Dott. Ing. Carla Mandraccia
Ingegnere per l'Ambiente ed il Territorio
Progettazione, Direzione Lavori, Difesa del Suolo , Ambiente
Tecnico competente in acustica ambientale

Via Adamoli 401 - 16165 Genova
Tel. 010/8362204

# Istanza di autorizzazione all'attività di cava denominata Bagoni

# *RELAZIONE IDRAULICA*

## *tratto tombinato del rivo delle Fornaci*

-

## Laccio (GE)

## *1. RIFERIMENTI NORMATIVI*

- R.D. 523/1904
- Legge 183/1989, legge quadro per la formazione dei Piani di Bacino;
- L.R. 9/1993, regionalizzazione dei contenuti della legge 183/1989, pianificazione di bacino a livello regionale;
- Legge 267/1998, "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed in favore delle zone colpite dai disastri franosi nella regione Campania";
- L.R. 18/99 - Adeguamento delle discipline e conferimento delle funzioni agli enti locali in materia di ambiente, difesa del suolo ed energia.

## *2. INTRODUZIONE*

La presente relazione è stata redatta allo scopo di analizzare la capacità di smaltimento del tratto tombinato del rivo denominato "rivo delle Fornaci", corrente all'interno dell'area della cava Bagoni, in località Laccio e di dimensionare le canaline di scolo delle acque superficiali, previste dal piano di coltivazione della cava.
A tal fine si esamina un evento intenso di progetto con tempo di ritorno 200 anni.

## *3. BACINO IMBRIFERO*

Il bacino del rivo denominato "Rio delle Fornaci" ha una superficie complessiva pari a 0.5 $Km^2$. Il suo perimetro si sviluppa sulla cresta di monti con altezze comprese tra 700 m e 950 m circa; la cima più alta e rappresentata dal Bric della Croce, 956.70 m s.l.m. La pendenza delle falde è rilevante, mediamente tra 60% e 80%.

All'interno del bacino sono presenti due insediamenti abitativi di modesta entità, Vi Superiore e Bargogni e rare case isolate; la restante parte della superficie si presenta prevalentemente boschiva ed in piccola parte coltivata.

Il corso principale del torrente presenta un andamento prevalentemente rettilineo, con direzione Nord est – Sud ovest. La totale lunghezza dell'asta risulta di circa 1.3 Km. Il tratto tombinato interessa gli ultimi 260 m. La tombinatura è costituita da n. 3 tratti. Per i primi due partendo da monte e scendendo verso valle (lunghezza complessiva 155 m circa), il rivo scorre all'interno di due condotte in calcestruzzo aventi diametro pari a 0.8m. Il tratto terminale, di lunghezza pari a 97 m circa, è costituito da un' unica tubazione in cls avente diametro pari a 1.2 m. (vedi allegato 1)

## 4. CALCOLO DELLA PORTATE.

Il calcolo della portata duecentennale è stato eseguito mediante il metodo illustrato nella direttiva n.2 dell'Autorità di Bacino del fiume Po', essendo il rivo in oggetto situato nel versante nord rispetto allo spartiacque dell'Appennino Ligure.

Secondo tale direttiva la portata viene determinata utilizzando il Metodo Razionale:

$$Q(T) = \frac{c \cdot A \cdot h_c(T)}{t_c}$$

dove:

$t_c$ = tempo di corrivazione del bacino;

$h_c$ = altezza critica di precipitazione per assegnato T, in mm;

A = superficie del bacino, in $Km^2$;

c = coefficiente di deflusso;

T = tempo di ritorno.

Il tempo di corrivazione è stato determinato mediante la Formula di Giandotti:

$$t_c = 60 \cdot \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{H_m - H_0}}$$

dove:

L = lunghezza dell'asta principale in Km;

$H_0$ = quota della sezione di chiusura, m s.l.m.;

$H_m$= quota media del bacino = $\frac{\sum H_i \cdot A_i}{A}$, m s.l.m.;

$H_i$ = quota media di ciascuna fascia altimetrica;

$A_i$ = area sottesa dalla corrispondente fascia altimetrica.

| | | |
|---|---|---|
| S | 0.5 | [$Km^2$] Superficie Bacino |
| L | 1.3 | [Km] Lunghezza asta principale |
| Hm | 736 | [m] Altezza media del Bacino s.l.m.m. |
| Ho | 600 | [m] Quota della sez. di chiusura s.l.m.m. |

**L'altezza critica di precipitazione** $h_c$ è stata ricavata secondo la relazione:

$$h_{(t)} = at^n$$

I coefficienti a ed n sono stati ricavati in funzione del tempo di ritorno ed in funzione della posizione geografica (cella) del bacino e vengono riportati nella tabella seguente:

| cella | coord Est | coord Nord | a(T=200) | n(T=200) |
|---|---|---|---|---|
| DA 136 | 509000 | 4929000 | 100.93 | 0.341 |

$$\mathbf{h(T=200) = a\ T^n = 80.34\ mm}$$

Assumendo come coefficiente di deflusso il valore c = 0.8, ritenuto rappresentativo della notevole pendenza dei versanti e dello stato saturo del terreno, la portata duecentennale risulta:

$$\mathbf{Q200 = 17.44\ mc/s}$$

## 5. VERIFICA DELLA CAPACITA' DI SMALTIMENTO DELLA TOMBINATURA.

Il calcolo dei profili di corrente è stato intrapreso con le seguenti ipotesi iniziali:

- Moto permanente, gradualmente variato;
- Sezioni di monte e di valle assimilabili a sezioni di forma trapezoidale.

Le condizioni di moto uniforme sono state determinate mediante la Formula di Chezy:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i_f}$$

dove:

A = area della sezione liquida, in $m^2$;

R = raggio idraulico = $\frac{A}{B}$, in m;

B = perimetro bagnato = $b + 2 \cdot Y$, in m;

b = larghezza della sezione, in m;

Y = quota del pelo libero della corrente rispetto a fondo alveo, in m;

$i_f$ = pendenza del fondo, %;

$\chi$ = coefficiente di attrito, $m^{1/2}/s$.

Per il calcolo di $\chi$ è stata utilizzata la formula di Manning:

$$\chi = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}$$

dove n è il coefficiente di scabrezza definito in funzione della natura dell'alveo: in questo caso è stato assunto n pari a 0.03 per i tratti di alveo naturale e pari a 0.014 per i tratti di tombinatura in calcestruzzo.

La profondità critica iniziale, a monte della tombinatura, è stata calcolata risolvendo la seguente equazione, valida nel caso di sezioni trapezoidali:

$$\left(\frac{Y_c}{Y_{co}}\right)^3 \left(1+\frac{Y_c}{Y_{co}}\frac{Y_{co}tg(\theta)}{b_o}\right)^3 = 1+2\frac{Y_c}{Y_{co}}\frac{Y_{co}tg(\theta)}{b_o}$$

$$Y_{co} = \left(\alpha\frac{Q^2}{gb_o^2}\right)^{1/3}$$

Per confermare il tipo di moto che si instaura nell'alveo all'inizio dell'analisi, è stato determinato anche il n. di Froude ed il carico specifico della corrente:

$$E = Y + \alpha(Y)\frac{Q^2}{2g\Omega^2(Y)}$$

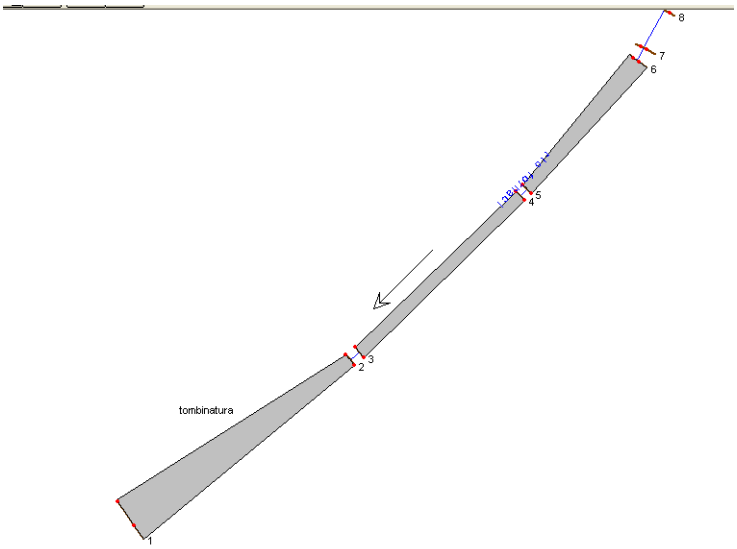
In corrispondenza dei restringimenti, nel caso di passaggio attraverso lo stato critico, la profondità a monte del restringimento medesimo è stata calcolata valutando dapprima le condizioni del moto in funzione del rapporto di restringimento $b_r/b$, ($b_r$, larghezza della sezione in corrispondenza del restringimento – b, larghezza della sezione di moto indisturbato), e successivamente applicando le seguenti relazioni:

$$(b_r/b)^{2/3} = \frac{3\cdot(Ytm/Yc)^2}{1+2\cdot(Ytm/Yc)^3}$$

$$Ym = K\cdot Ytm$$

Lungo il tratto di corso d'acqua esaminato, sono state definite alcune sezioni trasversali, in corrispondenza dei diversi tratti di tombinatura; altre sezioni sono state definite per ausilio delle operazioni di calcolo.

| N. Sezione | Descrizione |
|---|---|
| Sezione 8 | monte, condiz. di moto indisturbato |
| Sezione 7 | Imbocco scivolo in cls |
| Sezione 6 | Imbocco primo tratto tombinatura |
| Sezione 5.5 | inizio primo tratto tombinatura |
| Sezione 5 | Prima camera a cielo aperto |
| Sezione 4 | Valle prima camera a cielo aperto |
| Sezione 3.5 | inizio secondo tratto tombinatura |
| Sezione 3 | Inizio seconda camera a cielo aperto |
| Sezione 2 | Fine seconda camera a cielo aperto |
| Sezione 1.5 | inizio ultimo tratto tombinatura |
| Sezione 1 | Valle della tombinatura |




Come valore di pendenza del fondo è stato assunto 0.18, valore medio calcolato sul tratto del corso d'acqua in esame.

Le quote dei profili di corrente vengono calcolate assumendo gli argini infinitamente alti per tutto il tratto di corso d'acqua considerato.

## *6. RISULTATI.*

Di seguito vengono riportati i risultati del calcolo del profilo di corrente, determinati per il valore di portata duecentennale di $\mathbf{Q_{200} = 17.44\ m^3/s}$

Per tale valore di portata, la profondità di moto uniforme e la profondità critica, calcolate in corrispondenza della sezione 8, assumono, rispettivamente, i valori Yu ≅ 0.9 m e Yc ≅ 1.7 m. Si tratta quindi di corrente veloce.

Di seguito si riportano le grandezze caratteristiche della corrente nelle varie sezioni, determinate mediante modellazione HEC-RAS 4.1

| SEZIONI | Y + zf (m) | Yc (m) | Y risp fondo (m) | Y risp estradosso tomb (m) |
|---|---|---|---|---|
| 8 | 47.85 | 1.74 | 0.92 | |
| 7 | 45.05 | 1.87 | 0.82 | |
| 6 | 44.16 | 1.87 | 0.83 | |
| 5.5 | | | | 0 |
| 5 | 33.97 | 1.24 | 1.24 | |
| 4 | 38.25 | 1.24 | 6.12 | 1.23 |
| 3.5 | 38.25 | | 6.12 | 1.23 |
| 3 | 21.05 | | 3.01 | |
| 2 | 20.98 | 1.01 | 3.68 | 1.44 |
| 1.5 | 20.98 | | 3.68 | 1.44 |
| 1 | 1 | 1.0 | 1.0 | |

In corrispondenza della sezione 5, la corrente subisce un passaggio attraverso lo stato critico. Si rilevano due fenomeni esondativi in sezione 4 ed in sezione 2, praticamente in corrispondenza degli imbocchi del secondo e del terzo tratto di tombinatura. La superficie della corrente supera l'estradosso della tombinatura (corrispondente al piano carrabile dell'attuale pista di cava) di una quota pari a circa 1.23 m, alle sezioni 3.5 – 4 e di una quota pari a circa 1.5 m alle sezioni 2-1.5.

Al fine di evitare che, in caso di esondazione, il deflusso delle acque trasporti materiali lapidei, derivanti dall'escavazione e dalle lavorazioni all'interno della cava, verso la prosecuzione a cielo libero del rivo in oggetto (a valle del muraglione in c.a. a sostegno del piazzale), tali materiali saranno stoccati in aree collocate a quote maggiori rispetto sia al piazzale, sia all'area corrispondente al percorso della tombinatura ( indicativamente nelle zone in cui il territorio sarà coltivato a gradoni).

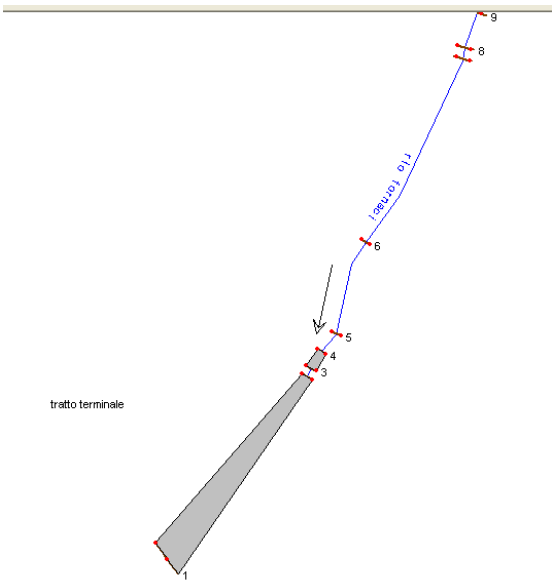
## 7. VERIFICA DELLA CAPACITA' DI SMALTIMENTO DEL RIVO SUCCESSIVAMENTE ALLA RIMOZIONE DI PARTE DELLA TOMBINATURA.

Si prevede, al termine della coltivazione della cava, di rimuovere parte della tombinatura che attualmente corre all'interno del sito. Il rivo, quindi, correrà a cielo aperto, fino ad una sezione immediatamente a monte rispetto a quella che attualmente è indicata come seconda camera a cielo aperto. Proseguendo verso valle da questo punto, la rimozione della tombinatura non risulta attuabile, al fine di non pregiudicare la stabilità delle opere di sostegno in cls armato che essa attraversa e dei relativi versanti.

Il tratto tombinato, successivamente alle opere di rimozione della tombinatura. (ove possibile) avrà una lunghezza di circa 110 m, e sarà costituito, per una prima parte, di lunghezza di circa 9 m, da n. 2 condotte in cls di diametro di 0.8 m e per la seconda parte, avente lunghezza di circa 95 m, da una unica condotta in cls di diametro di 1.2 m.

Il calcolo dei profili di corrente è stato esperito mediante l'utilizzo del software HEC RAS 4.1, considerando le ipotesi e le relazioni descritte al paragrafo 5. Lungo il tratto di corso d'acqua esaminato, sono state definite alcune sezioni trasversali, in corrispondenza dei diversi tratti di tombinatura; altre sezioni sono state definite per ausilio delle operazioni di calcolo. Le sezioni più significative sono visibili nella documentazione fotografica allegata.

| N. Sezione | Descrizione |
|---|---|
| Sezione 9 | monte, condiz. di moto indisturbato |
| Sezione 8 | Imbocco scivolo in cls |
| Sezione 7 | Fine scivolo |
| Sezione 6 | rivo a cielo aperto dopo la rimozione della tombinatura |
| Sezione 5 | rivo a cielo aperto dopo la rimozione della tombinatura |
| Sezione 4 | A Monte dell'inizio primo tratto tombinatura doppia |
| Sezione 3.5 | inizio primo tratto tombinatura |
| Sezione 3 | Inizio camera a cielo aperto |
| Sezione 2 | Fine camera a cielo aperto |
| Sezione 1.5 | inizio ultimo tratto tombinatura singola |
| Sezione 1 | sbocco della tombinatura |




Come valore di pendenza del fondo è stato assunto 0.18, valore medio calcolato sul tratto del corso d'acqua in esame.

Le quote dei profili di corrente vengono calcolate assumendo gli argini infinitamente alti per tutto il tratto di corso d'acqua considerato.

## *8. RISULTATI.*

Di seguito vengono riportati i risultati del calcolo del profilo di corrente, determinati per il valore di portata duecentennale di $\mathbf{Q_{200} = 17.44\ m^3/s}$

Per tale valore di portata, la profondità di moto uniforme e la profondità critica, calcolate in corrispondenza della sezione 9, assumono, rispettivamente, i valori Yu ≅ 0.9 m e Yc ≅ 1.8 m. Si tratta quindi di corrente veloce.

Di seguito si riportano le grandezze caratteristiche della corrente nelle varie sezioni, determinate mediante modellazione HEC-RAS 4.

| SEZIONI | Y + zf (m) | Yc (m) | Y risp fondo (m) | Y risp estradosso tomb (m) | Y risp max quota argine (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 48.56 | 1.82 | 0.93 | | ok |
| 8 | 45.61 | 1.89 | 0.73 | | ok |
| 7 | 44.71 | 1.89 | 0.70 | | ok |
| 6 | 30.04 | 1.52 | 1.52 | | ok |
| 5 | 24.79 | 1.52 | 3.56 | | + 1.5 |
| 4 | 24.82 | 1.19 | 5.30 | 1.35 | |
| 3.5 | 24.82 | | 5.30 | 1.35 | |
| 3 | 20.92 | 1.11 | 2.88 | | |
| 2 | 20.94 | 1.11 | 3.60 | 1.44 | |
| 1.5 | 20.94 | | 3.60 | 1.44 | |
| 1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | | |

In corrispondenza della sezione 6, la corrente subisce un passaggio attraverso lo stato critico. Si rilevano due fenomeni esondativi in sezione 5 ed in sezione 2, a monte del primo tratto di tombinatura doppia ed in corrispondenza dell'imbocco del tratto di tombinatura singola. La superficie della corrente supera l'estradosso della tombinatura (corrispondente al piano carrabile dell'attuale strada di cantiere) di una quota pari a circa 1.35 m, alle sezioni 3.5 –4 e di una quota pari a circa 1.44 m alle sezioni 2-1.5. Si segnala, inoltre il superamento della quota dell'argine naturale di un'altezza pari a 1.5 m, in corrispondenza della sezione 5.

Al fine di evitare che in caso di esondazione, il deflusso della piena invada le aree a valle della camera a cielo aperto, si rende necessaria la costruzione di un muro d'argine di altezza di circa 1.5 m, a partire da un punto localizzato a monte della sezione 5 (sezione 6 in tav. "regimazione acque"), primo punto di esondazione, fino ad arrivare, seguendo il percorso del corso d'acqua verso valle, al muro in cls armato che sostiene il piazzale. All'interno del piazzale medesimo, come indicato ai precedenti paragrafi, non verranno stoccati materiali lapidei che potrebbero essere trasportati all'interno della prosecuzione a cielo libero del Rio, a valle del sito di cava in oggetto.

## 9. VERIFICA DI SMALTIMENTO DELLA PORTATA DELLE CANALINE DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE.

Per quanto riguarda la regimazione delle acque superficiali provenienti dai gradoni della zona interessata dagli scavi, si prevede da progetto di posare in opera canaline in cls, rettangolari di dimensioni pari a 50 x 50 cm e 60 x 60 cm, di dimensione crescente scendendo da monte verso valle.

Per eseguire la verifica della loro capacità di smaltimento, è stata calcolata la portata scolante proveniente dall'area sistemata a gradoni, considerando i tratti di canaline di entrambe le misure collocati più a valle, captanti, quindi, la massima portata proveniente dalla totalità dell'area per la quale sono a servizio.

### 9.1 Verifica della canalina di dimensioni 50 x 50 cm

Ai fini della verifica è stata considerato il tratto di canalina di maggiore lunghezza, situato a valle dei primi 2 – 3 gradoni (partendo da monte), corrente tra la quota massima di 614 s.l.m. e la quota di 593 m s.l.m. Si considera la suddetta parte di canalina come un tratto di corso d'acqua, avente lunghezza di circa 118.94 m = 0.119 km e pendenza pari al 10%.

Per il calcolo della portata è stato utilizzato il metodo descritto ai precedenti paragrafi; i coefficienti a ed n, sono stati desunti in funzione della posizione geografica del bacino, e sono, quindi, analoghi a quelli sopra indicati. E' stata assunta, come superficie scolante, quella indicata nella planimetria in allegato 2, le cui acque di dilavamento vengono convogliate verso il tratto più lungo di canalina avente dimensioni 50 x 50 cm.

L'estensione di tale area è di circa 0.012 kmq. Il coefficiente di deflusso è stato assunto il valore c = 0.8.

| | | |
|---|---|---|
| S | ⇨ 0.012 | [Km²] Superficie Bacino |
| L | ⇨ 0.118 | [Km] Lunghezza asta principale |
| Hm | ⇨ 626 | [m] Altezza media del Bacino s.l.m.m. |
| Ho | ⇨ 602 | [m] Quota della sez. di chiusura s.l.m.m. |

$$Tc = \frac{4\sqrt{S} + 1{,}5L}{0{,}8\sqrt{(Hm - Ho)}} \Rightarrow 0.16 \quad [ore]$$

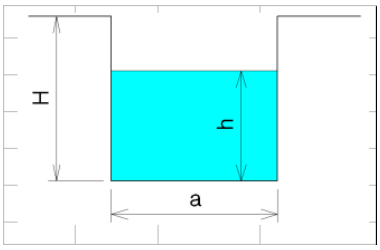
| cella | coord Est | coord Nord | a(T=200) | n(T=200) |
|---|---|---|---|---|
| DA 136 | 509000 | 4929000 | 100.93 | 0.341 |

Assumendo come coefficiente di deflusso il valore c = 0.8, ritenuto rappresentativo della notevole pendenza dei versanti e dello stato saturo del terreno, la portata duecentennale risulta di circa:

**Q200 = 1.027 mc/s**

La verifica della capacità di smaltimento della condotta è stata eseguita ipotizzando condizioni di moto uniforme e considerando un deflusso a sezione piena.

Dati geometrici della sezione:



| | | | |
|---|---|---|---|
| **H** | ⇨ | *0.50* | ALTEZZA [m] |
| **a** | ⇨ | *0.50* | [m] |
| **h** | ⇨ | *0.50* | [m] |
| **p** | ⇨ | 10% | Pendenza |
| ***m*** | ⇨ | *0.36* | Coeff. di scabrosità di Kutter |

Il coefficiente di scabrosità di Kutter, è stato assunto pari a 0.36 (pareti in calcestruzzo non perfettamente lisciate).

Con queste ipotesi, sono stati ricavati il contorno bagnato, il raggio idraulico e la sezione di deflusso, mediante le relazioni di seguito riportate:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Contorno bagnato | $Pb = a + 2h$ | ⇨ | **1.500** | [m] |
| | Area di deflusso | $A = ah$ | ⇨ | **0.2500** | [$m^2$] |
| | Raggio idraulico | $Ri = \frac{A}{Pb}$ | ⇨ | **0.167** | [m] |

La verifica della sezione, è stata quindi condotta determinando la portata smaltita dalla condotta, per valori di altezza d'acqua variabili da un minimo di 0.03 m, corrispondente a condizioni di magra, ad un massimo di 0.5 m, corrispondenti a deflusso a sezione piena, , attraverso le seguenti relazioni:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Portata | $Q = AV$ | dove | A = Area di deflusso | |
| | | | V = Velocità di deflusso | |
| Velocità di deflusso | $V = c\sqrt{R_i\, p}$ | dove | c = coefficiente di attrito | |
| | | | Ri = raggio idraulico | |
| | | | p = pendenza | |
| Coefficiente di attrito | $c = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$ | dove | *m* = Coeff. Di scabrosità di Kutter | |

I risultati sono stati riportati nella tabella seguente:

| h [m] | Q[m$^3$/sec] |
|---|---|
| 0.03 | 0.018 |
| 0.05 | 0.058 |
| 0.08 | 0.114 |
| 0.10 | 0.180 |
| 0.13 | 0.254 |
| 0.15 | 0.334 |
| 0.18 | 0.418 |
| 0.20 | 0.507 |
| 0.23 | 0.598 |
| 0.25 | 0.692 |
| 0.28 | 0.789 |
| 0.30 | 0.887 |
| 0.33 | 0.987 |
| 0.35 | 1.088 |
| 0.38 | 1.190 |
| 0.40 | 1.293 |
| 0.43 | 1.398 |
| 0.45 | 1.503 |
| 0.48 | 1.609 |
| 0.50 | 1.715 |

Dai valori riportati nella tabella si evince come in condizioni di deflusso a sezione piena, la canalina riesca a far defluire a valle una portata pari a 1.715 mc/s, maggiore della portata duecentennale calcolata per l'area scolante in esame.

### 9.2 Verifica della canalina di dimensioni 60 x 60 cm

Ai fini della verifica è stata considerato il tratto di canalina di maggiore lunghezza, situato a valle di tutta l'aera sistemata a gradoni, corrente tra la quota massima di 577.23 slm e la quota minima di 561.50 m slm. Si considera la suddetta parte di canalina come un tratto di corso d'acqua, avente lunghezza di circa 100 m = 0.1 km e pendenza pari al 16%.

Per il calcolo della portata è stato utilizzato il metodo descritto ai precedenti paragrafi; i coefficienti a ed n, sono stati desunti in funzione della posizione geografica del bacino, e sono, quindi, analoghi a quelli sopra indicati. E' stata assunta, come superficie scolante, quella indicata nella planimetria in allegato 3, le cui acque di dilavamento vengono convogliate verso il tratto più lungo di canalina avente dimensioni 60 x 60 cm.

L'estensione di tale area è di circa 0.02 kmq. Il coefficiente di deflusso è stato assunto il valore c = 0.8.

| | | |
|---|---|---|
| S ⇨ | *0.02* | [Km$^2$] Superficie Bacino |
| L ⇨ | *0.1* | [Km] Lunghezza asta principale |
| Hm ⇨ | *605* | [m] Altezza media del Bacino s.l.m.m. |
| Ho ⇨ | *577* | [m] Quota della sez. di chiusura s.l.m.m. |

| | |
|---|---|
| $Tc = \frac{4\sqrt{S} + 1{,}5L}{0{,}8\sqrt{(Hm - Ho)}}$ | [ore] ⇨ 0.17 |

| cella | coord Est | coord Nord | a(T=200) | n(T=200) |
|---|---|---|---|---|
| DA 136 | 509000 | 4929000 | 100.93 | 0.341 |

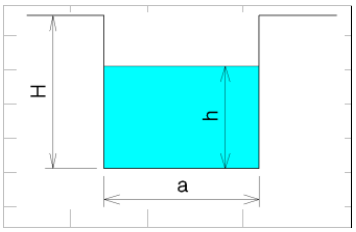
Assumendo come coefficiente di deflusso il valore c = 0.8, ritenuto rappresentativo della notevole pendenza dei versanti e dello stato saturo del terreno, la portata duecentennale risulta di circa:

**Q200 = 1.707 mc/s**

Alla portata duecentennale così calcolata, si deve aggiungere quella proveniente dalla canalina di dimensioni 50 x 50 cm, verificata al paragrafo precedente, che si innesta direttamente in quella di dimensioni maggiori ora descritta. La portata totale scolante all'interno della presente canalina è la seguente:

**Q200 = 1.707 + 1.027 = 2.734 mc/s**

La verifica della capacità di smaltimento della condotta è stata eseguita ipotizzando condizioni di moto uniforme e considerando un deflusso a sezione piena.




| | | |
|---|---|---|
| H | ⇨ 0.60 | ALTEZZA [m] |
| a | ⇨ 0.60 | [m] |
| h | ⇨ 0.60 | [m] |
| p | ⇨ 16% | Pendenza |
| m | ⇨ 0.36 | Coeff. di scabrosità di Kutter |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Contorno bagnato | $Pb = a + 2h$ | ⇨ 1.800 | [m] |
| Area di deflusso | $A = ah$ | ⇨ 0.3600 | [m$^2$] |
| Raggio idraulico | $Ri = \frac{A}{Pb}$ | ⇨ 0.200 | [m] |

La verifica della sezione, è stata quindi condotta determinando la portata smaltita dalla condotta, per valori di altezza d'acqua variabili da un minimo di 0.03 m, corrispondente a condizioni di magra, ad un massimo di 0.6 m, corrispondenti a deflusso a sezione piena, attraverso le relazioni riportate per il caso precedente.

I risultati sono stati riportati nella tabella seguente:

| h [m] | Q[$m^3$/sec] |
|---|---|
| 0.03 | 0.037 |
| 0.06 | 0.123 |
| 0.09 | 0.240 |
| 0.12 | 0.378 |
| 0.15 | 0.532 |
| 0.18 | 0.699 |
| 0.21 | 0.875 |
| 0.24 | 1.059 |
| 0.27 | 1.249 |
| 0.30 | 1.445 |
| 0.33 | 1.645 |
| 0.36 | 1.849 |
| 0.39 | 2.056 |
| 0.42 | 2.266 |
| 0.45 | 2.479 |
| 0.48 | 2.693 |
| 0.51 | 2.910 |
| 0.54 | 3.128 |
| 0.57 | 3.347 |
| 0.60 | 3.568 |

Dai valori riportati nella tabella si evince come in condizioni di deflusso a sezione piena, la canalina riesca a far defluire a valle una portata di circa 3.5 mc/s, maggiore della portata duecentennale calcolata per l'area scolante in esame.

## 10. VERIFICA DI SMALTIMENTO DELLA PORTATA DELLA TUBAZIONE DI DRENAGGIO PROFONDO

La zona immediatamente sovrastante il piazzale sarà oggetto di sistemazione ambientale e sarà interessata da un riempimento realizzato con terreno di riporto (terreno e rocce da scavo), sostenuto alla base da opera di sostegno in blocchi lapidei. Per quanto riguarda la captazione delle quota parte di acque meteoriche che, in questa area, si infiltrano nel sottosuolo, si prevede di posare in opera tubazione di drenaggio profondo, che viene di seguito dimensionata e verificata.

Per eseguire la verifica, è stata calcolata la portata di acqua che si infiltra nel sottosuolo, considerandola come una quota parte dell' altezza di pioggia effettiva che cade sull'area in esame. Perché si verifichi un importante fenomeno di infiltrazione, il terreno deve risultare poco saturo al momento del verificarsi di un evento di pioggia duecentennale. Se si considera come coefficiente di deflusso un valore pari a 0.6, si può ipotizzare che il 40% della pioggia effettiva si infiltri nel terreno. Tale valore è anche comprensivo della quota parte di precipitazione efficace che non contribuisce ne all'infiltrazione ne al deflusso in superficie in quanto smaltita per evapo-traspirazione.

Ai fini della verifica è stata considerata una tubazione di diametro pari a 0.3 m, che sarà posata in opera in concomitanza con la realizzazione del riempimento, avente lunghezza di circa 90 m, corrente tra la quota massima di 600 s.l.m. e la quota minima di 567 m s.l.m. Si paragona la suddetta parte di canalina ad un tratto di corso d'acqua, avente lunghezza di circa 90 m = 0.090 km e pendenza pari al 35%.

Per il calcolo della portata è stato utilizzato il metodo descritto ai precedenti paragrafi; i coefficienti a ed n, sono stati desunti in funzione della posizione geografica del bacino, e sono, quindi, analoghi a quelli indicati nei paragrafi precedenti. E' stata assunta, come superficie scolante, quella indicata nella planimetria in allegato 4, le cui acque di dilavamento vengono si infiltrano nel sottosuolo e vengono convogliate all'interno del sistema di drenaggio.

L'estensione di tale area è di circa 0.012 kmq. Il coefficiente di deflusso è stato assunto il valore c = 0.4.

| | | | |
|---|---|---|---|
| S | ⇨ | 0.012 | [Km$^2$] Superficie Bacino |
| L | ⇨ | 0.09 | [Km] Lunghezza asta principale |
| Hm | ⇨ | 579 | [m] Altezza media del Bacino s.l.m.m. |
| Ho | ⇨ | 567 | [m] Quota della sez. di chiusura s.l.m.m. |

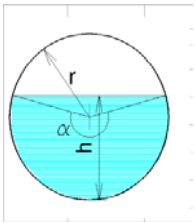
$$Tc = \frac{4\sqrt{S} + 1{,}5L}{0{,}8\sqrt{(Hm - Ho)}} \Rightarrow 0.21 \quad [ore]$$

| cella | coord Est | coord Nord | a(T=200) | n(T=200) |
|---|---|---|---|---|
| DA 136 | 509000 | 4929000 | 100.93 | 0.341 |

Assumendo come coefficiente di deflusso il valore c = 0.4, ritenuto rappresentativo stato di saturazione del terreno, la portata che si infiltra risulta di circa:

**Q200 = 0.38 mc/s**

La verifica della capacità di smaltimento della condotta è stata eseguita ipotizzando condizioni di moto uniforme e considerando una condotta a sezione circolare di diametro pari a 0.3 m, con deflusso a sezione piena.



| | | |
|---|---|---|
| d | 0.30 | DIAMETRO [m] |
| r | 0.15 | [m] |
| h | 0.3 | [m] |
| p | 35% | Pendenza |
| m | 0.25 | Coeff. di scabrosità di Kutter |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Angolo al centro | $\alpha$ | 360.0 | [°] |
| Contorno bagnato | $Pb = 2\pi(\frac{\alpha}{360°} r)$ | 0.942 | [m] |
| Area di deflusso | $A = 1/2 r^2(\frac{\pi\alpha}{180°} - \text{sen}\,\alpha)$ | 0.0707 | [m$^2$] |
| Raggio idraulico | $Ri = \frac{A}{}$ | 0.075 | [m] |

La verifica della sezione, è stata quindi condotta determinando la portata smaltita dalla condotta, per valori di altezza d'acqua variabili da un minimo di 0.02 m, corrispondente a condizioni di magra, ad un massimo di 0.3 m, corrispondenti a deflusso a sezione piena, attraverso le relazioni riportate per il caso precedente.

I risultati sono stati riportati nella tabella seguente:

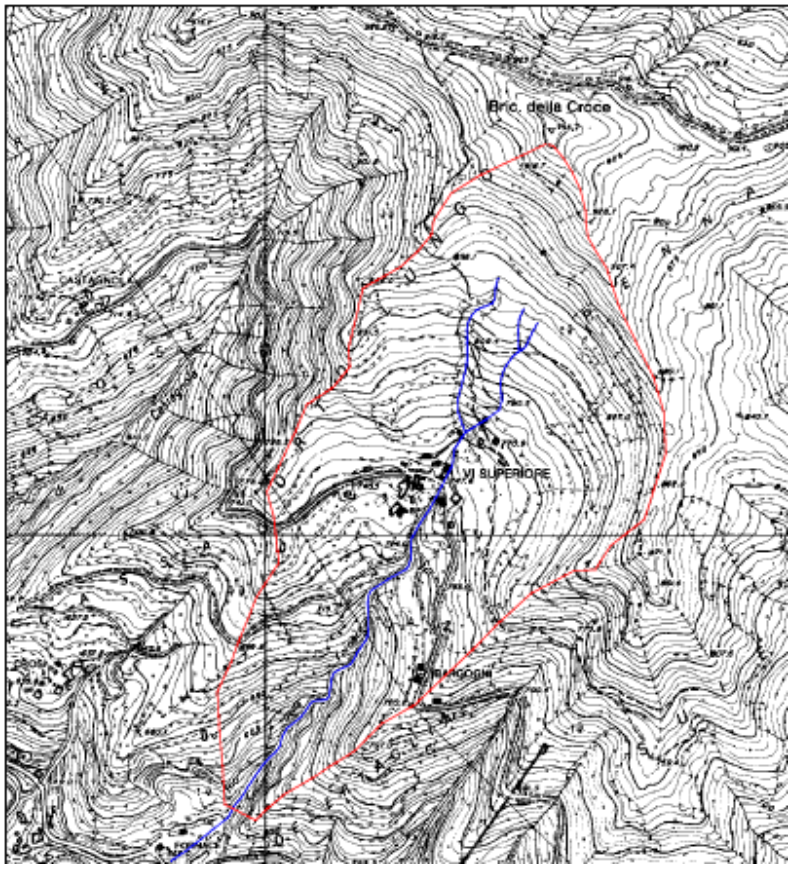
| h [m] | Q[m$^3$/sec] |
|---|---|
| 0.02 | 0.002 |
| 0.03 | 0.011 |
| 0.05 | 0.026 |
| 0.06 | 0.049 |
| 0.08 | 0.078 |
| 0.09 | 0.114 |
| 0.11 | 0.154 |
| 0.12 | 0.199 |
| 0.14 | 0.248 |
| 0.15 | 0.299 |
| 0.17 | 0.352 |
| 0.18 | 0.405 |
| 0.20 | 0.457 |
| 0.21 | 0.507 |
| 0.23 | 0.553 |
| 0.24 | 0.593 |
| 0.26 | 0.625 |
| 0.27 | 0.646 |
| 0.29 | 0.649 |
| 0.30 | 0.599 |

Dai valori riportati nella tabella si evince come in condizioni di deflusso a sezione piena, la condotta riesca a far defluire a valle una portata di circa 0.6 mc/s, valore maggiore della portata d'acqua che si infiltra in occasione di un evento di pioggia duecentennale, calcolata per l'area in esame.

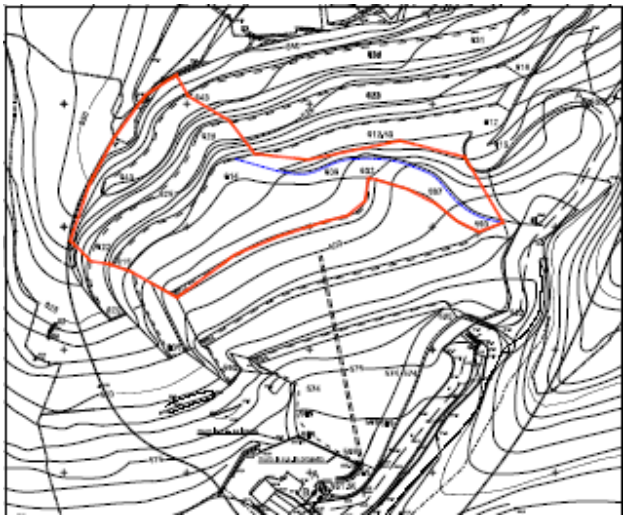
Genova, 10.09.2010

Dott. Ing. Carla Mandraccia

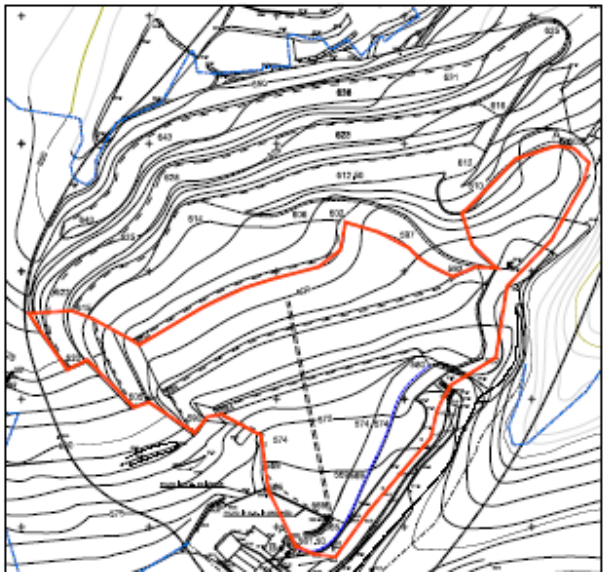
**Allegato 1 – bacino imbrifero.**



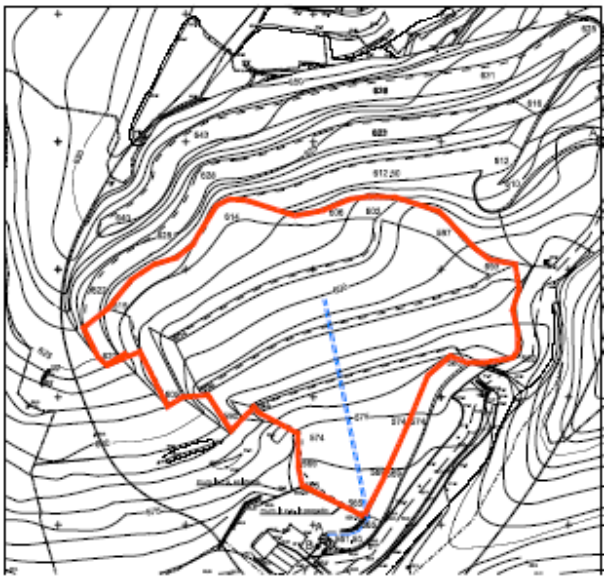
**Allegato 2 : tratto di canalina 50 x 50 cm verificato e relativa superficie scolante considerata**



**Allegato 3 : tratto di canalina 60 x 60 cm verificato e relativa superficie scolante considerata**



**Allegato 4 : tubazione di drenaggio profondo verificata e relativa superficie scolante considerata**



# ***DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA***