

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI NOVARA
COMUNE DI BORGOMANERO



**PIANO REGOLATORE
GENERALE COMUNALE**

PROGETTO DEFINITIVO

Adozione Deliberazione Programmatica:

Delibera di Consiglio Comunale n. 3 del 30 gennaio 2009

Adozione Progetto Preliminare:

Delibera di Consiglio Comunale n. 86 del 28 novembre 2011

Approvazione Progetto Definitivo:

Delibera di C. C. n. del

Progettisti:

Dott. Geol. F. Gioni

Dott. Geol. M. Mazzetti

Sindaco:

Dott.ssa Anna Tinivella

Assessore:

Rag. Pierfranco Mirizio

Segretario:

Dott.ssa Maria Luisa Perucchini

Responsabile del procedimento:

Geom. Morena Medina

ELABORATO:

Relazione geologico-tecnica

1

PREMESSA

A seguito dell'incarico conferito con Determina Dirigenziale n.618/ST dall'Amministrazione Comunale di Borgomanero, si è redatto lo studio geologico per la Variante Strutturale al P.R.G.C.

Per l'elaborazione di tale studio, si sono seguiti gli indirizzi della Circolare P.G.R. 8 maggio 1996 n.7/LAP, della L.R. 05.12.1977 n.56 e della Delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po del 26 aprile 2001 n.18/2001.

INDICE

CAPITOLO N.		PAG.
1	ANALISI GEOLOGICA	6
	1.1 Metodologia	6
	1.2 Caratteristiche geologiche	6
2	ANALISI DELLA DINAMICA DEI VERSANTI	10
	2.1 Metodologia	10
	2.2 Caratteristiche geomorfologiche	11
3	ANALISI DELLA DINAMICA FLUVIALE E TORRENTIZIA	15
	3.1 Metodologia	15
	3.2 Torrente Agogna	17
	3.2.1 <i>Caratteristiche geomorfologiche dell'alveo</i>	17
	3.2.2 <i>Caratteristiche idrologiche, geometriche e idrauliche</i>	17
	3.2.3 <i>Caratteristiche ambientali e naturalistiche</i>	18
	3.2.4 <i>Caratteristiche delle opere idrauliche e delle infrastrutture significative</i>	18
	3.3 T. Sizzone, R. Geola T. Grua, T. Lirone e T. Agogna Vecchia	15
	3.3.1 <i>Caratteristiche geomorfologiche degli alvei</i>	18
	3.3.2 <i>Caratteristiche idrologiche, geometriche e idrauliche</i>	20
	3.3.2.1 Analisi fisica integrata	20
	3.3.2.2 Tempo di corrivazione	23
	3.3.2.3 Valutazione delle portate di piena	24
	3.3.3 <i>Caratteristiche ambientali e naturalistiche</i>	31
	3.3.4 <i>Caratteristiche delle opere idrauliche e delle infrastrutture significative</i>	32
	3.5 Verifiche idrauliche	33

4	ANALISI IDROGEOLOGICA	37
	4.1 Metodologia	37
	4.2 Identificazione idrodinamica degli acquiferi	38
	4.3 Parametri idrodinamici degli acquiferi	39
	4.4 Deflusso delle acque sotterranee	41
	4.5 Vulnerabilità degli acquiferi	42
5	ANALISI DELL'ACCLIVITÀ	43
	5.1 Metodologia	43
	5.2 Caratteristiche clivometriche	43
6	ANALISI GEOLITOLOGICA	44
	6.1 Metodologia	44
	6.2 Caratteristiche litotecniche	45
7	PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA	48
	7.1 Pericolosità da frane	49
	7.2 Pericolosità da esondazione	51
8	PREVISIONI URBANISTICHE	54

ALLEGATO N.

SCALA

1	CURVE IPSOGRAFICHE DEL BACINO SOTTESO	-
	1a T. Sizzone	-
	1b R. Geola	-
	1c T. Grua	-
	1d T. Lirone	-
	1e T. Agogna Vecchia	-
2	COLONNE STRATIGRAFICHE DEI POZZI CENSITI	-
3	SEZIONE IDROGEOLOGICA	1: 10.000/ 5.000
4	SCHEDE DI RILEVAMENTO LITOLOGICO-TECNICO	-
5	VERIFICHE DI STABILITÀ	1: 2.000
6	PLANIMETRIA DEL RAMO LATERALE	1: 4.000

ELABORATO N.**SCALA**

2	SCHEDE DI RILEVAMENTO DELLE FRANE		-
3	SCHEDE DI RILEVAMENTO DEI PROCESSI LUNGO LA RETE IDROGRAFICA		-
4	SCHEDE DELLE OPERE IDRAULICHE		-
5	CARTA GEOLOGICO-STRUTTURALE		1: 10.000
	5a	CARTA GEOLOGICO-STRUTTURALE	1: 5.000
	5b	CARTA GEOLOGICO-STRUTTURALE	1: 5.000
6	CARTA GEOMORFOLOGICA E DEI DISSESTI		1: 10.000
	6a	CARTA GEOMORFOLOGICA E DEI DISSESTI	1: 5.000
	6b	CARTA GEOMORFOLOGICA E DEI DISSESTI	1: 5.000
7A	ANALISI FISICA INTEGRATA DEL BACINO DEL T. SIZZONE		1: 20.000
7B	ANALISI FISICA INTEGRATA DEL BACINO DEL RIO GEOLA		1: 20.000
7C	ANALISI FISICA INTEGRATA DEL BACINO DEL T. GRUA		1: 20.000
7D	ANALISI FISICA INTEGRATA DEL BACINO DEL T. LIRONE		1: 20.000
7E	ANALISI FISICA INTEGRATA DEL BACINO DEL T. AGOGNA VECCHIA		1: 20.000
8	CARTA DELLA DINAMICA FLUVIALE E DEL RETICOLO IDROGRAFICO MINORE		1: 10.000
	8a	SEZIONI DI VERIFICA IDRAULICA: T. SIZZONE	1: 1.000 / 1: 500
	8b	SEZIONI DI VERIFICA IDRAULICA: RIO GEOLA	1: 1.000 / 1: 500
	8c	SEZIONI DI VERIFICA IDRAULICA: T. GRUA	1: 1.000 / 1: 500
	8d	SEZIONI DI VERIFICA IDRAULICA: T. LIRONE	1: 1.000 / 1: 500
	8e	SEZIONI DI VERIFICA IDRAULICA: T. AGOGNA VECCHIA	1: 1.000 / 1: 500
	8f	SEZIONI DI VERIFICA IDRAULICA: T. AGOGNA	1: 1.000 / 1: 500
	8g	CARTA DELLA DINAMICA FLUVIALE E DEL RETICOLO IDROGRAFICO MINORE: TORRENTE AGOGNA	1: 5.000
	8h	CARTA DELLA DINAMICA FLUVIALE E DEL RETICOLO IDROGRAFICO MINORE: DISSESTI RELATIVI ALL'EVENTO DEL 3 MAGGIO 2002	1: 10.000

9	CARTA GEOIDROLOGICA	1: 10.000
10	CARTA DELL'ACCLIVITÀ	1: 10.000
11	CARTA DELLA CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA DEI TERRENI	1: 10.000
12A	CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA	1: 5.000
12B	CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA	1: 5.000
13	CLASSI DI PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DI IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA – PRESCRIZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO-TECNICO	-

1. ANALISI GEOLOGICA

1.1 Metodologia

L'analisi geologica è stata eseguita attraverso le seguenti fasi:

- ricerca bibliografica
- ricerca documentale di dati geologici a corredo degli strumenti urbanistici esistenti nei Comuni di Gozzano, Gargallo e Cureggio
- rilievo geologico di terreno

Le informazioni acquisite hanno permesso la realizzazione della *Carta geologico-strutturale*, alla scala 1: 10.000 (tav.n.5), corredata da due stralci riguardanti i settori più significativi, in scala 1: 5.000 (tav.n.5a - 5b), comprendenti gli ordini dei terrazzi di natura fluvioglaciale che costituiscono i rilievi presenti ad Est e ad Ovest del territorio comunale.

Gli elaborati sono stati redatti secondo le indicazioni della Guida al rilevamento della Carta Geologica d'Italia, Quaderno serie III, volume 1, redatto a cura del C.N.R. - Commissione per la Cartografia Geologica e Geomorfologica e in osservanza agli indirizzi della Circolare P.G.R. 8 maggio 1996, n.7/LAP - L.R. 05.12.1977, n.56.

1.2 Caratteristiche geologiche

Il territorio è compreso nei Fogli n. 30 "Varallo" e n. 31 "Varese", della Carta Geologica d'Italia, redatti rispettivamente nel 1927 e nel 1932.

Nell'area si possono riconoscere le seguenti unità:

- i depositi continentali quaternari
- i depositi marini pliocenici
- le formazioni litoidi costituite dai micascisti filladici della Serie dei Laghi e dalle ignimbriti riolitiche permiane

I *depositi continentali quaternari*, che costituiscono la copertura prevalente del territorio comunale, risultano di natura glaciale, fluvioglaciale e fluviale, distinti in:

- *alluvioni fluvioglaciali e fluviali recenti ed attuali (Olocene)*
- *depositi glaciali del Würm*
- *alluvioni fluvioglaciali del Würm-Riss*
- *alluvioni fluvioglaciali del Riss*
- *alluvioni fluvioglaciali del Mindel*

Le *alluvioni fluvioglaciali e fluviali recenti ed attuali (Olocene)* sono costituite prevalentemente da ghiaie-ciottolose con intervalli sabbioso-limosi.

Si rilevano lungo i principali corsi d'acqua (T. Agogna, T. Agogna Vecchia, T. Sizzone, R. Geola e T. Lirone), di cui costituiscono sia gli alvei attuali, sia gli antichi alvei abbandonati.

Il limite superficiale con il fluvioglaciale Würm-Riss è evidenziato da un terrazzo morfologico, visibile soprattutto nel settore orientale del territorio comunale, in prossimità degli abitati di Martinale di Sotto, S. Cristina, S. Alessandro, caratterizzato da una scarpata di altezza variabile da 3 a 10m.

I *depositi glaciali würmiani (Pleistocene)*, formati prevalentemente da ciottoli, blocchi e ghiaie in matrice sabbioso-limosa, rappresentano l'episodio che ha preceduto il ritiro definitivo dei ghiacciai.

Costituiscono i rilievi nord-orientali dell'area, in prossimità dall'abitato di Santa Cristinetta.

Le *alluvioni fluvioglaciali del Würm-Riss (Pleistocene)* risultano costituite prevalentemente da ghiaie, con un paleosuolo argilloso di colore giallo-rossiccio, di ridotto spessore.

Tali depositi sono correlabili alla massima espansione glaciale würmiana, che ha determinato il colmamento delle incisioni prodotte dall'episodio di escavazione dell'interglaciale Würm-Riss.

L'intensa azione erosiva, asportando localmente le strutture più antiche, determinò il deposito delle alluvioni direttamente sui terreni pliocenici.

Si rilevano in prossimità dei rilievi occidentali ed orientali del territorio in studio, in corrispondenza rispettivamente delle frazioni di S. Croce, S. Stefano e S. Cristina.

Le *alluvioni fluvioglaciali rissiane (Pleistocene)* sono formate da ghiaie con subordinate sabbie e limi giallastri; la superficie limite superiore è costituita da un paleosuolo argilloso di colore giallo-ocra, localmente con una coltre di loëss.

I depositi sono caratterizzati da un grado d'alterazione moderato, in cui sono ancora visibili relitti del materiale originario.

Costituiscono i due pianalti a morfologia subpianeggiante presenti ad Est ed ad Ovest del territorio comunale, in corrispondenza rispettivamente degli abitati di S. Cristina e di Colombaro

Le *alluvioni fluvioglaciali mindeliane (Pleistocene)* sono costituite da alternanze irregolari di livelli ghiaioso-ciottolosi con strati sabbiosi e sabbioso-argillosi, delimitati a tetto da un paleosuolo argilloso, di colore rossiccio con ciottoli completamente alterati, e da una coltre di loëss di colore rosso bruno.

Un lembo residuo della pianura fluvioglaciale mindeliana è rappresentato dal pianalto inciso dal T. Sizzone, presente ad Ovest del territorio comunale, su cui si trova l'abitato di Piovino.

La potenza dei depositi può variare da 10 a 30 m, con spessori minori in prossimità della Cascina Mirasole.

I *depositi marini pliocenici* sono costituiti da una successione prevalentemente limoso-sabbiosa a laminazione parallela, di colore grigiastro, contenente fossili di invertebrati.

I terreni affiorano nel settore occidentale del territorio comunale, alla base dei terrazzi fluvio-glaciali pleistocenici, con superficie di contatto erosionale.

Le *formazioni litoidi*, che formano i rilievi più elevati presenti nel settore nord-occidentale del Comune, sono costituite da micascisti filladici dell'unità strutturale della *Serie dei Laghi* e da *ignimbriti riolitiche*, ricoperti da depositi eluvio-colluviali.

I micascisti filladici presentano una tessitura scistosa e giacitura prevalentemente subverticale, con discontinuità singenetiche piano-ondulate a struttura massiva.

Le ignimbriti riolitiche, fortemente caolinizzate e sfruttate industrialmente come terre refrattarie, sono caratterizzate da numerosi sistemi di discontinuità singenetiche ed epigenetiche, con superfici generalmente alterate e riempimento coesivo.

Il contatto tra i litotipi è di natura tettonica, attraverso una faglia inversa ubicata in prossimità di località Pernice.

2 ANALISI DELLA DINAMICA DEI VERSANTI

2.1 Metodologia

Si è proceduto attraverso le seguenti fasi:

- ricerca bibliografica
- consultazione della Banca Dati Geologica a cura del Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Metereologico e Sismico della Regione Piemonte
- ricerca documentale di dati geologici a corredo degli strumenti urbanistici esistenti nei Comuni di Gozzano, Gargallo e Cureggio
- rilievo geomorfologico di terreno

Le informazioni acquisite hanno permesso la realizzazione della *Carta geomorfologica e dei dissesti* alla scala 1: 10.000 (tav.n.5), corredata da due stralci riguardanti i settori più significativi, in scala 1: 5.000 (tav.n.5a - 5b), comprendenti gli ordini dei terrazzi di natura fluvioglaciale che costituiscono i rilievi presenti ad Est e ad Ovest del territorio comunale.

Gli elaborati sono stati redatti secondo le indicazioni della Guida al rilevamento della Carta Geologica d'Italia, Quaderno serie III, volume 1, redatto a cura del C.N.R. - Commissione per la Cartografia Geologica e Geomorfologica e in osservanza agli indirizzi della Circolare P.G.R. 8 maggio 1996, n.7/LAP - L.R. 05.12.1977, n.56.

Si sono redatte inoltre le *schede di rilevamento frane* predisposte dalla Regione Piemonte (elab.n.4).

2.2 Caratteristiche geomorfologiche

Il territorio del Comune di Borgomanero si estende a SW dell'anfiteatro morenico del Cusio-Verbano, lungo l'ampia valle percorsa dal T. Agogna.

Si possono distinguere i seguenti settori geologico-geomorfologici:

- la pianura alluvionale del T. Agogna e dei suoi principali affluenti, costituita da alluvioni terrazzate, riferibili presumibilmente ad un sistema idrografico modificatosi progressivamente nel tempo
- i depositi glaciali nord-orientali, indicati come würmiani nel Foglio "Varese" della Carta Geologica d'Italia
- il sistema dei terrazzi di natura fluvioglaciale che costituiscono i rilievi che delimitano ad Est e ad Ovest il territorio in studio, riconosciuti come prewürmiani nei Fogli "Varese" e "Varallo" della Carta Geologica d'Italia
- i rilievi collinari nord-occidentali, costituiti dal substrato metamorfico scistoso ed effusivo

Le forme principali che si rilevano nel territorio sono di origine fluviale e di versante, dovute al dilavamento e alla gravità.

In particolare, ai fenomeni erosivi legati allo scorrimento delle acque superficiali si possono attribuire i seguenti modellamenti:

Superficie con forme di dilavamento concentrato: si tratta di aree di limitata estensione, caratterizzate da processi di ruscellamento, prevalentemente laminare.

Sono state rilevate, in particolare, lungo le scarpate dei terrazzi fluvioglaciali quaternari presenti ad Est del territorio comunale e presso gli abitati di Casale Coco e C.na Colombera, in corrispondenza delle alluvioni würmiano-rissiane.

Le forme risultano attive.

Solco da ruscellamento concentrato: sono presenti con andamento prevalentemente rettilineo, inciso nello spessore pedogenizzato.

Si individuano principalmente nei pressi dell'abitato di Piovino, in corrispondenza dei depositi marini pliocenici, affioranti alla base dei terrazzi fluvioglaciali pleistocenici, ed in prossimità di C.na Monello, lungo i depositi glaciali.

Le forme risultano attive.

Vallecola a 'V': si tratta di incisioni con profondità da metrica a decametrica, controllate dalla bassa permeabilità dei terreni interessati e localmente dalla pendenza elevata delle scarpate dei terrazzi.

Sono sviluppate lungo i versanti dei rilievi quaternari, nei depositi glaciali a Nord di S. Cristinetta e nei depositi colluviali ricoprenti il substrato roccioso a Nord-Ovest del territorio comunale.

Le forme risultano attive.

Traccia di corso d'acqua estinto: si tratta di forme relitte, costituite da avvallamenti di larghezza compresa tra 50 e 150 m, con andamento sinuoso, presenti in corrispondenza delle alluvioni quaternarie.

Sono presenti principalmente nei depositi würmiano-rissiani, alla base della scarpata orientale del terrazzo di Piovino e al piede del pianalto in prossimità di Casale Coco e di C.na Colombera, e nelle alluvioni oloceniche nei pressi di S. Marco, parallelamente al corso attuale del T. Agogna.

Le forme ubicate in prossimità degli abitati di S. Croce, C.le Coco e C.na Colombera risultano attive, alimentate in occasione di eventi meteorologici intensi.

Orlo di scarpata di erosione fluviale o di terrazzo: circoscrivono con continuità il sistema di terrazzi prewürmiani di natura fluvioglaciale che costituiscono i rilievi presenti ad Est e ad Ovest del territorio in studio e sono presenti in più ordini sia all'interno delle alluvioni terrazzate oloceniche che a delimitazione delle stesse.

In corrispondenza dei rilievi di Piovino, Colombaro, Montalto e S. Cristina presentano un'altezza variabile, fino a 40 m, risultando localmente attivi, principalmente per l'azione erosiva delle acque incanalate, mentre nei depositi olocenici si rilevano altezze non superiori a 5-6 m, risultando in evoluzione quelle individuate lungo l'alveo del T. Agogna, nei pressi del Molino della Resiga.

Alla gravità si possono attribuire le seguenti morfologie di versante:

Nicchia di frana di scorrimento: ricorrono prevalentemente a tetto della successione pliocenica, composta da litotipi a bassa permeabilità, e localmente in corrispondenza delle alluvioni rissiane, determinate dall'erosione al piede del versante per azione delle acque incanalate.

Si rilevano principalmente in corrispondenza delle scarpate dei terrazzi fluvioglaciali pleistocenici, in prossimità degli abitati di Piovino, Canuggioni, Colombaro e C.na Fasana, e nel pianalto rissiano di S. Cristina, in una vallecchia incisa nei depositi ghiaioso-sabbiosi nei pressi di C.na Cima.

Corpo di frana attiva: si tratta di accumuli dovuti a scivolamenti rotazionali e colate con evoluzione in allargamento e retrogressiva, di nuova formazione.

Si osservano principalmente in corrispondenza dei versanti ad acclività elevata, maggiore del 35%, caratterizzati dai terreni limoso-sabbiosi della successione pliocenica.

- Frana di località Fornace (BM001a/fr - BM001b/fr - BM001c/fr): si tratta di un settore di versante comprendente più movimenti franosi, ubicato in corrispondenza della scarpata orientale del terrazzo di Piovino.
- Frana di località Montalto (BM002/fr - BM006/fr): interessa un settore di versante a Nord-Ovest di località Canuggione, inciso da un affluente di destra del T. Sizzone, in cui sono stati individuati alcuni processi gravitativi, determinati prevalentemente dall'erosione al piede del pendio per azione delle acque incanalate
- Frana di C.na Fasana (BM003/fr): è ubicata a Sud-Ovest del nucleo abitato di C.na Fasana, causata dall'azione erosiva al piede del versante da parte del T. Sizzone
- Frana di località Colombaro (BM008/fr): interessa il versante orientale del pianalto di Colombaro, innescata dall'azione delle acque diffuse.

Nei depositi fluvioglaciali pleistocenici è stato individuato un solo evento franoso:

- Frana di S. Cristina (BM005/fr): si tratta di un fenomeno determinato dall'erosione al piede del versante per azione delle acque incanalate

Corpo di frana inattiva: si è rilevato un solo caso, con nicchia di distacco ricorrente a tetto della successione dei terreni pliocenici affioranti alla base del terrazzo fluvioglaciale rissiano di Colombaro e zona di accumulo distribuita sulle le alluvioni quaternarie, nei pressi di S. Bernardo (BM004/fr).

Superficie dissestata da creep: si osservano nei terreni eluvio-colluviali che ricoprono il substrato metamorfico scistoso ed effusivo, ed in corrispondenza della successione pliocenica limoso-sabbiosa alla base del terrazzo di Piovino e Colombaro.

I processi risultano attivi.

Contropendenza: è presente un solo caso, sviluppato linearmente per circa 300 m, inferiormente all'orlo della scarpata orientale del terrazzo di Piovino, nel settore in frana, in corrispondenza dei depositi alluvionali mindeliani.

La forma, attiva, raggiunge un'ampiezza variabile da 2 a 4 m e risulta incisa fino a circa 2 m.

3 ANALISI DELLA DINAMICA FLUVIALE E TORRENTIZIA

3.1 Metodologia

Si sono analizzati i corsi d'acqua pubblici presenti nel territorio comunale:

- T. Agogna
- T. Sizzone
- R. Geola
- T. Grua
- T. Lirone
- T. Agogna Vecchia

Gli alvei dei corsi d'acqua, con la relativa *regione fluviale*, sono stati esaminati seguendo i criteri indicati per la definizione delle fasce fluviali nelle *Norme di Attuazione* (P.A.I.), progetto adottato con deliberazione n.1/1999, procedendo attraverso le seguenti fasi operative:

- ricerca di dati presso gli Uffici Tecnici Comunali
- rilievo degli elementi naturali ed antropici legati alla dinamica fluviale
- consultazione del Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali e del Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (ex L. 183 del 18/05/89), redatti dall'Autorità di Bacino del Fiume Po

- consultazione dello studio della Provincia di Novara, Servizio Programmazione e Pianificazione del Territorio – *“Verifica delle fasce del torrente Agogna nel territorio del comune di Borgomanero”* – HYDRODATA S.p.A. – giugno 2003
- rilievo di n.39 sezioni idrauliche, distribuite lungo gli alvei dei corsi d'acqua esaminati, ritenute critiche per la presenza di punti di tracimazione
- verifiche idrauliche delle sezioni rilevate, al fine di valutare le fasce di esondazione dei corsi d'acqua in studio, secondo i metodi indicati nel PAI (Norme di attuazione – Direttiva sulla Piena di Progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica); per il T. Agogna si sono recepiti i valori della quota idrometrica, indicati nello studio commissionato dalla Provincia di Novara, Servizio Programmazione e Pianificazione del Territorio – *“Studio idrodinamico di dettaglio e messa a punto del Piano per l'assetto idrogeologico a scala provinciale dei Torrenti Agogna e Terdoppio”* – HYDRODATA S.p.A. – gennaio 2000

Le informazioni così acquisite ed elaborate hanno permesso la redazione della *Carta della dinamica fluviale e del reticolo idrografico minore*, alla scala 1: 10.000 (tav.n.8), corredata da uno stralcio in scala 1: 5.000 del T. Agogna (tav.n.8a), secondo i criteri della Circolare P.G.R. 8 maggio 1996 n.7/LAP, e la compilazione delle *schede delle opere idrauliche* realizzate dal Sistema Informativo Catasto Opere Idrauliche (SICOD) (elab.n.3) e delle *schede di rilevamento dei processi lungo la rete idrografica* (elab.n.2) predisposte dalla Regione Piemonte.

3.2 Torrente Agogna

3.2.1 Caratteristiche geomorfologiche dell'alveo

Il T. Agogna conserva un andamento prevalentemente sinuoso, con struttura monocursale, moderatamente incassato, in un fondovalle fortemente antropizzato.

Nell'attraversamento di Borgomanero l'alveo presenta con continuità opere di difesa di sponda.

A valle del centro abitato, il corso d'acqua assume per brevi tratti un andamento rettilineo a struttura ramificata, determinando la formazione di barre.

Localizzati fenomeni di erosione di sponda interessano tronchi d'asta fluviale di modesta lunghezza a monte e a valle dell'abitato di Borgomanero.

3.2.2 Caratteristiche idrologiche, geometriche e idrauliche

Misure di valori storici delle portate di massima piena registrate a Borgomanero sono riportate nella tabella seguente (Autorità di Bacino del Fiume Po - Delibera del Comitato Istituzionale n. 18 del 26.04.2001):

STAZIONE	TEMPO DI RITORNO (ANNI)			
	20	100	200	500
Borgomanero	200 m ³ /s	310 m ³ /s	370 m ³ /s	400 m ³ /s

I principali eventi alluvionali registrati negli ultimi 200 anni sono quelli del 1825, 1834, 1857, 1924, 1932, 1951 1976 e 1996 (Regione Piemonte, Banca dati Geologica; Tesi di Laurea: Albano L. "Studio Idrogeologico dei dissesti di sponda del T. Agogna a Borgomanero" Politecnico di Milano, 1999/2000)

Gli eventi di piena dell'ottobre 1857 e dell'agosto 1924 produssero allagamenti che si estesero al centro abitato di Borgomanero.

In seguito all'evento alluvionale del 1924 si realizzarono delle opere di difesa in corrispondenza dell'attraversamento dell'abitato.

Nel settembre 1932, nel novembre 1976 e nell'agosto 1996 si ebbero esondazioni del T. Agogna a valle dell'abitato, in prossimità del Mulino Torrione.

3.2.3 Caratteristiche ambientali e naturalistiche

La regione fluviale del T. Agogna, nel tratto che interessa il territorio comunale in esame, è fortemente urbanizzata, con estesi settori ad uso agricolo localizzati a monte e a valle dell'abitato di Borgomanero, caratterizzati da aree boscate e da filari di vegetazione arborea d'alto fusto ed arbustiva lungo le sponde.

3.2.4 Caratteristiche delle opere idrauliche e delle infrastrutture significative

Nell'attraversamento del centro abitato di Borgomanero, l'alveo del T. Agogna si presenta con sezione trapezia, protetto da difese spondali continue a scogliera e muri.

Sono presenti sei ponti, alcuni dei quali protetti da soglie di stabilizzazione del fondo alveo.

A valle del centro abitato, le difese spondali sono presenti solo nel tratto in corrispondenza delle cascate Piovale e Tabuloni.

3.3 T. Sizzone, R. Geola, T. Grua, T. Lirone e T. Agogna Vecchia

3.3.1 Caratteristiche geomorfologiche degli alvei

T. Sizzone

Il territorio comunale di Borgomanero è attraversato nel settore NW dal T. Sizzone "di Vergano", caratterizzato da un andamento prevalentemente sinuoso.

Fino alla località Canuggioni, scorre in una incisione valliva impostata nei terreni pliocenici e successivamente in un territorio pianeggiante interessato dai depositi alluvionali olocenici.

Nel tratto di asta che interessa il territorio comunale si rilevano diffusi fenomeni di erosione di sponda.

Rio Geola

Attraversa la parte orientale del territorio comunale di Borgomanero.

L'alveo, impostato nei depositi alluvionali olocenici, di natura fluvioglaciale e fluviale, presenta un andamento irregolare, in parte artificiale.

Sono presenti diffusi fenomeni di erosione di sponda e punti di possibile tracimazione.

T. Grua

Il tratto di alveo che interessa il territorio comunale è impostato nelle alluvioni terrazzate quaternarie, sino alla confluenza nel T. Agogna.

L'alveo attuale è prevalentemente artificiale, si riconosce infatti la traccia relitta dell'originario corso d'acqua, presente al piede del terrazzo prewürmiano.

Il tronco in esame del T. Grua è caratterizzato da numerosi punti di possibile tracimazione, per l'andamento sinuoso e irregolare, l'inadeguatezza delle sezioni e delle difese spondali.

T. Lirone

L'alveo, interamente ricavato nelle alluvioni recenti, presenta un andamento a meandri irregolari, incisi nei depositi alluvionali.

Il tratto esaminato, privo di opere di difesa idraulica, è caratterizzato da diffusi fenomeni di erosione di sponda.

T. Agogna Vecchia

Presenta un alveo impostato interamente nelle alluvioni recenti, sino alla confluenza nel T. Agogna.

Il tratto esaminato risulta privo di opere di difesa idraulica, sebbene caratterizzato da numerosi punti di possibile tracimazione e di erosione di sponda.

3.3.2 Caratteristiche idrologiche, geometriche e idrauliche dei corsi d'acqua

Si sono esaminati i seguenti aspetti dei corsi d'acqua considerati:

- Analisi fisica integrata
- Tempo di corrivazione
- Valutazione delle portate di piena

3.3.2.1 Analisi fisica integrata

Relativamente ai bacini in studio, si sono considerati i seguenti parametri di controllo del deflusso delle acque superficiali:

- analisi clivometrica
- uso del suolo
- distribuzione dei suoli

Analisi clivometrica

In riferimento all'acclività, si sono distinte tre classi omogenee di pendenza, come indicato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po (Delibera del Comitato Istituzionale n. 18/2001), ottenendo la seguente distribuzione per ogni bacino:

PENDENZA	SUPERFICIE (Km)				
	T. Sizzone	R. Geola	T. Grua	T. Lirone	T. Agogna Vecchia
< 2%	0,63	8,58	1,98	2,18	1,4
2 - 7%	1,26	3,93	1,86	2,46	1,1
> 7%	9,21	6,98	11,2	4,09	4,0

Uso del suolo

Per la descrizione dell'uso del suolo, si è svolta un'indagine articolata in due fasi:

- osservazione preliminare delle ortofotocarte delle sezioni n°: 094010 (S. Maurizio d'Opaglio); 094020 (Invorio); 094030 (Arona); 094050 (Valduggia); 094060 (Borgomanero); 094070 (Gattico); 094090 (Grignasco); 094100 (Cureggio); 094110 (Bogogno);
- rilievi di verifica sul terreno

Per il tipo d'uso si è fatto riferimento alla "Guida alla descrizione del suolo" del C.N.R., nell'ambito del Progetto Finalizzato Conservazione del Suolo (1977) e alla guida F.A.O. (1976):

I dati ricavati risultano così distribuiti:

USO DEL SUOLO	SUPERFICIE (Km)				
	T. Sizzone	R. Geola	T. Grua	T. Lirone	T. Agogna Vecchia
Boschi	9,23	8,31	11,77	3,98	4,19
Pascoli	0,49	1,42	1,07	1,02	0,58
Colture agrarie	0,40	5,94	0,43	2,72	1,13
Aree urbanizzate	0,98	3,82	1,78	0,98	0,56

Distribuzione dei suoli

Dalla consultazione della "Carta della capacità d'uso dei suoli e delle loro limitazioni" della Regione Piemonte, redatta dall'IPLA (1982), si è evidenziata la seguente distribuzione dei suoli in corrispondenza delle diverse unità litologiche:

CLASSIFICAZIONI		UNITÀ LITOLOGICHE
CPCS (Francia)	Soil Taxonomy (U.S.A.)	
Suoli bruni mediamente lisciviati	Typic Hapludalfs	Depositi alluvionali olocenici e del Würm-Riss
Suoli bruni lisciviati idromorfi a fragipan	Aquic Fragiudals	Depositi alluvionali pleistocenici
Suoli bruni acidi lievemente lisciviati	Typic Hapludalfs, Ruptic-Alfic-Dystrochrepts	Depositi glaciali e formazioni litoidi

La tessitura, da cui dipende la permeabilità, nel caso in esame risulta prevalentemente sabbiosa per i suoli legati alle alluvioni più recenti, ai depositi glaciali e alle formazioni litoidi e prevalentemente argillosa per i suoli formati in corrispondenza delle alluvioni più antiche.

I dati di distribuzione risultano:

TESSITURA DEI SUOLI	SUPERFICIE (Km)				
	T. Sizzano	R. Geola	T. Grua	T Lirone	T. Agogna Vecchia
Prevalentemente argillosa	4,51	2,18	2,29	5,28	-
Prevalentemente sabbiosa	6,59	17,31	12,75	3,42	9,47

3.3.2.2 Tempo di corrivazione

Per calcolare il tempo di corrivazione, inteso come tempo necessario affinché una particella d'acqua dal punto più lontano del bacino defluisca fino alla sezione di chiusura, si sono considerati i metodi di valutazione indicati dall'Autorità di Bacino del Fiume Po (Delibera del Comitato Istituzionale n. 18/2001), in funzione delle seguenti caratteristiche morfometriche:

BACINO	T. SIZZONE	R. GEOLA	T. GRUA	T LIRONE	T. AGOGNA VECCHIA
S (km ²) Superficie del bacino	11,10	19,49	15,04	8,73	6,46
H _m (m s.l.m.) Quota media del bacino	420	333,8	531,9	337,9	379,79
H ₀ (m s.l.m.) Quota della sezione di chiusura	318	277	321	282	313
d (m) Dislivello dell'asta principale	356	171	636	120	167
L (km) Lunghezza del percorso idraulicamente più lungo del bacino	8,7	13	12,37	6,8	6,16
p (%) Pendenza caratteristica dell'asta principale	1,4	0,6	1,8	1,2	0,9
p _m (%) Pendenza media del bacino	0,22	0,07	0,25	0,08	0,13

Si sono utilizzate le seguenti formule empiriche:

□ Giandotti (1934)
$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}}$$

□ Ventura (1905)
$$t_c = 0,127 \frac{\sqrt{S}}{\sqrt{p}}$$

□ Pezzoli (1970)
$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{P}}$$

□ Merlo (1973)
$$t_c = 0.396 \frac{L}{\sqrt{P}} \left(\frac{S}{L^2} \frac{\sqrt{P}}{\sqrt{P_m}} \right)^{0.72}$$

□ Puglisi (1978)
$$t_c = 6 \frac{L^{0.667}}{d^{0.333}}$$

BACINO	TEMPO DI CORRIVAZIONE (h)				
	GIANDOTTI	VENTURA	PEZZOLI	MERLO	PUGLISI
T. Sizzone	3 h 26'	3 h 60'	4 h 27'	2h 71'	3 h 59'
R. Geola	6 h 16'	7 h 10'	9 h 05'	5 h 84'	5 h 99'
T. Grua	2 h 93'	3 h 64'	5 h 03'	2 h 66'	3 h 74'
T. Lirone	3 h 68'	3 h 34'	3 h 34'	3 h 64'	4 h 38'
T. Agogna Vecchia	2 h 97'	3 h 23'	3 h 39'	2 h 71'	3 h 67'

In base ai valori ottenuti, per la stima delle portate di massima piena, si è ritenuto di adottare il procedimento di Giandotti, perchè cautelativo e affidabile.

3.3.2.3 Valutazione delle portate di piena

Il calcolo della massima portata di piena è stato condotto nell'ambito dei bacini sopra indicati, considerando le seguenti sezioni di chiusura:

- Bacino del torrente Lirone: sul confine comunale in corrispondenza dell'attraversamento del viadotto dell'Autostrada A26;
- Bacino del rio Geola: sul confine comunale in corrispondenza dell'attraversamento del rilevato dell'Autostrada A26;
- Bacino del torrente Grua: in località S. Croce in corrispondenza del punto di tombinamento;

□ Bacino del torrente Sizzone: sul confine comunale, a valle della C.na Fasana.

□ Bacino del T. Agogna Vecchia: in corrispondenza della confluenza nel T. Agogna

Per la previsione delle piene, si sono confrontati i due metodi proposti dall'Autorità di Bacino del Fiume Po (Delibera del Comitato Istituzionale n. 18 del 26.04.2001):

□ metodo razionale

□ metodo S.C.S.

Metodo razionale

Si basa sulla seguente relazione:

$$Q = k C i A$$

in cui:

Q = portata al colmo (m³/s)

k = fattore di correzione per la disuniformità delle unità di misura (0,278)

C = coefficiente di deflusso

i = intensità della "pioggia critica" (mm/h)

A = area del bacino sotteso (Km²)

Coefficiente di deflusso

Si tratta di un coefficiente adimensionale, che dipende dalla natura dei terreni, dalla distribuzione e dal tipo di copertura vegetale e dall'acclività.

Dall'analisi fisica integrata dei bacini dei corsi d'acqua in esame, applicando i coefficienti orientativi C raccomandati dall'Autorità di Bacino del Fiume Po (Delibera del Comitato Istituzionale n. 18/2001), si ottengono i seguenti valori:

CARATTERISTICHE DEL BACINO	COEFFICIENTE DI DEFUSSO (C)	SUPERFICIE (KM ²)				
		T. Sizzone	R. Geola	T. Grua	T. lirone	T. Agogna Vecchia
Superfici pavimentate o impermeabili (strade, aree coperte, ecc)	0,7	0,98	3,82	1,78	0,82	0,56
Suoli sabbiosi a debole pendenza (<2%)	0,05	-	6,66	1,38	0,49	1,12
Suoli sabbiosi a pendenza media (2 - 7%)	0,10	0,25	1,80	0,89	0,98	1,06
Suoli sabbiosi a pendenza elevata (>7%)	0,15	6,34	5,34	9,19	1,54	3,72
Suoli argillosi a debole pendenza (<2%)	0,13	0,30	0,09	-	1,42	-
Suoli argillosi a pendenza media (2 - 7%)	0,18	0,68	1,15	0,38	1,20	-
Suoli argillosi a pendenza elevata (>7%)	0,25	2,55	0,62	1,42	2,28	-

Il valore dei coefficienti adottati risulta dalla media ponderale di quelli tabulati, corrispondenti a:

BACINO	COEFFICIENTE DI DEFUSSO C
T. Sizzone	0,22
R. Geola	0,22
T. Grua	0,21
T. Lirone	0,22
T. Agogna Vecchia	0,17

Intensità della pioggia critica

Si è assunto come valore di picco del deflusso un'intensità di pioggia della durata pari al tempo di corrivazione, relativamente alla distribuzione della probabilità pluviometrica, con tempo di ritorno $T_r = 200$ anni.

L'altezza della pioggia critica è stata ricavata dall'espressione:

$$h_i = a t^n$$

in cui si sono presi come riferimento i parametri a ed n elaborati per la stazione di Borgomanero dal P.A.I. (Autorità di Bacino del Fiume Po - Delibera del Comitato Istituzionale n. 18/2001):

$$a = 74,57$$

$$n = 0,326$$

Si sono ottenute le seguenti intensità di pioggia:

BACINO	INTENSITÀ DI PIOGGIA (mm/ORE)
T. Sizzone	33,62
R. Geola	21,90
T. Grua	36,13
T. Lirone	35,56
T. Agogna Vecchia	33,35

I valori di portata di massima piena che si ricavano, in funzione del tempo di ritorno

$T_r = 200$ anni, sono:

BACINO	PORTATA DI MASSIMA PIENA (m ³ /s)
T. Sizzone	22,99
R. Geola	26,29
T. Grua	31,95
T. Lirone	16,61
T. Agogna Vecchia	11,01

Metodo S.C.S.

Il metodo si basa sulla seguente espressione:

$$Q_C = \frac{0,28R_O A}{t_p}$$

in cui:

Q_C = portata al colmo (m³/s)

R_O = volume netto di pioggia per unità di superficie (mm)

A = area del bacino sotteso (Km²)

t_p = tempo di crescita dell'onda di piena (h)

Volume netto di pioggia per unità di superficie

Viene calcolato tramite la seguente equazione (USDA – SCS, 1986)

$$R_O = \frac{(h - 0,2S)^2}{h + 0,8S}$$

dove:

h = intensità della pioggia critica (mm)

S = valore massimo dell'invaso per filtrazione (mm), calcolato dall'espressione:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

in cui

CN = "curve number" in funzione del tipo di suolo e della copertura vegetale.

In base all'analisi fisica integrata dei bacini dei corsi d'acqua in esame, utilizzando i coefficienti orientativi di CN raccomandati dall'Autorità di Bacino del Fiume Po (Delibera del Comitato Istituzionale n. 18/2001) si ottiene la seguente distribuzione del tipo di suolo e della copertura vegetale:

TIPOLOGIE DI USO DEL SUOLO	CN		SUPERFICIE (Km ²)									
	B Infiltrazione moderata, per suoli con tessitura da moderatament e fine a moderatament e grossolana, quali limi sabbiosi	C Infiltrazione lenta, per suoli con tessitura fine, quali argille limose, deboli strati di limo sabbioso, suoli con debole contenuto organico	T. Sizzone		R. Geola		T. Grua		T. Ilirone		T. Agogna Vecchia	
			B	C	B	C	B	C	B	C	B	C
Suoli coltivati	71	78	0,19	0,29	4,64	0,80	0,36	0,06	1,51	1,27	1,12	-
Pascoli	61	74	0,08	0,37	1,35	0,43	0,91	0,22	0,28	0,68	0,57	-
Boschi e foreste con buona copertura dall'erosione e sottobosco	55	70	6,43	2,77	6,66	0,93	9,22	1,17	0,77	3,38	4,21	-
Aree urbanizzate	83	88	0,08	0,90	4,20	0,48	1,83	1,27	0,43	0,38	0,56	-

Il valore dei coefficienti adottati risulta dalla media ponderale di quelli tabulati, corrispondenti a:

BACINO	CN
T. Sizzone	63,16
R. Geola	68,15
T. Grua	63,48
T. Lirone	71,47
T. Agogna Vecchia	60,73

Il valore di R_o risulta quindi uguale a :

BACINO	h (mm)	S (mm)	CN	R_o (mm)
T. Sizzone	109,61	148,15	63,16	28,04
R. Geola	134,89	118,71	68,15	53,74
T. Grua	105,87	146,13	63,48	26,37
T. Lirone	114,03	101,39	71,47	45,04
T. Agogna Vecchia	106,34	164,24	60,73	22,72

Tempo di crescita dell'onda di piena

Il valore di t_p è posto pari a

$$t_p = \frac{D}{2} + t_{lag}$$

dove:

D = durata della pioggia, pari a 0,133 t_c (h)

t_{lag} = intervallo di tempo tra il centroide della pioggia e il colmo, pari a 0,6 t_c (h)

BACINO	D (h)	t _{lag} (h)	t _p (h)
T. Sizzone	0,43	1,96	2,17
R. Geola	0,82	3,70	4,10
T. Grua	0,39	1,76	1,95
T. Lirone	0,49	2,21	2,45
T. Agogna Vecchia	0,39	7,78	1,98

I valori di portata di massima piena che si ricavano, in funzione del tempo di ritorno $T_r = 200$ anni, sono:

BACINO	PORTATA DI MASSIMA PIENA (m ³ /s)
T. Sizzone	40,11
R. Geola	71,44
T. Grua	56,86
T. Lirone	44,89
T. Agogna Vecchia	20,56

3.3.3 Caratteristiche ambientali e naturalistiche

Le *regioni fluviali* dei corsi d'acqua considerati sono caratterizzate prevalentemente da aree ad uso agricolo, con discontinui filari di vegetazione arborea d'alto fusto ed arbustiva lungo le sponde.

Sono altresì presenti aree boscate che interessano prevalentemente il R. Geola, nel tratto a valle dell'abitato di Borgomanero, ed il T. Sizzone in prossimità delle frazioni di Vergano e Piovino.

3.3.4 *Caratteristiche delle opere idrauliche e delle infrastrutture significative*

Rio Geola

Alcuni tronchi risultano modificati, in particolare ad Est del cimitero, in corrispondenza della nuova circonvallazione, ed in prossimità delle cascate Gianni, Colombera e Meda.

L'alveo presenta limitate opere di difesa spondale, costituite da tratti di scogliera localizzati a Sud di C.na Meda ed in prossimità del confine con il Comune di Maggiore.

Torrente Grua

Il corso d'acqua, il cui alveo originario risulta modificato, conserva tracce di difese spondali dismesse, costituite da scogliere in blocchi e ciottoli.

Dall'abitato di S. Croce fino alla confluenza nel T. Agogna, in corrispondenza del parco comunale, il torrente è prevalentemente tombinato con una sezione all'imbocco di 3,0 m x 2,5 m.

T Sizzone

Lungo l'alveo del torrente è presente in località Canuggioni, a valle dell'attraversamento di via Maggiore, una scogliera in massi ammorsati.

T. Agogna Vecchia

Nel tratto terminale, prima dell'immissione nel T. Agogna, a monte del centro abitato di Borgomanero, è stata realizzata una scogliera in massi ammorsati.

T. Lirone

L'alveo del T. Lirone non presenta opere di difesa idraulica significative nel tratto che interessa il territorio comunale di Borgomanero.

3.5 Verifiche idrauliche

Le verifiche idrauliche sono state realizzate in corrispondenza di n.41 sezioni, rilevate topograficamente in dettaglio, adottando condizioni di moto permanente ed utilizzando il coefficiente di scabrezza di Manning.

BACINO	N° SEZIONI IDRAULICHE
T. Sizzone	4
R. Geola	15
T. Grua	9
T. Lirone	2
T. Agogna Vecchia	6
T. Agogna	5

Per i corsi d'acqua Sizzone, Geola, Grua, Lirone e Agogna Vecchia, si sono utilizzate le portate ricavate con il "metodo S.C.S.", risultate maggiormente cautelative rispetto a quelle ottenute con il "metodo razionale".

Relativamente al T. Agogna, si è adottata una portata di 370 m³/s, relativa alla massima piena storicamente osservata in Borgomanero, con un tempo di ritorno di 200 anni (P.A.I., Delibera del Comitato Istituzionale n. 18/2001), utilizzando il seguente criterio:

- verifiche idrauliche nel tratto compreso tra il ponte di Piazza Mazzini e Via Pertini;
- adozione, per il restante tratto di alveo compreso nel territorio comunale, delle quote idrometriche, adattate alla diversa base cartografica, indicate nello studio commissionato dalla Provincia di Novara, Servizio Programmazione e Pianificazione del Territorio – *“Studio idrodinamico di dettaglio e messa a punto del Piano per l’assetto idrogeologico a scala provinciale dei Torrenti Agogna e Terdoppio”* – HYDRODATA S.p.A. – gennaio 2000.

T. Sizzone, R. Geola, T. Grua, T. Lirone e T. Agogna Vecchia

Dalle verifiche idrauliche si sono ottenuti i seguenti risultati:

T. SIZZONE				
Sezione n.	Portata di massima piena q (m³/s)	Altezza idrica h (m)	Quota idrometrica H (m. s.l.m.)	Velocità V (m/s)
Si 1	40,11	1,503	315,183	3,436
Si 2	40,11	1,220	325,870	3,307
Si 3	40,11	1,427	330,187	3,558
Si 4	40,11	1,252	332,638	2,797

R. GEOLA				
Sezione n.	Portata di massima piena q (m³/s)	Altezza idrica h (m)	Quota idrometrica H (m. s.l.m.)	Velocità V (m/s)
Ge 1	71,44	1,850	272,830	2,147
Ge 2	71,44	1,435	276,745	0,776
Ge 3	71,44	1,841	281,781	0,712
Ge 4	71,44	1,639	285,962	0,648
Ge 5	71,44	1,696	288,149	1,050
Ge 6	71,44	1,958	290,373	0,351
Ge 7	71,44	1,000	290,843	0,194
Ge 8	71,44	0,987	290,742	5,877
Ge 9	71,44	2,274	298,514	2,271
Ge 10	71,44	3,093	298,623	4,110
Ge 11	71,44	1,522	298,772	2,084
Ge 12	71,44	2,037	303,577	0,645
Ge 13	71,44	1,006	304,726	2,233
Ge 14	71,44	1,973	307,432	1,030
Ge 15	71,44	1,110	311,459	0,603

T. GRUA				
Sezione n.	Portata di massima piena q (m³/s)	Altezza idrica h (m)	Quota idrometrica H (m. s.l.m.)	Velocità V (m/s)
Gr 1	56,86	1,500	312,500	7,965
Gr 2	56,86	1,296	313,596	8,372
Gr 3	56,86	1,632	320,242	8,557
Gr 4	56,86	1,090	324,150	1,061
Gr 5	56,86	1,578	326,298	0,184
Gr 6	56,86	1,52	326,950	0,225
Gr 7	56,86	1,387	327,887	0,745
Gr 8	56,86	2,684	334,564	0,350
Gr 9	56,86	0,668	332,928	0,275

T. LIRONE				
Sezione n.	Portata di massima piena q (m³/s)	Altezza idrica h (m)	Quota idrometrica H (m. s.l.m.)	Velocità V (m/s)
Li 1	44,89	1,720	285,110	0,907
Li 2	44,89	1,767	290,747	1,500

T. AGOGNA VECCHIA				
Sezione n.	Portata di massima piena q (m³/s)	Altezza idrica h (m)	Quota idrometrica H (m. s.l.m.)	Velocità V (m/s)
Agv 1	20,56	1,502	311,592	0,999
Agv 2	20,56	1,157	314,017	0,664
Agv 3	20,56	1,363	315,453	0,584
Agv 4	20,56	0,701	316,671	0,755
Agv 5	20,56	1,344	319,168	0,472
Agv 6	20,56	1,116	321,076	0,467

T. Agogna

Per il tronco compreso tra piazza Mazzini e via Pertini, si sono eseguite delle verifiche idrauliche in alveo e nella regione fluviale, considerando le portate che esondano in corrispondenza delle sezioni dei ponti di Piazza Mazzini e di Mulino Torrione, risultate inadeguate.

In particolare, nell'area compresa tra le vie per Cureggio e Pertini e M.no Torrione, sono state realizzate n.8 sezioni trasversali (all.n.6).

T. AGOGNA					
Sezione n.	Corso d'acqua	Portata di massima piena q (m³/s)	Altezza idrica h (m)	Quota idrometrica H (m. s.l.m.)	Velocità V (m/s)
Ag 1	Agogna	370	5,40	299,450	3,37
Ag 2	Agogna	200	2,36	300,000	6,69
Ag 3	Agogna	200	2,69	301,350	3,88
Ag 4	Agogna	200	3,55	302,390	3,22
Ag 5	Agogna	300	4,48	303,90	1,99
Ag 6	Agogna	300	3,27	303,80	6,31
Ag 7	Agogna	370	4,75	317,080	7,84
Ag 8	Agogna	370	5,28	322,280	3,63
Ag 9	Agogna	370	4,50	321,730	3,71
Ag 2	Ramo laterale	85	0,81	301,60	6,58
Ag 3	Ramo laterale	85	0,33	302,13	2,01
Ag 4	Ramo laterale	85	0,77	302,70	1,35
Ag 5	Ramo laterale	70	0,57	303,70	3,95
Ag 6	Ramo laterale	70	0,18	302,80	4,74
1	Ramo laterale	85	1,16	302,400	4,07
2	Ramo laterale	85	1,93	301,720	1,39
3	Ramo laterale	85	0,74	301,470	2,26

<i>T. AGOGNA</i>					
<i>Sezione n.</i>	<i>Corso d'acqua</i>	<i>Portata di massima piena q (m³/s)</i>	<i>Altezza idrica h (m)</i>	<i>Quota idrometrica H (m. s.l.m.)</i>	<i>Velocità V (m/s)</i>
4	Ramo laterale	85	0,62	300,900	2,32
5	Ramo laterale	85	0,31	300,380	1,52
6	Ramo laterale	85	0,36	299,860	1,30
7	Ramo laterale	85	0,37	299,500	1,88
8	Ramo laterale	85	0,40	298,820	2,21

4. ANALISI IDROGEOLOGICA

4.1 Metodologia

Per l'identificazione degli acquiferi e la definizione dei relativi parametri idrodinamici, l'indagine ha comportato le seguenti fasi:

- ricerca bibliografica
- ricerca documentale presso gli uffici tecnici comunali, la Regione Piemonte (Rete di monitoraggio delle acque sotterranee della pianura novarese, 1995), l'Acquedotto Consorziale di Borgomanero, Gozzano e Uniti
- sopralluoghi di verifica compiuti nell'area d'indagine
- rilievi piezometrici

I pozzi risultano identificati con una sigla in riferimento al Comune di appartenenza, più un numero progressivo.

L'uso indicato è quello denunciato agli Enti preposti.

Le informazioni acquisite hanno permesso l'elaborazione della *Carta geoidrologica*, alla scala 1: 10.000 (tav.n.9), secondo i contenuti riportati nella "Carta Idrogeologica d'Italia, Quaderni serie III, volume 5° (Servizio Geologico Nazionale, 1988) e secondo gli indirizzi della Circolare P.G.R. 8 maggio 1996, n.7/LAP - L.R. 05.12.1977, n.56.

4.2 Identificazione idrodinamica degli acquiferi

Nel territorio si possono distinguere tre complessi idrogeologici, in funzione del grado di permeabilità:

- un complesso altamente permeabile, costituito dalle alluvioni oloceniche terrazzate e del Würm-Riss
- un complesso mediamente permeabile, costituito dai depositi alluvionali pleistocenici e dai depositi glaciali;
- un complesso impermeabile, costituito dai depositi pliocenici e dal substrato roccioso

Dall'osservazione della sezione idrogeologica, elaborata correlando le stratigrafie dei pozzi censiti, il *complesso altamente permeabile* risulta formato prevalentemente da ghiaie e sabbie con rare lenti argillose di potenza limitata.

Il complesso presenta potenze variabili, che si riducono verso SSW, da circa 35 m in prossimità della frazione di S. Marco a circa 19 m in corrispondenza di S. Cristina.

Si tratta di un acquifero a falda libera, monostrato, caratterizzato da locali falde sospese, dovute alla presenza di lenti a granulometria fine, di ridotto spessore.

Il *complesso mediamente permeabile* è costituito da ghiaie e ghiaie ciottolose con subordinate sabbie, limi e argille.

Presenta spessori variabili, passando da circa 50 m in corrispondenza del terrazzo rissiano, che si estende ad Est di S. Cristina, a circa 5 m nel terrazzo mindeliano di Piovino, e condizioni di deflusso variabili, da libere a semiconfinate.

Inferiormente, *il complesso impermeabile*, caratterizzato dai litotipi del basamento e da terreni limoso-sabbiosi, forma un acquicludes.

Le profondità dei pozzi censiti non consentono di determinare il letto del complesso.

4.3 Parametri idrodinamici degli acquiferi

Sulla base dell'indagine documentale e del rilievo piezometrico, si sono considerati i seguenti parametri:

- permeabilità
- trasmissività
- gradiente idraulico
- velocità effettiva di deflusso

In base alla granulometria dei depositi, si possono stimare i seguenti valori medi di *permeabilità* (Casagrande e Fadum, 1940):

- complesso altamente permeabile: $K = 10^2 - 10^{-1}$ cm/sec
- complesso mediamente permeabile: $K = 10^{-1} - 10^{-3}$ cm/sec
- complesso impermeabile: $K < 10^{-7}$ cm/sec

Dall'elaborazione dei dati raccolti sulla permeabilità e sullo spessore dei complessi idrogeologici, si sono ottenuti dei valori di trasmissività compresi tra $2,8 \cdot 10^{-4} - 5,2 \cdot 10^{-4}$ cm/sec per il *complesso altamente permeabile* e tra $2 \cdot 10^{-6} \div 2 \cdot 10^{-5}$ cm²/s per il *complesso mediamente permeabile*.

Il *gradiente idraulico* in corrispondenza del complesso altamente permeabile, costituito dalle alluvioni oloceniche e del Würm-Riss, risulta di circa $i = 0,4\%$, mentre quello relativo al complesso mediamente permeabile, formato dalle alluvioni pleistoceniche e dai depositi glaciali, è variabile da 2 a 4%.

La *velocità effettiva* di deflusso della falda è stata ricavata dalla legge di Darcy:

$$V_e = \frac{Ki}{n_e}$$

dove:

- n_e = porosità efficace (%) (Castany, 1982)
- i = gradiente idraulico (%) (tav.n.9)
- K = permeabilità media (cm/s)

Si sono ottenuti dei valori di V_e variabili da 0,4 cm/sec nel *complesso altamente permeabile* a 0,025 cm/sec nel *complesso mediamente permeabile*.

Parametri idrodinamici del complesso altamente permeabile

CARATTERISTICHE	PARAMETRI IDRODINAMICI	SIMBOLI	UNITA' DI MISURA	VALORI
IMMAGAZZINAMENTO	Porosità efficace	n_e	%	10
PERMEABILITA'	Coefficiente di permeabilità	K	cm/s	$10^2 - 10^{-1}$
	Tramissività	T	cm ² /s	$2,8 \cdot 10^{-4} - 5,2 \cdot 10^{-4}$
VELOCITA'	Velocità effettiva	V_e	cm/s	0,4
GRADIENTE	Gradiente idraulico	i	%	0,4

Parametri idrodinamici del complesso mediamente permeabile

CARATTERISTICHE	PARAMETRI IDRODINAMICI	SIMBOLI	UNITA' DI MISURA	VALORI
IMMAGAZZINAMENTO	Porosità efficace	n_e	%	8
PERMEABILITA'	Coefficiente di permeabilità	K	cm/s	$10^{-1} - 10^{-3}$
	Tramissività	T	cm ² /s	$2 \cdot 10^{-6} - 5,2 \cdot 10^{-5}$
VELOCITA'	Velocità effettiva	V_e	cm/s	0,0075
GRADIENTE	Gradiente idraulico	i	%	2 - 4

4.4 Deflusso delle acque sotterranee

Dalla carta geoidrologica (tav.n.9), si possono ricavare le seguenti indicazioni:

- in corrispondenza del complesso altamente permeabile, il deflusso delle acque sotterranee è diretto principalmente verso SSW, localmente condizionato dalla presenza del T. Agogna, che esercita sulla falda un'azione prevalentemente drenante; la soggiacenza varia da circa 4 m nel settore meridionale dell'area considerata, in corrispondenza delle alluvioni oloceniche, a circa 18 m nel settore settentrionale, in coincidenza con i depositi fluvioglaciali del Wurm-Riss.
- nel complesso mediamente permeabile, il deflusso risulta variabile in funzione dell'assetto strutturale e della permeabilità dei depositi interessati; in particolare, in corrispondenza dei depositi glaciali, che costituiscono i rilievi nord-orientali dell'area, in prossimità dall'abitato di Santa Cristinetta, e del pianalto alluvionale di S. Cristina, si evidenzia un acquifero a falda radiale divergente, caratteristico delle aree alimentate prevalentemente per infiltrazione delle precipitazioni efficaci.

La soggiacenza è variabile, da circa 10 in prossimità del terrazzo di Colombaro a circa 27 m in corrispondenza del pianalto di Santa Cristina.

4.5 Vulnerabilità degli acquiferi

Per una stima della vulnerabilità, intendendo la facilità con cui una falda può essere raggiunta da un eventuale inquinante attraverso l'aerato, si è adottato il metodo GOD (Foster, 1987).

Il metodo si basa sull'identificazione dei seguenti fattori:

- tipo di falda
- composizione dell'acquifero
- soggiacenza della falda

A ciascuno di tali parametri si assegna un valore, variabile da 0 a 1, ed il prodotto fornisce il grado di vulnerabilità, in termini relativi e qualitativi.

COMPLESSO ALTAMENTE PERMEABILE	
Tipo di falda	Libera
Composizione dell'acquifero	Ghiaie e ciottoli con subordinate sabbie, limi e argille
Soggiacenza minima della falda	3 m da p.c.
Indice GOD	0,63
Classe di vulnerabilità	ALTA

COMPLESSO MEDIAMENTE PERMEABILE	
Tipo di falda	Da libera a semiconfinata
Composizione dell'acquifero	Ghiaie e ghiaie ciottolose con subordinate sabbie, limi argille alterate
Soggiacenza minima della falda	4 m da p.c.
Indice GOD	0,24
Classe di vulnerabilità	BASSA

COMPLESSO IMPERMEABILE	
Tipo di falda	Confinato
Composizione dell'acquifero	Limo-sabbioso
Tetto dell'acquifero	5 m da p.c.
Indice GOD	0,06
Classe di vulnerabilità	TRASCURABILE

5. ANALISI DELL'ACCLIVITA'

5.1 Metodologia

Si è elaborata la *Carta dell'acclività*, alla scala 1:10.000 (tav.n.10), secondo le indicazioni della Circolare 7/LAP, allegato A, distinguendo le seguenti classi:

CLASSI DI ACCLIVITA'	%	GRADI SESSAGESIMALI
I	0 - 10	0 - 5° 43'
II	> 10 - 20	5° 43' - 11° 19'
III	> 20 - 35	11° 19' - 19° 20'
IV	> 35 - 70	19° 20' - 35° 00'

5.2 Caratteristiche clivometriche

Il territorio studiato è stato suddiviso in classi di acclività uniforme.

In particolare, dall'analisi di alcuni fattori predisponenti, quali l'acclività e la litologia, si evidenzia come più frequentemente i fenomeni di instabilità ricorrono dove la classe più acclive (> 35%) è accompagnata ai depositi limoso-sabbiosi pliocenici.

Inoltre, le diverse classi consentono di individuare le aree idonee per un razionale sfruttamento agricolo dei terreni, ponendo come limite massimo per una potenziale irrigazione la pendenza del 10%, individuando intorno al 20% l'acclività massima per l'uso delle macchine.

Le classi I e II corrispondono, quindi, a pendii ove è possibile un uso agricolo meccanizzato.

Sono comprese le zone in corrispondenza degli alvei attuali e abbandonati dei principali corsi d'acqua (T. Agogna, T. Agogna Vecchia, T. Sizzone, R. Geola e T. Lirone), il sistema dei terrazzi di natura fluvioglaciale che delimita ad Est e ad Ovest il territorio in studio e i rilievi nord-orientali di origine glaciale.

Le classi III e IV rappresentano rispettivamente i settori in cui la meccanizzazione agricola è più difficoltosa e quelli in cui risulta pericolosa ogni lavorazione meccanizzata.

Comprendono le scarpate dei terrazzi di origine fluvioglaciale e i rilievi costituiti dal substrato metamorfico scistoso ed effusivo

6. ANALISI GEOLITOLOGICA

6.1 Metodologia

Si è proceduto attraverso le seguenti fasi operative:

- ricerca bibliografica;
- consultazione della documentazione pubblicata dalla Banca Dati Geologica, relativamente alla carta tematica delle unità litologiche;
- revisione degli elaborati geologici a corredo dello strumento urbanistico esistente;

- rilievo geologico di dettaglio degli affioramenti, con la procedura indicata nelle “Linee guida per la realizzazione di una cartografia della pericolosità geologica connessa ai fenomeni di instabilità dei versanti alla scala 1:50.000” redatte dal Servizio Geologico. Si precisa che per la definizione litologica si è utilizzata la classificazione di Wentworth (1922) e la descrizione della struttura è stata ricavata attraverso l’osservazione delle caratteristiche sedimentarie, di supporto, consolidazione e cementazione.

Le informazioni acquisite hanno permesso l’elaborazione della *Carta della caratterizzazione litotecnica dei terreni*, alla scala 1: 10.000 (tav.n.11), secondo i contenuti riportati nella legenda della “carta della litologia” della Banca Dati Geologica della Regione Piemonte.

Nell’elaborato cartografico si sono riportati l’ubicazione degli affioramenti descritti e le litologie identificate.

I rilievi sono stati eseguiti nel periodo Giugno 2001 - Marzo 2002.

6.2 Caratteristiche litotecniche

Nell’ambito delle unità litologiche principali, individuate dalla Banca Dati Geologica della Regione Piemonte, si sono distinte nel territorio in esame otto unità litologico-tecniche.

A - Depositi alluvionali a prevalenti ghiaie, sabbie e limi (Quaternario)

B - Depositi morenici a blocchi, ghiaie, sabbie e limi dell’anfiteatro del Lago d’Orta (Quaternario)

C - Argille e marne argillose prevalenti (Pliocene)

D - Micascisti, talora eclogitici, scisti filladici (Serie dei Laghi)

E - Porfiriti, ignimbriti riolitiche (magmatiti erciniche e tardo-alpine)

Ciascuna unità rappresenta un'area omogenea, in base alle caratteristiche litologiche, al comportamento fisico e meccanico, ai caratteri strutturali ed all'assetto prevalente dei depositi e dell'ammasso roccioso.

UNITA' LITOLOGICHE	ASSETTO PREVALENTE E CARATTERI STRUTTURALI	INDICAZIONI SULLE CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E SUL COMPORTAMENTO FISICO
A - Depositi alluvionali a prevalenti ghiaie, sabbie e limi (Quaternario)		
1A	<p>Si tratta di depositi alluvionali olocenici terrazzati e del Würm-Riss, la cui complessità geotecnica dipende dall'eventuale sequenza disordinata di litotipi, con locale presenza di alternanze di livelli permeabili e impermeabili.</p> <p>Le giaciture risultano generalmente suborizzontali, talora inclinate in relazione ad episodi deposizionali particolari o lungo superfici acclivi, con rapporti laterali e verticali tra i diversi litotipi prevalentemente erosionali.</p>	<p>Ammasso eterogeneo da alterato a leggermente alterato, costituito prevalentemente da ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie con lenti limose con ciottoli, poligeniche, di densità sciolta.</p> <p>Comportamento fisico da non omogeneo a moderatamente omogeneo, elastoplastico ed anisotropo, in particolare per l'esistenza di strutture orientate e lenticolari.</p> <p>La resistenza al taglio in condizioni drenate può essere stimata da media a forte.</p> <p>La permeabilità risulta variare da media ad alta.</p>
2A	<p>Si tratta di depositi alluvionali pleistocenici, la cui complessità geotecnica dipende da sequenze disordinate di litotipi eterogenei e dal grado di alterazione differenziato, con l'eventuale presenza di alternanze di livelli permeabili e impermeabili.</p> <p>Le giaciture risultano prevalentemente suborizzontali, talora inclinate in relazione ad episodi deposizionali particolari o lungo superfici acclivi, con rapporti laterali e verticali tra i diversi litotipi prevalentemente erosionali</p>	<p>Ammasso eterogeneo, da moderatamente a fortemente alterato, costituito prevalentemente da ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie e limi, con ciottoli e blocchi, poligeniche.</p> <p>La compattezza dei terreni granulari può variare da sciolta densa, mentre per quelli coesivi risulta da molle-plastica a plastica.</p> <p>Il comportamento fisico non è omogeneo, tendenzialmente elastoplastico ed anisotropo, in particolare per presenza di strutture orientate, lenticolari e per il grado di alterazione differenziato.</p> <p>La resistenza al taglio in condizioni drenate può essere stimata da media a forte.</p> <p>Le frazioni maggiormente coesive risultano generalmente avere un grado di consolidazione normale.</p> <p>La permeabilità può variare da media a bassa.</p>

UNITA' LITOLOGICHE	ASSETTO PREVALENTE E CARATTERI STRUTTURALI	INDICAZIONI SULLE CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E SUL COMPORTAMENTO FISICO
B - Depositi morenici a blocchi, ghiaie, sabbie e limi dell'anfiteatro del Lago d'Orta (Quaternario)		
1B	<p>Si tratta di depositi glaciali, la cui complessità geotecnica dipende da sequenze caotiche di litotipi eterogenei e dal grado di alterazione differenziato.</p> <p>I rapporti laterali e verticali tra i diversi litotipi si presume siano prevalentemente erosionali</p>	<p>Ammasso costituito prevalentemente ciottoli, blocchi e ghiaie in matrice sabbioso-limosa, poligeniche, di densità presumibilmente sciolta.</p> <p>Il comportamento fisico non è omogeneo, tendenzialmente elastoplastico ed anisotropo, in particolare per variazione sa verticale che laterale della granulometria.</p> <p>La resistenza al taglio in condizioni drenate può essere stimata da media a forte.</p> <p>La permeabilità può variare da media a bassa.</p>
C - Argille e marne argillose prevalenti (Pliocene)		
	<p>Si tratta di una successione composta prevalentemente da banchi di limo con sabbia argillosa, la cui complessità geotecnica dipende dalla mineralogia e dalla storia delle sollecitazioni.</p> <p>La giacitura è monoclinale, moderatamente inclinata.</p> <p>Nell'ammasso sono presenti giunti di stratificazione e sistemi di "microdiscontinuità" epigenetici</p>	<p>Ammasso costituito da terreni coesivi, da plastico a semisolido.</p> <p>Il comportamento fisico risulta moderatamente omogeneo e debolmente anisotropo.</p> <p>La resistenza al taglio in condizioni drenate può essere stimata da media a forte, con un grado di consolidazione classificabile come sovraconsolidato.</p> <p>L'ammasso si presenta da poco permeabile a non permeabile.</p>
D - Micascisti, talora eclogitici, scisti filladici (Serie dei Laghi)		
1D	<p>Si tratta di rocce fortemente scistose.</p> <p>L'ammasso è interessato da discontinuità singenetiche (superfici di discontinuità piano-ondulate) ed epigenetiche.</p> <p>La giacitura risulta prevalentemente subverticale, variabile per ripiegamenti e dislocazioni.</p>	<p>L'ammasso è costituito da micascisti il cui comportamento fisico risulta non omogeneo, discontinuo, tendenzialmente elastoplastico, talora dilatante con possibilità di mobilizzazione dei parametri di resistenza al taglio lungo discontinuità latenti in seguito ad intensi fenomeni di scarico.</p> <p>L'ammasso è generalmente di media resistenza al taglio, localmente intensamente fratturato con tendenza a scorrimenti traslativi lungo piani di discontinuità che debbono essere</p>

UNITA' LITOLOGICHE	ASSETTO PREVALENTE E CARATTERI STRUTTURALI	INDICAZIONI SULLE CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E SUL COMPORTAMENTO FISICO
		considerati superfici di debolezza.
E - Porfiriti, ignimbriti riolitiche (magmatiti erciniche e tardo-alpine)		
1E	Si tratta di rocce massive interessate da diversi sistemi di discontinuità singenetiche ed epigenetiche con superfici generalmente alterate e riempimento prevalentemente coesivo.	<p>L'ammasso è eterogeneo, costituito da porfiriti ed ignimbriti riolitiche il cui comportamento fisico risulta non omogeneo, in relazione al diverso grado di alterazione e disgregazione, tendenzialmente elastoplastico, talora dilatante con possibilità di mobilitazione dei parametri di resistenza al taglio disponibili lungo discontinuità latenti in seguito ad intensi fenomeni di scarico.</p> <p>L'ammasso è generalmente di media resistenza al taglio, localmente intensamente fratturato.</p>

7. PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

L'identificazione e la delimitazione delle aree in dissesto hanno permesso il riconoscimento di quei fattori, che possono indurre una pericolosità più o meno elevata su una determinata zona.

A questo scopo si sono adottate le metodologie indicate nel P.A.I. (Interventi sulla rete idrografica e sui versanti - L. 18/05/89 n.183), per la valutazione puntuale della pericolosità associata a ciascun fenomeno.

Per ogni dissesto è stato definito un set di parametri, che vengono successivamente combinati fra loro e processati secondo uno sviluppo in serie di matrici.

La metodologia descritta consente la determinazione della *pericolosità* per ogni singolo dissesto, all'interno dello stesso insieme tipologico.

Le tematiche affrontate sono:

- frane
- esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio

7.1 Pericolosità da frane

Sono state indagate quelle zone che, per caratteristiche geologiche e geomorfologiche, risultano dissestate, in frana o potenzialmente dissestabili.

I fenomeni di instabilità si possono imputare a fattori predisponenti, di diversa natura ed occasionalmente coincidenti, quali:

- *litologia*
- *acclività*
- *morfologia*

In particolare, si sono esaminate le aree caratterizzate dai depositi limoso sabbiosi pliocenici, a granulometria fine e permeabilità da nulla a bassa (unità litostratigrafica 1C) ed acclività superiore al 35%.

Dal punto di vista morfologico, le forme riscontrate nell'area in studio maggiormente soggette a fenomeni di instabilità risultano essere le *valllecole a V*, incisioni con profondità da metrica a decametrica, attivate dalla bassa permeabilità dei terreni interessati e dalla pendenza elevata dei versanti.

La pericolosità dei singoli episodi di dissesto individuati nelle aree predisposte, è stata stimata con la metodologia proposta dal P.A.I. (Interventi sulla rete idrografica e sui versanti - L. 18/05/89 n.183).

I parametri utilizzati per la valutazione finale della pericolosità sono i seguenti:

- *intensità o magnitudo (M)*, definita dalla relazione tra dimensioni areali del dissesto e la sua tipologia
- *stato di attività*: suddiviso in tre classi
 - quiescenti: fenomeni non esauriti su cui si hanno notizie storiche antecedenti agli ultimi 100 anni o riconosciuti solo su evidenze morfologiche

- recentemente attive: movimenti avvenuti negli ultimi 100 anni o che mostrano chiare evidenze di attivazione o riattivazione nel medesimo periodo
- attive: movimenti in atto o registrati negli ultimi 4 anni
- *modalità evolutive*: utilizzando la classificazione di Cruden e Varnes (1994)
- *interventi*: valuta l'efficacia degli eventuali interventi di sistemazione
- *opere negative*: si considera la presenza di opere o strutture che possono provocare un effetto negativo sulla stabilità del versante.

FRANE								
	BM001a/fr	BM001b/fr	BM001c/fr	BM002/fr	BM003/fr	BM005/fr	BM006/fr	BM008/fr
VALUTAZIONE DELLA MAGNITUDO	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3
PRIMA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
VALUTAZIONE DI PERICOLOSITÀ IN RELAZIONE ALLE MODALITÀ EVOLUTIVE	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4
VALUTAZIONE DI PERICOLOSITÀ CONSIDERANDO GLI EFFETTI DI INTERVENTI DI SISTEMAZIONE	H4	H4	H4	H4	H4	H4	H4	H4
VALUTAZIONE FINALE DELLA PERICOLOSITÀ	Z4	Z4	Z4	Z4	Z4	Z4	Z4	Z4
CONDIZIONI DI PERICOLOSITÀ	Molto forte	Molto forte	Molto forte	Molto forte	Molto forte	Molto forte	Molto forte	Molto forte

Dall'applicazione della metodologia si rileva diffusamente una pericolosità *molto forte*, in relazione alla rapidità del dissesto (frane attive) ed alle modalità evolutive (frane in avanzamento, retrogressive e in allargamento).

7.2 Pericolosità da esondazione

I fenomeni di esondazione sono stati individuati delimitando le aree inondate, utilizzando i seguenti dati:

- ricerca bibliografica e di archivio degli eventi alluvionali
- verifiche idrauliche in corrispondenza dei corsi d'acqua pubblici (T. Sizzone, R. Geola, T. Grua, T. Lirone, T. Agogna Vecchia)
- acquisizione delle delimitazioni indicate dal P.A.I. per il T. Agogna

Nelle zone interessate da dissesti legati alla dinamica del reticolo idrografico, si è proceduto alla definizione del livello di pericolosità in base a valutazioni di carattere geomorfologico, unitamente ad approfondimenti di natura idraulica, redatti ai sensi della normativa esistente (Regione Piemonte: "Legenda regionale per la redazione della carta geomorfologica e del dissesto dei P.R.G.C. redatte in conformità alla circolare PRG n.7/LAP/96 e successiva NTE/99").

Si sono quindi distinti i seguenti livelli di pericolosità

- **Intensità/Pericolosità elevata (Eb):** aree inondabili con tiranti ingenti (indicativamente $h > 0,4$ m), caratterizzate dalla presenza di modesti fenomeni di erosione/deposito.
- **Intensità/Pericolosità media/moderata (Em):** aree inondabili, esterne alle precedenti, individuate su evidenze morfologiche e inondabili da acque con bassa energia e tiranti modesti (indicativamente $h < 0,4$ m).

Per ogni corso d'acqua indagato sono state verificate puntualmente le aree inondabili, utilizzando la metodologia proposta dal P.A.I. (Interventi sulla rete idrografica e sui versanti - L. 18/05/89 n.183).

Sono stati considerati i seguenti parametri:

- *superficie*: determinata dall'estensione areale del fenomeno
- *ricorrenza*: è stata suddivisa nelle seguenti classi:
 - eccezionale > 50 anni
 - occasionale 10 ÷ 50 anni
 - ricorrente < 10 anni
- *altezza dell'evento* suddivisa in
 - < 0,5 m
 - 0,5 ÷ 2 m
 - > 2 m
- *granulometria del materiale depositato*
- *attenuazione indotta dalle opere di difesa*
- *opere negative*: viene valutata la presenza di opere che, interferendo con la dinamica fluviale, possono essere causa di esondazione

ESONDAZIONI										
	T. AGOGNA		T. SIZZONE	R. GEOLA		T. GRUA		T. LIRONE	T. AGOGNA VECCHIA	
	Em	Eb	Eb	Em	Eb	Em	Eb	Eb	Em	Eb
VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IN FUNZIONE DELL'ESTENSIONE AREALE	M2	M2	M2	M2	M2	M2	M2	M2	M2	M2
PERICOLOSITÀ IN FUNZIONE DELL'ALTEZZA	P1	P2	P2	P1	P2	P1	P2	P2	P1	P2
PERICOLOSITÀ IN FUNZIONE DEL MATERIALE DEPOSITATO	H1	H2	H2	H1	H2	H1	H2	H2	H1	H2
PERICOLOSITÀ ATTENUATA DALLE OPERE DI DIFESA	W0	W0	W2	W1	W2	W1	W2	W2	W0	W2
VALUTAZIONE FINALE DELLA PERICOLOSITÀ	Z1	Z2	Z2	Z1	Z3	Z1	Z2	Z2	Z1	Z2
CONDIZIONI DI PERICOLOSITÀ	debole	moderata	moderata	debole	forte	debole	moderata	moderata	debole	moderata

In base alla metodologia adottata si rileva per le esondazioni:

- una pericolosità *debole* per i torrenti Agogna, Geola, Grua e Agogna Vecchia, in relazione all'altezza raggiunta dall'esondazione (< 0,5 m)
- una pericolosità *moderata* per i torrenti Agogna, Grua, Agogna Vecchia Sizzone e Lirone indotta dall'altezza dell'evento (> 0,5 m)
- una pericolosità *forte* per il R. Geola, in relazione alla presenza di opere negative, che interferendo con la dinamica fluviale, sono loro stesse causa di esondazioni.

8. PREVISIONI URBANISTICHE

Si sono riconosciute le seguenti classi di idoneità all'utilizzazione urbanistica (tav.n.12a, 12b):

Classe I

Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche; gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11 Marzo 1988.

Classe II

Porzioni di territorio dove le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione e il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di N.d.A. ispirate al D.M. 11 Marzo 1988 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto.

Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionare la propensione all'edificabilità.

Si sono distinte in questa classe zone caratterizzate prevalentemente da:

- terreni con caratteristiche geotecniche scadenti
- acclività
- difficoltà di drenaggio
- deflusso delle acque sotterranee periodicamente a minima soggiacenza
- esondazione
- dilavamento

Classe IIa

Zone con acclività da medio-bassa a media, caratterizzate da terreni con caratteristiche geotecniche che risultano essere in equilibrio con l'acclività.

In questa classe sono incluse le aree con le seguenti caratteristiche:

- acclività variabile tra 10% e 35%
- terreni compresi nell'unità litologica 1A (depositi alluvionali quaternari a prevalenti ghiaie, sabbie e limi con permeabilità da media a alta e resistenza al taglio stimata da media a forte).

Tale classe interessa le scarpate presenti sia all'interno dei depositi fluviali olocenici terrazzati e fluvioglaciali del Würm-Riss, che a delimitazione degli stessi.

Si tratta di condizioni diffuse nel territorio esaminato in corrispondenza degli alvei attuali e abbandonati dei principali corsi d'acqua.

Classe IIb

Zone di versante con acclività da medio-bassa a elevata, caratterizzate da terreni e localmente da substrato roccioso affiorante o subaffiorante, con caratteristiche geotecniche o geomeccaniche talvolta non ottimali rispetto all'acclività e spesso con presenza di opere di sostegno o di regimazione delle acque ruscellanti non sempre sufficientemente dimensionate.

In questa classe risultano incluse le aree aventi le seguenti caratteristiche:

- acclività superiore al 10%
- terreni compresi nelle unità litologiche:
 - 2A (depositi alluvionali quaternari a prevalenti ghiaie, sabbie e limi da moderatamente a fortemente alterati, con permeabilità da media a bassa e resistenza al taglio drenata da media a forte)

- 1B (depositi morenici quaternari a blocchi, ghiaie, sabbie e limi dell'anfiteatro del Lago d'Orta, con permeabilità da media a bassa e resistenza al taglio drenata da media a forte)
- 1D (micascisti, talora eclogitici, e scisti filladici della Serie dei Laghi, fortemente scistosi, con media resistenza al taglio)
- 1E (Porfiriti, ignimbriti riolitiche, erciniche e tardo alpine, localmente intensamente fratturate con media resistenza al taglio)

Si tratta, nel caso delle alluvioni quaternarie, delle scarpate che delimitano con continuità il sistema di terrazzi prewürmiani presenti ad Est ed a Ovest dell'area in studio, in corrispondenza rispettivamente degli abitati di S.Cristina e di C.na Fasana, dei pendii di origine glaciale presenti a Nord-Est del territorio comunale, in prossimità di C.na Capricciosa, e di quelli litoidi estesi a Nord-Ovest, in località Montalto.

Classe IIc

Zone subpianeggianti, caratterizzate da terreni rimaneggiati o di copertura, le cui caratteristiche geotecniche possono rivelarsi scadenti, con eventuale deflusso delle acque sotterranee periodicamente a minima soggiacenza o difficoltà di drenaggio in locali aree depresse.

In questa classe risultano incluse le aree caratterizzate da:

- presenza di copertura a granulometria fine, con permeabilità bassa, o di depositi colluviali
- terreni di riporto

- terreni compresi nelle seguenti unità litologiche:
 - 2A (depositi alluvionali quaternari a prevalenti ghiaie, sabbie e limi da moderatamente a fortemente alterati, con permeabilità da media a bassa e resistenza al taglio drenata da media a forte)
 - 1B (depositi morenici quaternari a blocchi, ghiaie, sabbie e limi dell'anfiteatro del Lago d'Orta, con permeabilità da media a bassa e resistenza al taglio drenata da media a forte)
 - 1D (micascisti, talora eclogitici, e scisti filladici della Serie dei Laghi, fortemente scistososi con media resistenza al taglio)
 - 1E (Porfiriti, ignimbriti riolitiche, erciniche e tardo alpine, localmente intensamente fratturato con media resistenza al taglio)

Ricadono in questa classe l'area sede del rilevato realizzato con materiale di riporto adiacente al T. Agogna Vecchia, in corrispondenza della linea ferroviaria Santhià-Arona, i due pianalti rissiani a morfologia subpianeggiante presenti ad Est ed ad Ovest del territorio comunale, in corrispondenza rispettivamente degli abitati di S. Cristina e di Colombaro, ed il rilievo mindeliano inciso dal T. Sizzone, presente ad Ovest dell'area esaminata, su cui si trova l'abitato di Piovino.

Classe IId

Zone con problemi di periodico allagamento da acque con bassa energia e tiranti modesti (Em).

Si tratta di aree inondabili da acque con bassa energia e tiranti modesti (indicativamente $h < 0,4$ m), individuate in base ai seguenti parametri:

- ricerca bibliografica e di archivio degli eventi alluvionali

- verifiche idrauliche in corrispondenza dei corsi d'acqua pubblici (T. Sizzone, R. Geola, T. Grua, T. Lirone, T. Agogna Vecchia)
- rilievi in seguito agli eventi alluvionali del maggio 2002
- acquisizione delle delimitazioni indicate dal P.A.I. per il T. Agogna

Classe IIe

Zone subpianeggianti, caratterizzate da difficoltà di drenaggio in locali aree depresse e/o da eventuale deflusso delle acque sotterranee periodicamente a minima soggiacenza.

Le falde sospese, dovute alla presenza di intervalli a granulometria fine, di permeabilità bassa, caratterizzano i depositi fluvioglaciali del Würm-Riss, presenti in corrispondenza delle frazioni di S. Croce, S. Stefano e S. Cristina, mentre zone depresse, che favoriscono il ristagno delle acque superficiali, sono diffuse prevalentemente ad Ovest del cimitero, nelle alluvioni terrazzate oloceniche.

Classe II f

Zone subpianeggianti, caratterizzate da processi di dilavamento, dovuti all'azione delle acque di ruscellamento, prevalentemente laminare, in assenza di opere di regimazione.

Sono diffuse in corrispondenza dei settori di recapito di alcune vallecole a V, localizzate in prossimità di C.ne S. Alessandro, C.na Rhoi e C.na Fasana, ed in prossimità di aree soggette a dinamica fluviale.

Classe III

Porzioni di territorio nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio, questi ultimi derivanti dalla urbanizzazione dell'area, sono tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate, richiedendo, viceversa, la previsione di interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio esistente.

Si sono distinte, in questa classe, porzioni di territorio caratterizzate prevalentemente da:

- fenomeni gravitativi
- esondazione con tiranti ingenti (> 0,40 m)

Classe IIIa

Porzioni di territorio inedificate, che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti.

Classe IIIa1

Zone di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti, quali aree dissestate, in frana e potenzialmente dissestabili.

In questa classe, si sono inclusi i settori potenzialmente soggetti a dinamica gravitativa, caratterizzati dai seguenti fattori predisponenti:

- vallecole a V, per l'azione di ruscellamento prevalentemente concentrato delle acque superficiali
- acclività superiore al 35%
- terreni compresi nell'unità litologica 1C (argille e marne argillose prevalenti, del Pliocene, con permeabilità da media a bassa e resistenza al taglio stimata da media a forte)

Lo stato di attività delle vallecole a V è stato rilevato nei depositi glaciali a Nord di S. Cristinetta e nei rilievi collinari nord-occidentali, costituiti dal substrato metamorfico scistoso ed effusivo.

Rientrano in questa classe i versanti formati dai terreni della successione pliocenica del pianalto prewürmiano presente ad Ovest del territorio comunale, su cui si trova l'abitato di Vergano Novarese, al cui piede ed in corrispondenza del ciglio è stata mantenuta una fascia di rispetto di circa 25 metri, in base alle seguenti analisi di stabilità e in funzione di un fattore di sicurezza $F_s > 1$ (all.n.5).

Unità geotecniche

Sulla base delle indagini in sito e dal confronto con i dati riportati in letteratura per terreni analoghi (sottoposti alle stesse condizioni geologico-tecniche), le unità geotecniche possono essere cautelativamente caratterizzate nel modo seguente:

<u>unità 1</u>	<u>Depositi alluvionali con ghiaie e sabbie prevalenti (Wurm-Riss)</u>
Angolo di attrito (Meyerhof)	$\phi = 33^\circ$
Coesione non drenata	$C_u = 2,0 \text{ t/m}^2$
Peso di volume	$\gamma = 2,0 \text{ t/m}^3$
<u>unità 2</u>	<u>Depositi alluvionali con ghiaie e sabbie prevalenti, da moderatamente a fortemente alterati (Mindel)</u>
Angolo di attrito (Meyerhof)	$\phi = 30^\circ$
Coesione non drenata	$C_u = 2,0 \text{ t/m}^2$
Peso di volume	$\gamma = 2,0 \text{ t/m}^3$
<u>unità 3</u>	<u>Depositi di limo sabbioso (Pliocene)</u>
Angolo di attrito (Meyerhof)	$\phi = 22^\circ$
Coesione non drenata	$C_u = 5,0 \text{ t/m}^2$
Peso di volume	$\gamma = 1,9 \text{ t/m}^3$

Condizioni di analisi

Le verifiche sono state eseguite secondo il metodo proposto da S. Sarma (1974,1978) e sviluppato da Hoek (1981,1983,1987), con un'analisi così articolata:

- individuazione, per successivi tentativi, delle superfici di scorrimento critiche;
- assunzione di una distribuzione di tensioni lungo tali superfici;
- risoluzione mediante un'equazione di equilibrio globale del terreno (considerato come corpo rigido), all'interno delle superfici di scorrimento.

Per la composizione litologica dei terreni, si sono analizzati movimenti di scorrimento rotazionale al piede, lungo superfici di rottura circolari.

Le verifiche sono state eseguite in condizioni di parziale saturazione, in funzione della diversa permeabilità delle unità interessate.

Classe IIIa2

Zone di territorio inedificate, che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inadatte a nuovi insediamenti, quali aree alluvionabili da acque con tiranti ingenti, caratterizzate dalla presenza di modesti fenomeni di erosione/deposito (Eb).

Si tratta di aree individuate in base ai seguenti parametri:

- verifiche idrauliche in corrispondenza dei corsi d'acqua pubblici (T. Sizzone, R. Geola, T. Grua, T. Lirone, T. Agogna Vecchia)
- acquisizione delle delimitazioni indicate dal P.A.I. per il T. Agogna

Rientrano in questa classe, le fasce di rispetto lungo corsi d'acqua (R.D. n. 523/04 C.P.G.R. n.7/LAP/96), tracciate con le seguenti estensioni:

- 10 m per i corsi d'acqua pubblici, demaniali e privati

- 5 m per i corsi d'acqua privati artificiali o ritenuti non pericolosi in base a evidenze geomorfologiche e idrauliche

Si sono distinte in questa classe zone esterne alle aree urbanizzate.

Classe IIIb

Porzioni di territorio edificate, nelle quali gli elementi di pericolosità geologica e di rischio sono tali da imporre in ogni caso interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico a tutela del patrimonio urbanistico esistente.

In assenza di tali interventi di riassetto, saranno consentite solo trasformazioni che non aumentino il carico antropico; per le opere di interesse pubblico non altrimenti localizzabili, vale quanto già previsto all'Art. 31 della L.R. 56/77.

Si tratta di:

- Zone di territorio potenzialmente alluvionabili da acque con tiranti ingenti, caratterizzate dalla presenza di modesti fenomeni di erosione/deposito (Eb).
- Fasce di rispetto dei corsi d'acqua pubblici, demaniali e privati, che interessano le aree urbanizzate.
- Zone di territorio potenzialmente soggette a dinamica gravitativa, caratterizzate dai seguenti fattori predisponenti:
 - acclività superiore al 35%
 - terreni compresi nell'unità litologica 1C (argille e marne argillose prevalenti plioceniche, con permeabilità da media a bassa e resistenza al taglio stimata da media a forte)
 - vallecole a V, per l'azione di ruscellamento prevalentemente concentrato delle acque superficiali

Tale classe risulta diffusa in particolare lungo i versanti del pianalto prewürmiano, che delimita ad Ovest il territorio in studio, in corrispondenza degli abitati di Vergano Novarese, Cascinino, S. Bernardo e C.ne Tabuloni, ed in prossimità dei corsi d'acqua pubblici e demaniali.

Classe IIIb2

Tale classe comprende aree edificate, potenzialmente inondabili da acque con tiranti ingenti, caratterizzate dalla presenza di modesti fenomeni di erosione/deposito (Eb), in cui, solo a seguito della realizzazione di opere di regimazione e dell'adeguamento di quelle esistenti, sarà possibile la realizzazione di nuove edificazioni, ampliamenti o completamenti.

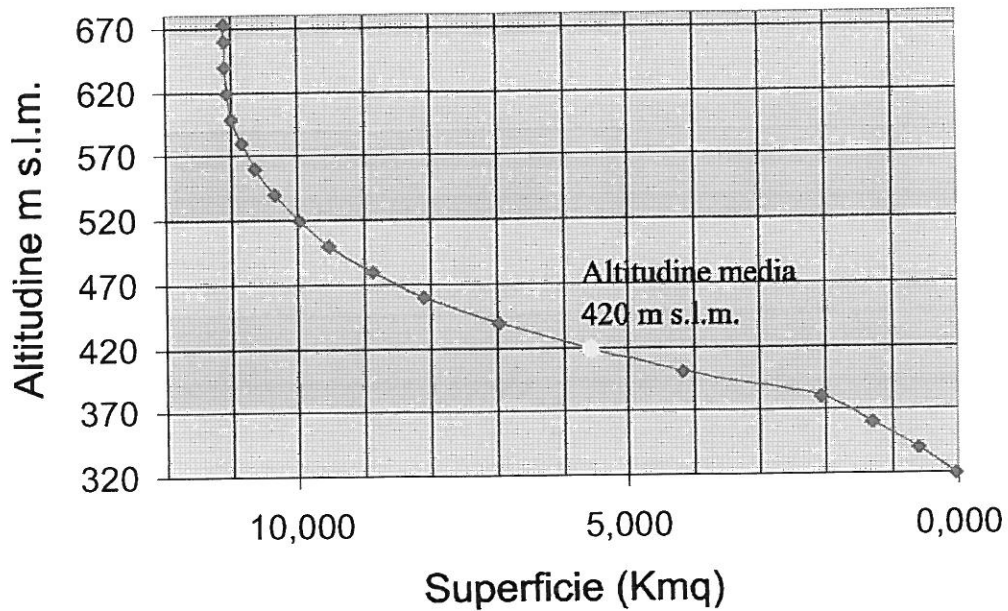
L'edificazione di nuove opere potrà essere avviata solo quando l'Amministrazione Comunale avrà individuato un cronoprogramma degli interventi necessari a garantire la mitigazione del rischio per l'area considerata.

Risulta compresa in questa classe l'area situata in sponda sinistra del T. Oriale, in località C.na Colombera.

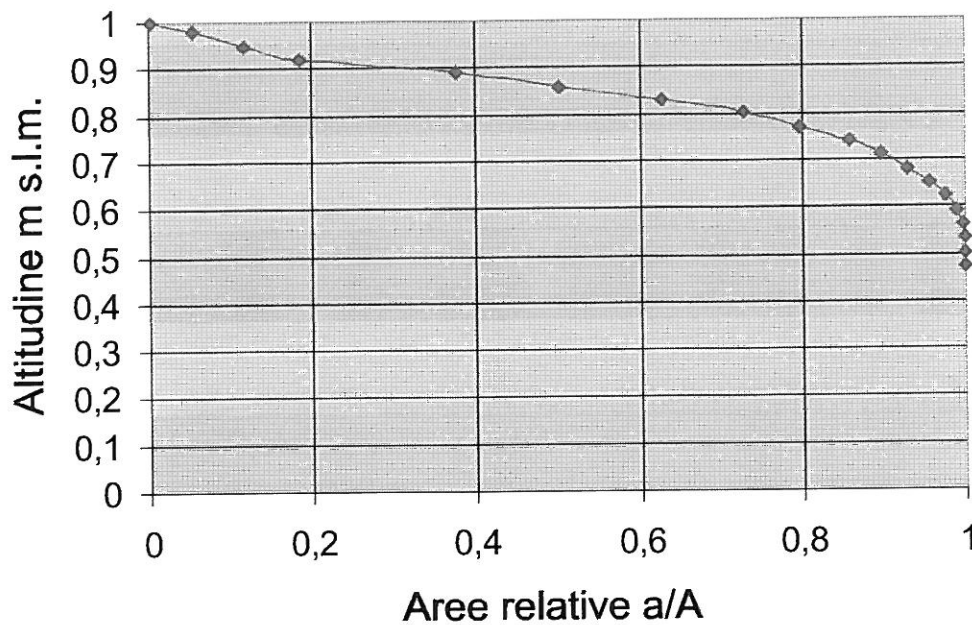
ALLEGATO N. 1

**CURVE IPSOGRAFICHE
DEI BACINI SOTTESI**

Curva ipsografica



Curva ipsografica adimensionale



Dr. Geol. FABRIZIO GRIONI
 sede legale - Via Prestinari 3/n
 28100 NOVARA

Ufficio:
 Via Lagrange, 28 - Novara
 tel. 0321-49.97.42 Fax 0321 - 52.07.77

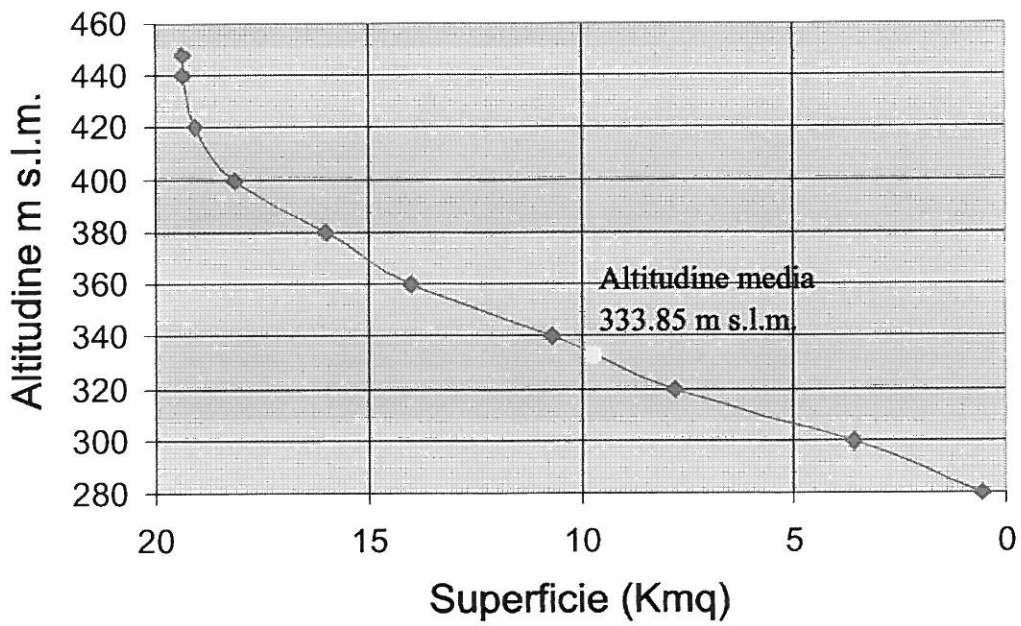
Data
 19-04-2004

Allegato N.:
 1a

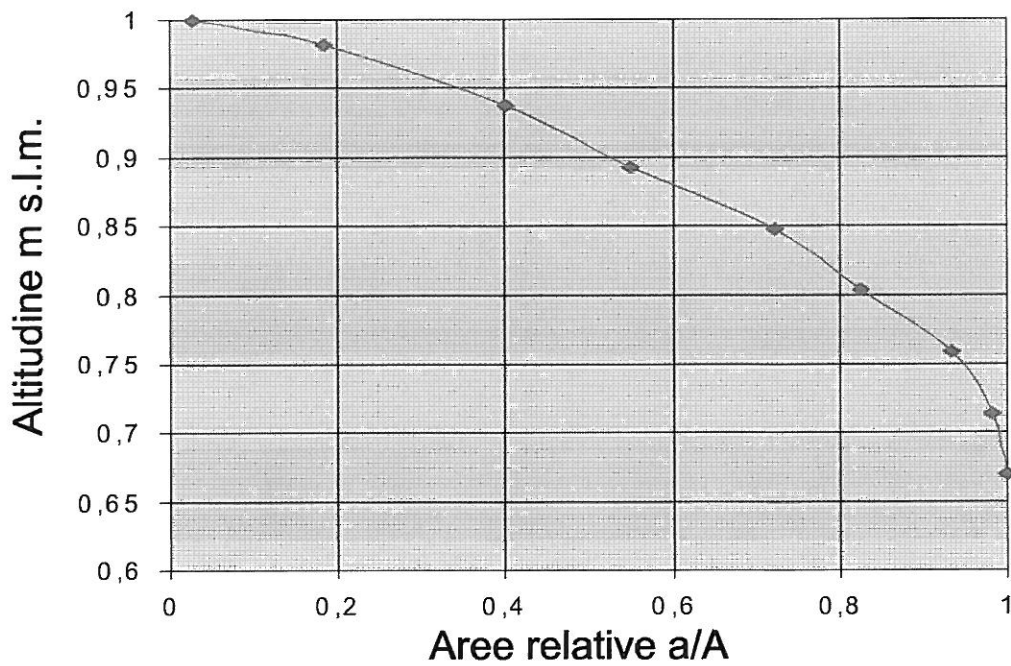
Scala:
 -

T. Sizzone

Curva ipsografica



Curva ipsografica adimensionale



Dr. Geol. FABRIZIO GRIONI
sede legale - Via Prestinari 3/n
28100 NOVARA

Ufficio:
Via Lagrange, 28 - Novara
tel. 0321-49.97.42 Fax 0321 - 52.07.77

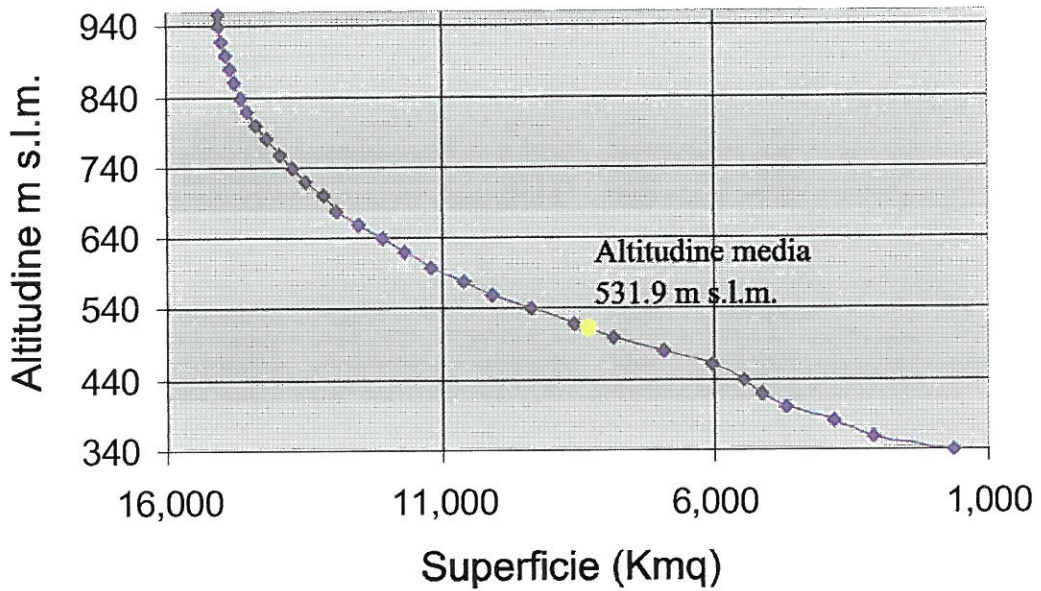
Data
19-04-2004

Allegato N.:
1b

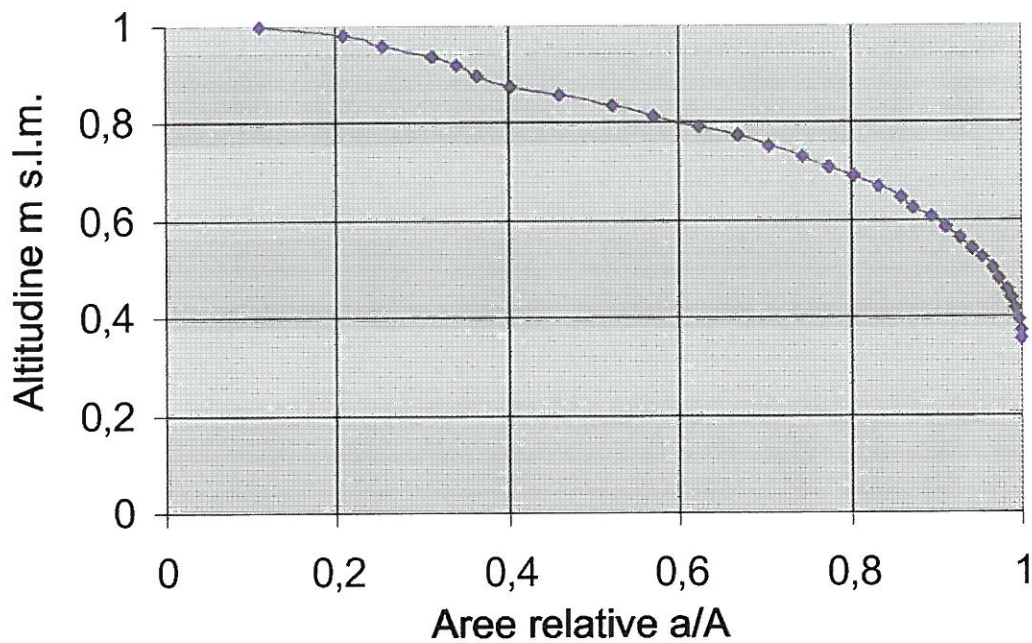
Scala:
-

R. Geola

Curva ipsografica :



Curva ipsografica adimensionale



Dr. Geol. FABRIZIO GRIONI
sede legale - Via Prestinari 3/n
28100 NOVARA

Ufficio:
Via Lagrange, 28 - Novara
tel. 0321-49.97.42 Fax 0321 - 52.07.77

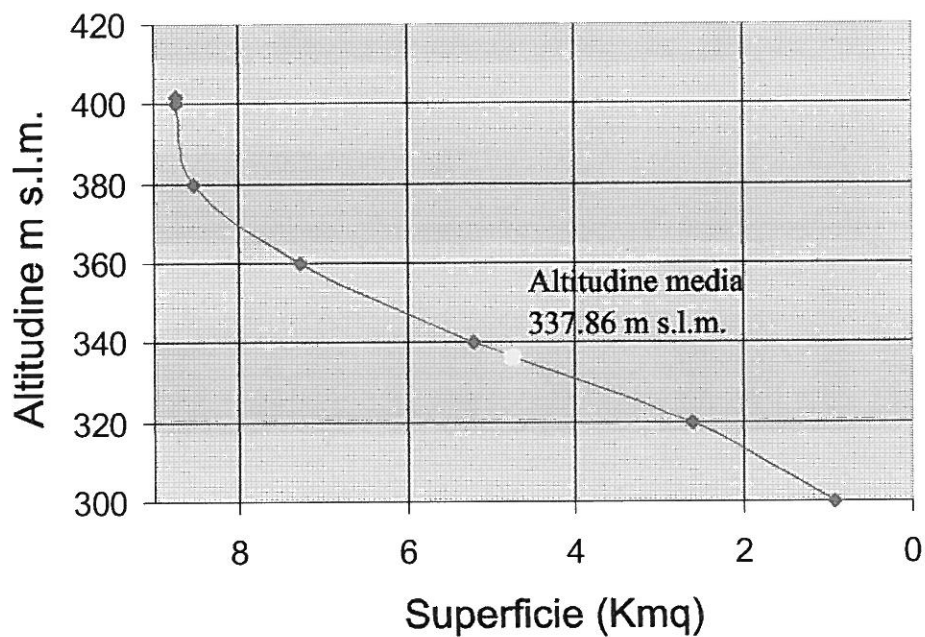
Data
19-04-2004

Allegato N.:
1c

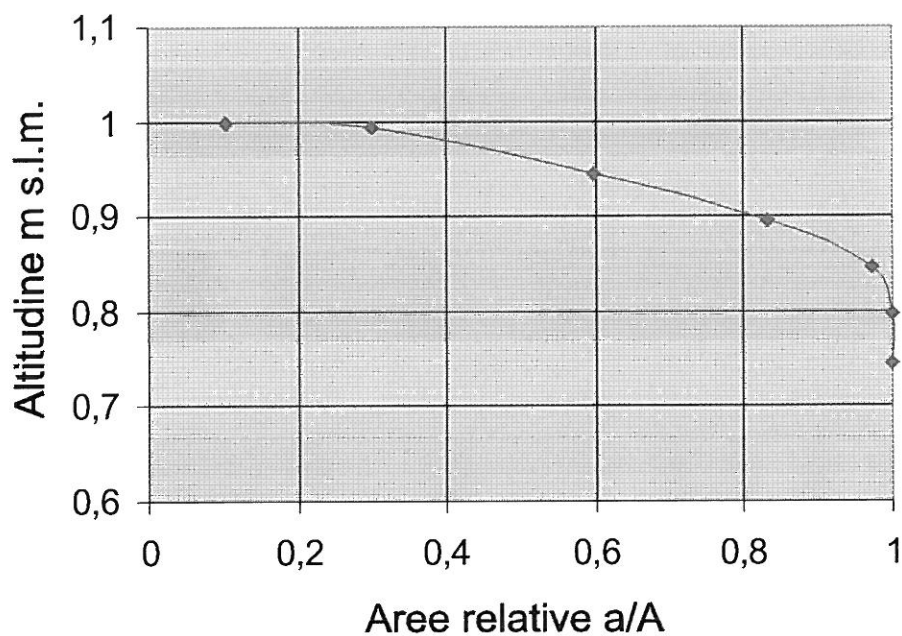
Scala:
-

T. Grua

Curva ipsografica



Curva ipsografica adimensionale



Dr. Geol. FABRIZIO GRIONI
sede legale - Via Prestinari 3/n
28100 NOVARA

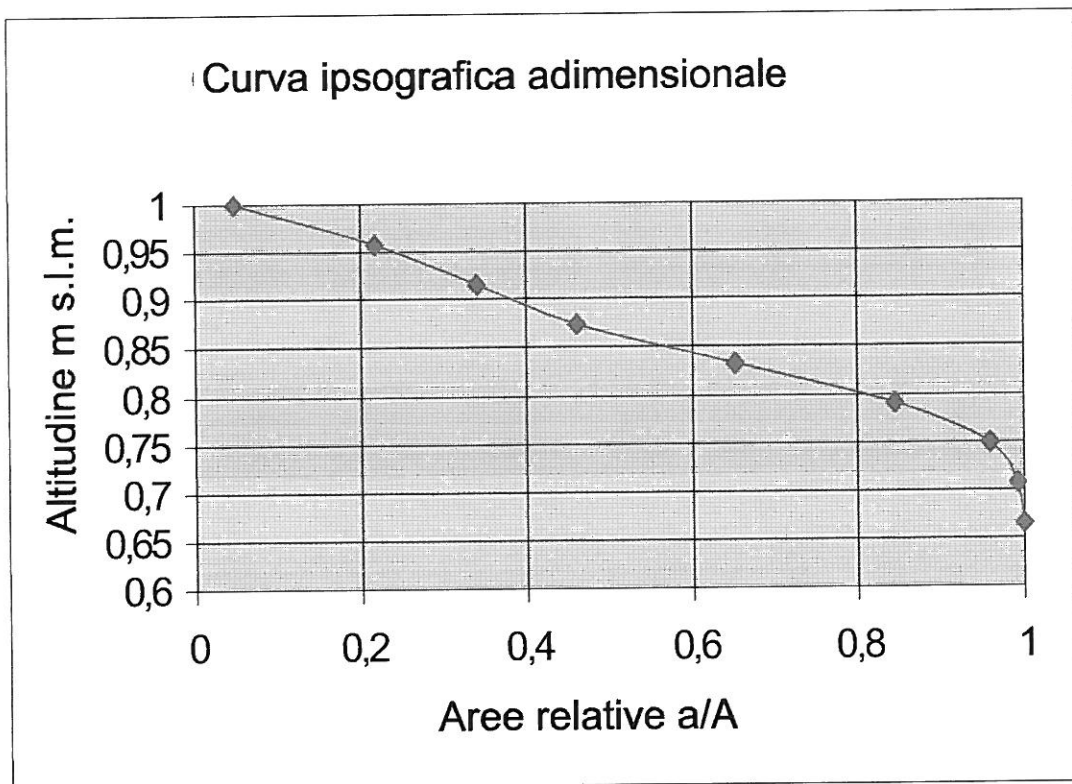
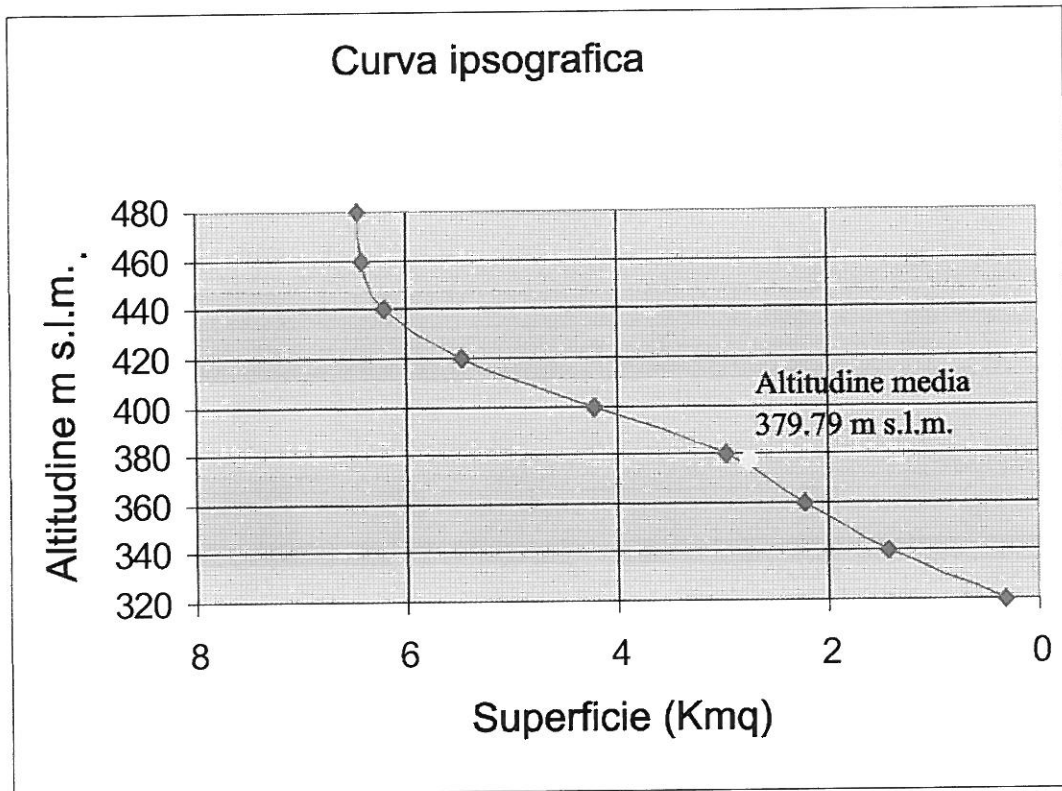
Ufficio:
Via Lagrange, 28 - Novara
tel. 0321-49.97.42 Fax 0321 - 52.07.77


Data
19-04-2004

Allegato N.:
1d

Scala:
-

T. Lirone





 <p>Dr. Geol. FABRIZIO GRIONI sede legale - Via Prestinari 3/n 28100 NOVARA</p>	<p>Ufficio: Via Lagrange, 28 - Novara tel. 0321-49.97.42 Fax 0321 - 52.07.77</p>	<p>Data 19-04-2004</p>	<p>Allegato N.: 1c</p>	<p>Scala: -</p>
<h2 style="margin: 0;">T. Agogna Vecchia</h2>				

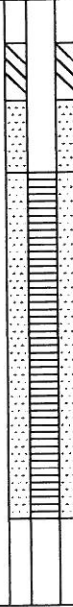

ALLEGATO N. 2

**COLONNE STRATIGRAFICHE
DEI POZZI CENSITI**

Comune: Borgomanero	Località: S. Leonardo 1
Oggetto: PINOBG0003	Data: -
Committente: Acquedotto Consorziale	Uso: Potabile
Quota p.c. (m s.l.m.): 310	Coordinate G.B. (X,Y): 1.458.250 - 5.061.180
Ditta esecutrice: -	Metodo: -

Scala 1:500	Perforazione	Tubazione	Piezometro	Pozzo	Descr. pozzo	Falda	Stratigrafia	Profondita'	Potenza	Descrizione
5	300.00				tratto cieco - cementazione	3.00		1.00	1.00	terreno di coltivo ghiaia ciottolosa con trovanti
10					tratto cieco - dreno			11.50		
15					filtro - dreno			12.50	4.50	ghiaia sabbiosa con ciottoli
20					tratto cieco			17.00		ghiaia argillosa
25								25.00	8.00	argilla
30								30.00	5.00	argilla
35									51.00	argilla debolmente sabbiosa
40										
45										
50										
55										
60										
65										
70										
75										
80										
								81.00		

Comune: Borgomanero	Località: Prazzole 2
Oggetto: PINOBG0002	Data: -
Committente: Acquedotto Consorziale	Uso: Potabile
Quota p.c. (m s.l.m.): 324	Coordinate G.B. (X,Y): 1.458.860 - 5.062.260
Ditta esecutrice: -	Metodo: -

Scala 1:500	Perforazione	Tubazione	Piezometro	Pozzo	Descr. pozzo	Falda	Stratigrafia	Profondita'	Potenza	Descrizione	
5	400.00				tratto cieco	7.00		1.00	1.00	terreno di coltivo	
10					tratto cieco - cementazione			3.00	2.00	sabbia argillosa	
15					tratto cieco - dreno			12.00	ghiaia ciottolosa con trovanti		
20					filtro - dreno					15.00	ghiaia con sabbia
25											
30					36.00			argilla			
35											
40	tratto cieco	42.00	6.00								

Comune: Borgomanero	Località: S. Cristina
Oggetto: PINOBG0001	Data: 1975
Committente: Acquedotto Consorziale	Uso: Potabile
Quota p.c. (m s.l.m.): 310	Coordinate G.B. (X,Y): 1.460.270 - 5.060.180
Ditta esecutrice: Carlo della torre - Biandrate	Metodo: -

Scala 1:500	Perforazione	Tubazione	Piezometro	Pozzo	Descr. pozzo	Falda	Stratigrafia	Profondita'	Potenza	Descrizione
5					tratto cieco			1.00	1.00	terreno di coltivo
10					tratto cieco - cementazione				11.00	ghiaia con ciottoli
15					tratto cieco			12.00	7.00	ghiaia con sabbia
20					tratto cieco - dreno			19.00	3.00	argilla gialla
25					filtro - dreno			22.00	7.00	sabbia
30					tratto cieco - dreno	30.00		29.00	3.00	argilla gialla
35					filtro - dreno			32.00	5.00	sabbia
40					tratto cieco - dreno			37.00	1.00	argilla gialla
45					tratto cieco			38.00		sabbia
50					tratto cieco - dreno				13.00	
55					tratto cieco			51.00		argilla grigia
60									37.00	
65										
70										
75										
80										
85										
90								88.00		limo sabbioso
95								95.00	7.00	

ALLEGATO N. 4

**SCHEDE DI RILEVAMENTO
GEOLOGICO-TECNICO**

**SCHEDA RILEVAMENTO DATI
LITOLOGICI E GEOLOGICO-TECNICI**

Stazione n.	1	Data	17.11.2000
Località	S. Cristina - Via Cappelletta	Sezione C.T.R.	094110 - Bogogno
Rilevatori	Margherita Mazzetti	Affioramento (m)	150 x 1,5

DATI GEOLOGICO-TECNICI

ROCCIA LITOIDE

ROCCIA NON LITOIDE COESIVA

ROCCIA NON LITOIDE GRANULARE

	Classi				Acquisizione dato
	1	2	3	4	
I. Grado di alterazione		X			Rilevamento
II. Profondità dell'alterazione					
III. Compattezza			X	X	Bibliografia
IV. Giacitura delle discontinuità					
V. Strati resistenti su strati meno resistenti					
VI. Strati permeabili su strati impermeabili	X				Rilevamento
VII. Angolo di riposo		X			Bibliografia
VIII. Complessità geotecnica				X	Rilevamento
IX. Resistenza al taglio			X		Bibliografia
X. Deformabilità					
XI. Pericolo di rottura progressiva					
XII Permeabilità		X			Bibliografia
XIII. Grado di cementazione o coesione					

FOTOGRAFIA DELL'AFFIORAMENTO

DATI LITOLOGICI

Unità litologica	Depositi alluvionali pleistocenici
Litotipo	Ghiaia con sabbia limosa
Colore	7.5YR 5/6
Struttura	Supporto di matrice



**SCHEDA RILEVAMENTO DATI
LITOLOGICI E GEOLOGICO-TECNICI**

Stazione n.	2	Data	17.11.2000
Località	S. Cristina - Martinale	Sezione C.T.R.	094110 - Bogogno
Rilevatori	Margherita Mazzetti	Affioramento (m)	1,5 x 4,5

DATI GEOLOGICO-TECNICI

ROCCIA LITOIDE

ROCCIA NON LITOIDE COESIVA

ROCCIA NON LITOIDE GRANULARE

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
X

	Classi				Acquisizione dato
	1	2	3	4	
I. Grado di alterazione		X			Rilevamento
II. Profondità dell'alterazione					
III. Compattezza			X	X	Bibliografia
IV. Giacitura delle discontinuità					
V. Strati resistenti su strati meno resistenti					
VI. Strati permeabili su strati impermeabili	X				Rilevamento
VII. Angolo di riposo		X			Bibliografia
VIII. Complessità geotecnica				X	Rilevamento
IX. Resistenza al taglio			X		Bibliografia
X. Deformabilità					
XI. Pericolo di rottura progressiva					
XII Permeabilità		X			Bibliografia
XIII. Grado di cementazione o coesione					

FOTOGRAFIA DELL'AFFIORAMENTO

DATI LITOLOGICI

Unità litologica	Depositi alluvionali pleistocenici
Litotipo	Ghiaia con sabbia limosa
Colore	7.5YR 5/6
Struttura	Gradazione normale, localmente cementata



**SCHEDA RILEVAMENTO DATI
LITOLOGICI E GEOLOGICO-TECNICI**

Stazione n.	3	Data	18.06.2001
Località	C.na Fontana	Sezione C.T.R.	094100 - Cureggio
Rilevatori	MARGHERITA MAZZETTI	Affioramento (m)	1,2 x 10

DATI GEOLOGICO-TECNICI

ROCCIA LITOIDE

ROCCIA NON LITOIDE COESIVA

ROCCIA NON LITOIDE GRANULARE

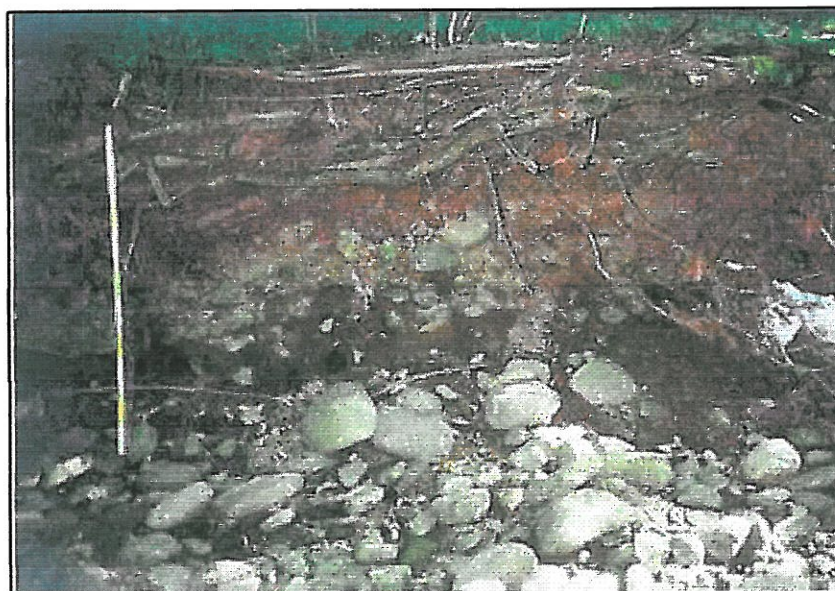
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
X

	Classi				Acquisizione dato
	1	2	3	4	
I. Grado di alterazione	X				Rilevamento
II. Profondità dell'alterazione					
III. Compattezza				X	Bibliografia
IV. Giacitura delle discontinuità					
V. Strati resistenti su strati meno resistenti					
VI. Strati permeabili su strati impermeabili	X				Rilevamento
VII. Angolo di riposo	X				Bibliografia
VIII. Complessità geotecnica			X		Rilevamento
IX. Resistenza al taglio	X				Bibliografia
X. Deformabilità					
XI. Pericolo di rottura progressiva					
XII Permeabilità	X				Bibliografia
XIII. Grado di cementazione o coesione			X		Rilevamento

FOTOGRAFIA DELL'AFFIORAMENTO

DATI LITOLOGICI

Unità litologica	Depositi alluvionali olocenici
Litotipo	Ghiaia con ciottoli sabbioso-limosa
Colore	7.5YR 4/2
Struttura	Supporto di clasti



**SCHEDA RILEVAMENTO DATI
LITOLOGICI E GEOLOGICO-TECNICI**

Stazione n.	4	Data	21.11.2000
Località	C.na Fasana	Sezione C.T.R.	094100 - Cureggio
Rilevatori	Margherita Mazzetti	Affioramento (m)	0,5 x 6

DATI GEOLOGICO-TECNICI

ROCCIA LITOIDE

ROCCIA NON LITOIDE COESIVA

ROCCIA NON LITOIDE GRANULARE

X

	Classi				Acquisizione dato
	1	2	3	4	
I. Grado di alterazione					
II. Profondità dell'alterazione					
III. Compattezza			X	X	Rilevamento
IV. Giacitura delle discontinuità					
V. Strati resistenti su strati meno resistenti					
VI. Strati permeabili su strati impermeabili		X			Rilevamento
VII. Angolo di riposo	X				Bibliografia
VIII. Complessità geotecnica		X			Rilevamento
IX. Resistenza al taglio	X	X			Bibliografia
X. Deformabilità					
XI. Pericolo di rottura progressiva				X	Bibliografia
XII Permeabilità				X	Bibliografia
XIII. Grado di cementazione o coesione		X			Bibliografia

FOTOGRAFIA DELL'AFFIORAMENTO

DATI LITOLOGICI

Unità litologica	Depositi marini pliocenici
Litotipo	Limo con sabbia argillosa
Colore	10R 5/1
Struttura	Laminazione parallela



**SCHEDA RILEVAMENTO DATI
LITOLOGICI E GEOLOGICO-TECNICI**

Stazione n.	5	Data	22.06.2001
Località	Vergano Novarese	Sezione C.T.R.	094060 - Borgomanero
Rilevatori	Margherita Mazzetti	Affioramento (m)	1,5 x 2,5

DATI GEOLOGICO-TECNICI

ROCCIA LITOIDE

ROCCIA NON LITOIDE COESIVA

ROCCIA NON LITOIDE GRANULARE

	Classi				Acquisizione dato
	1	2	3	4	
I. Grado di alterazione					
II. Profondità dell'alterazione					
III. Compattezza			X	X	Rilevamento
IV. Giacitura delle discontinuità					
V. Strati resistenti su strati meno resistenti					
VI. Strati permeabili su strati impermeabili		X			Rilevamento
VII. Angolo di riposo	X				Bibliografia
VIII. Complessità geotecnica		X			Rilevamento
IX. Resistenza al taglio	X	X			Bibliografia
X. Deformabilità					
XI. Pericolo di rottura progressiva				X	Bibliografia
XII Permeabilità				X	Bibliografia
XIII. Grado di cementazione o coesione		X			Bibliografia

FOTOGRAFIA DELL'AFFIORAMENTO



DATI LITOLOGICI

Unità litologica	Depositi marini pliocenici
Litotipo	Limo con sabbia argillosa
Colore	10R 5/1
Struttura	Laminazione parallela

**SCHEDA RILEVAMENTO DATI
LITOLOGICI E GEOLOGICO-TECNICI**

Stazione n.	6	Data	22.06.2001
Località	Cumiona	Sezione C.T.R.	094060 - Borgomanero
Rilevatori	Margherita Mazzetti	Affioramento (m)	100 x 3

DATI GEOLOGICO-TECNICI

ROCCIA LITOIDE

ROCCIA NON LITOIDE COESIVA

ROCCIA NON LITOIDE GRANULARE

	Classi				Acquisizione dato
	1	2	3	4	
I. Grado di alterazione			X		Rilevamento
II. Profondità dell'alterazione				X	Rilevamento
III. Compattezza		X			Rilevamento
IV. Giacitura delle discontinuità					
V. Strati resistenti su strati meno resistenti					
VI. Strati permeabili su strati impermeabili					
VII. Angolo di riposo					
VIII. Complessità geotecnica			X		Rilevamento
IX. Resistenza al taglio		X			Bibliografia
X. Deformabilità					
XI. Pericolo di rottura progressiva			X	X	Bibliografia
XII Permeabilità				X	Bibliografia
XIII. Grado di cementazione o coesione					

FOTOGRAFIA DELL'AFFIORAMENTO

DATI LITOLOGICI

Unità litologica	Magmatiti erciniche e tardo alpine
Litotipo	Ignimbrite riolitica
Colore	10YR 7/8
Struttura	Massiva



**SCHEDA RILEVAMENTO DATI
LITOLOGICI E GEOLOGICO-TECNICI**

Stazione n.	7	Data	22.06.2001
Località	Pernice	Sezione C.T.R.	094060 - Borgomanero
Rilevatori	Margherita Mazzetti	Affioramento (m)	5 x 2

DATI GEOLOGICO-TECNICI

ROCCIA LITOIDE

ROCCIA NON LITOIDE COESIVA

ROCCIA NON LITOIDE GRANULARE

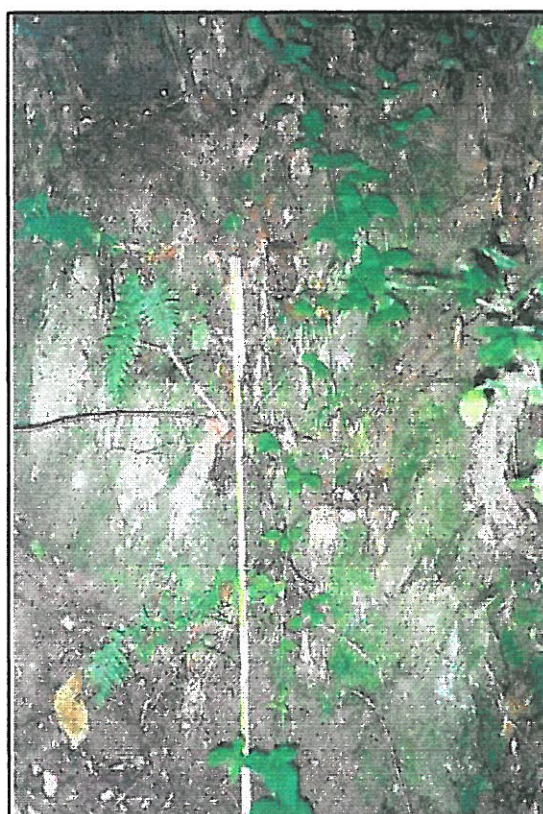
<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

	Classi				Acquisizione dato
	1	2	3	4	
I. Grado di alterazione	X				Rilevamento
II. Profondità dell'alterazione					
III. Compattezza	X				Rilevamento
IV. Giacitura delle discontinuità					
V. Strati resistenti su strati meno resistenti					
VI. Strati permeabili su strati impermeabili					
VII. Angolo di riposo					
VIII. Complessità geotecnica		X			Rilevamento
IX. Resistenza al taglio		X			Bibliografia
X. Deformabilità					
XI. Pericolo di rottura progressiva		X			Bibliografia
XII Permeabilità				X	Bibliografia
XIII. Grado di cementazione o coesione					

FOTOGRAFIA DELL'AFFIORAMENTO

DATI LITOLOGICI

Unità litologica	Serie dei Laghi
Litotipo	Micascisti filladici
Colore	2.5YR 6/1
Struttura	Scistosa



**SCHEDA RILEVAMENTO DATI
LITOLOGICI E GEOLOGICO-TECNICI**

Stazione n.	8	Data	10.03.2002
Località	Piovino	Sezione C.T.R.	094060 - Borgomanero
Rilevatori	Margherita Mazzetti	Affioramento (m)	1,5 x 2

DATI GEOLOGICO-TECNICI

ROCCIA LITOIDE

ROCCIA NON LITOIDE COESIVA

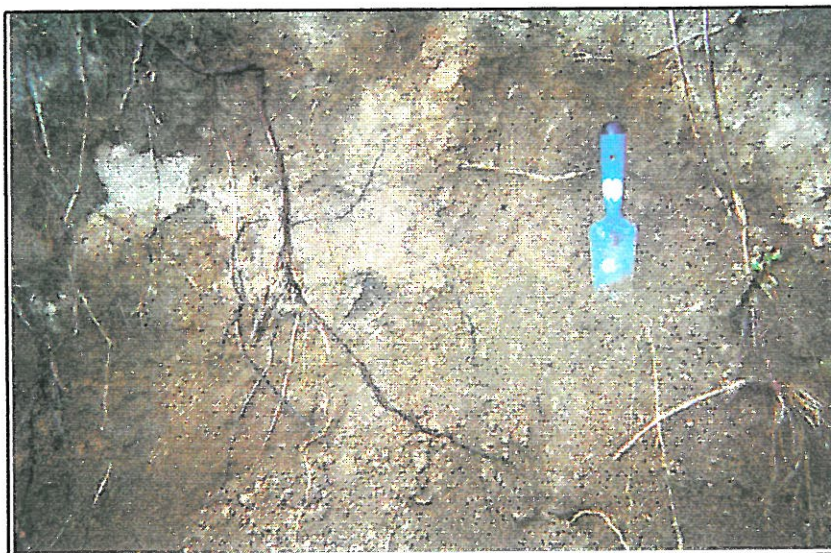
ROCCIA NON LITOIDE GRANULARE

	CLASSI				Acquisizione dato
	1	2	3	4	
I. Grado di alterazione			X		Rilevamento
II. Profondità dell'alterazione					
III. Compattezza			X		Bibliografia
IV. Giacitura delle discontinuità					
V. Strati resistenti su strati meno resistenti					
VI. Strati permeabili su strati impermeabili		X			Rilevamento
VII. Angolo di riposo		X			Bibliografia
VIII. Complessità geotecnica				X	Rilevamento
IX. Resistenza al taglio			X		Bibliografia
X. Deformabilità					
XI. Pericolo di rottura progressiva					
XII Permeabilità		X			Bibliografia
XIII. Grado di cementazione o coesione					

FOTOGRAFIA DELL'AFFIORAMENTO

DATI LITOLOGICI

Unità litologica	Depositi alluvionali pleistocenici
Litotipo	Ghiaia con sabbia argillosa
Colore	7.5YR 5/6
Struttura	Supporto di matrice



**SCHEDA RILEVAMENTO DATI
LITOLOGICI E GEOLOGICO-TECNICI**

Stazione n.	9	Data	10.03.2002
Località	Montalto	Sezione C.T.R.	094100 - Cureggio
Rilevatori	Margherita Mazzetti	Affioramento (m)	5 x 10

DATI GEOLOGICO-TECNICI

ROCCIA LITOIDE

ROCCIA NON LITOIDE COESIVA

ROCCIA NON LITOIDE GRANULARE

	Classi				Acquisizione dato
	1	2	3	4	
I. Grado di alterazione			X		Rilevamento
II. Profondità dell'alterazione					
III. Compattezza			X		Bibliografia
IV. Giacitura delle discontinuità					
V. Strati resistenti su strati meno resistenti					
VI. Strati permeabili su strati impermeabili		X			Rilevamento
VII. Angolo di riposo		X			Bibliografia
VIII. Complessità geotecnica				X	Rilevamento
IX. Resistenza al taglio			X		Bibliografia
X. Deformabilità					
XI. Pericolo di rottura progressiva					
XII Permeabilità		X			Bibliografia
XIII. Grado di cementazione o coesione					

FOTOGRAFIA DELL'AFFIORAMENTO

DATI LITOLOGICI

Unità litologica	Depositi alluvionali pleistocenici
Litotipo	Ghiaia con sabbia argillosa
Colore	7.5YR 5/6
Struttura	Supporto di matrice



**SCHEDA RILEVAMENTO DATI
LITOLOGICI E GEOLOGICO-TECNICI**

Stazione n.	10	Data	10.03.2002
Località	Canuggioni	Sezione C.T.R.	094100 - Cureggio
Rilevatori	Margherita Mazzetti	Affioramento (m)	2 x 5

DATI GEOLOGICO-TECNICI

ROCCIA LITOIDE

ROCCIA NON LITOIDE COESIVA

ROCCIA NON LITOIDE GRANULARE

	Classi				Acquisizione dato
	1	2	3	4	
I. Grado di alterazione	X				Rilevamento
II. Profondità dell'alterazione					
III. Compattezza				X	Bibliografia
IV. Giacitura delle discontinuità					
V. Strati resistenti su strati meno resistenti					
VI. Strati permeabili su strati impermeabili	X				Rilevamento
VII. Angolo di riposo	X				Bibliografia
VIII. Complessità geotecnica			X		Rilevamento
IX. Resistenza al taglio	X				Bibliografia
X. Deformabilità					
XI. Pericolo di rottura progressiva					
XII Permeabilità	X				Bibliografia
XIII. Grado di cementazione o coesione					

FOTOGRAFIA DELL'AFFIORAMENTO

DATI LITOLOGICI

Unità litologica	Depositi alluvionali olocenici
Litotipo	Ghiaie ciottolose
Colore	7.5YR 4/2
Struttura	Supporto di clasti



**SCHEDA RILEVAMENTO DATI
LITOLOGICI E GEOLOGICO-TECNICI**

Stazione n.	11	Data	10.03.2002
Località	C.na Fasanino	Sezione C.T.R.	094100 - Cureggio
Rilevatori	Margherita Mazzetti	Affioramento (m)	1 x 0,5

DATI GEOLOGICO-TECNICI

ROCCIA LITOIDE

ROCCIA NON LITOIDE COESIVA

ROCCIA NON LITOIDE GRANULARE

X

	Classi				Acquisizione dato
	1	2	3	4	
I. Grado di alterazione		X			Rilevamento
II. Profondità dell'alterazione					
III. Compattezza			X	X	Bibliografia
IV. Giacitura delle discontinuità					
V. Strati resistenti su strati meno resistenti					
VI. Strati permeabili su strati impermeabili	X				Rilevamento
VII. Angolo di riposo		X			Bibliografia
VIII. Complessità geotecnica				X	Rilevamento
IX. Resistenza al taglio			X		Bibliografia
X. Deformabilità					
XI. Pericolo di rottura progressiva					
XII Permeabilità		X			Bibliografia
XIII. Grado di cementazione o coesione					

FOTOGRAFIA DELL'AFFIORAMENTO

DATI LITOLOGICI

Unità litologica	Depositi alluvionali pleistocenici
Litotipo	Ghiaia con sabbia limosa
Colore	7.5YR 5/6
Struttura	Supporto di matrice



**SCHEDA RILEVAMENTO DATI
LITOLOGICI E GEOLOGICO-TECNICI**

Stazione n.	12	Data	10.03.2002
Località	San Marco	Sezione C.T.R.	094060 - Borgomanero
Rilevatori	Margherita Mazzetti	Affioramento (m)	1 x 0,5

DATI GEOLOGICO-TECNICI

ROCCIA LITOIDE

ROCCIA NON LITOIDE COESIVA

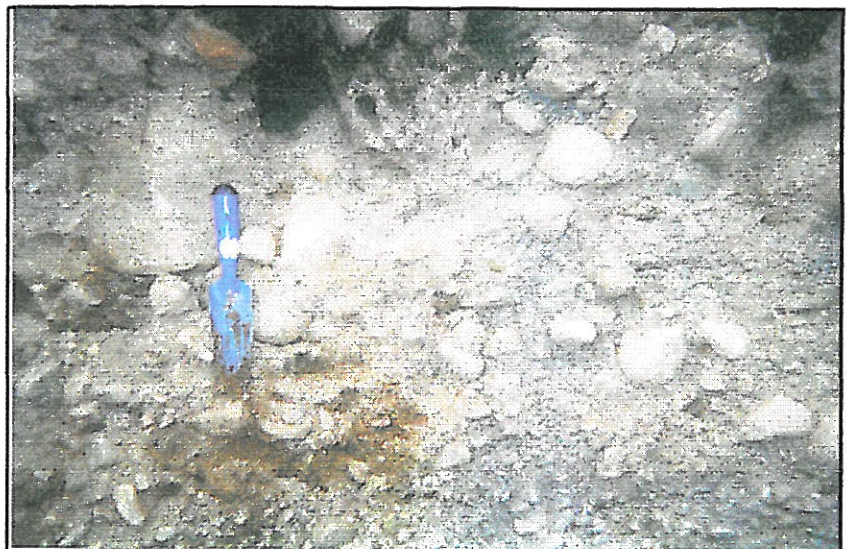
ROCCIA NON LITOIDE GRANULARE

	Classi				Acquisizione dato
	1	2	3	4	
I. Grado di alterazione	X				Rilevamento
II. Profondità dell'alterazione					
III. Compattezza				X	Bibliografia
IV. Giacitura delle discontinuità					
V. Strati resistenti su strati meno resistenti					
VI. Strati permeabili su strati impermeabili	X				Rilevamento
VII. Angolo di riposo	X				Bibliografia
VIII. Complessità geotecnica			X		Rilevamento
IX. Resistenza al taglio	X				Bibliografia
X. Deformabilità					
XI. Pericolo di rottura progressiva					
XII Permeabilità		X			Bibliografia
XIII. Grado di cementazione o coesione			X		Rilevamento

FOTOGRAFIA DELL'AFFIORAMENTO

DATI LITOLOGICI

Unità litologica	Depositi alluvionali olocenici
Litotipo	Ghiaie sabbiose con ciottoli
Colore	7.5YR 4/2
Struttura	Supporto di clasti



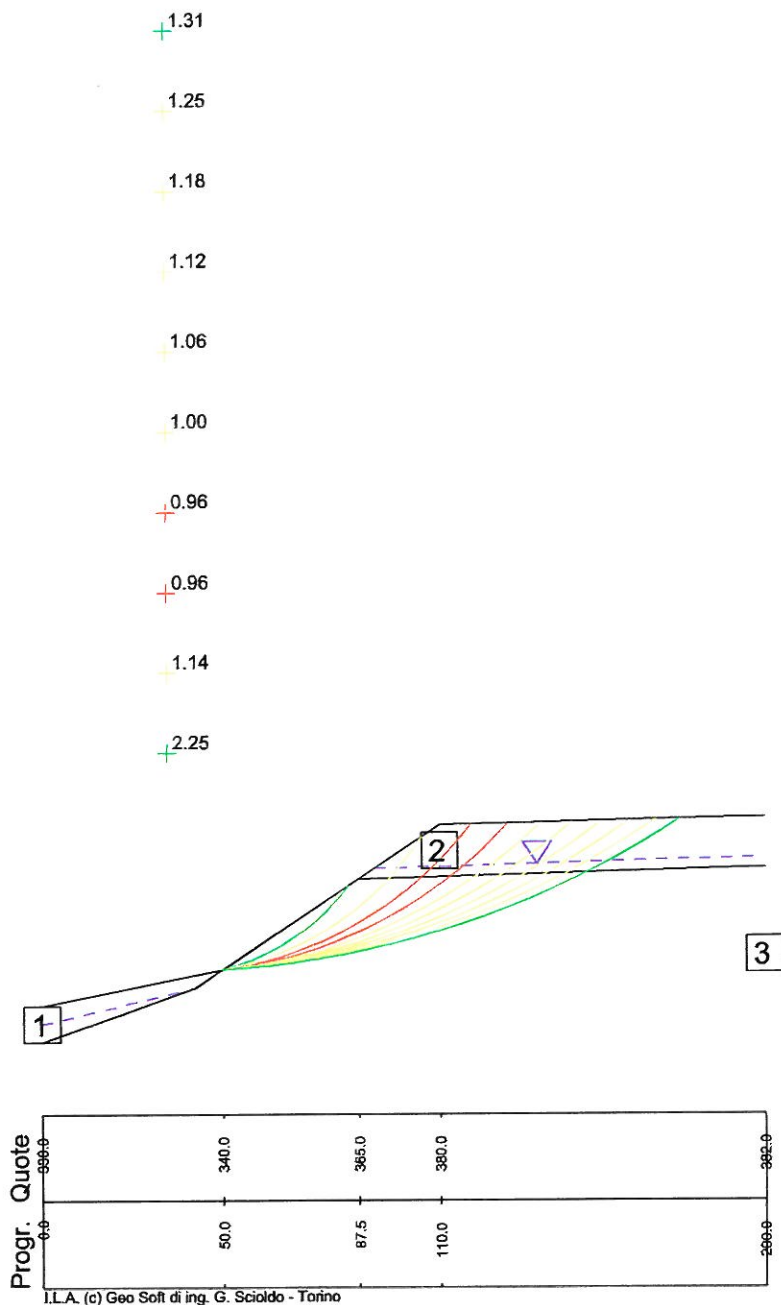
ALLEGATO N. 5

VERIFICHE DI STABILITÀ

Comune di Borgomanero

Verifica di stabilità del terrazzo Plio-pleistocenico di Piovino
Scivolamento rotazionale al piede
Scala 1:2000

Litotipo 1:	phi [°] = 26	c [kN/m ²] = 2	gamma [kN/m ³] = 1.8
Litotipo 2:	phi [°] = 33	c [kN/m ²] = 0	gamma [kN/m ³] = 2
Litotipo 3:	phi [°] = 22	c [kN/m ²] = 5	gamma [kN/m ³] = 1.9
Metodo: Sarma	Gamma acqua [kN/m ³] = 1		

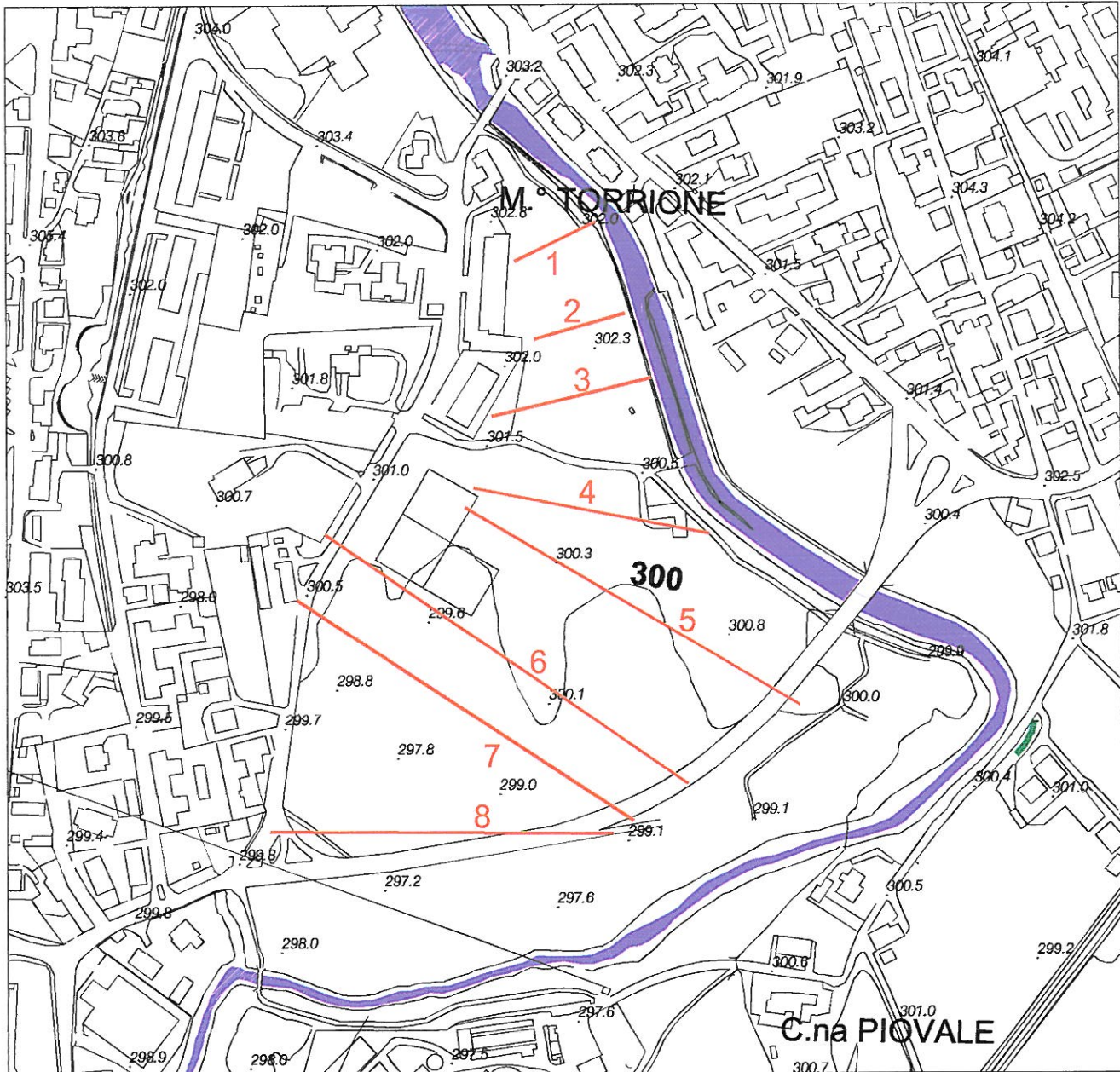


LEGENDA

-  Sezioni
-  Torrente Agogna



Nord



Dr. Geol. FABRIZIO GRIONI
sede legale - Via Prestinari 3/n
28100 NOVARA

Ufficio:
Via Lagrange, 28 - Novara
tel. 0321-499742
Fax 0321-52.07.77

Data
19-04-2004

Allegato N.:
6

Scala:
1:4.000

Planimetria del ramo laterale