COMUNE di MILLESIMO

PROVINCIA DI SAVONA



INTERVENTO DI SISTEMAZIONE FINALE E RECUPERO AMBIENTALE DELLA CAVA "BINE'"

COMMITTENTE

BAGNASCO EDOARDO S.r.l.
Via Cosseria 15
17056 - CENGIO (SV)

PROGETTISTI INCARICATI:

Tomaso Cerruti - Cerruti 1981 S.r.l.
Via Castellani 20 - 17043 Carcare (SV)

Dott. Geol. Marcello Brancucci
Via XX Settembre 5 - 17100 Savona

Ing. Roberto Desalvo - StAigeS Ingegneria S.r.l.
Corso Italia 22/6 - 17100 Savona

Dott. Fabio Palazzo
Dottore Agronomo, Guida Alpina-maestro di alpinismo
Landscape & Mountain design & planning
Via XX Settembre 28 10A - 16121 Genova

REV.	DATA	DESCRIZIONE
00	GIUGNO 2021	PRIMA EMISSIONE

DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI REGIMAZIONE ACQUE BIANCHE

1 PREMESSA

Il sottoscritto Ing. Desalvo Roberto, amministratore unico e direttore tecnico della StAigeS Ingegneria s.r.l. con sede in Savona Corso Italia n. 22/6, su incarico della Committenza Impresa Bagnasco Edoardo S.r.l. redige la presente relazione inerente il dimensionamento della rete di drenaggio delle acque meteoriche prevista nell'ambito del progetto di sistemazione finale e recupero ambientale della cava denominata Binè, in comune di Millesimo (SV).

2 DESCRIZIONE DELLE OPERE DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE

Come descritto nella relazione illustrativa e facendo riferimento alle tavole di progetto allegate, la ricostruzione del versante meridionale del bric Sardo interessato dalla passata attività estrattiva richiederà la creazione di un riempimento da realizzarsi con terreni sciolti di idonee caratteristiche geotecniche.

Durante le fasi di riempimento, nel periodo transitorio in cui il nuovo versante non risulterà ancora protetto dalle nuove piantumazioni, diventa di fondamentale importanza la corretta regimazione delle acque meteoriche, al fine di evitare l'instaurarsi di fenomeni di ruscellamento incontrollato e la conseguente insorgenza di fenomeni erosivi a carico del riempimento in fase di realizzazione.

A tale scopo si prevede la creazione di una rete di drenaggio costituita da canalette scavate in terra che convoglierano le acque piovane fino alla vasca di sedimentazione posta lungo la strada di accesso alla cava.

Il reticolo costituito dalle canalette avrà una struttura ramificata “ad albero”, in cui la sezione delle stesse aumenterà via via che l'acqua procede nel suo percorso. Si prevede quindi la realizzazione di canalette di ridotte dimensioni (**livello 1**) preposte alla raccolta delle acque di ruscellamento, che recapiteranno il flusso idrico in due canalette più grandi (**livello 2**) poste longitudinalmente alle piste di arroccamento orientale ed occidentale, le quali a loro volta confluiranno in un ultimo canale (**livello 3**) che terminerà nella vasca di sedimentazione citata. Dalla vasca si dipartirà una tubazione interrata in calcestruzzo che convoglierà le acque di scarico verso il rio Sardo. Tale tubazione sarà anche dedicata al recapito nel corso d'acqua principale delle acque raccolte da un impluvio laterale, come già accade allo stato attuale.

Tutte le canalette e la condotta sono state verificate per portate aventi tempo di ritorno pari a 20 anni, valore usualmente utilizzato per il dimensionamento delle reti di drenaggio per le acque meteoriche.

3 IL BACINO IDROGRAFICO E CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO

Il bacino idrografico utilizzato per la valutazione delle portate di progetto coincide con il versante del bric Sardo che concorre al deflusso superficiale nella sezione di chiusura considerata, variabile di volta in volta in base al livello delle canalette considerato.

L'area assume valori variabili da circa 0,085 km^2 per il calcolo della condotta sottostradale, fino a circa 0,0156 km^2 per le canalette di ordine 1.

Le portate di progetto relative al bacino di cava Binè, sotteso alla rete di drenaggio oggetto di verifica, sono state determinate secondo la metodologia indicata nella "*Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica"* emessa ai sensi dell'art. 10 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), nel seguito indicata brevemente come *Direttiva piene*.

- ***Stima del tempo di corrivazione***

La stima del tempo di corrivazione per il bacino è stata effettuata mediante l'applicazione di diverse formule empiriche di utilizzo corrente, riportate nella seguente **Tabella 1**, in cui:

A = superficie del bacino in km^2;

L = lunghezza del percorso idraulicamente più lungo del bacino in km;

H_m = altitudine media del bacino (m s.l.m.);

H_0 = altitudine della sezione di chiusura (m s.l.m.);

Hmax = altitudine massima del bacino (m s.l.m.);

p = pendenza media dei versanti;

p_f= pendenza media fiume;

i = pendenza media dell'asta torrentizia.

Il tempo di corrivazione utilizzato per il calcolo delle portate è stato infine determinato come media sui valori ottenuti, escludendo gli estremi inferiore e superiore.

Giandotti	$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1{,}5\,L}{0.8\sqrt{H_m} - H_0}$
Ventura	$t_c = 0{,}127\sqrt{\frac{A}{i}}$
Pezzoli	$t_c = 0{,}055\frac{L}{\sqrt{i}}$
Kirpich	$t_c = 0{,}066\frac{L^{0{,}77}}{p}$
Tournon	$t_c = \frac{0{,}396\,L}{\sqrt{i}}\left(\frac{A}{L^2}\sqrt{\frac{i}{p}}\right)^{0{,}72}$
Puglisi	$t_c = 6\mathrm{L}^{2/3}\left(H_{max} - H_{min}\right)^{-1/3}$
Merlo	$t_c = 0{,}396\frac{L}{\sqrt{p}}\left(\frac{A}{L^2}\sqrt{\frac{p_f}{p}}\right)^{0{,}72}$

Tabella 1: Formule utilizzate per la stima del tempo di corrivazione.

Livello 1

L_asta [km]	0.250	Lunghezza asta fluviale	0.14	***Giandotti [h]***
H_max [m]	630	Quota massima bacino	0.02	***Ventura [h]***
H_chiusura [m]	510	Quota minima bacino	0.02	***Pezzoli [h]***
A [kmq]	0.016	Area bacino	0.48	***Puglisi [h]***
p_media versanti	0.300	Pendenza media dei versanti	0.05	***Kirpich [h]***
H_media [m]	570		0.03	***Tournon [h]***
P_med_fiume	0.480		0.06	***Merlo [h]***

tc [h]	**0.06**

Tabella 2: Calcolo del tempo di corrivazione per le canalette di livello 1

Livello 2

L_asta [km]	0.524	Lunghezza asta fluviale	0.25	***Giandotti [h]***
H_max [m]	630	Quota massima bacino	0.05	***Ventura [h]***
H_chiusura [m]	478	Quota minima bacino	0.05	***Pezzoli [h]***
A [kmq]	0.054	Area bacino	0.73	***Puglisi [h]***
p_media versanti	0.300	Pendenza media dei versanti	0.14	***Kirpich [h]***
H_media [m]	554		0.08	***Tournon [h]***
P_med_fiume	0.290		0.12	***Merlo [h]***

tc [h]	**0.13**

Tabella 3: Calcolo del tempo di corrivazione per le canalette di livello 2

Livello 3

L_asta [km]	0.800	Lunghezza asta fluviale	0.30	***Giandotti [h]***
H_max [m]	630	Quota massima bacino	0.07	***Ventura [h]***
H_chiusura [m]	448	Quota minima bacino	0.09	***Pezzoli [h]***
A [kmq]	0.076	Area bacino	0.91	***Puglisi [h]***
p_media versanti	0.300	Pendenza media dei versanti	0.24	***Kirpich [h]***
H_media [m]	539		0.09	***Tournon [h]***
P_med_fiume	0.228		0.13	***Merlo [h]***

tc [h]	**0.17**

Tabella 4: Calcolo del tempo di corrivazione per le canalette di livello 3.

Tubazione sottostradale

L_asta [km]	0.800	Lunghezza asta fluviale	0.31	***Giandotti [h]***
H_max [m]	630	Quota massima bacino	0.08	***Ventura [h]***
H_chiusura [m]	448	Quota minima bacino	0.09	***Pezzoli [h]***
A [kmq]	0.085	Area bacino	0.91	***Puglisi [h]***
p_media versanti	0.300	Pendenza media dei versanti	0.24	***Kirpich [h]***
H_media [m]	539		0.10	***Tournon [h]***
P_med_fiume	0.228		0.14	***Merlo [h]***

tc [h]	**0.18**

Tabella 5: Calcolo del tempo di corrivazione per la tubazione sottostradale.

- ***Determinazione delle portate di progetto – metodo razionale***

La stima delle portate con assegnato tempo di ritorno è stata effettuata a partire dalle osservazioni pluviometriche relative al bacino idrografico chiuso alla sezione di interesse, con successiva applicazione del modello afflussi-deflussi nella forma del *metodo razionale*:

$$Q = 0{,}28\,ciA$$

dove:

Q = portata al colmo (m^3/s);

c = coefficiente di deflusso;

i = intensità di pioggia (mm/h);

A = superficie del bacino (km^2).

Data l'assenza di strumenti di misura delle precipitazioni intense all'interno del bacino idrografico del rio Sardo, per la valutazione delle altezze di pioggia riferite ai diversi periodi di ritorno (20, 100, 200 e 500 anni) si è fatto ricorso all'interpolazione spaziale dei parametri *a* ed *n* delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica ($h(t)=a*t_n$) effettuata con il metodo di Kriging, discretizzati in base ad un reticolo di 2 km di lato. Con riferimento all'Allegato 3 alla *Direttiva Piene* (relativo alla distribuzione spaziale delle precipitazioni intense) ed alla **Figura 1** seguente, nella quale è riportata la sovrapposizione tra il bacino del rio Sardo (all'interno del quale ricade il sito di cava Binè) e la griglia di discretizzazione precedentemente citata, è stato possibile individuare gli squadri di interesse all'interno dei quali ricade il bacino stesso e calcolare di conseguenza i parametri *a* ed *n* come media dei corrispondenti valori relativi ai singoli squadri secondo quanto riportato nella seguente **Tabella 6.**

L'intensità di pioggia relativa ai diversi periodi di ritorno risulta derivabile dall'altezza di pioggia precedentemente calcolata, ipotizzando una durata pari a quella del tempo di corrivazione del bacino idrografico.

Nelle **Tabelle 7, 8 e 9** seguenti si riporta una sintesi delle grandezze utilizzate per la determinazione delle portate al colmo del rio Sardo per i diversi periodi di ritorno ed i corrispondenti valori delle portate di progetto.

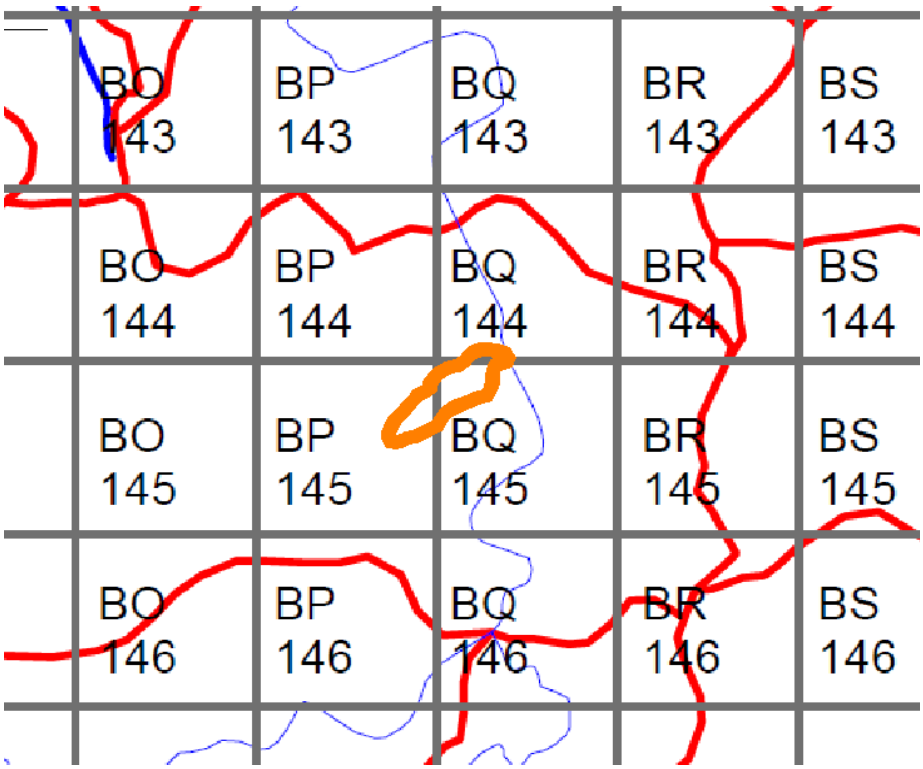


Figura 1: posizionamento del bacino di cava Binè nella griglia di discretizzazione

	T=20		T=100		T=200		T=500	
	a	n	a	n	a	n	a	n
BP145	*41.070*	*0.419*	*52.860*	*0.415*	*57.900*	*0.414*	*64.540*	*0.413*
BQ145	*42.360*	*0.419*	*54.510*	*0.415*	*59.720*	*0.413*	*66.580*	*0.412*
BP144	*42.570*	*0.422*	*54.900*	*0.419*	*60.160*	*0.418*	*67.100*	*0.418*
BQ144	*43.700*	*0.419*	*56.380*	*0.414*	*61.800*	*0.413*	*68.950*	*0.412*
BP146	*39.810*	*0.424*	*51.090*	*0.420*	*55.910*	*0.419*	*62.260*	*0.418*
BQ146	*40.890*	*0.424*	*52.450*	*0.421*	*57.410*	*0.419*	*63.940*	*0.418*
MEDIA	**41.73**	**0.421**	**53.70**	**0.417**	**58.82**	**0.416**	**65.56**	**0.415**

Tabella 6: Parametri a ed n delle curve di possibilità pluviometrica

Livello 1

T_ritorno	20	100	200	500	
h(T)	12.76	16.60	18.25	20.39	curve di probabilità pluviometrica (mm)
i(T)	212.68	276.62	304.13	339.80	intensità di pioggia (mm/h)
c	0.70	0.76	0.78	0.80	corfficiente di deflusso
Q	0.66	0.92	1.04	1.19	portate di progetto [m3/s]

Tabella 7: Calcolo portate di progetto per le canalette di livello 1.

Livello 2

T_ritorno	20	100	200	500	
h(T)	17.56	22.77	25.01	27.93	curve di probabilità pluviometrica (mm)
i(T)	137.17	177.89	195.38	218.16	intensità di pioggia (mm/h)
c	0.60	0.66	0.68	0.71	corfficiente di deflusso
Q	1.23	1.78	2.02	2.34	portate di progetto [m3/s]

Tabella 7: Calcolo portate di progetto per le canalette di livello 2

Livello 3

T_ritorno	20	100	200	500	
h(T)	19.79	25.63	28.14	31.42	curve di probabilità pluviometrica (mm)
i(T)	116.39	150.78	165.55	184.80	intensità di pioggia (mm/h)
c	0.55	0.62	0.64	0.67	corfficiente di deflusso
Q	1.37	2.00	2.28	2.65	portate di progetto [m3/s]

Tabella 8: Calcolo portate di progetto per la canaletta di livello 3

Tubazione sottostradale

T_ritorno	20	100	200	500	
h(T)	20.08	26.01	28.55	31.87	curve di probabilità pluviometrica (mm)
i(T)	114.08	147.77	162.23	181.09	intensità di pioggia (mm/h)
c	0.55	0.62	0.64	0.67	corfficiente di deflusso
Q	1.48	2.17	2.47	2.88	portate di progetto [m3/s]

Tabella 9: Calcolo portate di progetto per la tubazione sottostradale

La stima del coefficiente di deflusso *c* indicato nelle tabelle precedentemente riportate è stata effettuata utilizzando il metodo SCS.

Il coefficiente di deflusso di un bacino è definibile come la quota parte di pioggia che raggiunge la sezione interessata, e ottenibile dal seguente rapporto:

$$c = \frac{P_e}{h(T)}$$

dove P_e rappresenta la *precipitazione efficace* e $h(t_c)=at^n$ è la precipitazione totale precedentemente calcolata sulla base del reticolo geografico dei parametri *a* ed *n*. Tali parametri possono essere stimati mediante le seguenti formule:

$$P_e = \frac{P_n^2}{P_n + S} \qquad P_n = P - I_A \qquad I_A = k_{ia} S$$

dove:

- P = pioggia totale (mm);
- P_e = pioggia efficace (mm);
- P_n = pioggia netta (mm);
- S = capacità idrica massima del suolo (mm);
- I_A = perdite iniziali (mm);

- k_{ia} = coefficiente di perdite iniziali.

Applicando le formule sopra riportate, si può risalire al valore del coefficiente di deflusso richiesto per ogni tempo di ritorno desiderato.

Per il calcolo di IA si è considerato un coefficiente di perdite iniziali pari al 10% della capacità idrica massima del suolo S, operando a favore di sicurezza e in modo tale da mantenere sufficientemente elevata la portata in deflusso alla sezione.

La definizione di S dipende dalla classe del tipo di suolo presente nel bacino. I tipi di suoli definiti nel metodo SCS sono i seguenti:

- A: elevata infiltrazione, per suoli con strati sabbiosi o di loess profondi, a siltosi aggregati (diametro 0,002-0,05 mm);
- B: infiltrazione moderata, per suoli con tessitura da moderatamente fine a moderatamente 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;
- D: infiltrazione molto lenta, per argille plastiche e compatte.

Volendo operare a favore di sicurezza, si è ipotizzato un **CN** pari a **77**, sulla base della **Tabella 10** seguente:

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

Tabella 10: Valori di CN a seconda del tipo di suolo

I risultati ottenuti per il calcolo del coefficiente di deflusso sono riportati nelle seguenti **Tabelle 11, 12, 13 e 14.**

Livello 1

Tr	20	100	200	500
CN	77	77	77	77
S	75.87	75.87	75.87	75.87
Ia	7.59	7.59	7.59	7.59
Pe	149.71	209.86	236.13	270.45
c	0.70	0.76	0.78	0.80

Tabella 11: Risultati per il coefficiente di deflusso e i vari parametri del metodo SCS per le canalette di livello 1

Livello 2

Tr	20	100	200	500
CN	77	77	77	77
S	75.87	75.87	75.87	75.87
Ia	7.59	7.59	7.59	7.59
Pe	81.73	117.82	133.76	154.80
c	0.60	0.66	0.68	0.71

Tabella 12: Risultati per il coefficiente di deflusso e i vari parametri del metodo SCS per le canalette di livello 2

Livello 3

Tr	20	100	200	500
CN	77	77	77	77
S	75.87	75.87	75.87	75.87
Ia	7.59	7.59	7.59	7.59
Pe	64.10	93.60	106.71	124.09
c	0.55	0.62	0.64	0.67

Tabella 13: Risultati per il coefficiente di deflusso e i vari parametri del metodo SCS per le canalette di livello 3

Condotta sottostradale

Tr	20	100	200	500
CN	77	77	77	77
S	75.87	75.87	75.87	75.87
Ia	7.59	7.59	7.59	7.59
Pe	62.19	90.95	103.74	120.72
c	0.55	0.62	0.64	0.67

Tabella 14: Risultati per il coefficiente di deflusso e i vari parametri del metodo SCS per la condotta sottostradale

4 DIMENSIONAMENTO DELLE CANALETTE A PELO LIBERO E DELLA TUBAZIONE SOTTOSTRADALE

La verifica della correttezza dimensionale delle canalette è avvenuta mediante l'applicazione della formula di Chezy per le correnti a pelo libero in moto uniforme, con il coefficiente di scabrezza

espresso secondo la formula di Gaukler-Strikler:

$$V=K_s \times R^{1/6} \times (R \times j)^{1/2}$$

dove:

V= velocità media (m/s);

Ks= coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strikler ($m^{1/3}s^{-1}$);

R= raggio idraulico (m);

j= pendenza della linea del carico totale.

Le canalette sono state dimensionate ipotizzando una sezione trapezia e modificando le misure dei lati al fine di ottenere una portata smaltibile superiore a quella richiesta. La tubazione sottostradale a sezione circolare, funzionante anch'essa con un moto a pelo libero, è stata dimensionata in maniera analoga andando a modificare il diametro della stessa e ipotizzando un certo grado di riempimento della sezione (posto pari all'80%). Sia per le canalette sia per la tubazione si è assunta una pendenza pari all'1%, valore che andrà rispettato in sede esecutiva, mentre il coefficiente di Gaukler-Strikler è pari a 15 $m^{1/3}s^{-1}$ per le canalette in terra (rivestite in geotessuto) e 35 $m^{1/3}s^{-1}$ per la condotta circolare in cls.

Si riporta nelle seguenti **Tabelle 15, 16 e 17** il dimensionamento delle canalette e della tubazione sottostradale:

Livello 1

	Tr 20
Portata progetto [mc/s]	0.66
Portata progetto [l/s]	660

Canale trapezio	
b minore [m]	0.5
B maggiore[m]	0.9
H [m]	0.7
Franco F [m]	0.1
Ks ($m^{1/3}s^{-1}$)	15
h bagnata (m)	0.6
angolo alfa (rad)	0.28
p (m)	1.65
omega (m^2)	0.4
chi ($m^{1/2}s^{-1}$)	11.83

Pendenza	Ri	v	Q smaltibile	
[m/m]	[m]	[m/s]	[l/s]	[mc/s]
0.1000	0.24	1.84	733.17	0.73

Verifica Q	
Tr 20	**OK**

Tabella 15: Dimensionamento canalette livello 1

Livello 2

	Tr 20
Portata progetto [mc/s]	1.23
Portata progetto [l/s]	1230

Canale trapezio	
b minore [m]	0.7
B maggiore[m]	1.1
H [m]	0.8
Franco F [m]	0.1
Ks ($m^{1/3}s^{-1}$)	15
h bagnata (m)	0.7
angolo alfa (rad)	0.24
p (m)	2.06
omega (m^2)	0.61
chi ($m^{1/2}s^{-1}$)	12.24

Pendenza	Ri	v	Q smaltibile	
[m/m]	[m]	[m/s]	[l/s]	[mc/s]
0.1000	0.3	2.11	1282.16	1.28

Verifica Q	
Tr 20	**OK**

Tabella 16: Dimensionamento canalette livello 2

Livello 3

	Tr 20
Portata progetto [mc/s]	1.37
Portata progetto [l/s]	1370

Canale trapezio	
b minore [m]	0.8
B maggiore[m]	1.2
H [m]	0.8
Franco F [m]	0.1
Ks ($m^{1/3}s^{-1}$)	15
h bagnata (m)	0.7
angolo alfa (rad)	0.24
p (m)	2.16
omega (m^2)	0.68
chi ($m^{1/2}s^{-1}$)	12.37

Pendenza	Ri	v	Q smaltibile	
[m/m]	[m]	[m/s]	[l/s]	[mc/s]
0.1000	0.31	2.19	1489.29	1.49

Verifica Q	
Tr 20	**OK**

Tabella 17: Dimensionamento canalette livello 3

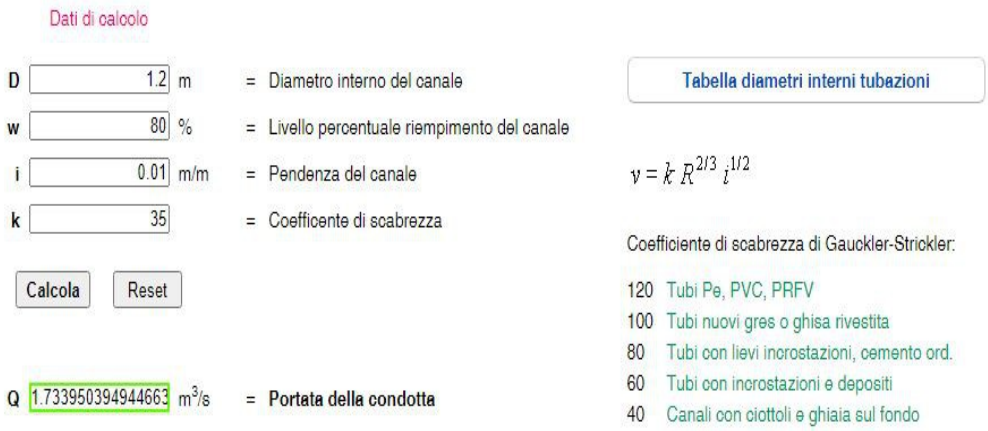


Tabella 18: Dimensionamento condotta circolare sottostradale.

Savona, Giugno 2021

Il Tecnico

Ing. Desalvo Roberto