



REGIONE SICILIANA
ASSESSORATO ALLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITA'

DIPARTIMENTO DELLE
INFRASTRUTTURE, DELLA MOBILITA'
E DEI TRASPORTI

DIPARTIMENTO
REGIONALE TECNICO



MINISTERO DELLA GIUSTIZIA
TRIBUNALE DI CATANIA



COMUNE DI CATANIA

NUOVI UFFICI GIUDIZIARI VIALE AFRICA
CATANIA

CIG: 8204682DC3
CUP: D62H16000010002

ELABORATO:

G 09

ELABORATI GENERALI

TITOLO DELL'ELABORATO:
RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA

COD. ELABORATO:
UG_PFTE_GEN_INV_01

SCALA:
N.D.

REV:
00

DATA:
14-11-2020

GRUPPO DI LAVORO:

MANDATARIA:

Cibinel - Laurenti - Martocchia architetti associati

Arch. Fabio Cibinel

Arch. Roberto Laurenti

Arch. Giorgio Martocchia

Via Alessio Baldovinetti 19, 00142 Roma, P.IVA: 09133661000

MANDANTI:

Studio di Ingegneria Stancanelli-Russo

Ing. Antonio Russo

Ing. Ignazio Stancanelli

Ing. Emanuele Stancanelli

Ing. Anna Stancanelli

Ing. Vincenzo Sichera

Via De Caro 104, 95126 Catania, C.F./P.IVA: 03745630875

Ing. Claudio Consoli

Via Raona 1, 98050 Santa Marina Salina (ME), C. F.: CNSCLD53S28C351Y P. IVA: 02879640874

Ing. Melita Pennisi

Via Angelo Musco 13, 95021 Aci Castello (CT), C.F.: PNNMLT80D57C351D P.IVA: 04911730879

Comma engineering società di ingegneria cooperativa

Ing. Giuseppina Cellino Caudo

Ing. Cesare Costantino

Ing. Salvatore Asero

Ing. Claudio Carbone

Arch. Salvatore Angelo Contrafatto

Ing. Luigi Asero

Ing. Giulia La Ganga Vasta

Ing. Daniele Giovanni Piazzese

Ing. Salvatore Rigaglia

Ing. Antonino Russo

Arch. Antonino Salanitro

Via Aldebaran 21, 95124 Catania, C.F./P.IVA: 05459940879

Ing. Rosario Rosso

Via Salvatore Gueli 13, 97012 Chiaramonte Gulfi (RG), C.F.: RSSRSR93C05H163Q
P.IVA: 01710260884

Dott. Geol. Salvatore Palillo

Via Fratelli Vigna, 94100 Enna, C.F.: PLLSVT67R29C342G P.IVA: 00598420867

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

NUOVI UFFICI GIUDIZIARI VIALE AFRICA A CATANIA

RELAZIONE SULL'INVARIANZA IDRAULICA DELL'INTERVENTO

PREMESSA

Nell'ambito dell'intervento di costruzione della Nuova Cittadella Giudiziaria, si è reso necessario lo studio dello smaltimento delle acque reflue di origine meteorica.

E' stato ipotizzato di minimizzare l'utilizzo delle superfici impermeabili, così da mitigare l'impatto ambientale delle nuove costruzioni: a tal proposito è stato scelto di utilizzare dei materiali permeabili per la sistemazione esterna, cosicché le superfici impermeabili corrisponderanno sostanzialmente alle coperture degli edifici ed alle superfici terrazzate.

Sempre nel rispetto degli equilibri geo-idraulici del territorio, si è scelto di utilizzare progettualmente delle soluzioni di raccolta e dispersione diffusa delle acque meteoriche: è stato previsto pertanto di utilizzare delle tubazioni fessurate ad alto potere disperdente, posate entro trincee opportunamente realizzate, di cui si evidenziano le caratteristiche nei capitoli seguenti.

La presente relazione riguarda, quindi, la verifica del sistema disperdente. Inoltre si rappresenta che la superficie attuale del lotto è composta esclusivamente da superficie impermeabile, e pertanto il processo di rigenerazione di superficie permeabile avrà effetti migliorativi dal punto di vista idraulico.

Tutte le acque recuperate dalle coperture saranno in prima istanza raccolte in vasche per l'utilizzo a fini non potabili quali irrigazioni, scarico wc. A fini cautelativi, tale raccolta non è stata inclusa nel presente calcolo di invarianza idraulica del lotto.

La conformazione naturale del lotto, in declivio verso Est, favorirà il trasporto per gravità delle acque meteoriche captate dalle superfici impermeabili e eccedenti la raccolta in vasche per il recupero, verso la zona attrezzata a verde; lo smaltimento di tali acque sarà effettuato sempre mediante le tubazioni fessuranti precedentemente descritte, non sovraccaricando la rete stradale e la pubblica fognatura.

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

N.T.G. C.I.T.A.I. del 04/02/77
D.Lgs. 152/06

FONTI DI RIFERIMENTO

Per la stesura della presente relazione sono state utilizzate le seguenti fonti informazioni:

- Cartografia in scala 1:25.000 edita dell'Istituto Geografico Militare;
- Cartografia in scala 1:10.000 edita dalla Provincia Regionale di Catania;
- Dati pluviometrici di piogge intense della stazione pluviometrica di "Catania Genio Civile" dell'Osservatorio delle Acque dell'Agenzia Regionale per i Rifiuti e le Acque;

DATI TECNICI DI PROGETTO

Superficie del Lotto

Circa 12.700 mq

Nuovi Uffici Giudiziari – coperture

E' stata calcolata una superficie impermeabile data dalle coperture e dalle superfici terrazzate pari a: ***circa 3610 mq***

Nuovi Uffici Giudiziari – altre superfici impermeabili

E' stata calcolata una superficie impermeabile data dalle superfici terrazzate pari a: ***circa 4100 mq***

Nuovi Uffici Giudiziari – superfici verde pensile

E' stata calcolata una superficie di verde pensile pari a: ***circa 760 mq***

Nuovi Uffici Giudiziari – superfici drenanti

E' stata calcolata una superficie permeabile pari a: ***circa 4230 mq***

Dati del terreno

E' stato stimato un coefficiente di permeabilità del terreno

$k=10^{-2}$ m/s

DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI COLMO

Per valutare gli afflussi alla sezione di chiusura del bacino in esame è necessario preliminarmente effettuare uno studio degli eventi meteorici caratterizzati da prefissati tempi di ritorno e durata. I risultati dello studio vengono usualmente sintetizzati nelle curve di probabilità pluviometrica, le quali sono caratterizzate da un valore di probabilità o tempo di ritorno (di seguito indicato con il simbolo T_r ed espresso in anni) e che rappresentano le massime altezze di pioggia (h) espresse in [mm] in funzione della durata dell'evento meteorico (t) espresso in [ore]; proprio per questo motivo esse vengono talvolta riferite come curve altezze-durata-probabilità.

Per quanto riguarda i dati degli eventi estremi, si è deciso di adottare le serie dei massimi annuali di durata fissata (1, 3, 6, 12 e 24 ore) della stazione di Catania Genio Civile, attualmente disponibili, non continuativamente, per il periodo 1934-2000 sugli Annali Idrologici dell'Osservatorio delle Acque dell'Agenzia Regionale per i Rifiuti e le Acque.

Per determinare le curve di probabilità pluviometrica bisogna anzitutto adattare una distribuzione di probabilità alle serie dei dati delle piogge intense. Tra le diverse distribuzioni si è scelta la funzione densità di probabilità di Gumbel che, come è noto, ben si adatta agli eventi estremi.

Essa, in formule, è espressa come di seguito riportato:

$$P(x) = e^{-e^{-y}}$$

in cui $y = \alpha(x-u)$; $\alpha = \frac{1.283}{\sigma}$; $u = \mu - 0.450\sigma$; essendo σ e μ , rispettivamente, la deviazione standard e la media del campione, x la variabile considerata (in questo caso l'altezza di pioggia) e P(x) è la probabilità che il valore di x non venga superato.

Tabella 1. Altezze di pioggia in mm relative alla stazione di Catania Genio Civile (massimi annuali di durata pari a 1,3,6,12,24 ore).

ANNO	1ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1934	19,0	25,0	33,0	62,0	80,0
1935	17,2	23,8	33,0	44,4	66,0
1936	40,4	73,4	88,6	93,4	156,0
1942	51,6	65,8	67,8	70,0	94,0
1943	33,2	46,6	78,0	117,4	124,8
1945	27,0	62,0	99,4	116,6	130,4
1946	56,0	105,0	126,6	152,2	167,0
1948	20,4	43,6	43,6	85,2	95,6
1967	26,4	35,2	35,2	35,6	37,8
1968	9,2	11,6	12,2	12,6	13,2
1969	16,0	18,0	24,2	44,4	69,4
1972	39,8	87,2	97,4	97,4	115,8
1974	15,4	29,8	34,0	50,8	55,2
1975	45,0	52,2	52,2	71,8	95,6
1976	65,0	67,8	89,4	101,4	101,4
1977	18,0	23,2	23,2	23,2	23,2
1978	36,2	54,8	59,8	76,4	83,0
1979	60,4	80,0	92,0	101,0	146,6
1981	36,0	38,4	38,4	40,8	44,8
1982	28,2	35,4	56,8	63,4	72,2
1985	56,2	66,8	66,8	83,2	138,8
1987	13,8	20,0	26,0	47,8	54,4
1988	26,0	27,2	35,8	61,6	70,0
1989	16,0	19,2	35,6	44,6	56,4
1990	22,0	38,0	47,0	86,0	128,8
1991	28,4	32,4	32,6	43,4	53,6
1992	29,8	61,2	79,6	113,2	124,2
1993	25,0	35,0	54,0	84,0	106,8
1995	36,6	71,6	90,6	125,8	126,4
1997	39,0	76,2	92,6	155,6	171,4
1998	70,0	83,8	105,0	106,6	106,6
1999	26,2	26,2	44,0	73,0	106,8
2000	21,0	33,0	55,2	67,0	83,0
Media	32,4	47,6	59,1	77,3	93,9
s.q.m.	15,9	24,1	29,0	34,7	40,5
α	0,0808	0,0533	0,0442	0,0370	0,0317
U	25,3	36,7	46,0	61,7	75,7

L'espressione analitica della curva di probabilità pluviometrica usualmente adottata è del tipo:

$$h = at^n.$$

I coefficienti a ed n devono essere determinati imponendo che la curva interpoli nel miglior modo possibile i punti nel piano (t,h) che, per fissato tempo di ritorno, si ricavano utilizzando le curve di Gumbel ottenute per le diverse durate.

La determinazione di tali incognite può essere facilmente effettuata rendendo lineare l'espressione precedente, ovvero facendo il logaritmo naturale di entrambi i membri. Si ottiene:

$$\ln h = \ln a + n \ln t.$$

Ponendo:

$$y = \ln h$$

$$x = \ln t$$

$$A = \ln a$$

$$B = n$$

l'espressione assume la forma: $y = A + Bx$ in cui i valori di A e B si ricavano con il metodo dei minimi quadrati, utilizzando le seguenti formule:

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad \text{e} \quad b = \frac{\sum (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

in cui \bar{x} e \bar{y} rappresentano i valori medi.

Ai fini della presente analisi si ritiene idoneo fissare sette diversi tempi di ritorno ($Tr = 2, 5, 10, 20, 50$) rispetto ai quali calcolare le precipitazioni corrispondenti ad un tempo di 1, 3, 6, 12 e 24 ore e quindi i valori dei parametri a e n, come riportato in tabella.

Tabella 2. Valutazione dei parametri della curva di probabilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno.

Tr [anni]	2	5	10	20	50
P	0,5	0,8	0,9	0,95	0,98
durata [ore]	h [mm]				
1	29,83	43,86	53,14	62,05	73,59
3	43,60	64,88	78,96	92,47	109,96
6	54,31	79,95	96,92	113,21	134,28
12	71,63	102,25	122,52	141,97	167,14
24	87,26	123,05	146,74	169,47	198,90
A	29,87	44,55	54,27	63,60	75,68
N	0,342	0,326	0,321	0,317	0,313

Per il calcolo della portata al colmo si è adottata una delle formule cinematiche riportate in letteratura. Dette formule permettono il calcolo della portata di colmo in funzione delle seguenti grandezze:

- superficie captante;
- massima altezza di pioggia di durata pari al tempo di corrivazione (t_{corr}) e prefissato tempo di ritorno T_r ;
- coefficiente di deflusso c .

La formula utilizzata nel presente studio è quella suggerita dal Turazza che, in formula, si scrive:

$$Q_{\text{max}} = \frac{c \times h \times A}{t_{\text{corr}} \times 3.6} [m^3 / s]$$

in cui:

- c coefficiente di deflusso [-];
- A area del bacino in [km²];
- h altezza di pioggia [mm], valutata per una durata pari al tempo di corrivazione;
- t_{corr} tempo di corrivazione [ore].

Per quanto concerne la stima del tempo di corrivazione, ossia del tempo necessario alla particella d'acqua posta nel punto idraulicamente più distante per raggiungere la sezione di interesse, nel caso in studio si è fatto riferimento alla formula della velocità fittizia :

$$t_{\text{corr}} = \frac{L}{v_f}$$

in cui v_f è la velocità fittizia che nel caso in esame può essere assunta pari a 0.9 m/s..

Verifica delle superfici impermeabili

Superfici impermeabili coperture e altre sup. impermeabili

E' stato assunto :

- c coefficiente di deflusso [-](assunto pari a 1);

Inoltre, posta L pari a 80 [m] pari alla distanza massima per il raggiungimento del sistema di dispersione, il tempo di corrivazione risulta essere pari a:

$$t_{\text{corr}} = \frac{L}{v_f} = 0.025 \text{ h}$$

Essendo le superfici impermeabili pari a:

Coperture – 3610 mq

Altre superfici impermeabili – 4100 mq

Si sono determinate per i diversi tempi di ritorno presi in considerazione le portate riportate nella tabella sottostante.

Tabella 3. Portate di piena determinate con la formula di Turazza per diversi tempi di ritorno.

Tr [anni]	h [mm]	Q [m³/s]
10	16,54	1,43
20	19,67	1,71
50	23,76	2,06

Verde pensile

Ai fini cautelativi, si è deciso di considerare il verde pensile come una superficie impermeabile. E' stato assunto :

c coefficiente di deflusso [-](assunto pari a 0.9);

Inoltre, posta L pari a 32 [m] pari alla distanza massima per il raggiungimento del sistema di dispersione, il tempo di corrivazione risulta essere pari a:

$$t_{\text{corr}} = \frac{L}{v_f} = 0.0099 \text{ h}$$

Essendo le superfici a verde pensile pari a: 760 mq

Si sono determinate per i diversi tempi di ritorno presi in considerazione le portate riportate nella tabella sottostante.

Tabella 4. Portate di piena determinate con la formula di Turazza per diversi tempi di ritorno.

Tr [anni]	h [mm]	Q [m³/s]
10	12,33	0,24
20	14,71	0,28
50	17,84	0,34

Verifica delle superfici permeabili

Per tali superfici, in considerazione del materiale adottato per la realizzazione delle stesse, sono stati assunti i seguenti coefficienti di deflusso:

Superficie trattata a giardino – coeff. deflusso c=0.3

Si è posto L, pari alla distanza massima per il raggiungimento del sistema di dispersione, pari a L=6 [m].

Il tempo di corrivazione risulta essere pari a:

$$t_{\text{corr}} = \frac{L}{V_f} = 0.004 \text{ h}$$

L'ampiezza delle superfici captanti in considerazione è pari a: 4230 m²

Si sono determinate pertanto per i diversi tempi di ritorno presi in considerazione le portate riportate nella tabella sottostante.

Tabella 5. Portate di piena determinate con la formula di Turazza per diversi tempi di ritorno.

Tr [anni]	h [mm]	Q [m ³ /s]
10	7,20	1,37
20	8,66	1,65
50	10,56	2,01

VERIFICA IDRAULICA DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO

Determinata la portata di colmo dovuta alla superficie di captazione, si dimensionerà adesso il sistema di convogliamento e smaltimento.

Come anticipato in premessa, il sistema di smaltimento, al fine di non alterare gli equilibri idraulici sarà deputato alla dispersione dei reflui convogliati mediante una tubazione in materiale plastico fessurata.

Per maggiore sicurezza, saranno previste delle vasche interrato di dispersione, composte da anelli fessurati, che andranno ad assumere la funzione di scolmatore per eventuali piene disattese.

Tuttavia, la tubazione di convogliamento e dispersione sarà dimensionata per eventi meteorici di consistente entità con un tempo di ritorno di 50 anni.

Per il dimensionamento delle sezioni delle condotte è stato ipotizzato, a favore di sicurezza, che nelle sezioni terminali dei condotti si instaurino condizioni di moto uniforme.

Il dimensionamento dei collettori fognari delle acque meteoriche è stato fatto secondo le seguenti scelte:

Materiale tubazioni: Plastico

Coefficiente di scabrezza $ks = 90 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$

Il calcolo della portata garantita da un collettore può essere calcolata con la seguente espressione:

$$Q = A * ks * R^{2/3} * i^{1/2}$$

dove:

A = area netta interna della tubazione utilizzata

Ks = coefficiente di scabrezza di Gauckler – Strikler

R = raggio idraulico della tubazione

i = pendenza della tubazione

Poiché è stato ipotizzato un sistema di dispersione a pettine, è stato scelto di tenere costante la sezione del tubo, dimensionata opportunamente per la portata al colmo con $Tr=50$ di cui in tabella 3.

La scelta dei diametri è stata fatta con riferimento ad un fattore di riempimento del 50-80%, a seconda dei casi e delle diverse tipologie di tratti interessati.

E' stato scelto di utilizzare un diametro di tubazione pari a : 250 [mm]

Utilizzando la **Legge di Darcy** è stata calcolata la lunghezza minima del sistema di dispersione.

La legge di Darcy lega la portata al gradiente idrico della condotta tramite il coefficiente di filtrazione del terreno secondo la nota relazione:

$$v = k \cdot i = Q \cdot A$$

dove:

v = velocità di filtrazione [m/s]

k = coefficiente di filtrazione del terreno = assunto pari a 10^{-2} [m/s]

i = gradiente idrico = h/b [adim.]

h = altezza del sistema disperdente assunto cautelativamente pari all'altezza della tubazione [m]

b = base del sistema disperdente pari alla larghezza della trincea [m]

A = superficie disperdente [m^2]

Pertanto

$$i = 250/500 = 0.5$$

Si è effettuato pertanto la verifica per ogni tipo di superficie permeabile e non:

Superfici impermeabili e permeabili

La portata confluyente nel sistema disperdente sarà pari alla somma delle portate delle superfici permeabili ed impermeabili.

L'area necessaria della superficie disperdente sarà:

$$A = Q / k \cdot i = 882 \text{ mq} \text{ dove } Q \text{ è pari alla portata di colmo precedentemente calcolata per } Tr=50 \text{ anni.}$$

Considerata l'area della superficie disperdente della trincea pari a:

$$A = (h+b+h) \cdot L = 1 \cdot L \text{ [m]}$$

Si perviene pertanto ad una lunghezza del tubo pari a:

$$L = A / (h+b+h) = 882.00 \text{ [m]}$$

Si è scelto di utilizzare quindi un pettine disperdente di lunghezza pari a circa 900 [m] assicurando così tutta la portata meteorica di punta.

Oltre a tale sistema, come anticipato, sarà previsto opportuno sistema di scolmo composto da n° 6 pozzi disperdenti di diametro pari a 2,5 [m] e profondità minima di 3 [m] in funzione della morfologia del terreno di fondo.

VALUTAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA

Sono stati valutati i coefficienti di deflusso ante e post operam.

E' stato considerato un coefficiente di deflusso medio del lotto ante-operam, pari a: 0,9 (lotto prevalentemente impermeabile);

Per la valutazione del coefficiente post-operam è stata effettuata una media ponderata dei coefficienti di deflusso delle aree impermeabili e semi-permeabili e delle aree a verde.

	Superfici impermeabili edifici	Altre superfici impermeabili	Superfici verde pensile	Superficie permeabile	Superficie totale
C [ad]	1	1	0.9	0.3	0,76
Superficie [mq]	3610	4100	760	4230	12700

Per garantire l'invarianza idraulica data dalla differenza di deflusso ante e post-operam è stata progettata una rete di raccolta delle acque meteoriche con dispersione distribuita. Tale rete, costituita da tubazioni drenanti di diametro minimo pari a 250 [mm], pozzi perdenti di diametro minimo pari a 2,5 [m], consentirà di bilanciare l'alterazione dei deflussi, costituendo un invaso di fatto ed una rete di laminazione.

Considerando un tempo di corrivazione pari a circa 110 [s] determinato dal rapporto tra il percorso di corrivazione e la velocità di efflusso posta pari a 0,9 [m/s], si ottiene un valore di altezza di pioggia pari a circa 25 [mm] per un $T_r = 50$ anni.

A tale pioggia corrisponde un volume di precipitazione pari a circa 320 mc di cui ante operam viene defluita una parte pari a $0,9 \cdot 320 = 288$ mc e post-operam ne viene defluita una parte pari a $0,76 \cdot 320 = 243,2$ mc, ovvero un valore migliorativo rispetto alla situazione attuale.

La capacità di invaso del solo sistema di dispersione ammonta a :

- circa 45 mc relativi alla tubazione disperdente di 250 [mm];
- circa 88 mc relativi ai pozzi disperdenti;

Pertanto il volume di invaso ammonta a circa 133 mc;

Il rimanente volume pari a 110 mc, distribuiti nella durata della pioggia critica (110 s) , corrispondono ad una portata di circa 1 mc/s, ampiamente supportata dal sistema disperdente per come descritto ai capitoli precedenti.

Si rammenti, infatti, che per smaltire una portata di tale entità basterebbe una tubazione drenante avente sviluppo lineare pari a 200 [m] notevolmente inferiore a quella progettata.

CONCLUSIONI

Il sistema di raccolta delle acque meteoriche, relativo all'intervento di cui in oggetto, ne consentirà lo smaltimento nel sottosuolo dell'area di sedime per precipitazioni con tempo di ritorno fino a 50 anni. Il progetto è orientato al ripristino delle condizioni naturali dell'area, migliorando quelle offerte dallo stato di fatto. L'intervento, per quanto sopra, non comporterà alcun apporto alla fognatura cittadina.

