

**INDAGINE GEOLOGICA-IDROGEOLOGICA
PER LA DETERMINAZIONE DEL RETICOLO
MINORE SECONDO LE INDICAZIONI DEL
D.G.R. n. IX/2762 DEL 22/12/2011 E DELLA
D.G.R. n. IX/4287 DEL 25 OTTOBRE 2012**

RELAZIONE TECNICA

Aggoirramento Settembre 2013

a cura di:



S tudio
G eologico
T riobite

Via S.L. Beccari n. 2 - 27027 Gropello Cairoli (PV)
Tel./Fax: 0382.81.70.38 -
e.mail: info@studiogeologicotriobite.com

RELAZIONE TECNICA

1 – GENERALITA'	2
2 – CARTA GEOMORFOLOGICA	2
3– CARTA IDROGEOLOGICA.....	4
3.1 –Idrografia superficiale	4
3.1.1 - Reticolo idrografico	4
3.1.2- Valutazione dei deflussi di massima piena.....	8
3.1.3 - Calcolo teorico della quantità di materiale solido trasportato.....	9
3.2 - Idrografia sotterranea	15

ALLEGATI

ALLEGATO 1 – DICHIARAZIONE DELL'ESTENSORE DELLO STUDIO

TAVOLE ALLEGATE ALLA RELAZIONE TECNICA

Tav.1 - CARTA GEOMORFOLOGICA	(scala 1:10000)
Tav.2 - CARTA IDROGEOLOGICA	(scala 1:10000)

1 – GENERALITA'

La presente **Relazione Geologica** riguarda l'incarico a noi affidato dalla Spett.le Amministrazione del Comune di Pigra (CO) relativo allo studio del reticolo minore secondo le indicazioni D.G.R. n° 7/7868 e D.G.R. n 13950/2003.

Per quanto riguarda le modalità esecutive, Il programma di lavoro è stato articolato in tre distinte fasi di intervento:

Fase 1 - E' consistita nel reperimento dei dati geologici e idrogeologici e catastali. L'acquisizione di tali informazioni è stata compiuta attraverso una sistematica ricerca bibliografica e mediante consultazione di documenti reperiti presso fonti istituzionali a livello comunale. Inoltre si è provveduto ad una prima valutazione morfologica del territorio tramite l'analisi fotointerpretativa.

Fase 2 - Ha riguardato le attività espletate direttamente "*sul terreno*". E' stata condotta, in particolare, una verifica *in sito*, a carattere puntuale, dei dati precedentemente raccolti durante la Fase 1, eseguendo esami e rilevamenti diretti delle condizioni geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche e del territorio comunale, finalizzati alla stesura degli elaborati cartografici.

Fase 3 - Si è proceduto alla compilazione ed alla stesura dei seguenti elaborati cartografici:

2 – CARTA GEOMORFOLOGICA

Sotto il profilo geomorfologico, nella porzione settentrionale del comprensorio comunale, impostato prevalentemente sul versante occidentale della Valle Camoggia, prevalgono forme piuttosto aspre, con rilievi poco accentuati (non superiori ai 1450 m s.l.m.) ma caratterizzati da pendii alquanto acclivi (con pendenze spesso superiori ai 45°), solcati da incisioni vallive con profilo trasversale a V e fondovali stretti e rettilinei costituenti un pattern idrografico di tipo dendritico.

Solo in prossimità dell'abitato di Pigra le pendenze dei versanti tendono a diminuire, in parte a causa di una forte azione antropica che ha creato una serie di terrazzamenti. Nella porzione topograficamente più bassa, in corrispondenza del confine comunale, le pendenze aumentano notevolmente creando in questo modo una vistosa scarpata morfologica, ovvero una sorta di "balconata" naturale.

La genesi di questa scarpata morfologica potrebbe essere legata all'esarazione delle lingue glaciali che dalla Valtellina scendevano verso la pianura padana. Questo passaggio è segnalato in tutta la Valle Intelvi dalla presenza di materiale morenico che include al suo interno blocchi di rocce del basamento antico di natura scistoso-cristallina.

Ulteriori aspetti morfologici degni di nota sono rappresentati dai dissesti idrogeologici, che vengono suddivisi in base al loro stato di attività: corpo di frana relitta, corpo di frana quiescente, corpo di frana attiva, franosità superficiale diffusa attiva e franosità superficiale diffusa quiescente.

Nella maggior parte dei casi, i corpi di frana risultano ormai obliterati sia dall'azione degli eventi naturali che da sistemazioni antropiche.

Per quanto concerne le aree dei corpi di frana (quiescenti e relitte), esse appaiono oggi completamente assestate; lungo il loro intero sviluppo, infatti, non sono attualmente riconoscibili evidenze di fratture tensionali, nè altri fenomeni che possano testimoniare indizi di movimenti in atto.

Differente è il discorso per la frana, anche se di modeste dimensioni, localizzata appena a monte della sorgente Lomia; al momento del sopralluogo, essa presentava evidenti segni di "attività". L'origine di tale fenomeno gravitativo potrebbe essere legata all'opera di scalzamento del versante, da parte dell'uomo, durante la realizzazione dell'opera di captazione della sorgente stessa.

Attualmente, per contrastare il rotolamento del materiale detritico dalla zona di distacco della frana e per salvaguardare l'opera di presa, il comune ha fatto realizzare un muro in gabbionate.

Sussistono, infine, aree caratterizzate da diffusi o locali movimenti gravitativi ("creeping") che interessano la porzione più superficiale del terreno. Essi si sviluppano principalmente nelle aree contrassegnate da elevata pendenza e da materiale morenico o costituite in superficie da una modesta coltre di alterazione del substrato roccioso.

Questi movimenti sono stati suddivisi in quiescenti ed in attivi.

Le forme quiescenti sono per lo più individuabili nei settori di versante occupati dalle rocce

carbonatiche ed individuabili da una morfologia con blande depressioni e lievi accumuli.

Le forme attive localizzate, soprattutto, in corrispondenza di aree moreniche, sono evidenziate da una zona di scollamento (nicchia) che mette a nudo il terreno naturale sottostante e da una zona di accumulo già vegetata. Tale aree sono distribuite su tutto il territorio comunale, ma se ne hanno maggiori evidenze nelle porzioni occidentali, a ridosso del M.te Pasquella.

Vi sono infine altri fenomeni morfologici legati all'azione dinamica delle acque incanalate.

Essi sono rappresentati dalle forme erosive lungo le sponde ed i solchi vallivi dei rii e si originano in occasione delle piene torrentizie soprattutto laddove sussiste una scarso copertura vegetale.

3- CARTA IDROGEOLOGICA

3.1 –Idrografia superficiale

3.1.1 - Reticolo idrografico

L'idrografia superficiale è condizionata dalle caratteristiche litologiche e geomorfologiche del territorio.

Si possono evidenziare due diverse situazioni a nord e a sud dell'abitato di Pigra.

Per quanto riguarda la porzione settentrionale del territorio, tutti i corsi d'acqua risultano impostati sul massiccio calcareo della Formazione di Moltrasio. Tali corsi d'acqua, fluenti in rocce omogenee dure e compatte, manifestano un reticolo ben organizzato, costituito da un collettore principale ad andamento sub-rettilineo (Torrente Camoggia), nel quale confluiscono, pressoché ortogonalmente, affluenti minori di primo, secondo o terzo ordine.

Nella porzione meridionale i corsi d'acqua anch'essi impostati nel massiccio calcareo, presentano un andamento sub-parallelo Nordovest-Sudest per via della vicinanza del livello guida locale rappresentato dal Lago di Como.

Si può affermare, infine, che l'idrografia superficiale è costituita da corsi d'acqua a

carattere giovanile con profilo di fondo piuttosto acclive come è possibile riscontrare dalle curve Ipsografiche, qui di seguito riportate, e ricavate dall'analisi della distribuzione delle aree in funzione delle quote dei relativi bacini.

I corsi d'acqua possiedono, pertanto, elevata capacità erosiva, che si manifesta con componente prevalentemente verticale in corrispondenza degli affioramenti rocciosi, mentre nelle aree moreniche alla componente verticale è possibile che si associ anche quella orizzontale.

Le caratteristiche morfologiche ed idrologiche dei diversi corsi d'acqua verranno di seguito analizzate singolarmente. Le analisi sono volte ad individuare le caratteristiche idrauliche delle aste torrentizie, al fine di calcolare la portata di massima piena e quindi verificare l'*alluvionabilità* delle aree limitrofe in occasione di piene eccezionali; ciò, per determinare la pericolosità indotta sul territorio dalla loro presenza, allo scopo di definire le fasce di rispetto che si andranno ad applicare.

Di seguito vengono riportate le "Curve Ipsografiche" dei *cinque bacini* ritenuti i principali perchè più significativi ai fini dell'indagine. Non essendo riportati, nella cartografia C.T.R. utilizzata per il presente studio, i nomi relativi ai singoli corsi d'acqua, ad ognuno di essi è stata attribuita una lettera identificatrice, onde poterne definire la reale ubicazione.

Curva Ipsografica Bacino A

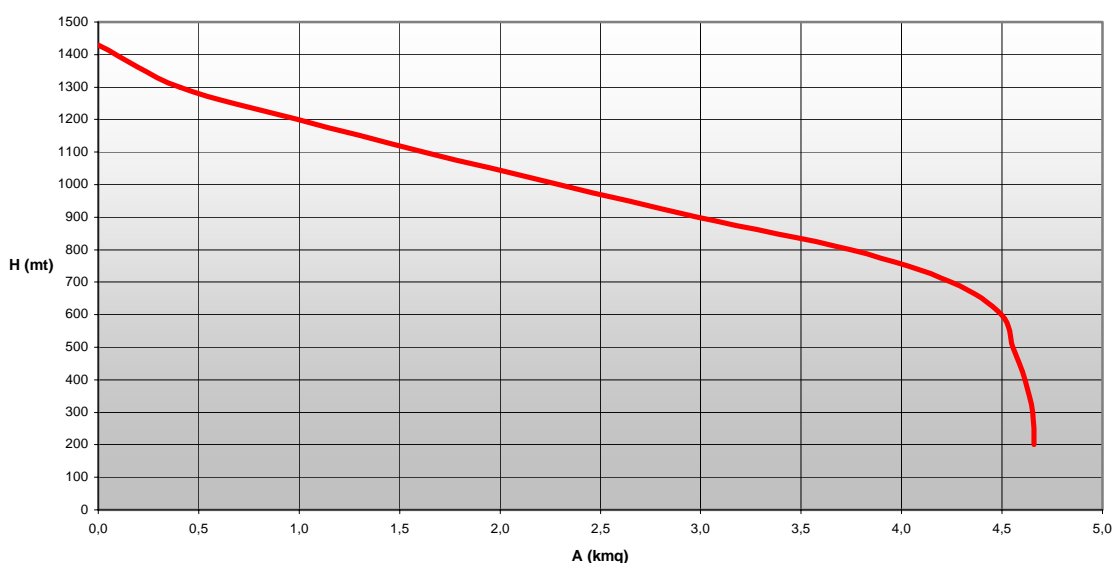


Fig. 3.1

Curva Ipsografica Bacino B

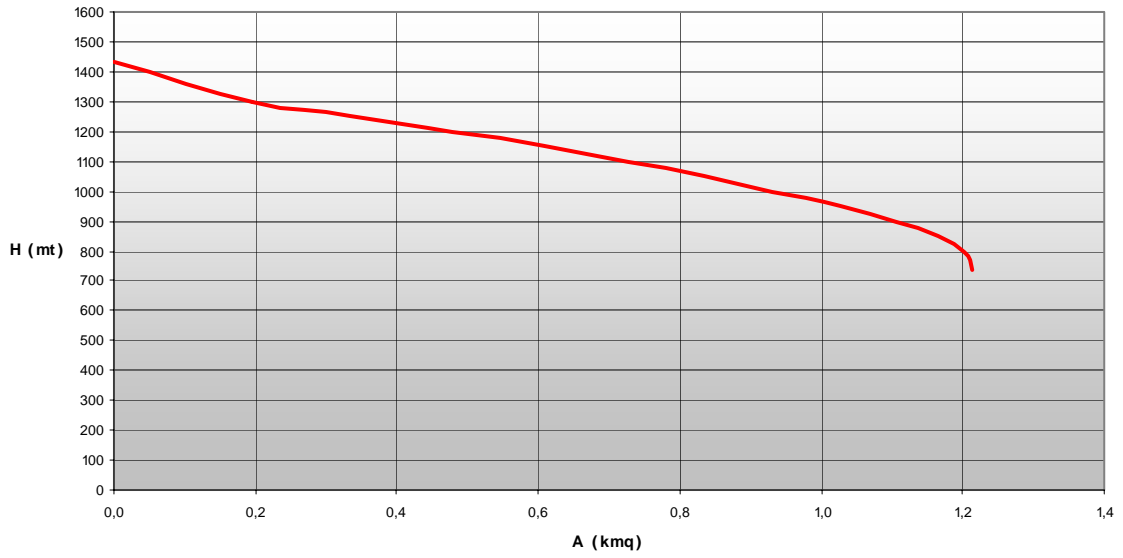


Fig. 3.2

Curva Ipsografica Bacino C

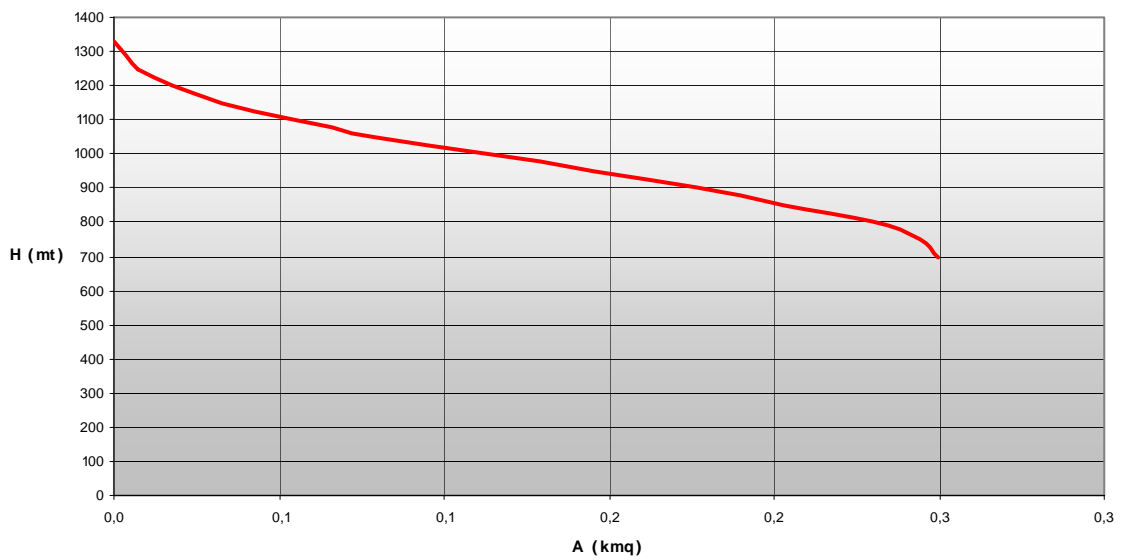


Fig. 3.3

Un discorso a parte va fatto per i **Bacini D** ed **E** in quanto degli stessi è stata considerata solo la porzione a monte delle imboccature delle relative condotte tombinate che attraversano nel sottosuolo l'area urbanizzata di Pigra.

A tale porzione di bacino faranno riferimento anche i valori di portata di piena massima calcolati attraverso le formule descritte qui di seguito.

Tale procedura mira alla verifica dell'adeguatezza delle attuali opere esistenti nel sostenere eventuali portate conseguenti ad eventi meteorologici eccezionali.

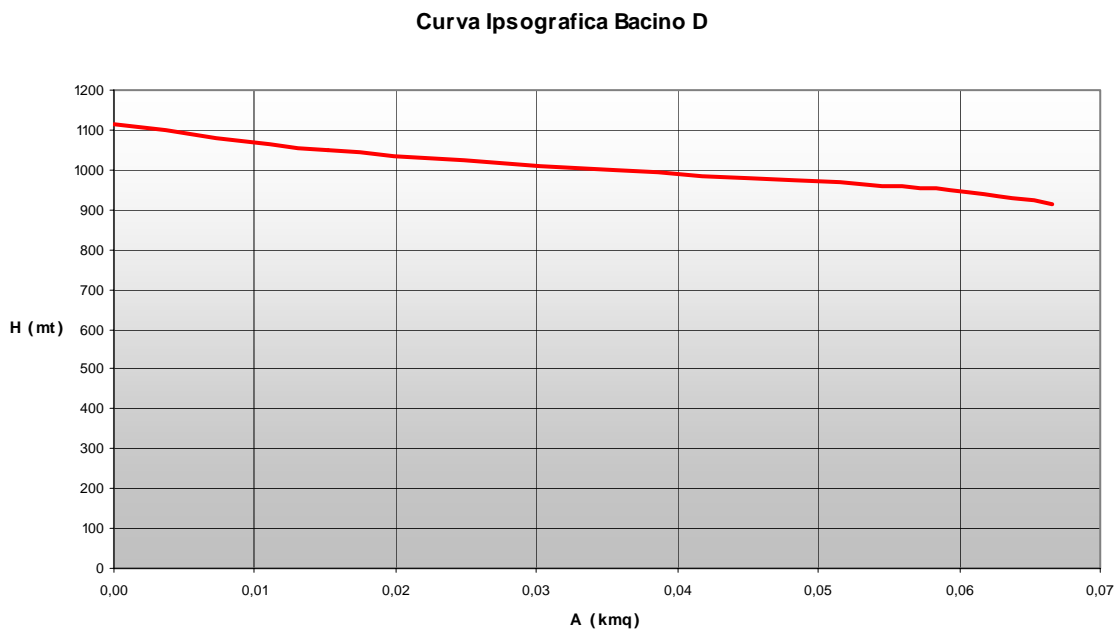


Fig 3.4

Curva Ipsografica Bacino E

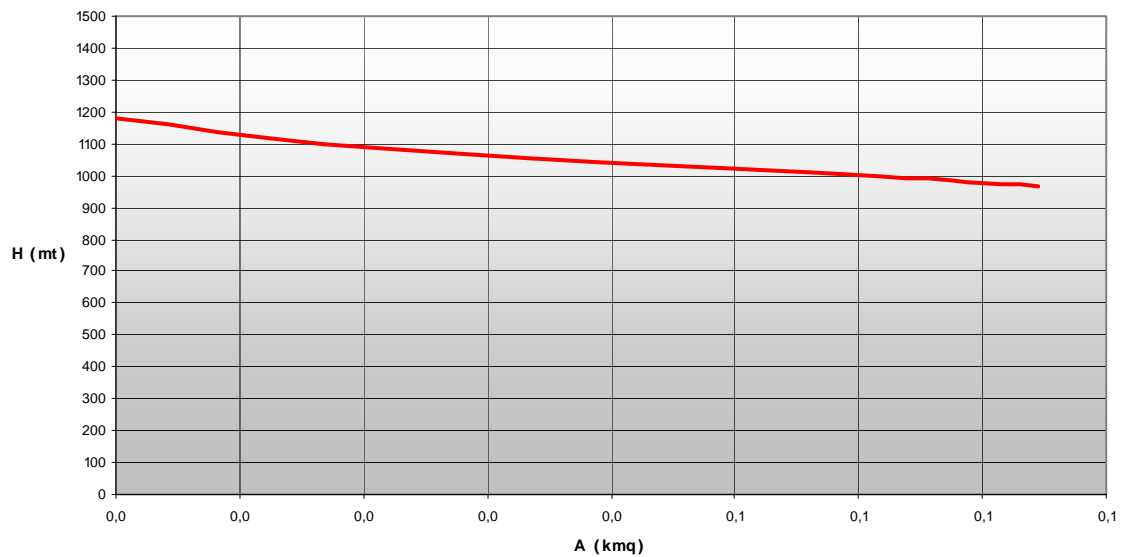


Fig. 3.5

3.1.2- Valutazione dei deflussi di massima piena

La stima dei deflussi di massima piena dei corsi d'acqua è stata effettuata utilizzando la *formula di Giandotti* di seguito riportata:

$$Q_{\max} (m^3 / \text{sec}) = 0.278 \frac{C \cdot h \cdot A}{\tau_c}$$

dove:

$C = 1.25$ per piccoli bacini (area < 300 Kmq)

h = altezza di precipitazione ragguagliata di durata uguale a τ_c

A = area del bacino in Kmq

τ_c = tempo di corrivazione, ove:

$$\tau_c (h) = \frac{4\sqrt{S_b} + 1.5L_p}{0.8\sqrt{H_m}}$$

dove:

S_b = area del bacino in Km²;

L_p = lunghezza dell'asta torrentizia principale;

H_m = altezza media del bacino sul livello del mare.

Poiché il metodo prevede il calcolo dell'altezza dell'afflusso meteorico (h), per un tempo di ritorno fissato, corrispondente ad una durata uguale al tempo di corrivazione, è stato utilizzato come evento meteorico di riferimento, quello verificatosi il 7-7-1940, durante il quale si registrò nella stazione meteorica del Comune di Pigra, il *massimo valore di precipitazione meteorica giornaliera nel periodo 1921 – 1947*.

Tale valore ammonta a *162 mm di pioggia*.

Le massime portate di piena calcolate, riferite ai singoli corsi d'acqua per il tratto interessante il territorio di Pigra, sono riportate nella seguente tabella.

Per semplicità di individuazione, ogni singolo rio considerato, oltre al proprio nome, è stato anche contraddistinto con una sigla dalla **A** alla **F**. Le sigle sono le medesime dei bacini individuati al punto 3.1.1..

Tab. 3.1

	Nome	Tc (ore)	Qmax (mc/s)	S (Km²)	L (Km)
Rio A	Valle delle due Soglie	0.67	10.26	4.68	4.3
Rio B	Valle del Gaggio	0.42	2.63	1.21	1.55
Rio C	Valle detta di Civo	0.28	0.58	0.25	1.14
Rio D	PI_2	0.23	0.15	0.07	0.5
Rio E	PI_1	0.25	0.17	0.08	0.46
Rio F	Quaglio di Prapè	0.24	0.68	0.29	1.05

3.1.3 - Calcolo teorico della quantità di materiale solido trasportato

Il comportamento e le caratteristiche dei corsi d'acqua durante un evento di piena, sono

fortemente condizionati dalla quantità di materiale solido e dal carico in sospensione da essi trasportato.

Questi due elementi sono strettamente legati all'entità del degrado per erosione cui è sottoposto nel tempo il bacino imbrifero.

L'erosione prodotta ad opera degli agenti esogeni, è, a sua volta, fortemente dipendente dai fattori climatici (temperatura e precipitazioni) e fisico-geografici (litologia, uso del suolo, acclività, stato del suolo), caratterizzanti i bacini imbriferi.

Nel caso di Pigra la stima della quantità di materiale prodotto per erosione è stata effettuata applicando la metodologia di calcolo proposta da Gavrilovic , che tiene conto delle componenti che influenzano il degrado del territorio.

La formula applicata per ogni singolo bacino imbrifero è la seguente:

$$W(m^3 / anno) = Fh\pi \sqrt{\frac{t^\circ}{10} + 0.1} \sqrt{[m_1 + m_2 m_3]^3}$$

dove:

W = quantità annuale media in mc di materiale solido prodotto per erosione;

F = area del bacino o sottobacino in Km²

t° = è la temperatura media annua per il sottobacino considerato;

h = precipitazione media annua in mm per il sottobacino considerato;

$$m_1 = \frac{0.2A + 0.5B + 0.8C + 1.0D}{F}$$

dove:

A = superficie (km²) coperta da boschi o frutteti

B = superficie (km²) coperta da prati e pascoli

C = superficie (km²) coperta da coltivi

D = superficie (km²) priva di vegetazione

$$m_2 = \frac{1.6J + 0.8K + 0.3L + 1.6M}{F}$$

dove :

J = superficie (kmq) con rocce incoerenti affioranti

K = superficie (kmq) con rocce pseudo o semi-coerenti affioranti

L = superficie (kmq) con rocce coerenti affioranti

M = sviluppo delle faglie in Kmq

$$m_3 = \theta + \sqrt{I}$$

con:

$$\theta = V/F \quad \text{e} \quad I = \frac{\sum_{m=1}^6 I_m i_n}{F}$$

dove:

$$V(\text{km}^2) = 0.2N + 4.2P + 4.9Q + 2.25R + 0.75S + 2U$$

N = superficie (kmq) con aree generalmente franose

P = superficie (kmq) con frane in rocce sciolte e pseudo e semi-coerenti

Q = superficie (kmq) con forme pseudo calanchive per tettonizzazione in rocce coerenti

R = superficie (kmq) con numerosi crolli

S = superficie (kmq) con crolli diffusi

U = superficie (kmq) con valanghe

I = esprime l'influenza dell'acclività del bacino

L'applicazione della *formula di Gavrilovic* ha permesso di ottenere i seguenti risultati:

Tab. 3.2

	W (mc/anno)
Bacino Valle delle due Soglie	2854.84
Bacino Valle del Gaggio	918.13
Bacino Valle detta di Civo	131.07
Bacino PI_2	111.8
Bacino PI_1	127.03
Bacino Quaglio di Prapè	234.20

I dati sopra riportati, seppur teorici ed approssimati, dimostrano che:

- Le caratteristiche litologiche e di uso del suolo sono i fattori che condizionano maggiormente la quantità di materiale solido prodotto per erosione. Laddove il substrato roccioso è interessato da terreno di copertura a bosco sussiste una buona protezione. Quest'ultima diminuisce con la diffusione del morenico e delle aree sterili (centri abitati) e con il diradarsi della vegetazione
- L'acclività dei versanti non influisce sensibilmente sull'erosione in presenza di rocce con buone caratteristiche geomeccaniche e con fitta copertura forestale.

A seguito del calcolo di questi parametri si è cercato di verificare l'effettivo stato di sicurezza delle eventuali opere collocate lungo il tracciato dei corsi d'acqua. Generalmente vengono considerati "*punti sensibili*" le strettoie dell'alveo ad opera sia di opere antropiche (come ponti o scoli) che naturali. In questo caso sono state ricalcolate le portate dei rii costituenti i sei bacini principali in corrispondenza delle opere di attraversamento della strada che collega l'abitato di Pigra con la Loc. Alpe di Colonna, in corrispondenza degli imbocchi delle tratte tombinate dei rii che attraversano l'area urbanizzata e lungo la strada che collega Pigra a Loc. Case della Monta (vedasi la "Carta Idrogeologica").

I dati ricavati hanno dimostrato che le opere soddisfano ampiamente le esigenze dei relativi rii e le stesse sezioni dell'alveo risultano sufficientemente ampie per contenere le portate calcolate. Da notare è il fatto che i calcoli effettuati prevedono l'assenza di materiale (di dimensioni importanti) che possa ostruire il passaggio dell'acqua. L'ostruzione, anche parziale, delle condotte o l'accumulo di detriti lungo l'alveo, potrebbero alterare lo stato di efficienza delle opere stesse e quindi invalidare i risultati calcolati.

Si consiglia, quindi, una periodica verifica ed un'accurata manutenzione degli stessi.

Nella successiva Tabella sono riportate le portate calcolate nei punti corrispondenti alle opere sopra menzionate.

Tab. 3.3

Sezione n°	Portata mc/sec	Sezione n°	Portata mc/sec	Sezione n°	Portata mc/sec
1	0.23	7	0.49	20	0.26
2	0.14	11	0.16	21	0.07
3	0.15	13	0.06		
4	0.13	14	0.07		
5	0.25	18	0.21		
6	0.14	19	0.13		

Al fine di verificare le portate in caso del ripetersi di eventi meteorici importanti del passato, si fa ricorso al calcolo di portata in funzione di un tempo di ritorno prefissato. Tale tempo di ritorno serve ad un calcolo probabilistico per la determinazione dell'altezza in mm della potenziale precipitazione che potrebbe verificarsi nuovamente.

Infatti, per il calcolo di questi valori sono necessarie le distribuzioni delle precipitazioni con durate "orarie" (fino ad un massimo di 24h) per un arco di tempo il più esteso possibile.

Dati così precisi non sono disponibili in letteratura poiché nel periodo di riferimento degli annali idrologici riguardanti il Comune di Pigra, tali misurazioni non venivano compiute. C'è da dire che dai sopraccitati annali è, però, riscontrabile la distribuzione delle piogge con durata pari a 1 giorno e quindi assimilabili alle piogge di durata 24h necessarie al calcolo in oggetto. Da notare è che l'uso di questo dato presuppone una precipitazione di durata pari a 24h con intensità costante.

A partire dal valore in mm della precipitazione giornaliera si è poi risaliti ai valori per durate inferiori. Tale procedimento seppur corretto a livello teorico, non prende però in considerazione la possibile variazione di intensità dell'evento meteorico e quindi il calcolo probabilistico non risulterebbe basarsi su un modello "realmente" verosimile.

Data , tuttavia, la limitata variazione nell'entità delle portate calcolate con i tempi di ritorno

rispetto alle portate ricavate, utilizzando il valore di precipitazione giornaliera massima nell'arco del tempo di osservazione, si è ritenuto sufficientemente attendibile il modello risultante dal procedimento sopra citato.

Qui di seguito viene riportata la tabella riassuntiva delle *portate calcolate in base ai tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni*:

Tab. 3.4

	Tr 50 m³/sec	Tr 200 m³/sec	Tr 500 m³/sec
Bacino Valle delle due Soglie	10.85	12.46	13.52
Bacino Valle del Gaggio	2.80	3.21	3.48
Bacino Valle detta di Civo	0.58	0.67	0.73
Bacino PI_2	0.15	0.18	0.19
Bacino PI_1	0.18	0.20	0.22
Bacino Quaglio di Prapè	0.68	0.78	0.85

Di seguito viene presentata una Tabelle riassuntiva circa i principali parametri idraulici calcolati su alcune sezioni relative a vari corsi d'acqua del "reticolo minore" di Pigra. Tali sezioni sono state principalmente individuate in corrispondenza di ponti o di attraversamenti ed in corrispondenza di confluenze (Tav. 3)

Tab. 4.1

	Tc (ore)	Qmax (mc/s)	S (Kmq)	L (Km)
1	-	0.23	0.07	0.22
2	-	0.14	0.04	0.23
3	-	0.15	0.03	0.27
4	-	0.13	0.04	0.24
5	-	0.25	0.08	0.28
6	-	0.14	0.04	0.23
7	-	0.49	0.15	0.54
8	-	1.06	0.37	1.11
9	-	1.62	0.5	1.3
10	0.42	2.63	1.21	1.55
11	-	0.16	0.07	0.4
12	0.28	0.58	0.25	1.14
13	0.23	0.15	0.07	0.5
14	0.25	0.17	0.08	0.46
15	0.67	10.26	4.68	4.3
16	-	1.45	0.48	1.13
17	-	1.9	0.76	1.17
18	0.18	0.21	0.08	0.59
19	0.15	0.13	0.04	0.5
20	0.18	0.26	0.1	0.61
21	0.16	0.07	0.02	0.42
22	0.24	0.68	0.29	1.05

3.2 - Idrografia sotterranea

La scarsa presenza di sorgenti e la loro relativa vicinanza ai principali rii è testimone di una situazione idrica sotterranea sviluppata per lo più a sensibile profondità. Ciò, principalmente, è dovuto al fatto che i litotipi incoerenti di superficie, risultano avere una

scarsa permeabilità, mentre il substrato calcareo è permeabile per fessurazione solo in corrispondenza delle fasce fratturate lungo le direttrici strutturali sedi anche di intensa attività carsica.

Pertanto, in rapporto soprattutto all'elevata acclività dei pendii ed ai limitati spessori delle coltri di copertura, l'idrografia si limita più che altro ad una maggiore attività superficiale.

Come è ben visibile dalla carta idrogeologica, il principale gruppo sorgivo del comune risulta localizzato appena a nord-ovest dell'abitato di Pigra, in corrispondenza del passaggio dal litotipo detritico-morenico al substrato calcareo massiccio.

Tali manifestazioni sorgive, del tipo "*di contatto*", vengono a giorno in corrispondenza di orizzonti impermeabili, o laddove il substrato roccioso compatto è in condizioni di sub-affioramento.

Le rimanenti sorgenti sono ubicate in prossimità della paleofrana e appena a valle di due aree, di scarsa estensione, definibili "ad alta permeabilità". Dall'osservazione della vicinanza delle aree di alimentazione con le emergenze idriche, è intuibile un breve percorso sotterraneo, connesso ad un sistema idrico ipogeo sviluppato solo localmente

Tutte le manifestazioni sorgive sono state captate; in molti casi le opere di presa appaiono, tuttavia, vetuste ed ammalorate, bisognose di interventi migliorativi.

Gropello Cairoli, Settembre 2013



Dott. Geol. Maurizio Fasani