Max	1.31	79
Min	0.51	31
Dev. Std.	0.32	19.42

Tabella 3: Principali caratteristiche morfologiche

4.1.4. Calcolo della portata per tempi di ritorno assegnati

Le procedure adottabili per stima della portata di piena in un corso d'acqua si differenziano in relazione alla disponibilità di serie storiche di dati idrologici rappresentativi.

Il caso più favorevole si ha quando nella sezione di interesse sono disponibili valori di portata misurati per un periodo di osservazione sufficientemente lungo; in queste condizioni l'analisi statistica diretta di frequenza delle piene consente di determinare le stime richieste.

Poiché tale situazione si verifica raramente, in ragione del modesto numero di stazioni di misura esistenti e del ridotto periodo di osservazione disponibile per alcune di esse, nella maggior parte dei casi si è nelle condizioni di dover stimare i valori delle portate di piena con metodi indiretti.

In questo caso le procedure utilizzabili sono le seguenti:

- impiego di modelli di regionalizzazione del dato idrometrico, costruiti tramite l'analisi statistica dei dati idrologici disponibili relativi a una porzione di territorio ("regione idrologica") omogenea rispetto ai fenomeni di piena;
- analisi statistica delle osservazioni pluviometriche relative al bacino idrografico sotteso dalla sezione di interesse e impiego di modelli afflussi-deflussi per la trasformazione in portate.

Nel caso in esame la metodologia adottata è stata quest'ultima.

4.1.4.1. Ricostruzione LSPP

Il primo step necessario per la ricostruzione della portata al colmo è quello di stimare i parametri delle curve di probabilità pluviometrica cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

Le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) sono comunemente espresse da una legge di potenza del tipo:

$$h(t) = a \cdot t^n$$

dove:

- h = altezza di precipitazione (mm);
- t = durata della precipitazione (h);
- a ,n = parametri che caratterizzano la curva e dipendono dalla climatologia locale.

La statistica fornisce alcuni metodi per valutare quale sia tale curva di probabilità e il relativo adattamento alla distribuzione dei dati alle ipotesi.

Trattandosi di campioni di massimi annuali di una variabile, in genere si ipotizza che la distribuzione di probabilità più idonea sia quella asintotica del massimo valore o di "Gumbel".

Se si indica con h l'altezza di precipitazione di assegnata durata, tale distribuzione assume l'espressione:

$$P(h) = e - e^{-\alpha(h-u)}$$

dove P rappresenta la probabilità di non superamento del valore h.

I parametri α e u si stimano come segue:

$$\alpha = 1.283/s$$

$$u = h - 0.450 \cdot s$$

dove h è la media dei campioni e s il relativo scarto quadratico medio.

Verificato per ciascun campione, ovvero per ogni durata presa in considerazione, il buon adattamento alla legge di Gumbel, si può determinare l'altezza di precipitazione di durata assegnata ed in corrispondenza a prescelti tempi di ritorno, mediante la relazione:

$$h = u - 1/\alpha \cdot \left[\ln \left(-\ln \left((T_R - 1) / T_R \right) \right) - \ln \right]$$

dove Tr è il tempo di ritorno.

Da queste elaborazioni è possibile ricostruire i valori "a" ed "n" della curva di possibilità pluviometrica. Nel caso relativo al Comune di Casatenovo, per avere una migliore regionalizzazione dei fenomeni, si sono utilizzate le curve di possibilità pluviometrica contenute nelle Norme di attuazione del P.A.I. (Piano Assetto Idrogeologico) dell'Autorità di Bacino per il Po (G.U. n.166 del 19 luglio 2001) per il calcolo delle portate al colmo di piena dei bacini considerati, in riferimento a tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni (Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" – Curve di probabilità pluviometrica puntuali"). Esse sono caratterizzate dai parametri indicati nella seguente **Tabella 4**.

Stazione di misura	Tr=20 anni		Tr=100 anni		Tr=200 anni		Tr=500 anni	
	a	n	a	n	a	n	a	n
Carate Brianza	57.58	0.293	73.95	0.289	80.93	0.288	90.11	0.287

Tabella 4: Curve di probabilità pluviometrica

4.1.4.2. Ietogramma

Il passo successivo è stato quello di calcolare lo Ietogramma di progetto con un intervallo di discretizzazione di un minuto e per una durata di pioggia di 114 minuti. È stata scelta una durata di pioggia superiore di circa 2 volte al tempo di corrivazione al fine di garantire il completo deflusso di tutta l'onda di piena in quanto "La durata complessiva dell'evento di piena è pari a 2 Tc perché l'ultima goccia di precipitazione caduta alla fine dell'evento, cioè all'istante Tc, nel punto idraulicamente più lontano impiega ancora un tempo pari a Tc per raggiungere la sezione di chiusura" [Vito Ferro, 2002, p. 157]).

Sono stati generati dalle curve di possibilità pluviometrica mediante il software URBIS 2003 v2.1 i seguenti tre ietogrammi sintetici:

- IETOGRAMMA COSTANTE: in cui si ipotizza che l'andamento temporale dell'intensità di pioggia sia costante per tutta la durata dell'evento;
- IETOGRAMMA DI HUFF: in cui si ipotizza un andamento temporale dell'intensità di pioggia prestabilito con picco nel primo quantile;
- IETOGRAMMA CHICAGO: la principale caratteristica di questo ietogramma consiste nel fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Inoltre è possibile assegnare la posizione del picco d'intensità (nel caso in esame 0.5).

Utilizzando il metodo SCS-CN, precedentemente descritto, è stato possibile depurare lo ietogramma di progetto dalle perdite per infiltrazione e per detenzione superficiale.

Per la definizione del valore di CN si è ricorsi alla cartografia del SIT della Regione Lombardia riguardante l'uso del suolo e si è identificata la zona in esame come area con boschi di latifoglie.

Valori di CN in funzione delle diverse tipologia di uso del suolo, da *Handbook of Hydrology, D.R. Maidment, 1992*

Tipologie di uso del suolo	Tipo di suolo			
	A	B	C	D
Suoli coltivati	62 - 72	71 - 81	78 - 88	81 - 91
Pascoli	39 - 68	61 - 79	74 - 86	80 - 89
Prati	30	58	71	78
Boschi e foreste con copertura modesta	45	66	77	83
Boschi e foreste con buona copertura dall'erosione e sottobosco	25	55	70	77
Aree a parco e di fruizione ricreativa:				
- con copertura erbacea superiore al 75%	39	61	74	80
- con copertura erbacea dal 50 al 75%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabili per l'85%)	89	92	94	95
Aree industriali (impermeabili per il 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali con percentuale media impermeabile:				
65%	77	85	90	92
38%	61	75	83	87
30%	57	72	81	86
25%	54	70	80	85
20%	51	68	79	84
Parcheggi, aree coperte (impermeabili)	98	98	98	98
Strade:				
- asfaltate	98	98	98	98
- inghiaiate	76	85	89	91

Tabella 5: Valore del coefficiente CN in funzione di differenti tipi di suolo

Nella fattispecie, considerando per i bacini in oggetto i caratteri granulometrici e la litologia dei depositi superficiali e del substrato lapideo, il suolo appartiene al Gruppo "C".

Nel Gruppo C vengono classificati terreni aventi *“potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidi anche se meno del Gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.”*

Analizzando la tabella si è deciso quindi di prendere un CN pari a 81.

4.1.4.3. Idrogramma

Al fine di ricostruire non solo la portata di piena al colmo, ma anche la forma dell'idrogramma di piena, è stato utilizzato il metodo dell'idrogramma unitario (IUH), che si basa sull'ipotesi che esista una correlazione lineare tra la precipitazione di una data durata, uniformemente distribuita nello spazio e nel tempo, e il deflusso di piena conseguente.

$$DE = PR \cdot IU$$

dove:

- DE = deflussi;
- PR = precipitazioni;
- IU = idrogramma unitario del bacino.

Vista la carenza di dati di deflusso si è costruito l'idrogramma unitario sintetico (IUH), ovvero la risposta del bacino ad un evento meteorico impulsivo, secondo il modello di corrivazione ipotizzando una curva area tempi lineare. Questo modello si basa sull'ipotesi che il percorso e il tempo di percorrenza del bacino rispetto alla sezione di chiusura siano invariati.

Calcolando l'integrale di convoluzione tra l'IUH e lo ietogramma netto è stato ricavato l'idrogramma di piena, che rappresenta l'andamento della portata nel tempo ovvero l'andamento dell'onda di piena.

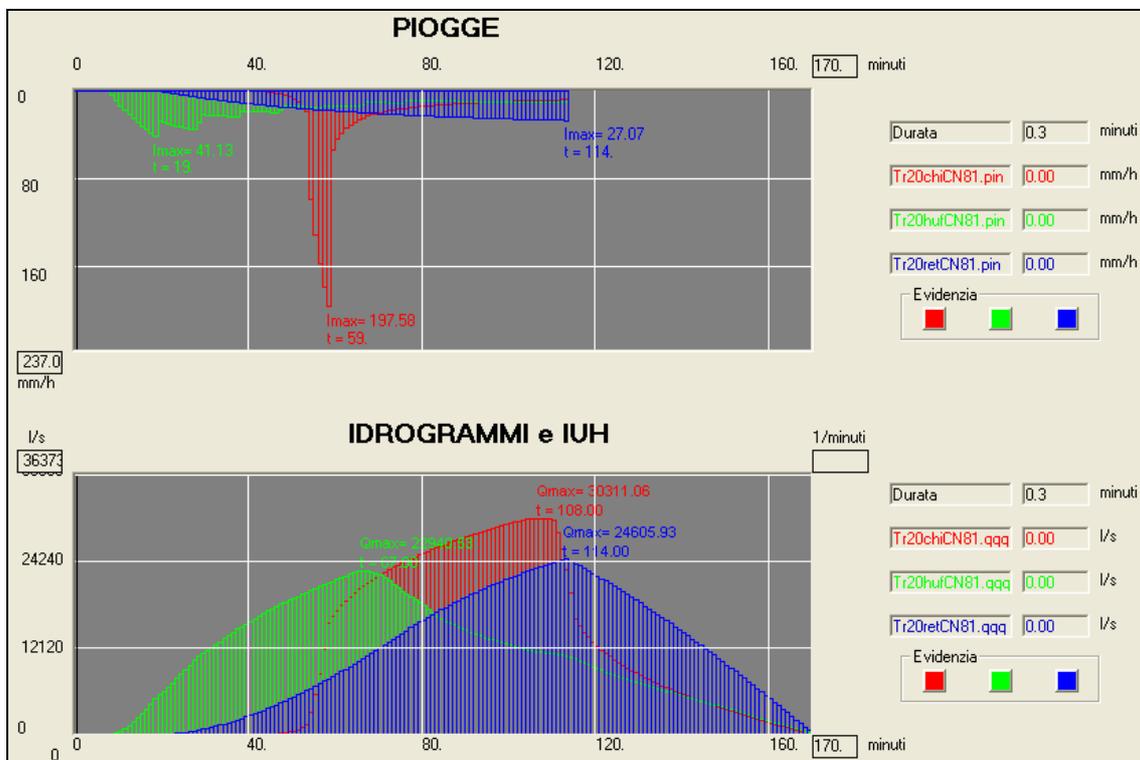


Figura 1: Piogge ed idrogrammi per un Tr pari a 20 anni

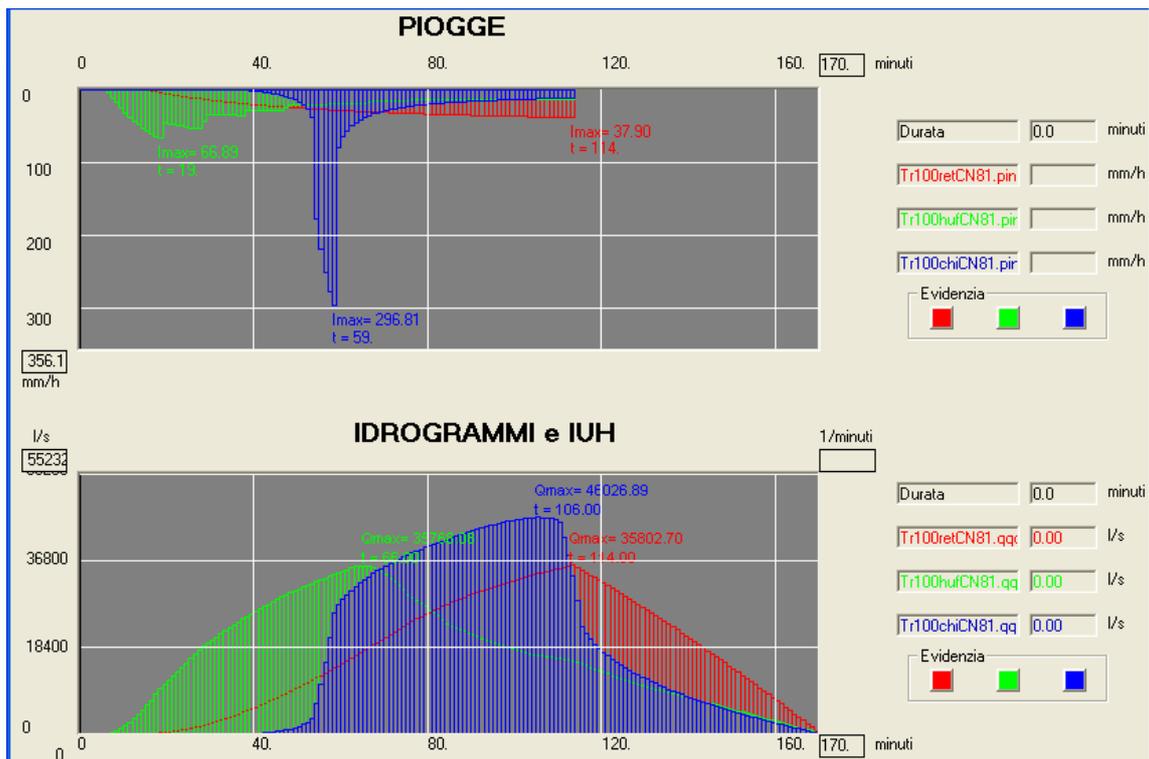


Figura 2: Piogge ed idrogrammi per un Tr pari a 100 anni

Le portate sono state calcolate per diversi tempi di ritorno (20 e 100 anni) e con tutti i diversi tipi di istogrammi precedentemente descritti; i risultati sono visibili nella **Tabella 6** qui di seguito.

	Tr20	Tr100
letogramma rettangolare	24605	35802
letogramma Huff	22940	35768
letogramma Chicago	30311	46026

Tabella 6: Valori di portata al colmo [l/s]

4.2 Bacino idrografico Rio La Molgora

Il bacino idrografico del Rio La Molgora occupa la parte meridionale del Comune, nel caso in esame il suo bacino è stato chiuso subito a valle della confine comunale di Casatenovo; di seguito sono riassunte le principali caratteristiche morfologiche (**Tabella 7**).

S	5.31	[km ²] superficie bacino
P	10.7	[km] perimetro bacino
L	3.14	[km] lunghezza asta principale

Ls	0.35	[km] lunghezza affluente
Hm	281.5	[m] altezza media del bacino
Ho	232	[m.s.l.m.] quota della sez. di chiusura
Hmax	331	[m.s.l.m.] altezza massima del bacino
Pv	2.9	[%] pendenza media dell'asta principale

Tabella 7: Principali caratteristiche morfologiche

4.2.1. Proprietà lineari

Ordine del bacino: sulla base del sistema di numerazione Horton-Strahler si ricava un ordine di bacino k pari a 2, si ha infatti un'asta principale e quattro affluenti (assimilabili a piccoli impluvi) caratterizzati da lunghezze modestissime (inferiori a 400 metri);

Rapporto di biforcazione $R_b = \frac{N_u}{(N_u + 1)}$: rapporto tra il numero di segmenti di ordine u e il numero di segmenti di ordine successivo. Nel caso in esame R_b risulta pari a 4;

Densità di drenaggio: rapporto tra lunghezza totale del reticolo idrografico e superficie del bacino [km^{-1}], nel caso in esame $D_k=0.86$, se ne ricava che il bacino è caratterizzato da terreni poco permeabili ed una elevata ramificazione (e di conseguenza la presenza di un numero alto di valli);

Frequenza di drenaggio: rapporto tra il numero totale di segmenti del reticolo idrografico e area del relativo bacino idrografico, nel caso in esame $F_k=0.94$.

4.2.2. Proprietà areali

indice di forma di Horton $R_k = \frac{A}{L^2}$: concettualmente equivalente al rapporto tra l'area del bacino e l'area di un quadrato avente lato pari alla lunghezza dell'asta principale, nel caso in esame $R_k=0.54$;

indice di forma $R_k = 0.89 \cdot \frac{L}{A^{1/2}}$: concettualmente equivalente al rapporto tra la lunghezza dell'asta e il diametro del cerchio avente la stessa superficie del bacino, nel caso in esame $R_k=1.21$;

indice di compattezza del bacino $R_k = 0.28 \cdot \frac{P}{A^{1/2}}$: concettualmente equivalente al rapporto tra il perimetro P del bacino e la circonferenza del cerchio avente una superficie pari a quella del bacino, nel caso in esame $R_k=1.30$.

Il valore maggiore dell'unità indicano una forma del bacino allungata, al contrario valori inferiori ad uno indicano una forma allargata; i risultati ottenuti mostrano un bacino di forma moderatamente allungata.

4.2.3. Tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione è stato calcolato utilizzando vari metodi presenti in letteratura e i risultati sono riassunti in **Tabella 8**.

Per proseguire nello studio è stato scelto un tempo di corrivazione di 88 minuti (pari a 1.47 ore) che risulta essere il tempo medio fornito dagli altri metodi considerati.

	Tempo di corrivazione	
	[ore]	[min]
Ventura	1.72	103
Pezzoli	1.01	61
Puglisi	1.90	114
Pasini	1.70	102
Giandotti	1.04	62
Media	1.47	88
Max	1.90	114
Min	1.01	61
Dev. Std.	0.39	23.58

Tabella 8: Principali caratteristiche morfologiche

4.2.4. Calcolo della portata per tempi di ritorno assegnati

Per il calcolo della portata si è proceduto in maniera analoga al **Paragrafo 4.1.4** e relativi sottoparagrafi, si riporta quindi qui di seguito solamente le piogge nette l'idrogramma di piena (che rappresenta l'andamento della portata nel tempo ovvero l'andamento dell'onda di piena) con riferimento a tempi di ritorno di 20 e 100 anni.

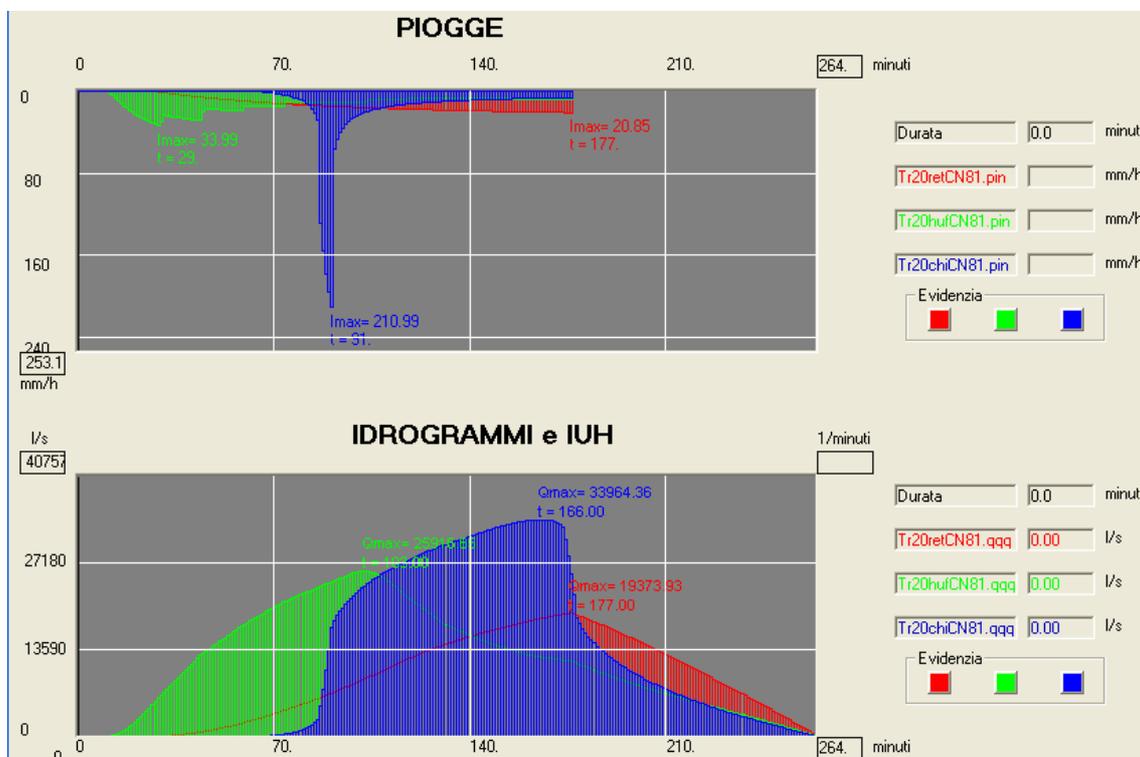


Figura 3: Piogge ed idrogrammi per un Tr pari a 20 anni

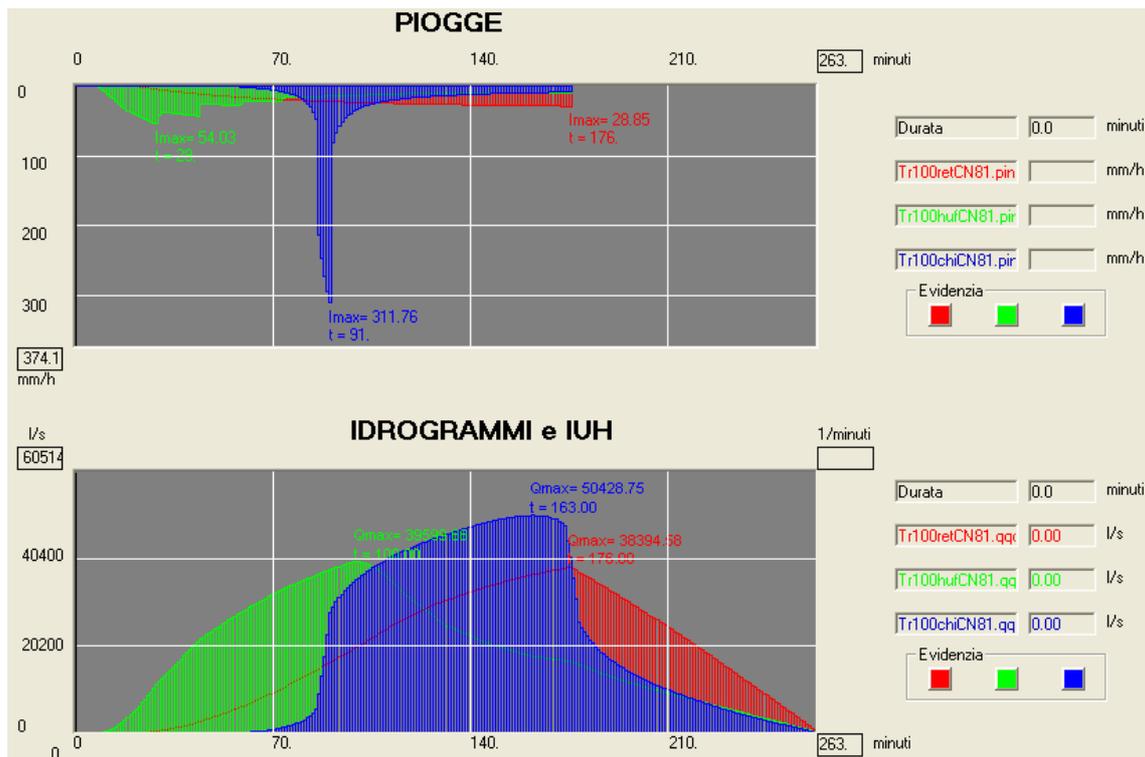


Figura 4: Piogge ed idrogrammi per un Tr pari a 100 anni

Le portate sono state calcolate per diversi tempi di ritorno (20 e 100 anni) e con tutti i diversi tipi di istogrammi precedentemente descritti; i risultati sono visibili nella **Tabella 9** qui di seguito.

	Tr20	Tr100
letogramma rettangolare	26860	38394
letogramma Huff	25916	39599
letogramma Chicago	33964	50428

Tabella 9: Valori di portata al colmo [l/s]

4.3 Bacino idrografico Torrente Molgorana

Il bacino idrografico del Torrente Molgorana occupa principalmente la parte sud-est del Comune, nel caso in esame il suo bacino è stato chiuso subito a valle della confine comunale di Casatenovo; di seguito sono riassunte le principali caratteristiche morfologiche (**Tabella 10**).

S	3.89	[km ²] superficie bacino
P	11.6	[km] perimetro bacino
L	4.73	[km] lunghezza asta principale

Ls	0.15	[km] lunghezza affluente
Hm	283.95	[m] altezza media del bacino
Ho	232.5	[m.s.l.m.] quota della sez. di chiusura
Hmax	335.4	[m.s.l.m.] altezza massima del bacino
Pv	2.2	[%] pendenza media dell'asta principale

Tabella 10: Principali caratteristiche morfologiche

4.3.1. Proprietà lineari

Ordine del bacino: sulla base del sistema di numerazione Horton-Strahler si ricava un ordine di bacino k pari a 2, si ha infatti un'asta principale e due affluenti (assimilabili a piccoli impluvi) caratterizzati da lunghezze modestissime (inferiori a 150 metri);

Rapporto di biforcazione $R_b = \frac{N_u}{(N_u + 1)}$: rapporto tra il numero di segmenti di ordine u e il numero di segmenti di ordine successivo. Nel caso in esame R_b risulta pari a 3;

Densità di drenaggio: rapporto tra lunghezza totale del reticolo idrografico e superficie del bacino [km^{-1}], nel caso in esame $D_k=0.98$;

Frequenza di drenaggio: rapporto tra il numero totale di segmenti del reticolo idrografico e area del relativo bacino idrografico, nel caso in esame $F_k=0.63$.

4.3.2. Proprietà areali

indice di forma di Horton $R_k = \frac{A}{L^2}$: concettualmente equivalente al rapporto tra l'area del bacino e l'area di un quadrato avente lato pari alla lunghezza dell'asta principale, nel caso in esame $R_k=0.17$;

indice di forma $R_k = 0.89 \cdot \frac{L}{A^{1/2}}$: concettualmente equivalente al rapporto tra la lunghezza dell'asta e il diametro del cerchio avente la stessa superficie del bacino, nel caso in esame $R_k=2.16$;

indice di compattezza del bacino $R_k = 0.28 \cdot \frac{P}{A^{1/2}}$: concettualmente equivalente al rapporto tra il perimetro P del bacino e la circonferenza del cerchio avente una superficie pari a quella del bacino, nel caso in esame $R_k=1.65$.

4.3.3. Tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione è stato calcolato utilizzando vari metodi presenti in letteratura e i risultati sono riassunti in **Tabella 11**.

Per proseguire nello studio è stato scelto un tempo di corrivazione di 106 minuti (pari a 1.77 ore) che risulta essere il tempo medio fornito dagli altri metodi considerati.

	Tempo di corrivazione	
	[ore]	[min]
Ventura	1.65	99
Pezzoli	1.71	103
Puglisi	2.49	149
Pasini	1.86	112
Giandotti	1.11	67
Media	1.76	106
Max	2.49	149
Min	1.11	67
Dev. Std.	0.49	29.7

Tabella 11: Calcolo del tempo di corrivazione medio

4.3.4. Calcolo della portata per tempi di ritorno assegnati

Per il calcolo della portata si è proceduto in maniera analoga al **Paragrafo 4.1.4** e relativi sottoparagrafi, si riporta quindi qui di seguito solamente i grafici relativi alle piogge nette e l'idrogramma di piena (che rappresenta l'andamento della portata nel tempo ovvero l'andamento dell'onda di piena) con riferimento a tempi di ritorno di 20 e 100 anni.

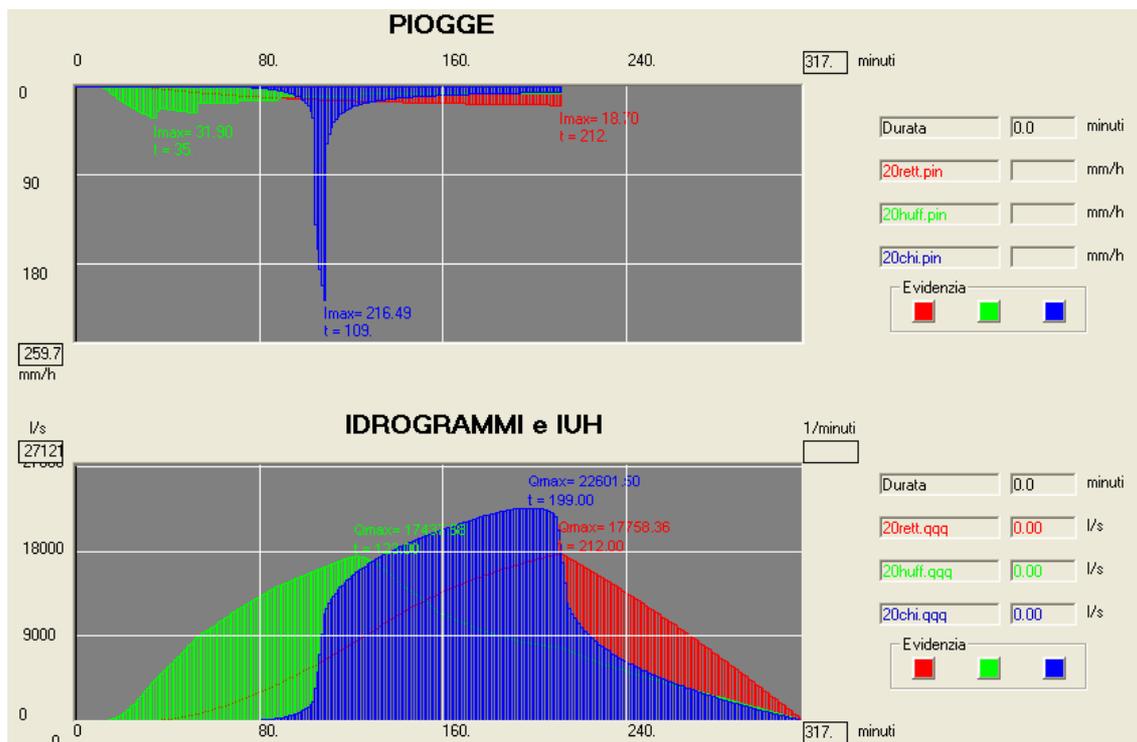


Figura 5: Piogge ed idrogrammi per un Tr pari a 20 anni

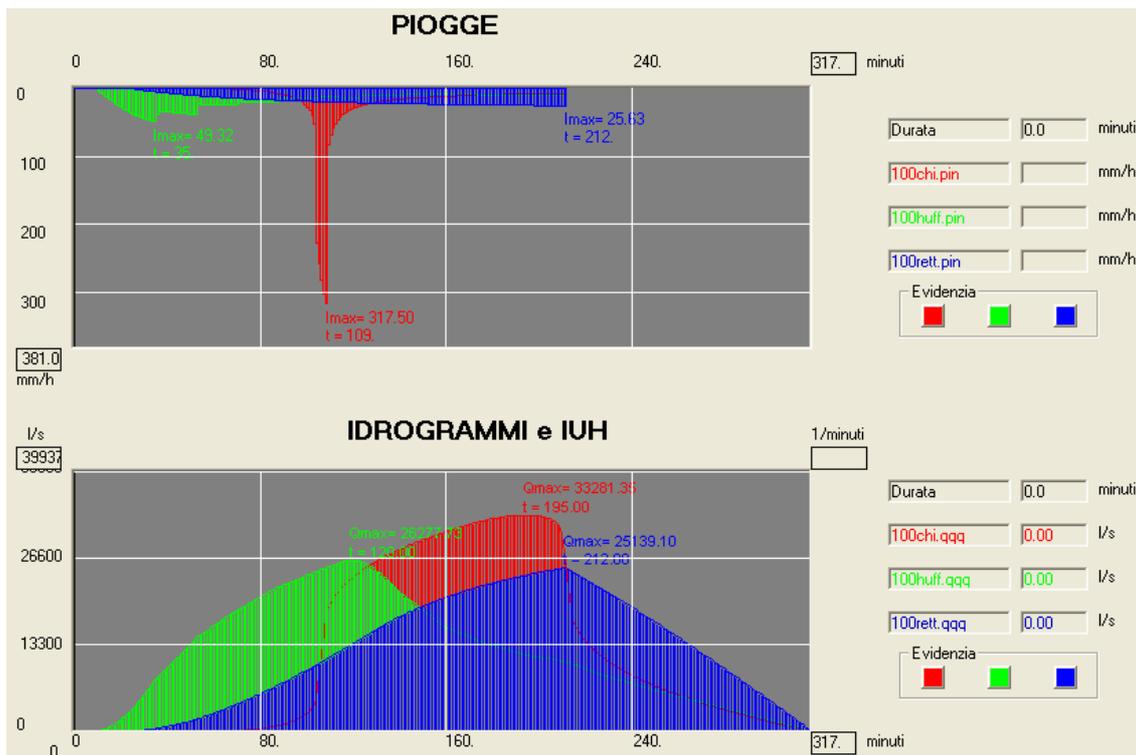


Figura 6: Piogge ed idrogrammi per un Tr pari a 100 anni

Le portate sono state calcolate per diversi tempi di ritorno (20 e 100 anni) e con tutti i diversi tipi di istogrammi precedentemente descritti; i risultati sono visibili nella **Tabella 12** qui di seguito.

	Tr20	Tr100
letogramma rettangolare	17758	25139
letogramma Huff	17437	26277
letogramma Chicago	22601	33281

Tabella 12: Valori di portata al colmo [l/s]

4.4 Verifica idraulica del tratto intubato del Torrente Molgorana presso la località Cascina Colombaro

L'aumento delle aree edificabili ha portato alla costruzione di nuovi comparti in prossimità dei corsi d'acqua e delle relative fasce di rispetto, in particolare il caso più problematico risulta essere quello della località Cascina Colombaro dove il Torrente Molgorana risulta essere intubato e scorre adiacente a numerose costruzioni.

Il Torrente Molgorana comincia il suo tratto intubato a valle due briglie presenti lungo Via Ugo Foscolo all'altezza di Cascina Verdura, la condotta ha una sezione circolare di diametro pari a 1 metro, più a valle in coincidenza della confluenza tra Via U. Foscolo e Via S. Gaetano la sezione diventa rettangolare con sezione pari a 2 X 1.5 m (Larghezza X Altezza).

Tale passaggio di sezione avviene in corrispondenza dello scaricatore n° 17, che proviene da Via A. Volta ed è al servizio di un bacino pari a n.460 abitanti equivalenti.

Al fine di valutare il rischio idraulico associato alla tubazione del corso d'acqua si è deciso di calcolare la portata generata dal Bacino del Torrente Molgorana in prossimità della sezione di tubazione, si è quindi calcolata la sportata smaltibile dalla sezione stessa e si è infine valutato la capacità di laminazione delle due briglie presenti subito a monte del tratto intubato.

La documentazione fotografica relativa a tale area è visibile in **Allegato 3**.

Analogamente a quanto fatto precedentemente si è provveduto alla definizione del bacino alla sezione di chiusura, si è quindi calcolato il tempo di corrivazione e si sono calcolate (mediante un modello afflussi-deflussi) le portate al colmo per tempi di ritorno pari a 20 e 100 anni.

Qui di seguito sono riassunte le principali caratteristiche morfologiche (**Tabella 13**) e il tempo di corrivazione (**Tabella 14**).

S	0.85	[km ²] superficie bacino
P	4.76	[km] perimetro bacino
L	1.67	[km] lunghezza asta principale
Ls	0.15	[km] lunghezza affluente
Hm	311.6	[m] altezza media del bacino
Ho	287.8	[m.s.l.m.] quota della sez. di chiusura
Hmax	335.4	[m.s.l.m.] altezza massima del bacino
Pv	2.84	[%] pendenza media dell'asta principale

Tabella 13: Principali caratteristiche morfologiche

	Tempo di corrivazione	
	[ore]	[min]
Giandotti	0.44	26
Ventura	0.7	42
Pezzoli	0.54	33
Puglisi	1.24	74
Pasini	0.72	43
Media	0.73	44
Max	1.24	74
Min	0.44	26
Dev. Std.	0.31	18.37

Tabella 14: Calcolo del tempo di corrivazione medio

4.4.1. Calcolo della portata per tempi di ritorno assegnati

Per il calcolo della portata si è proceduto in maniera analoga al **Paragrafo 4.1.4** e relativi sottoparagrafi, si riporta quindi qui di seguito solamente i grafici relativi alle piogge nette e l'idrogramma di piena (che

rappresenta l'andamento della portata nel tempo ovvero l'andamento dell'onda di piena) con riferimento a tempi di ritorno di 20 e 100 anni.

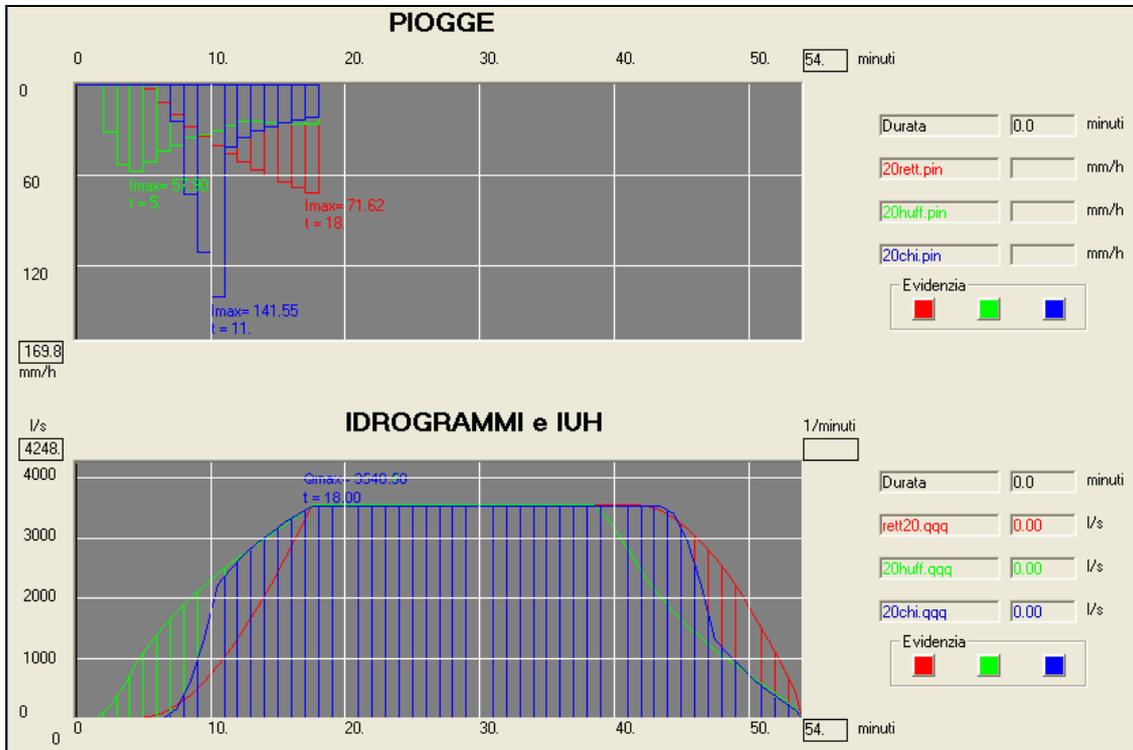


Figura 7: Piogge ed idrogrammi per un Tr pari a 20 anni

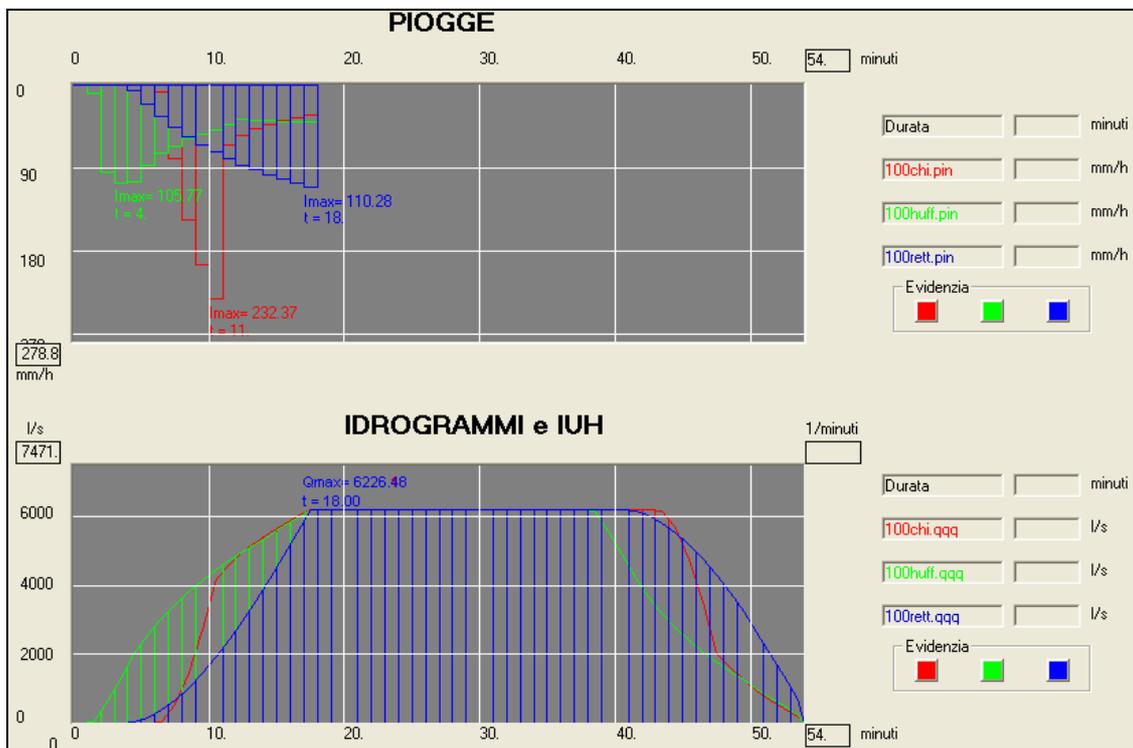


Figura 8: Piogge ed idrogrammi per un Tr pari a 100 anni

Le portate sono state calcolate per diversi tempi di ritorno (20 e 100 anni) e con tutti i diversi tipi di istogrammi precedentemente descritti; i risultati sono visibili nella **Tabella 12** qui di seguito.

	Tr20	Tr100
istogramma rettangolare	3540	6226
istogramma Huff	3541	6227
istogramma Chicago	3541	6226

Tabella 15: Valori di portata al colmo [l/s]

4.4.2. Calcolo della portata smaltibile dal tratto intubato Frazione Rogoredo (cascina Colombaro)

Come successivo step si è lasciato la verifica della capacità del tratto intubato a valle del bacino considerato, il tubo in calcestruzzo presenta una sezione circolare con luce pari a 1 m.

Per il tratto tubato in esame si è ipotizzato che, in caso di piena, il medesimo funzioni in pressione; ipotizzando un grado di riempimento pari al 100%, una pendenza dell'6‰ ed un coefficiente di scabrezza di Kutter pari a 15 (Tubi in servizio con lievi incrostazioni o cemento ordinario) si ottiene una portata smaltibile pari a 2.34 m³/s (cioè corrispondente a 2340 l/s).



Figura 9: Tratto intubato a valle della sezione in esame

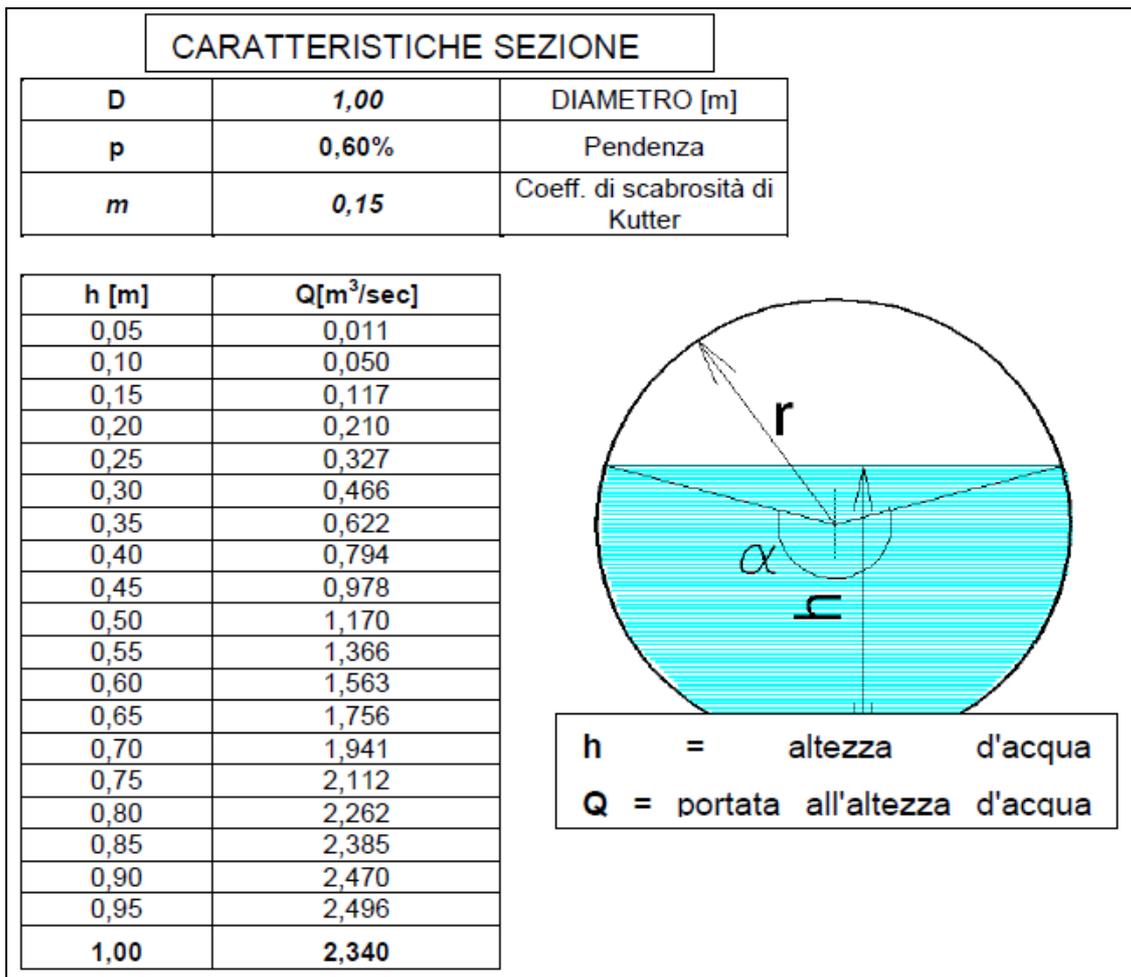


Figura 10: Calcolo portata smaltibile Tratto intubato

Si deve quindi valutare la possibilità di rivedere il tratto intubato, anche rispetto alla presenza di scaricatori (da deviare e portare a valle del tratto intubato dove si ha la presenza di una sezione di deflusso ampia), al fine di rendere la struttura in grado di smaltire le portate attese in corrispondenza di piogge intense.

In ogni caso si deve garantire a monte un'ideale area che possa fungere da cassa di laminazione, immagazzinando provvisoriamente le acque per poi smaltirle successivamente.

4.4.3. Valutazione del volume necessario per la laminazione della piena

A monte del tratto intubato sono presenti 2 opere idrauliche in serie (briglie) che sottendono aree che sono utilizzabili come vasche di laminazione; nel calcolo dell'idrogramma laminato tali manufatti non sono stati considerati in considerazione del fatto che il fattore limitante (in termini di minor portata smaltibile) risulta comunque essere il tratto intubato.

Le vasche di laminazione sono comunque state considerate in termini di volume invasabile.

Per la verifica del volume di acqua da invasare si è utilizzato il programma URBIS 2003 che, noto l'idrogramma di piena per il tempo di ritorno di riferimento (*Figura 8*) e la portata di efflusso dal tratto intubato, valuta il volume necessario alla laminazione dell'onda di piena (*Figura 12*).

Per la laminazione della piena con un tempo di ritorno di ritorno pari a 100 anni si dovranno temporaneamente invasare quindi circa 29000 m³.

Nel caso di piena con tempo di ritorno 200 anni, tale volumetria risulta essere difficilmente individuabile a monte del tratto intubato e delle briglie, dove è disponibile un volume di invaso pari a circa 24000 m³ che è sufficiente per laminare eventi di piena con tempo di ritorno pari a 20 e 100 anni.

All'interno di questa area, identificata in **Tavola 13**, non si ha presenza di elementi "vulnerabili" e, in accordo con quanto previsto dalla L.R. 12/05 e s.m.i., tale area risulta essere classificata con pericolosità R4 per esondazione (voce legenda PAI "Ee - pericolosità molto elevata") e dovrà quindi essere sottoposta a vincolo di inedificabilità (Classe 4 - gravi limitazioni) ed eventuali mutamenti sulla morfologia dell'area dovranno essere approvati in quanto potrebbero dar luogo a direzioni preferenziali di esondazione dell'acqua da laminare, con conseguente danni prevedibili alle infrastrutture/abitazioni limitrofe.

Va infine rilevato che le testimonianze storiche riferiscono che in occasione di piogge particolarmente copiose, le acque intercettate dalla traversa di monte ed accumulate nella zona valliva si avvicinano alla strada che da Galgiana conduce a Rogoredo.

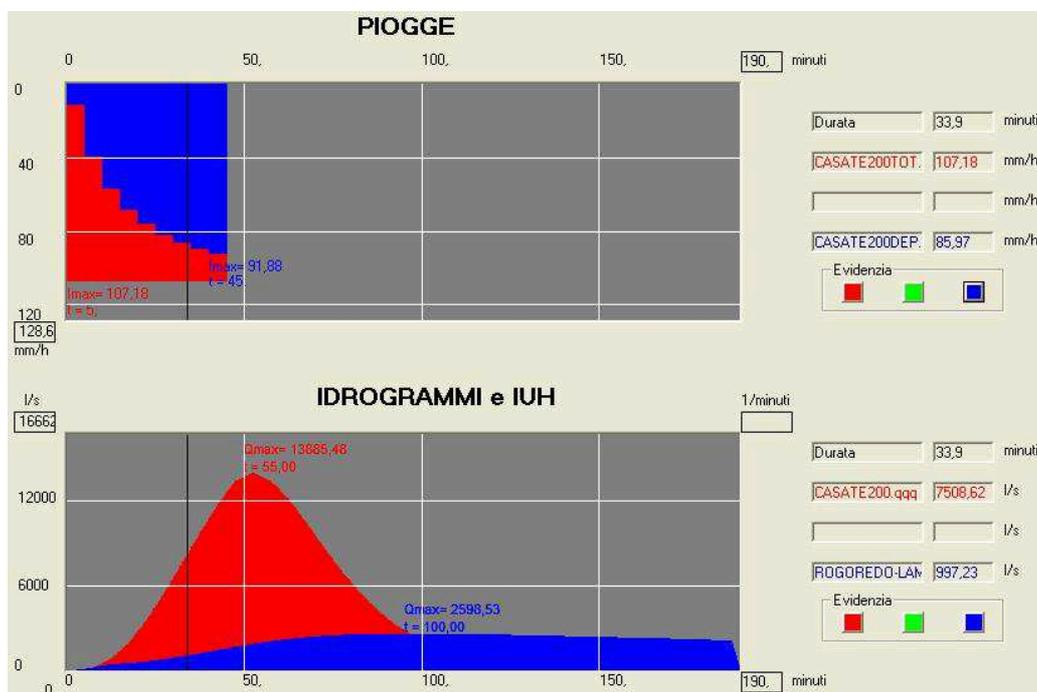


Figura 11: Idrogramma laminato

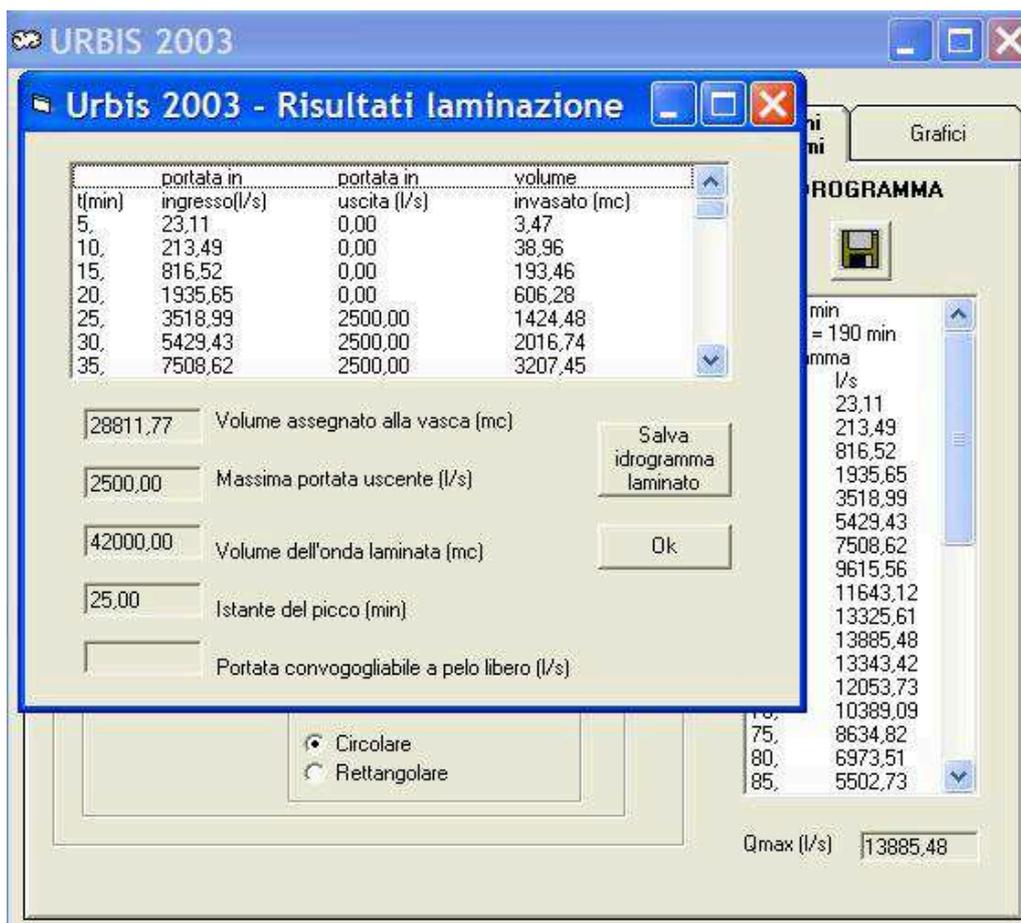


Figura 12: Calcolo necessario alla laminazione dell'onda di piena (con portata effluente nota)

PARTE 2 - DISSESTO

5. FENOMENI SOGENI E DI DISSESTO

La carta geomorfologica rappresenta i processi e le forme di erosione e di accumulo che hanno coinvolto e che tuttora interessano la superficie topografica, nonché la loro diversa evoluzione.

Le informazioni fornite in questo elaborato permettono di delineare un quadro completo delle caratteristiche geomorfologiche del territorio in esame.

Per l'elaborazione si è provveduto, oltre che alla consultazione delle carte morfologiche della Regione Lombardia (scala 1:50.000) e al materiale bibliografico disponibile, all'analisi del materiale contenuto nel GeoPortale IFFI (Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici) della Regione Lombardia e delle foto aeree e successivamente alla verifica diretta attraverso sopralluoghi compiuti in situ.

E' quindi stata prodotta una carta geomorfologica e del dissesto a scala 1:10.000 (**Tavola 14**), della quale vengono di seguito descritti i principali lineamenti.

Nella successiva descrizione delle unità geologiche presenti nel territorio comunale si utilizzerà la classica nomenclatura adottata dagli Autori precedenti; nello studio geologico del originario del Luglio 1997 è stato eseguita anche una cartografia, basandosi su un rilevamento geologico originale, utilizzando una distinzione delle unità secondo le più moderne metodologie di classificazione.

Tuttavia la limitazione al solo territorio comunale di tale nuova classificazione non rende possibile correlazioni con quanto è presente in questo settore collinare brianteo.

Le modalità e i tipi d'evoluzione che portano al modellamento delle forme del territorio dipendono da fattori geologici (litologia e assetto strutturale), dagli agenti esogeni e dalle condizioni climatiche.

Anche la vegetazione riveste notevole importanza in quanto controlla la mobilizzazione dei detriti, protegge da fenomeni di erosione, anche se contribuisce, d'altra parte, ad alterare chimicamente e fisicamente le rocce.

La morfologia dell'area in oggetto risente direttamente degli eventi geologici verificatisi durante il Quaternario; in particolare il territorio, come già anticipato, è stato modificato dalle varie glaciazioni che hanno rimodellato le strutture prequaternarie (rilievi isolati del substrato roccioso) e determinato la formazione di rilievi collinari, archi morenici, sui quali si è sviluppato un reticolo idrografico che ha inciso profondamente le strutture sopra descritte.

Le fiumane glaciali, con successive azioni di erosione e deposito, hanno generato un sistema di terrazzi fluviali disposto in quattro ordini principali (Diluvium Antico, Medio, Recente e Tardivo Auct.) che occupano l'alta pianura ai piedi degli anfiteatri morenici e strette fasce lungo i corsi d'acqua principali.

All'interno dell'area di studio si possono riconoscere tutta una serie di cerchie moreniche di varia età, facenti capo all'anfiteatro morenico del triangolo lariano.

Il limite meridionale di affioramento di tali depositi è facilmente riscontrabile poco più a Sud dell'area di studio lungo l'allineamento Lurago d'Erba-Giussano-Sovico-Lomagna; all'interno del territorio si rinviene tutta la serie delle cerchie moreniche da quelle di età würmiana a quelle di età mindeliana.

Le prima, collocata a Nord dell'area di studio fa parte dell'allineamento Briosco-Besana B.za-Monticello, quella di età rissiana appartiene alla cerchia di Giussano-Verano B.za-Casatenovo e infine quella di età mindeliana è compresa tra Lesmo, Camparada e Rimoldo (Casatenovo).

Sulla carta geomorfologica le forme glaciali sono state indicate come archi, cordoni morenici e scarpate morfologiche, mentre i differenti fenomeni franosi sono stati indicati come forme di versante dovute alla gravità.

La genesi di questi dissesti e le modalità del loro movimento sono sempre da mettere in relazione alla litologia ed alla quota altimetrica, che influisce, attraverso le variazioni climatiche, sulle caratteristiche litologiche e strutturali della roccia modificandone il comportamento geotecnico.

Sebbene infrequenti, sono presenti alcuni dissesti che coinvolgono terreni coesivi come, ad esempio, la frana presso la località C.na Rancate (zona Nord-Ovest Casatenovo) che interessa depositi argillosi appartenenti all'unità del Morenico Riss Auct.

Per quanto riguarda le forme dovute all'azione delle acque superficiali è stata evidenziata nell'area di studio una certa predominanza di fenomeni di ruscellamento, strettamente connessi ai depositi morenici che caratterizzano il territorio.

In tali situazioni infatti, a seguito di intense manifestazioni piovose, in prossimità dei versanti più acclivi possono verificarsi locali dissesti che in alcuni casi possono degenerare in veri e propri movimenti franosi.

Ciò anche in relazione alla presenza degli scaricatori di piena che determinano un veloce trasferimento di masse d'acqua significative dalle aree urbanizzate di monte verso gli impluvi a valle, incrementando l'erosione al piede dei versanti che, in condizioni ordinarie (assenza di scarichi idrici), raccoglierebbero in minore carico di acque.

L'azione delle acque fluviali provoca fenomeni erosivi di sponda lungo buona parte dei T. Pegorino, Lavandaia e della Roggia Nava e Molgorana; il fenomeno si riscontra principalmente nella parte "esterna" degli alvei dove si assiste ad un aumento della velocità della corrente che provoca indirettamente un incremento del grado d'erosione.

Per ovviare a questi inconvenienti gli interventi più indicati sono di norma rappresentati da rivestimenti spondali quali, scogliere in pietrame, argini in calcestruzzo e briglie a valle dell'area da sistemare.

La presenza di tali opere all'interno dell'area di studio è illustrata nella carta geomorfologica (**Tavola 2**) con il termine generico di opere di regimazione idraulica.

In carta sono stati evidenziati anche gli alvei abbandonati (paleoalvei) situati allo stesso livello del piano campagna o incassati rispetto ad esso; tali strutture risultano molto diffusi nella pianura a partire dalle cerchie moreniche.

5.1 La propensione al dissesto

Il territorio in esame è caratterizzato da numerosi fenomeni esogeni, anche se di entità limitata rispetto ad altre zone lombarde, che operano modellando continuamente il territorio con fenomeni franosi e di collasso di versante, processi di degradazione fisico-chimici e di erosione spondale e di fondo lungo i corsi d'acqua.

I fenomeni che contribuiscono a questa trasformazione della superficie topografica si instaurano solitamente al convergere di più fattori, determinati sia da cause naturali che antropiche.

In linea generale la causa scatenante principale è legata direttamente alle caratteristiche geologiche, litologiche e geomorfologiche proprie della zona alle quali si sovrappongono gli effetti causati da fattori esogeni che operano modellando le forme esistenti.

Oltre alle cause sopradette, anche l'attività umana molto spesso contribuisce ad alterare gli equilibri con il risultato di accelerare notevolmente i processi di degradazione.

L'opera antropica influisce negativamente attraverso sbancamenti e costruzioni che interessano aree geologicamente e morfologicamente inadatte, dove spesso vengono modificate le caratteristiche naturali di drenaggio delle acque.

I caratteri generali che inquadrano la zona in esame da un punto di vista della pericolosità geomorfologica, definita come "la probabilità che un certo fenomeno di instabilità si verifichi in un certo territorio e in un determinato intervallo di tempo", devono tener conto di tutte le informazioni di tipo geolitologico, geomorfologico oltre che delle caratteristiche del reticolo idrografico.

Non meno importanti risultano le informazioni riguardanti le caratteristiche tecniche dei terreni, il loro stato di alterazione meccanica e chimica (azione delle acque, temperatura ed esposizione dei versanti), la vegetazione ed i fenomeni legati all'attività umana.

In particolare l'impermeabilizzazione delle superfici e la necessità di drenare velocemente le acque di pioggia hanno determinato la necessità di costruire scaricatori delle acque di precipitazione.

Tali acque confluiscono con breve tempo di corrivazione sui fondovalle e l'incremento di portata dei corsi d'acqua minori determina diffusi fenomeni di erosione di sponda che possono risultare talora significativi in termini di volumi coinvolti.

L'analisi e la sintesi di tutte queste caratteristiche ha permesso di individuare all'interno dell'area in oggetto le seguenti due classi d'instabilità:

- 1) aree con instabilità potenziale elevata per caratteristiche morfologiche;
- 2) aree potenzialmente franose per caratteristiche litologiche.

La prima di queste comprende le seguenti sottoclassi:

1a. Aree soggette a franosità in terreni prevalentemente argillosi ed acclivi, con forte grado di imbibizione

Queste aree sono situate prevalentemente in corrispondenza dei versanti maggiormente incisi dall'azione erosiva operata dai corsi d'acqua principali (T. Pegorino, T. Lavandaia e Roggia Nava) e dai loro rispettivi affluenti.

L'instabilità potenziale è legata all'acclività dei versanti lungo tali incisioni contestualmente alla presenza di sedimenti prevalentemente limoso-argillosi (depositi morenici e fluviali di età mindeliana e rissiana con forte alterazione superficiale), i quali essendo scarsamente permeabili, favoriscono il ruscellamento superficiale.

In questo caso l'acqua provoca una progressiva asportazione del materiale, molto più accentuata nel caso la copertura vegetale sia assente che, dopo un breve trasporto, viene abbandonato come deposito colluviale. Localmente, qualora i depositi argillosi e limosi, riescano ad imbibirsi d'acqua, si innescano sotto l'azione della gravità movimenti dapprima lenti, nello spessore di terreno saturo, che evolvono in un soliflusso generalizzato su porzioni di versante più o meno ampie.

1b. Aree soggette a franosità per erosione laterale di sponda

La presenza di queste aree è legata alla portata e alla velocità della corrente dei corsi d'acqua, nonché alla sinuosità dell'alveo.

Durante i sopralluoghi eseguiti sono stati rilevati dissesti di tale tipologia lungo quasi tutti i corsi d'acqua presenti sul territorio comunale di Casatenovo, maggiormente frequenti in corrispondenza delle sponde esterne delle anse, dove l'erosione dell'acqua risulta superiore.

L'entità di tali fenomeni di scalzamento al piede del versante è comunque in genere modesta, tanto che sull'elaborato prodotto sono stati cartografati, per esigenze grafiche, soltanto i dissesti più cospicui.

Va precisato che nel corso dei rilievi lungo tali corsi d'acqua talvolta si sono riscontrate opere idrauliche laterali (massicciate, scogliere e pennelli) per difesa dall'erosione di sponda, ma non sempre ben localizzate; tali interventi in qualche caso isolato hanno favorito l'insorgere di fenomeni di erosione di sponda anche in corrispondenza dei tratti rettilinei.

1c. Aree al bordo di terrazzi fluviali soggette a possibili collassi o frane

Nell'area in esame sono numerosi i dissesti che rientrano in questa classe.

A causa delle loro esigue dimensioni e delle loro caratteristiche morfologiche e geologiche non sempre definite, si è ritenuto opportuno, per una migliore comprensione degli elaborati cartografici, accorpate tali dissesti nella sottoclasse 1a (aree soggette a franosità in terreni prevalentemente argillosi ed acclivi, con forte grado di infiltrazione).

Le aree potenzialmente franose per caratteristiche litologiche comprendono i versanti acclivi delle morene würmiane e le zone a media acclività, posti rispettivamente nell'estremità Nord di Casatenovo (località Monteregio, Casatenovo e Torriggia) e nel settore centrale e meridionale dell'area di studio.

5.2 Descrizione dei dissesti nell'area di studio

Considerando le problematiche legate ai fenomeni di instabilità, si rimanda integralmente al **Paragrafo 3.2** per l'analisi dei dissesti maggiormente significativi, rilevati durante i sopralluoghi effettuati.

PARTE 3 - IDROGEOLOGIA

6. CARATTERI IDROGEOLOGICI DEL TERRITORIO COMUNALE

L'attuale conformazione strutturale del territorio è da imputare all'azione glaciale che, attraverso fenomeni di deposizione ed escavazione profonda delle strutture prequaternarie, ha determinato la deposizione di estese cerchie moreniche; alla serie di rilievi morenici e piane intermoreniche, si intervallano locali elevazioni del substrato roccioso prequaternario.

La morfologia di quest'ultimo, sia esso affiorante o sepolto, è caratterizzata dalla presenza di strutture di "alto" disposte secondo una direzione OvestNordOvest-EstSudEst, in accordo con la struttura a pieghe del pedemonte comasco.

Per i caratteri litologico-strutturali le unità appartenenti al substrato roccioso possono ritenersi scarsamente permeabili e improduttive ai fini dello sfruttamento delle risorse idriche sotterranee.

L'andamento in profondità del substrato roccioso prequaternario condiziona la circolazione idrica sotterranea che si realizza solo laddove la profondità dello stesso è più cospicua e la coltre dei depositi quaternari presenta uno spessore di una certa entità.

Nell'area pedemontana la serie sovrastante il substrato roccioso è contraddistinta dall'unità delle argille villafranchiane, alla quale sono intercalate lenti ghiaioso-sabbiose, che possono essere sede di falde confinate, in genere con circolazione idrica limitata e talora facies idrochimica negativa per gli approvvigionamenti idrici.

Al di sopra di questa litozona argillosa, che per le scarse caratteristiche di permeabilità costituisce normalmente il sostegno della falda più superficiale, compaiono terreni a maggiore granulometria rappresentati da litotipi conglomeratici, ghiaioso-sabbiosi e ghiaioso-limosi, separati da lenti argilloso-limose perlopiù discontinue.

Tra di essi è d'uso operare una suddivisione tra i litotipi prevalentemente conglomeratici ("Ceppo" Auct.) che compaiono verso la base e la soprastante serie glaciale quaternaria, identificata in ordine temporale dalle unità Mindel, Riss e Würm Auct.

I conglomerati tipo "Ceppo" formano generalmente il primo acquifero a falda libera, in quanto la sovrastante serie Mindel-Riss-Würm Auct. risulta generalmente improduttiva per le scarse caratteristiche di permeabilità, o insatura per l'elevata profondità del livello piezometrico.

La serie glaciale quaternaria sovrastante il "Ceppo" (o talora direttamente al substrato impermeabile sia esso rappresentato dal substrato roccioso o da argille villafranchiane) presenta sotto l'aspetto litologico marcate variazioni laterali e verticali nei caratteri granulometrici e di stato di fessurazione, che condizionano il flusso e l'immagazzinamento delle risorse idriche sotterranee.

Gli orizzonti più produttivi sono invece rinvenibili in settori localizzati in cui sono presenti forti accumuli ghiaioso-sabbiosi ("paleoalvei"), come a Sud di Rimoldo e Valaperta in territorio di Usmate Velate (pozzi n.1 e 2), costituiti prevalentemente dai sedimenti fluviali del Würm Auct.

Mentre i termini würmiani risultano impostati nelle valli della Roggia Nava e del T. Lavandaia, i fluviali più antichi (Riss e Mindel Auct.) occupano "paleovalli sepolte" la cui morfologia superficiale non sempre permette una chiara e precisa identificazione.

Queste strutture idrogeologiche sono particolarmente importanti poiché costituiscono zone preferenziali per la ricarica degli acquiferi ad opera delle acque di infiltrazione (fluviali e meteoriche) e consentono il trasferimento delle acque sotterranee dalle zone pedemontane a quelle di alta e media pianura.

Le strutture di paleoalveo formate dai terreni più recenti contengono una falda libera che è in comunicazione con quella contenuta nel "Ceppo" e pertanto tali unità possono essere accomunate nella definizione di "primo acquifero".

La presenza di alti strutturali del substrato roccioso o argilloso villafranchiano come precedentemente accennato, implica una situazione idrogeologica particolarmente sfavorevole; lo spessore significativo raggiunto in alcuni casi dalla coltre quaternaria non consente in ogni caso uno sfruttamento delle risorse idriche a causa della litologia dei sedimenti morenici caratterizzati da una permeabilità limitata.

L'approvvigionamento idrico dei comuni posti in quest'area risulta di conseguenza difficoltoso e viene in genere effettuato accentrando i pozzi nelle strutture locali più favorevoli (strutture di paleoalveo), nelle quali generalmente gli acquiferi sono contenuti nel "Ceppo" o all'interno dei depositi fluviali più recenti.

Migliore appare la situazione delle aree poste a Sud del territorio di Casatenovo, dove si assiste ad un ispessimento della coltre dei depositi quaternari ed alla conseguente presenza di acquiferi di maggiore potenzialità, contenuti all'interno dell'unità idrogeologica del Ceppo e negli orizzonti sabbioso-ghiaiosi delle sottostante serie argillosa.

In termini di potenzialità nel settore in esame si hanno valori di trasmissività dell'acquifero superficiale contenuto nel "Ceppo" piuttosto ridotti, in quanto lo spessore saturo risulta generalmente inferiore a 10-20 m, oppure risulta del tutto esaurito come a Correzzana e nel settore occidentale del Comune di Casatenovo.

Queste caratteristiche idrogeologiche sono inoltre sfavorite dall'affioramento di terreni scarsamente permeabili (Riss e Mindel Auct.) che limitano l'infiltrazione delle acque superficiali o meteoriche.

Particolare attenzione merita la presenza di piccole falde che si rinvergono nel settore settentrionale del Comune di Casatenovo, contenute all'interno dei depositi morenici würmiani e rissiani.

Quest'ultime sono immagazzinate in sottili orizzonti a litologia prevalentemente ghiaiosa presenti in genere a profondità limitata (2÷3 m), all'interno della serie delle morene würmiane e rissiane; la loro scarsa continuità laterale e il loro modesto spessore determina limitata o nulla capacità di sfruttamento.

Tali falde, a seguito della loro posizione più superficiale e al loro isolamento sia areale che verticale nei riguardi del primo acquifero contenuto nell'unità del "Ceppo", vengono denominate con il termine di "falde sospese".

Esse sono particolarmente presenti nella zona settentrionale tra Monticello e l'allineamento Torriggia-Monteregio e danno origine anche alla Roggia Nava; non rivestono interesse dal punto di vista idrogeologico, ma possono interferire con i fabbricati, richiedendo opere di drenaggio.

6.1 Ricostruzione della struttura idrogeologica

La ricostruzione della struttura idrogeologica dell'area in esame consente di determinare la distribuzione areale e verticale degli acquiferi presenti, la potenzialità idrica, nonché il loro grado di vulnerabilità.

A tale scopo, sulla base dei dati stratigrafici dei pozzi, sono state ricostruite 4 sezioni geologiche che illustrano la successione litologica che caratterizza il territorio di Casatenovo e parte dei comuni limitrofi (**Tavola 16**).

Nel settore in esame possono essere individuati i seguenti complessi acquiferi:

- **acquiferi nelle "morene würmiane e rissiane" Auct.** (contenenti falde sospese)
- **acquifero del "Ceppo" Auct.** (primo acquifero)
- **acquiferi nelle "Argille sotto il Ceppo" Auct.** (secondo acquifero)

A - Falde sospese delle morene "würmiane e rissiane" Auct.

Si rinvencono nell'estremità settentrionale del Comune di Casatenovo in corrispondenza del versante Nord della morena würmiana di Monteregio-Casatevecchio-Torriggia e nella zona compresa tra C.na Quattovalli, Villaggio Vismara, C.na Crotta e C.na Modromeno nella quale affiora la morena rissiana.

I depositi glaciali, litologicamente costituiti da materiale limoso-ghiaioso poco permeabile, sono caratterizzati in corrispondenza dei livelli più permeabili prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, dalla presenza di falde di modesto spessore e di estensione areale limitata.

Rispetto all'acquifero normalmente captato dai pozzi presenti in zona, tali falde manifestano una soggiacenza piuttosto ridotta (2÷4 m).

L'alimentazione avviene attraverso l'infiltrazione delle acque superficiali, mentre pressoché assenti sembrano essere i collegamenti con il sottostante acquifero del "Ceppo"; le falde sospese più superficiali vengono talora drenate in corrispondenza delle valli più incise.

Lo sfruttamento di queste falde, in ragione dello scarso livello qualitativo delle acque e del limitato spessore viene effettuato da qualche vecchio pozzo per l'irrigazione di orti e giardini.

B - Acquifero del "Ceppo" Auct.

L'acquifero del "Ceppo" forma la roccia serbatoio della prima falda in buona parte del territorio Comunale di Casatenovo e in special modo nel suo settore collinare.

In esso vi è immagazzinata una falda libera nei livelli ghiaioso-sabbiosi o conglomeratici fratturati, che si rinvencono con maggiore frequenza verso la base dell'unità; l'alimentazione avviene in settori localizzati a mezzo di infiltrazioni di acque meteoriche e da perdite di subalveo dei corsi d'acqua,

Lo spessore saturo dell'acquifero è mediamente di 15-20 m, mentre la potenzialità idrica è individuata da valori di portata specifica (che esprime la portata estraibile per metro di abbassamento) piuttosto bassi e variabili tra 1.5 e 2.3 l/s·m, in relazione alla mediocre capacità di rialimentazione e alla cementazione del litotipo; tali parametri determinano la possibilità di prelevare portate di circa 5-10 l/s.

Un incremento delle caratteristiche di produttività del "Ceppo" si osserva in prossimità del territorio comunale di Monticello B.za (loc. Torriggia), dove si hanno 5 pozzi ex Vismara, ora della ditta Ferrarini, caratterizzati da una portata specifica variabile tra 2 e 8 l/s·m.

Oltre che da questi la falda libera contenuta nel "Ceppo" è messa in produzione da pozzi n. 18 ("ex Vister") e n. 9 ("Villa Fumagalli"), ubicati all'interno rispettivamente del perimetro industriale in corso di riqualificazione e della proprietà Altobelli; la portata specifica media di questi ultimi si aggira su valori di circa 10 l/s m.

Anche i pozzi posti nella parte meridionale del territorio comunale (n. 55) e al di fuori di esso sfruttano questo acquifero.

C - Acquiferi nelle "Argille sotto il Ceppo"

Su tutto il territorio di indagine la falda più superficiale, contenuta nel "Ceppo", è sostenuta da livelli impermeabili dell'unità delle "Argille sotto il Ceppo", che forma una litozona nel cui ambito prevalgono terreni limoso-argillosi.

Nella realtà il passaggio dalla litozona superiore ("Ceppo") a quella profonda non è netto, ma avviene attraverso una serie di "transizione" nella quale ai sopraddetti litotipi si intercalano lenti, talora dello spessore superiore a 10 m, formate da conglomerati, ghiaie, ghiaie in matrice limosa e sabbie; il complesso dei livelli più permeabili formano gli acquiferi nelle "Argille sotto il Ceppo" (secondo acquifero), che sono sede di falde semiconfiniate o confinate.

Nell'ambito di questa litozona gli acquiferi posti a minore profondità possono risultare talora in comunicazione con l'acquifero del Ceppo, consentendo la locale commistione tra le falde contenute in essi.

Il grado di confinamento degli acquiferi contenuti nell'unità delle "Argille sotto il Ceppo", garantisce una maggiore protezione nei confronti delle sostanze inquinanti, ma si hanno d'altra parte minori capacità di rialimentazione.

Per tale motivo la potenzialità idrica è ancor più bassa di quella del primo acquifero, in quanto le portate specifiche sono intorno al 1÷2 l/s·m.

6.2 Sezioni illustrative della struttura idrogeologica

Per fornire un quadro di maggiore dettaglio circa le caratteristiche strutturali degli acquiferi, di seguito vengono analizzate le sezioni idrogeologiche realizzate a tale scopo (**Tavola 16**).

In esse vengono riportati, oltre alla litologia del sottosuolo, i pozzi utilizzati per la loro stesura e l'ubicazione dei loro filtri (qualora nota).

6.2.1 Sezioni Nord-Sud

Sezione 1: Monticello B.za - Lesmo

La seguente sezione, posta nel settore occidentale del comune di Casatenovo, si estende per una lunghezza di circa 6.5 km a partire dalla porzione meridionale del Comune di Monticello B.za, attraverso Casatenovo, le località Verdura, Montecarmelo e Campo Fiorenzo fino al settore settentrionale dei Comuni di Camparada e Lesmo.

La quota topografica varia da un massimo di 360 m s.l.m. nel territorio settentrionale di Casatenovo, in corrispondenza della sommità della cerchia morenica würmiana di Torriggia, fino ad un minimo di 250 m s.l.m. nell'estremità meridionale della sezione.

In considerazione della complessa struttura idrogeologica dell'area di studio è opportuno suddividere la sezione in tre settori principali: settentrionale, centrale e meridionale.

Nel settore più settentrionale, fino a C.na Crotta, la geologia di superficie è caratterizzata dalla presenza delle morene würmiane e rissiane, il cui limite di affioramento si rinviene approssimativamente nei pressi del pozzo n.33 di Casatenovo ed è evidenziato dall'"alto morfologico" visibile nei pressi della località Torriggia.

Litologicamente tali depositi sono costituiti in prevalenza da ciottoli, ghiaie e sabbie in matrice limoso-argillosa; lo spessore complessivo varia da un minimo di 40 m fino ad un massimo di 70 m circa, rispettivamente nei pozzi di Casatenovo n.4 e n.33 e n.29 e 30.

All'interno degli orizzonti maggiormente permeabili di tali unità, possono essere rinvenute falde sospese, di limitata continuità areale e di scarsa potenzialità.

Al di sotto dei depositi morenici würmiani si rinviene l'acquifero del"Ceppo", costituito da conglomerati poligenici più o meno cementati e fratturati, passanti lateralmente a termini ghiaiosi e più raramente a termini arenitici e sabbiosi; tale unità costituisce l'acquifero principale dell'area in esame, nel quale è contenuta la falda libera sfruttata da tutti i pozzi del settore.

All'interno dell'unità del "Ceppo", caratterizzato in questo settore da spessori variabili da 25 a 60 m si rinvencono locali e discontinui livelli argillosi di spessore limitato (5-10 m), che suddividono parzialmente l'acquifero e che sembrano interrrompersi a ridosso delle aree di sollevamento del substrato roccioso.

La base del Ceppo ricopre in alcuni casi direttamente il substrato roccioso (pozzi n.4, 33, 26 di Casatenovo), mentre in altri si ha una interposizione di orizzonti argillosi aventi spessore di 5-10 m.

Il sottostante substrato, raggiunto unicamente all'interno della sezione dai pozzi n. 26, 29 e 33, si immerge bruscamente verso Sud, mentre verso Nord in prossimità del settore nel quale sono stati realizzati i pozzi di Torriggia (pozzi ex Vismara), si ha un avvallamento che determina l'incremento dello spessore saturo di acquifero e della sua potenzialità.

Il settore centrale, definito dall'area approssimativamente compresa tra la località C.na Crotta e il pozzo n.8 di Casatenovo, è caratterizzata geologicamente, da Nord a Sud, dai depositi delle morene rissiane e mindeliane; il limite tra le due unità passa indicativamente poco a Sud del pozzo n.11 di Casatenovo, nei pressi della località Verdura.

E' evidente un progressivo assottigliamento in direzione Sud dei depositi morenici, che passano da spessori massimi di circa 60 m in corrispondenza dei pozzi n. 29 e 30 di Casatenovo, fino a 20 m riscontrabili nei rimanenti pozzi (n.11-8 Casatenovo).

L'unità del "Ceppo", sottostante i depositi morenici, è caratterizzata da uno spessore complessivo variabile da 40 a 60 m, all'interno del quale si rinvencono sottili e limitate lenti ghiaiose localmente captate dai pozzi (n.11 Casatenovo).

La base dell'unità idrogeologica del "Ceppo" è rappresentata da un orizzonte argilloso posto a profondità di 65 m (pozzo n. 8 Casatenovo); al di sotto di tale livello impermeabile compare dapprima un'alternanza di litotipi più o meno permeabili e in seguito (a 80 m dal p.c.) uno strato sabbioso-limoso caratterizzato dalla presenza di fossili d'origine marina.

Nel settore meridionale della sezione affiorano depositi morenici e fluviali del Mindel, litologicamente analoghi a quelli visti in precedenza, con spessore medio di 20 m.

Anche in questo caso sottostante a quest'ultimi si rinviene, per uno spessore medio complessivo di 40 m, l'unità del "Ceppo".

L'acquifero sopramenzionato appare interessato, parimenti al tratto centrale, da livelli argilloso-limosi, posti a profondità variabile da 35 a 40 m, che a differenza del settore centrale isolano soltanto parzialmente l'acquifero in ragione della loro limitata continuità areale.

La base dell'acquifero del "Ceppo" è rappresentata, da un orizzonte argilloso dello spessore di 10-15 m, al disotto del quale compaiono terreni a litologia prevalentemente sabbioso-limoso con alternanze di orizzonti ghiaiosi e fossili marini.

Nel pozzo n.2 di Camparada si rinvencono, al di sotto di un livello argilloso di 10 m circa, due falde confinate del secondo acquifero contenuto nelle "Argille sotto il Ceppo", poste rispettivamente a 85 e 95 m dal p.c. contenute in terreni conglomeratici e ghiaiosi.

Sezione n.2: Missaglia - Usmate Velate

La sezione in oggetto si colloca nel settore orientale dell'area di studio ed in particolare nella porzione occidentale del comune di Missaglia (località Campù ed Ossola), in quello sudorientale di Casatenovo (località Bergamina e Rimoldo) e nel territorio settentrionale del comune di Usmate Velate.

Il profilo della sezione presenta una morfologia alquanto varia ed irregolare in quanto attraversa terreni di età differente, variamente erosi ad opera dei corsi d'acqua; l'altimetria manifesta valori massimi e minimi rispettivamente di 292 (località Campù) e 240 m s.l.m. (Usmate Velate).

In ragione di tutto ciò risulta opportuno, come nel caso della sezione precedente, suddividere l'area indagata in tre settori (settentrionale, centrale e meridionale).

Nel settore settentrionale, esteso fino al T. Lavandaia, affiorano sia depositi fluviali mindeliani a litologia prevalentemente limoso-argillosa, sia ghiaie e sabbie appartenenti ai depositi fluviali würmiani, nella zona posta immediatamente a Nord del pozzo n. 11 di Missaglia.

Immediatamente sottostante si riscontra l'acquifero principale (primo acquifero), costituito dalla serie dei conglomerati e delle ghiaie appartenenti all'unità del "Ceppo"; gli spessori, a seguito di processi erosivi, variano da 10 m (nei pressi T. Lavandaia) a circa 40 m (pozzo n.11 Missaglia).

La base dell'acquifero contenuto nell'unità del "Ceppo" è rappresentata da un substrato a litologia argillosa avente sviluppo continuo e andamento regolare, posto a circa 40 m dal p.c. (pozzi n.11 e n.6 Missaglia), il cui spessore varia, procedendo da Nord a Sud, da pochi metri, in corrispondenza dell'alto morfologico del

substrato roccioso (pozzo n.11 Missaglia), fino ad un valore non definibile, in ragione della limitata profondità raggiunta dal pozzo n. 6 di Missaglia.

All'interno di tale successione prevalentemente argillosa si rinvengono sottili orizzonti ghiaiosi e conglomeratici di scarsa potenzialità.

Il substrato roccioso è raggiunto unicamente dal pozzo n.11 di Missaglia ad una profondità di circa 45 m dal p.c..

Il tratto centrale della sezione, compreso indicativamente tra il T. Lavandaia e la località Valaperta, è caratterizzato, fino al pozzo n. 5 (la Bergamina), dall'affioramento di terreni fluviali würmiani depositatisi lungo la valle del T. Lavandaia, mentre più a Sud compaiono i terreni a litologia limoso-argillosa del Mindel.

Al di sotto dei depositi affioranti, che presentano uno spessore variabile da 10 a 20 m, si rinviene l'unità conglomeratica del "Ceppo", caratterizzata da uno spessore medio inferiore rispetto a quanto visto nel tratto settentrionale (10-15 m); per queste ragioni l'acquifero contenuto nell'unità conglomeratica (primo acquifero) risulta scarsamente produttivo e talora del tutto esaurito.

Il sottostante secondo acquifero è rappresentato da una spessa successione argillosa (oltre 90 m) contenente, come già visto per il settore settentrionale, sottili livelli ghiaiosi talora captate dai pozzi (pozzo n.5 la Bergamina).

All'interno di tale successione si rinvengono fossili a partire da circa 30 m di profondità (pozzo n.5 la Bergamina), a testimonianza di un'ambiente di deposizione marino.

Il rimanente settore meridionale dalla sezione è costituito in prevalenza dai termini fluviali mindeliani, se si eccettua la zona posta a Sud del T. Molgorana dove affiorano litologie ghiaiose e sabbiose appartenenti ai depositi fluviali di età würmiana.

Quest'ultimi sono delimitati inferiormente da un sottile orizzonte (10-15 m) a litologia prevalentemente ghiaioso-sabbiosa appartenente alla porzione sommitale dell'unità del "Ceppo", captato unicamente dal pozzo n.2 di Casatenovo, posto in territorio comunale di Usmate Velate.

Ben più interessante ai fini dell'utilizzazione a scopo potabile risulta il paleoalveo conglomeratico (dello spessore di circa 40 m) rinvenuto a partire da 55 m di profondità dai pozzi n. 1 e 2 di Usmate Velate.

All'interno di tale orizzonte oltre che a locali lenticelle ghiaiose, possono essere riscontrate alcune litozone impermeabili che permettono, seppur parzialmente, una suddivisione dell'acquifero in più livelli.

La base di tale acquifero, presumibilmente posta a circa 90 m di profondità dal p.c., è rappresentata da una successione argillosa di notevole spessore, come risulta dalla stratigrafia del pozzo n.2 di Casatenovo (Usmate Velate).

6.2.2 Sezioni Est-Ovest

Le sezioni di seguito descritte presentano un'orientazione Ovest-Est che permette di seguire lo sviluppo laterale delle unità idrogeologiche presenti nei settori settentrionali e meridionali dell'area in esame.

Sezione A: Besana B.za - Missaglia

Questa sezione si estende nel settore settentrionale del comune di Casatenovo e nella parte nord occidentale e nord orientale dei comuni di Besana B.za e Missaglia.

L'altimetria varia da un massimo di 377 m s.l.m., in corrispondenza della località Montereio in comune di Casatenovo, fino ad un minimo di 284 m s.l.m. nell'estremità orientale della sezione, nei pressi della località Campù (Missaglia).

Nel settore occidentale, compreso tra i pozzi n.8 di Besana B.za e n.42 di Casatenovo, le unità affioranti sono rappresentate dalle morene del Würm e del Riss che presentano uno spessore variabile da poco più di 20 m in prossimità delle aree più depresse fino a quasi 60 m in corrispondenza del pozzo n. 14 di Casatenovo; nel versante Nord della morena würmiana in corrispondenza degli orizzonti più grossolani si riscontrano locali e limitate falde sospese.

Immediatamente al disotto si riscontra l'acquifero principale costituito da una spessa successione (30-40 m) di conglomerati e di ghiaie appartenenti all'unità del "Ceppo", che sebbene interessato da numerose opere di captazione non offre attualmente grosse opportunità di sfruttamento, a causa dell'elevato grado di cementazione e delle modeste condizioni di alimentazione e di ricarica che le contraddistinguono; all'interno di tale unità possono essere riscontrati sottili livelli argillosi impermeabili di modesta continuità laterale.

La base dell'acquifero tradizionale, rappresentato dal substrato roccioso è riscontrabile in questo settore a 80 e 85 m di profondità rispettivamente nel pozzo n.1 e n.42 di Casatenovo.

Il tratto centrale, che interessa il territorio settentrionale del comune di Casatenovo compreso tra il pozzo n.42 e la Roggia Nava, è caratterizzato da termini morenici del Riss, ad eccezione dei depositi delle alluvioni würmiane presenti sul fondovalle della stessa roggia.

Al disotto di tali litotipi, che presentano uno spessore variabile da 15 m (pozzo n.37) a 50 m (pozzo n.29), si rinviene l'unità idrogeologica del "Ceppo" litologicamente costituita, a differenza di quanto visto per il tratto di sezione precedentemente descritto, da una netta prevalenza di terreni ghiaiosi.

La base di questa litozona è rappresentata dal substrato roccioso, riscontrabile a 85 m e 60 m rispettivamente nel pozzo n.42 e n.37 o in settori localizzati, da un livello argilloso di spessore variabile da qualche metro (pozzo n.29) a circa 20 m (pozzo n.25); tale successione può essere ricondotta alla serie delle "Argille sotto il Ceppo".

Il tratto orientale, definito dall'area posta tra la Roggia Nava e Il Torrente Lavandaia, è caratterizzato dalla presenza di depositi morenici rissiani e mindeliani, aventi uno spessore medio compreso tra 10 e 25 m circa; il limite tra le due unità individuate è posto indicativamente circa 200 m ad Ovest del T. Lavandaia.

Immediatamente sottostante a quest'ultimi si rinviene, per uno spessore medio complessivo di 40 m, la serie conglomeratica del "Ceppo" costituito sempre da una prevalenza di termini conglomeratici e ghiaiosi; le opere di captazione ivi presenti (pozzi n.14-15 Missaglia) sono collocati in corrispondenza degli orizzonti a litologia ghiaiosa.

La base dell'acquifero è rappresentata dall'orizzonte argilloso appartenente all'unità delle "Argille sotto il Ceppo", a cui segue inferiormente il substrato roccioso, raggiunto dal pozzo n. 11 di Missaglia a circa 45 m dal p.c..

Lungo l'intera sezione lo spessore saturo di acquifero subisce variazioni legate sia all'ondulazione del substrato roccioso sia alle differenti condizioni di emungimento delle acque sotterranee.

Sezione B: Correzzana - Lomagna

La sezione in oggetto posta a Sud di quella precedentemente descritta, attraversa il settore meridionale di Casatenovo, estendendosi tra i comuni di Correzzana, Usmate Velate e Lomagna., per una lunghezza complessiva di circa 5.5 km.

Nel settore occidentale affiorano terreni morenici mindeliani a litologia prevalentemente argillosa e limosa contenenti al loro interno locali orizzonti ghiaiosi; lo spessore risulta variabile da un minimo di 10 m (pozzo n.2 Correzzana) ad un massimo di 40 m (pozzo n.14 Usmate Velate).

Questi depositi sono delimitati inferiormente da un orizzonte (25-30 m) di ghiaie e di sabbie appartenenti all'acquifero del "Ceppo", sfruttato per scopi idropotabili unicamente dai pozzi n.2 di Camparada e n.6 di Usmate Velate.

Alla base di tale unità è rinvenibile una successione prevalentemente argillosa riscontrabile a 40, 50 e 70 m rispettivamente nei pozzi n.2 di Correzzana, n.5 di Camparada e n.14 di Usmate Velate.

La porzione basale di tale unità argillosa, costituisce il limite tra la successione sedimentaria di origine continentale e quella marina, come testimoniato dalla presenza di fossili marini.

La suddetta successione sabbioso-argillosa, che forma il secondo acquifero contenuto nelle "Argille sotto il Ceppo", presenta uno spessore cospicuo ed è caratterizzata da una discreta percentuale di depositi sabbioso-ghiaiosi di discreta potenzialità.

Il settore centro-orientale della, compreso indicativamente tra il pozzo n.6 di Usmate e l'estremità orientale della sezione, è caratterizzato dalla presenza dei depositi fluviali mindeliani, ad esclusione della zona attigua al T. Molgoretta dove questi vengono sostituiti da terreni appartenenti al fluviale Würm.

Al disotto di tali termini, si rinviene l'unità del "Ceppo" con spessori variabili da 10 (pozzo n.1 Casatenovo) a 30 m (pozzo n.6 Lomagna).

La base del suddetto acquifero è rappresentata da discontinui livelli argillosi dello spessore di circa 10 m posti a 30 m (pozzo n.1 Casatenovo) e 40 m (pozzo n.6 Lomagna), che isolano soltanto parzialmente l'acquifero in questione.

A partire da 40 e 50 m dal p.c., nel pozzo n. 1 di Casatenovo compare una struttura di paleoalveo (già citata in sezione n.1) conglomeratica entro una successione delle "Argille sotto il Ceppo"; il notevole spessore che caratterizza tale acquifero (60 m), la discreta permeabilità dei termini contenuti e la buona intercomunicazione esistente con le unità soprastanti, garantiscono un'ottima produttività, come testimoniato dai quantitativi prelevati dai pozzi di Casatenovo n.1 e n.2 (circa 45 l/s).

6.3 Andamento del flusso idrico sotterraneo

L'andamento della superficie piezometrica nell'area di studio è stato ricostruito sulla base di rilievi effettuati entro una rete di circa 20 punti di misura costituita dai pozzi pubblici e privati presenti sul territorio comunale di Casatenovo (alcuni dei quali non più disponibili per le misure) e nei comuni limitrofi (Besana Brianza, Monticello, Correzzana, Triuggio e Usmate Velate); i valori così desunti sono stati successivamente utilizzati per la ricostruzione della piezometria rappresentata in **Tavola 17**.

Tale operazione risulta in alcuni casi difficoltosa in ragione della scarsa e disomogenea distribuzione dei punti di misura, conseguente ad una situazione idrogeologica generalmente sfavorevole allo sfruttamento delle risorse idriche sotterranee.

L'assetto generale della piezometria presenta un deflusso idrico sotterraneo orientato prevalentemente in senso Nord-Sud con valori massimi di circa 310 m s.l.m., nel settore settentrionale di Casatenovo e minimi di circa 190 m s.l.m. nei pressi del Comune di Camparada.

Nella redazione di questa cartografia si è provveduto inoltre alla delimitazione delle zone caratterizzate dalla presenza di falde sospese, trascurando tuttavia la ricostruzione della relativa superficie piezometrica, a seguito della mancanza di una rete di misura adeguata; in base ai dati direttamente rilevati e alle testimonianze storiche raccolte, si può verosimilmente affermare che il livello piezometrico delle falde in questione è riscontrabile ad una profondità variabile da 2 m (2.28 C.na Quattrovalli) a circa 10 m (8.12 m C.na Giovanna).

In **Allegato D** vengono riportati, oltre le notizie principali circa l'ubicazione e la profondità dei pozzi, i valori del piano di riferimento e della superficie piezometrica (in m s.l.m.) ed i valori di soggiacenza registrati durante la campagna di misura.

Nel complesso la morfologia della superficie piezometrica descrive un andamento di tipo radiale divergente, in quanto le linee di flusso assumono direzione Sud-SudOvest, Nord-Sud e Sud-SudEst rispettivamente nel settore occidentale centrale e orientale del territorio comunale di Casatenovo.

Il gradiente idraulico, salvo locali anomalie, tende a diminuire verso Sud in quanto, da valori estremamente elevati di circa 3-4% osservabili nel settore settentrionale del Comune, si passa a valori nell'ordine di 2.7%, 1.3% rispettivamente nella zona centrale e meridionale dell'area di studio.

Per quanto concerne la soggiacenza della falda, si registrano forti variazioni in relazione alle caratteristiche morfologiche del territorio, con livelli piezometrici rinvenibili a profondità comprese tra 65-75 m sui rilievi collinari settentrionali e di circa 3-5 nel fondovalle della Roggia Nava in località Valaperta.

A scala locale e per quanto riguarda l'intero settore esaminato, si evidenziano ulteriori anomalie piezometriche determinate dall'andamento del substrato impermeabile che sostiene la prima falda e dalle principali strutture idrogeologiche descritte nel precedente paragrafo.

Le principali strutture piezometriche individuabili nell'area sono le seguenti.

Asse drenante occidentale

Questa struttura è evidenziata dalla marcata inflessione verso Nord delle isopiezometriche, riscontrabile nella zona compresa tra le località Giovenigo e Campofioreno.

Tale situazione è legata alla presenza di un paleoalveo nell'acquifero del Ceppo che incide le sottostanti argille villafranchiane.

Spartiacque Casatevecchio-Galgiana-Rogoredo

E' una delle principali strutture piezometriche presenti nel settore in quanto si estende dai rilievi morenici più settentrionali sino ai Comuni di Usmate Velate.

La sua formazione è connessa alla presenza di un "alto strutturale" del substrato roccioso, che determina un andamento fortemente divergente del flusso idrico sotterraneo; in tal modo si ha una alimentazione dell'acquifero in direzione radiale.

Spartiacque Guazzafame-Correzzana

Si ubica poco ad Ovest della struttura precedente ed è legato all'innalzamento del substrato della prima falda. In corrispondenza della Valle del Pegorino, l'incisione valliva provoca il drenaggio delle acque della prima falda che danno origine ad una sorgente posta a quota 237 m s.l.m. sino a pochi anni or sono captata ad uso industriale.

Asse drenante di Torriggia

Posto immediatamente a Nord-Est della precedente struttura, è legato alla presenza di un avvallamento del substrato roccioso che determina anche un inspessimento dell'acquifero del "Ceppo".

Vi è tuttavia da rilevare che la struttura in oggetto ha anche motivazioni di natura antropica nella fattispecie legati al prelievo da pozzi; in quest'area risultano infatti attivi 5 pozzi ex Vismara più un pozzo di proprietà del Comune di Monticello.

Il prelievo determina un abbassamento locale del livello piezometrico e una forte riduzione del gradiente verso Sud-Est che si estende sino ad Ossola (Comune di Missaglia).

Asse drenante di Valaperta

Questa struttura convergente, nella quale sono ubicati i pozzi comunali di Casatenovo è legata alla presenza di un paleoalveo conglomeratico all'interno della serie argillosa sottostante il Ceppo.

Il forte inspessimento dei litotipi conglomeratici raggiunge in questo settore 70 m circa; come per il caso precedente anche in questo settore si risente dell'effetto dei prelievi dei pozzi.

Nel Maggio 2009, nell'ambito di uno studio idrogeologico volto alla verifica dello stato di consistenza e di produttività idrica dei pozzi Ferrarini (ex Vismara) in località Torriggia, è stata ricostruita la superficie piezometrica dell'area interessata dai pozzi medesimi (**Tavola 18**, scala 1:1.500) in base a misure di livello effettuate con tutte le opere di captazione temporaneamente fuori esercizio.

L'andamento piezometrico presenta un deflusso idrico sotterraneo orientato prevalentemente in senso NordOvest-SudEst con valori di compresi tra 290 e 286 m s.l.m., nel settore interessato dai pozzi.

Nel complesso la morfologia della superficie piezometrica relativa all'acquifero contenuto nei depositi conglomeratici del "Ceppo" descrive un andamento che da radiale divergente presso il centro storico di Casatenovo (area dello stabilimento storico Vismara, ora Ferrarini) diviene di tipo radiale convergente presso Torriggia in quanto associato alla presenza di un asse drenante.

Questo andamento è verosimilmente condizionato da un duplice effetto dovuto a fattori naturali e antropici: i fattori naturali sono connessi alla presenza di un alto strutturale del substrato roccioso, mentre quelli antropici alla depressione indotta dal prelievo esercitato nella località Torriggia dai pozzi ex Vismara-Ferrarini e dal pozzo acquedottistico del Comune di Monticello.

La direzione naturale di flusso risulta pertanto orientata NNW-SSE. Il gradiente idraulico della superficie piezometrica, salvo locali anomalie, è pari a circa 3.8%.

Per quanto concerne la soggiacenza della falda, si registrano forti variazioni in relazione alla morfologia del territorio; nella fattispecie il livello piezometrico presso l'area interessata dai pozzi Vismara-Ferrarini varia tra valori di circa 51.34 m da p.c. (presso i pozzi Torriggia) e 73.62 m presso il pozzo Vister.

Le misure del livello statico compiute sui pozzi ex Vismara-Ferrarini nel 2009, riportate in *Tabella 2*, mostrano nel particolare l'influenza che tale struttura e la precedente (spartiacque Casatevecchio-Galgiana-Rogoredo) hanno sul deflusso idrico sotterraneo dei pozzi in esame.

n. pozzo	Quota p.c. (m s.l.m.)	Soggiacenza (m da p.c.)	Diff. p.c. – punto di misura	quota piezometrica (m s.l.m.)
9 (ex Villa Fumagalli)	362.5	n.d.		n.d.
11 (Torriggeria)	345.7	58.81	0.30	287.19
12 (Torriggeria)	342.8	55.53	0.40	286.87
13 (Torriggeria)	337.5	51.34	0.50	286.66
15 (Torriggeria)	340.5	53.96	0.45	286.99
17 (Torriggeria)	352.1	65.16	0.48	287.42
18 ("Vister")	362.5	73.62	0.25	289.13

Tabella 16: Valori piezometrici misurati nel Maggio 2009

6.4 Oscillazioni del livello piezometrico

L'analisi delle variazioni annuali e pluriennali della profondità del livello piezometrico, consente di determinare, qualora confrontata con i fattori di afflusso e deflusso delle falde, gli elementi predominanti nel bilancio idrico degli acquiferi.

Nel settore esaminato tra i fattori di ricarica, oltre agli afflussi da monte della falda predominano quelli meteorici mentre i fattori di uscita sono ascrivibili essenzialmente ai prelievi dei pozzi.

Con lo scopo di avere una visione areale delle variazioni del livello piezometrico, si è provveduto all'analisi delle serie storiche di dati esistenti relativi alle oscillazioni mensili nel pozzo n. 1 (Febbraio 75 - Giugno 98) e n. 2 (Giugno 01 - Agosto 06) del Comune di Casatenovo posto in Comune di Usmate-Velate (**Figura 13**) e a quelle del pozzo n. 1 di Correzzana (**Figura 14**).

L'andamento del livello piezometrico registrato nel pozzo n. 1 di Casatenovo, relativo al periodo 1975-1998, (**Figura 13**) è caratterizzato da una generale tendenza all'innalzamento fino alla fine degli anni ottanta e poi da un progressivo abbassamento.

In particolare alla fine degli anni ottanta si è registrato un innalzamento fino ad oltre 12 m in conseguenza di una forte piovosità che ha caratterizzato quel periodo e tale fenomeno è stato risentito anche a scala regionale.

Successivamente si è avuto un notevole abbassamento, di oltre 30 m, con una breve ripresa alla metà degli anni ottanta (circa 10 m) in corrispondenza di un periodo di forte ricarica della falda, a cui è seguito un nuovo abbassamento in relazione alla siccità della fine degli anni novanta.

Si è poi verificata una leggera ripresa dell'innalzamento (7-8 m) nella seconda parte degli anni novanta.

A partire dal 2001 (anno inizio attività di monitoraggio sul pozzo n. 2 i valori tendono a diminuire fino all'Ottobre 2002 (circa 7 m) per poi risalire in modo impulsivo ai livelli del 2001 a seguito delle piogge intense che hanno caratterizzato la fine del medesimo anno.

Negli anni successivi si registra un continuo decremento dei livelli piezometrici connesso probabilmente ad un sovrasfruttamento dell'acquifero ed alla modesta ricarica dovuta alle poche piogge che ha caratterizzato gli anni fino al 2007.

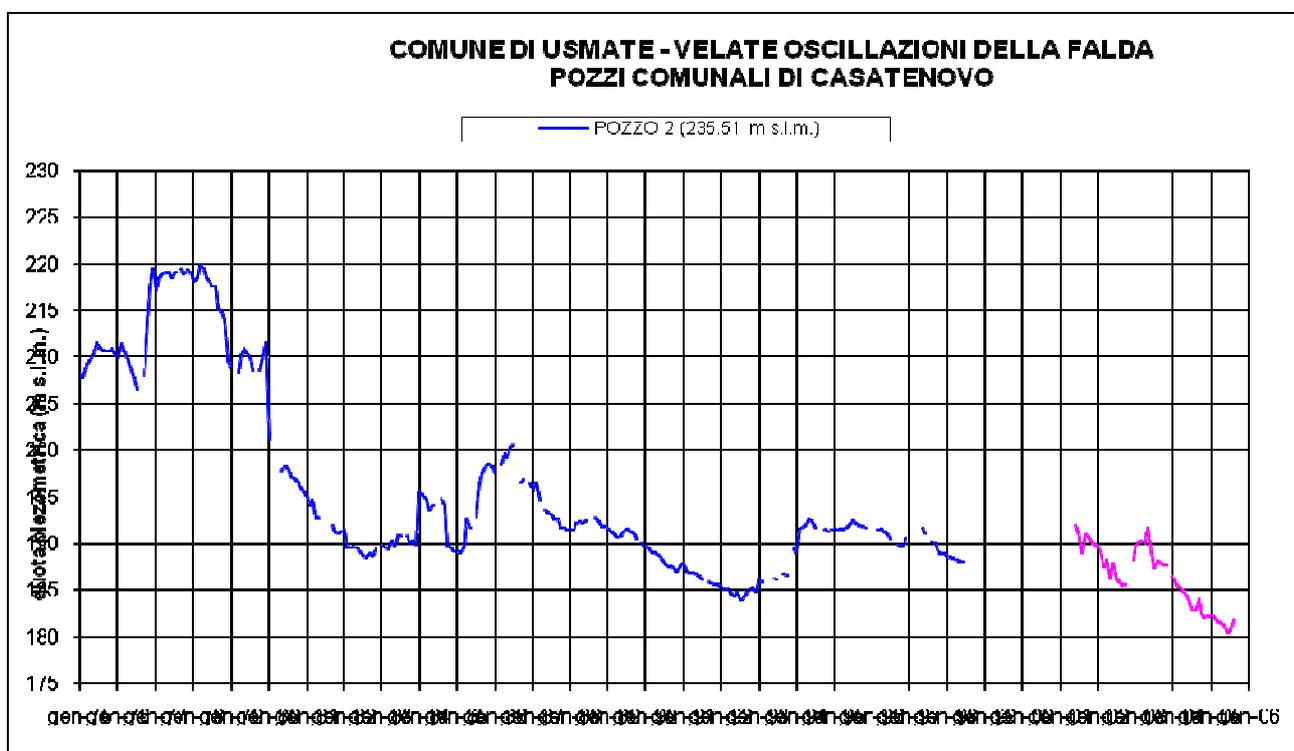


Figura 13: Oscillazioni piezometriche Pozzo 1 Correzzana

L'andamento del livello piezometrico nel pozzo n.1 di Correzzana (**Figura 14**), che copre il periodo 1980-2002, manifesta variazioni annuali caratterizzati da una fase di minimi nella stagione invernale e da un periodo di recupero durante la stagione primaverile; in termini di escursione massima annua si registrano valori massimi di 5 m (1993) e minimi di 0.75 m (1991).

A scala pluriennale si sono avute sporadiche variazioni nel corso degli ultimi 15 anni, evidenziate da un notevole abbassamento dei livelli di falda (circa 4.5 m) avvenuto nel periodo 1990-1993 e dal successivo recupero (circa 3 m), che ha caratterizzato l'intervallo 1994-1996.

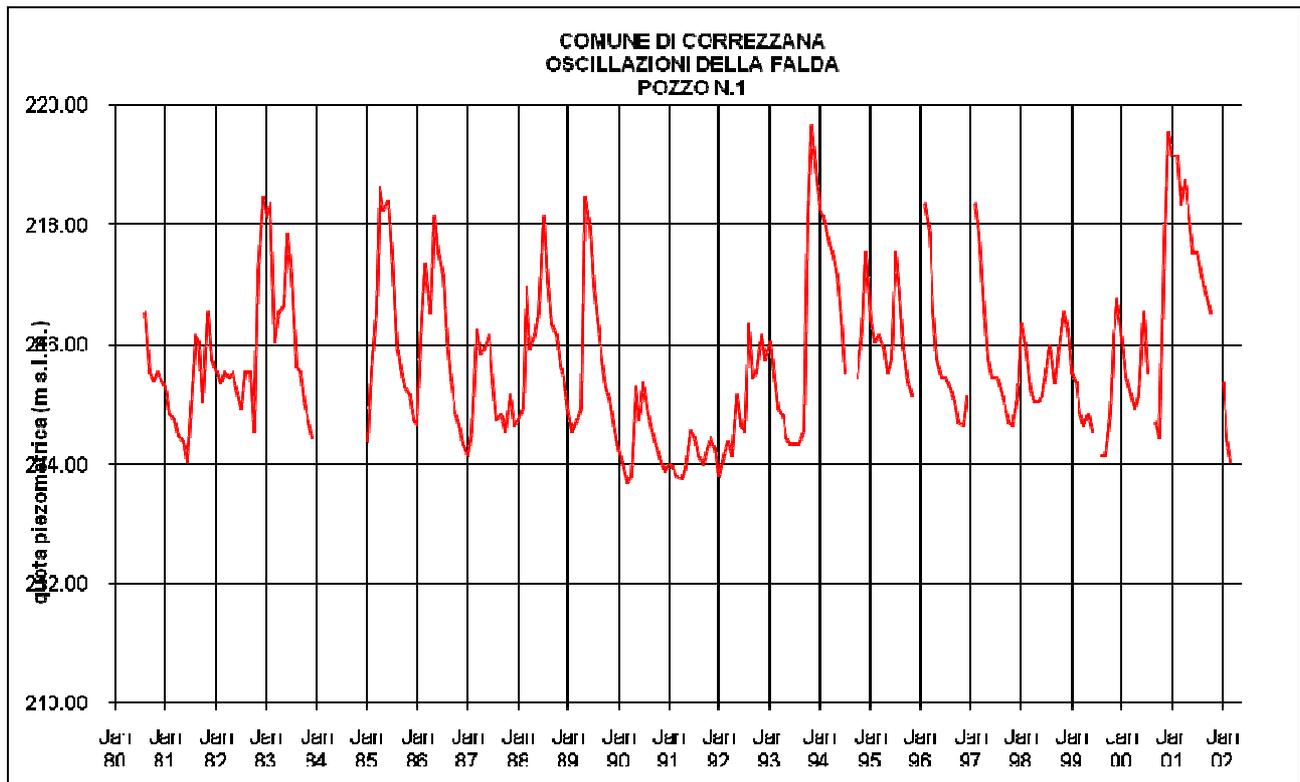


Figura 14: Oscillazioni piezometriche Pozzo 1 Correzzana

Il diverso comportamento piezometrico tra i due pozzi sopra analizzati è ascrivibile alla diversa struttura idrogeologica degli acquiferi captati; forti variazioni stagionali, riscontrabili in corrispondenza del pozzo n. 1 di Correzzana si registrano normalmente in corrispondenza di acquiferi di limitata estensione areale e strettamente dipendenti con i fattori di ricarica superficiale, mentre variazioni cicliche a cadenza pluriennale (pozzi n. 1 e n. 2 di Casatenovo) sono tipiche di acquiferi con discreta estensione e buona ricarica.

6.5 Qualità delle acque sotterranee

Il livello qualitativo delle acque sollevate dai pozzi presenti nell'area di studio è stato valutato grazie alle analisi chimiche compiute sui pozzi comunali n.1 e n.2, posti in Usmate, nel periodo di tempo compreso tra il 1991 e il Febbraio 2001 (**Allegato D**) e alle analisi effettuate sui pozzi di proprietà della ex Vismara / Ferrarini, relativamente nel Giugno 2010.

Il rapporto tra le analisi sopra menzionate, benché riferite a due intervalli di temporali differenti, permettono di valutare le caratteristiche idrochimiche e microbiologiche delle acque sotterranee nel settore meridionale e settentrionale del Comune di Casatenovo.

Per le acque prelevate dai pozzi pubblici sono state considerate in questa sede solo le analisi di controllo eseguite dagli Enti pubblici.

Le acque dei pozzi comunali hanno riscontrato un pH medio pari a 7.5, una conducibilità elettrolitica media di circa 430 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e una durezza di circa 25-26 °F, mentre gli stessi parametri chimici nei pozzi di proprietà Vismara / Ferrarini hanno mostrato rispettivamente valori medi di 7.4, 390.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 28.3 °F.

Per quanto riguarda cloruri e i solfati, si registrano valori medi rispettivamente di 9-10 mg/l e 24-25 mg/l nei pozzi comunali e di 8-9 mg/l e 25 mg/l nei pozzi Vismara / Ferrarini.

Le sostanze connesse ad attività antropiche quali i nitrati (determinati da spandimento di liquami o fertilizzanti e da scarichi fognari) si attestano su valori medi di 37-40 e 25 mg/l rispettivamente nei pozzi comunali e ex Vismara / Ferrarini.

Al di là dei valori medi, di significato statistico, dal punto di vista chimico l'attenzione deve essere riservata al problema della presenza dei nitrati..

Come dimostrano infatti i grafici riportati in **Figura 15**, si è assistito ad un incremento delle concentrazioni che sono passate da poco più di 20 a oltre 45 mg/l.

Con riferimento a questi composti, il cui valore di concentrazione massima ammissibile nelle acque potabili è di 50 mg/l, si notano alcuni elementi:

- l'incremento rapido delle concentrazioni nel periodo 1991-1994;
- il valore massimo raggiunto che si avvicina a 45 e 50 mg/l rispettivamente per il pozzo n.1 e n.2 nella primavera del 1994;
- la tendenza ad una maggiore stazionarietà dei valori nel periodo 1994-2001.

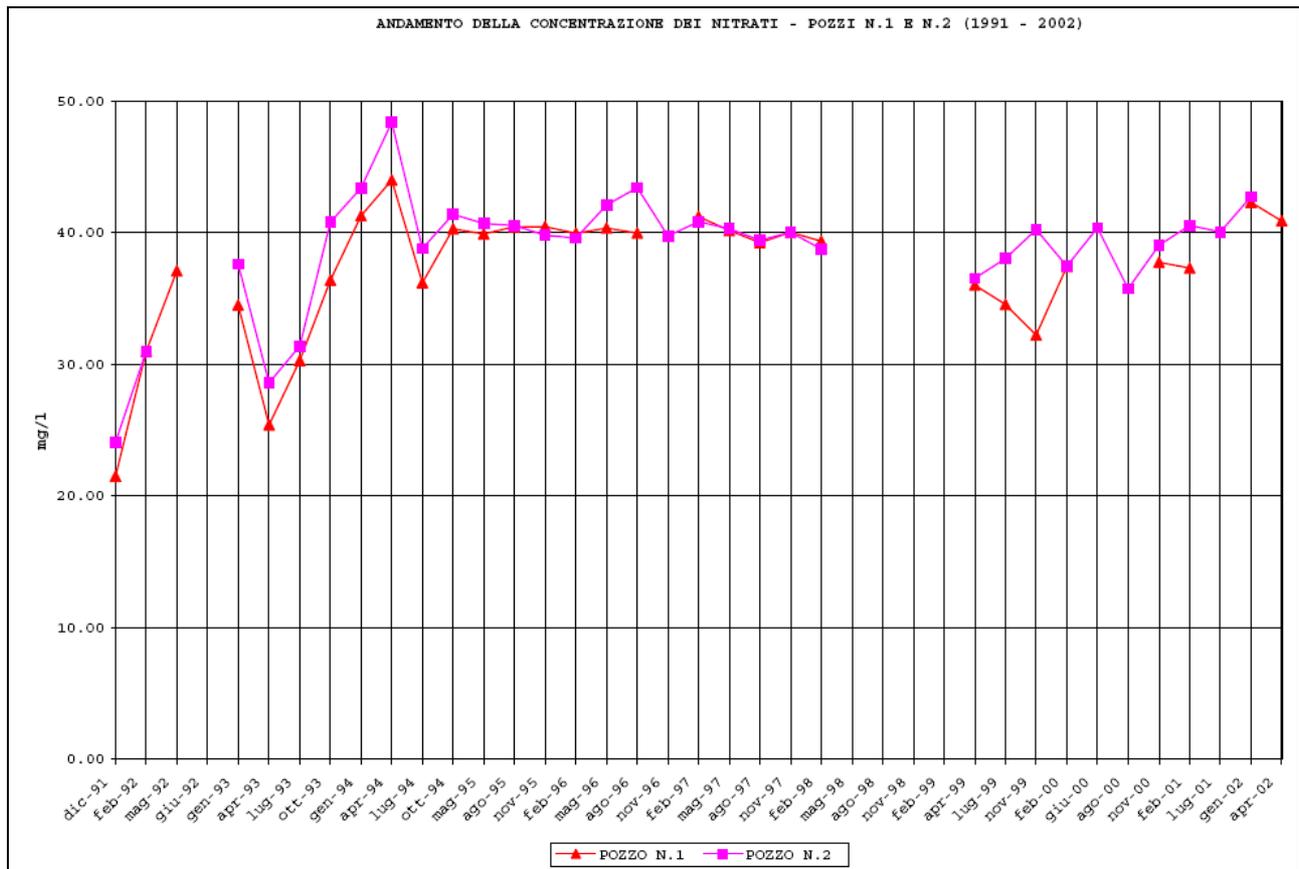


Figura 15: Andamento della concentrazione dei Nitrati (dic 91 - apr 02)

Attualmente i valori si attestano intorno ai 35-40 mg/l e ciò consente di meglio gestire la situazione, rispetto ad esempio ad altri comuni lombardi, anche se non deve cadere l'attenzione al problema.

Considerato quanto registrato nelle determinazioni analitiche, appare necessario intervenire con opportune misure di prevenzione, regolamentando l'uso del suolo e le attività che possano comportare un obiettivo pericolo per l'approvvigionamento idrico e controllando l'attuazione sul territorio delle misure intraprese.

Stante le modalità di formazione e di propagazione di questi composti inquinanti, un eventuale superamento della concentrazione massima ammissibile comporterebbe tempi di recupero elevati (una volta eliminata la causa) e quindi la necessità di incrementare l'approvvigionamento da altre fonti (Idrolario/ex (Acquedotto Brianteo) per lungo periodo, in quanto il trattamento dei nitrati appare attualmente ancora in fase sperimentale e di notevole costo.

Uno dei pozzi di Usmate-Velate appartenenti al Comune di Casatenovo è stato inserito nella rete di monitoraggio regionale dei corpi idrici sotterranei del PTA della Regione Lombardia, secondo lo studio effettuato nel 2002 e riportato nel documento "" lo stato ambientale del corpo idrico è classificato come sufficiente³.

³ stato chimico = 3 / stato quantitativo = A

7. PARAMETRI IDROGEOLOGICI DEGLI ACQUIFERI

La potenzialità idrica di un acquifero, espressa attraverso il valore di portata specifica del pozzo, è funzione dei parametri idrogeologici conducibilità idrica k (m/s) e Trasmissività T (m²/s) della roccia serbatoio; quest'ultimo parametro è dato dal prodotto tra la conducibilità idrica e lo spessore dell'acquifero.

La valutazione dei parametri idrogeologici è stata condotta mediante l'esecuzione di prove di pompaggio sui pozzi n.1 di Casatenovo (in territorio comunale di Usmate Velate) e su quelli di proprietà ex Vismara Ferrarini, n.18 ("ex Vister") e n.11, 12, 13 e 15 (campo pozzi "Torriggia"), utilizzando metodologie fondate sulla conoscenza dei valori di portata specifica delle opere di captazione.

I test di pompaggio consistono nel misurare l'abbassamento o la risalita del livello piezometrico in un pozzo sottoposto ad una sollecitazione provocata da un emungimento protratto per un determinato periodo.

Diagrammando le variazioni misurate rispetto al tempo trascorso dall'inizio della prova, si ottengono curve di abbassamento o di risalita dalle quali è possibile determinare, attraverso differenti metodologie di calcolo, al valore di trasmissività dell'acquifero.

I risultati della prova di pompaggio sono stati interpretati sia mediante il metodo di Cassan che con il metodo Cooper&Jacob.

Il metodo di Cassan è valido in regime stazionario ed è basato sulla seguente relazione (valida per falda libera):

$$\sigma = \frac{H^2 - h^2}{2 \cdot H \cdot i \cdot r}$$

$$\theta = \frac{\pi \cdot (H^2 - h^2)}{Q \cdot H} \cdot T$$

dove H e h rappresentano rispettivamente lo spessore dell'acquifero in fase statica e dinamica, i è il gradiente idraulico della falda, r (m) il raggio del pozzo, Q (m³/s) la portata di emungimento e s (m) l'abbassamento.

Ricavando il valore di σ ed inserendolo nella funzione standard, si ottiene θ e successivamente la trasmissività.

Da quest'ultimo parametro si può infine ricavare la conducibilità idraulica mediante la formula:

$$K = \frac{T}{l}$$

dove l rappresenta in questo caso la lunghezza dei filtri (m).

Dall'applicazione di questa metodologia si ottengono i valori dei parametri trasmissività e conducibilità idrica riportati di seguito (**Tabella 17**):

n. pozzo	T (m ² /s)	k (m/s)
1 (comunale)	9.70·10 ⁻³	3.10·10 ⁻⁴
11 (Torriggia)	2.30 ·10 ⁻²	7.30·10 ⁻⁴

12 (Torriggia)	$4.30 \cdot 10^{-3}$	$1.47 \cdot 10^{-4}$
13 (Torriggia)	$7.80 \cdot 10^{-3}$	$3.00 \cdot 10^{-4}$
15 (Torriggia)	$2.50 \cdot 10^{-3}$	$1.50 \cdot 10^{-4}$
17 (Torriggia)	$2.40 \cdot 10^{-2}$	$1.29 \cdot 10^{-3}$
18 (ex Vister)	$6.8 \cdot 10^{-3}$	$5.80 \cdot 10^{-4}$

Tabella 17: Valori di Trasmissività e Conducibilità Idraulica stimati

... omissis...

Per quanto riguarda la ZP, riferita ai bacini imbriferi ed alle aree di ricarica delle falde, le attività vengono regolamentate e vietate adottando misure relative alla destinazione del territorio interessato.

La delimitazione di tipo temporale o "cronologico" dimensiona le zone di rispetto in funzione del tempo impiegato da una particella d'acqua per compiere un determinato percorso ("tempo di sicurezza" o di "corrivazione").

Il criterio "cronologico", da tempo recepito dalla Regione Lombardia con la DGR 15137/96, è stato interessato da un provvedimento statale mediante l'Accordo del 12.12.2002 della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome ("Linee guida per la tutela della qualità delle acque destinate al consumo umano e criteri generali per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle risorse idriche di cui all'art. 21 del decreto legislativo 11 maggio 1999, 152"); entrambe queste normative consentono l'applicazione del metodo cronologico previa determinazione dei parametri idrogeologici dell'acquifero, delle caratteristiche piezometriche e del regime di sfruttamento del pozzo.

I vincoli sul territorio fissati dal D.Lgs. 152/06 prevedono l'istituzione di:

- una zona di tutela assoluta (ZTA);
- una zona di rispetto ristretta (ZRR);
- una zona di rispetto allargata (ZRA);
- una zona di protezione ZP (riferita ai bacini imbriferi e alle aree di ricarica delle falde).

Nella ZR, corrispondente ai 200 m di raggio, qualora si utilizzi il criterio geometrico, o all'isocrona 60 giorni, qualora si utilizzi il criterio cronologico, sono vietate le seguenti attività o destinazioni:

- 1) dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurati;
- 2) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- 3) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- 4) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali o strade;
- 5) aree cimiteriali;
- 6) apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
- 7) apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione ed alla protezione delle caratteristiche qualitative quantitative della risorsa idrica;
- 8) gestione di rifiuti;
- 9) stoccaggio di rifiuti prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- 10) centri di raccolta, demolizione, rottamazione di autoveicoli;
- 11) pozzi perdenti;

12) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 kg per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. È comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

In merito alle restrizioni imposte su:

- fognature;
- edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
- opere viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio;
- pratiche agronomiche e i contenuti dei piani di utilizzazione di cui al precedente punto 3).

la normativa statale demanda alle Regioni il compito di disciplinare i vincoli da imporre sul territorio; a tale riguardo la Regione Lombardia ha predisposto con la DGR n. 7/12693 del 10.4.2003 le direttive per la disciplina di tali infrastrutture o attività all'interno delle zone di rispetto.

L'eventuale conversione ad uso acquedottistico di pozzi ex Vismara-Ferrarini richiede, a norma di legge, che siano identificate per ogni captazione le zone di rispetto per la protezione statica del pozzo.

Infatti nella necessità di difendere dall'inquinamento le acque sotterranee in prossimità delle opere di captazione vengono stabilite delle aree di salvaguardia nelle quali sono applicati vincoli d'uso del territorio, concepiti con la finalità di garantire l'approvvigionamento idrico potabile in compatibilità con gli standard qualitativi vigenti.

8.1 Pozzi Ferrarini, ex Vismara

Attualmente i pozzi ad uso industriale / alimentare di proprietà Ferrarini risultano in disuso a seguito della delocalizzazione dello stabilimento della medesima società in località CascinaS.Anna.

Pertanto il Comune sta verificando la fattibilità dell'acquisizione di tali opere di captazione e la loro connessione alla rete acquedottistica comunale.

Per tale motivo nell'ambito del presente studio si è optato per la perimetrazione delle aree di salvaguardia dei n. 5 pozzi ex Vismara / Ferrarini presenti in località Torriggia.

8.1.1 Zone di tutela assolute dei pozzi

L'istituzione della zona di tutela assoluta un pozzo comporta la recinzione e l'impermeabilizzazione superficiale (da realizzare mediante stesa di un adeguato strato argilloso e di teli di HDPE) di un'area avente raggio di almeno 10 m nell'intorno dell'opera di captazione.

Le zone di tutela assoluta non sono cartografabili alla scala di rappresentazione adottata.

8.1.2 Zone di Rispetto dei pozzi delimitate con criterio cronologico

Per la definizione delle zone di rispetto con criterio cronologico è necessario stabilire il numero di opere di captazione che saranno mantenute in attività e la portata massima di esercizio delle medesime.

Nelle elaborazioni preliminari ci si è riferiti alla portata attualmente emunta dai pozzi in località Torriggia, ipotizzando il funzionamento simultaneo di tutte le opere di captazione, sebbene, allo stato attuale, questa configurazione di prelievo non sia realistica, anche in ragione del fatto che comporterebbe un sovrasfruttamento dell'acquifero e l'innescò di abbassamenti non sostenibili in termini di bilancio idrogeologico

Ulteriori configurazioni potranno modificare la dimensione e l'orientamento delle zone di rispetto e pertanto altre e definitive perimetrazioni potranno essere eseguite allorquando si conoscerà con sufficiente dettaglio il destino dei pozzi, ovvero se gli stessi, o quanti e quali di essi, potranno essere utilizzati a scopo acquedottistico.

Allo stato attuale il calcolo è stato effettuato attraverso l'utilizzo delle equazioni di Bear e con l'ausilio del programma di calcolo WHAEM (della U.S. EPA-Office of Ground-Water Protection), utilizzando i seguenti valori di trasmissività media e di portata:

- $T_{media} = 1.2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$;
- Q pozzo 11 = 10 l/s;
- Q pozzo 12 = 10 l/s;
- Q pozzo 13 = 10 l/s;
- Q pozzo 15 = 2.2 l/s;
- Q pozzo 17 = 10 l/s;
- Direzione media di flusso = NNW-SSE

I risultati dell'elaborazione effettuata sono mostrati nelle **Tavola 16** e **Tavola 19**.

Per un maggiore dettaglio ed in attesa di questa individuazione ufficiale, sono state segnalate in cartografia anche le zone di rispetto provvisoriamente delimitate con criterio geometrico (200 m di raggio).

8.2 Aree di salvaguardia delle opere di captazione del Comune di Casatenovo

La situazione in merito a questo aspetto è particolare in quanto, come è noto, i pozzi dell'acquedotto del Comune di Casatenovo sono posti al di fuori del territorio comunale; come è stato detto essi si trovano in Comune di Usmate-Velate, ma non molto lontano dal confine comunale.

Per essi sono stati recentemente effettuati degli studi da parte degli scriventi (*"Verifica della produttività e dello stato di efficienza nei pozzi "Valaperta del Comune di Casatenovo – Giugno 2006"*) al fine di valutarne lo stato conservativo.

In seguito a tale studi sono stati effettuati delle ulteriori verifiche mediante video ispezione sul pozzo 2 nel 2009, i risultati hanno mostrato un pessimo stato di conservazione del medesimo che non è stato pertanto più utilizzato.

A seguito dell'individuazione dei caratteri piezometrici e dei parametri idrogeologici dell'acquifero per ognuna delle suddette opere di captazione sono state delimitate le aree di salvaguardia (per entrambi i pozzi, sebbene il pozzo 2 sia attualmente in disuso) e in particolare le zone di rispetto secondo il criterio cronologico di cui si propone l'adozione (**Tavola 16 e Tavola 20**).

La gestione di queste zone di rispetto, generalmente difficile, è ancora più complessa in questo caso in quanto una parte delle stesse ricade in comune di Usmate.

Per un maggiore dettaglio ed in attesa di questa individuazione ufficiale, sono state segnalate in cartografia anche le zone di rispetto delimitate provvisoriamente con criterio geometrico (200 m di raggio).

Le zone di tutela assoluta presentano un'estensione di 10 m di raggio intorno al pozzo e non sono cartografabili alla scala di rappresentazione adottata.

E' stata definita la delimitazione delle aree di salvaguardia anche per il pozzo comunale in località Bernaga (n. 5 Bergamina), attualmente in disuso, ma tale delimitazione è subordinata alla decisione sull'effettivo utilizzo o abbandono definitivo del pozzo.

. . . o m i s s i s . . .