

COMUNE DI NAPOLI

IV DIREZIONE LL.PP.

SERVIZIO P.R.M. FOGNATURE E IMP. IDRICI

ADEGUAMENTO STATICO FUNZIONALE DEL COLLETTORE ARENA SANT' ANTONIO NEL TRATTO DI VIA BEN HUR

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione:

Ing.Serena Riccio

Geom. Ferdinando Bustelli

Geom. Luigi Imparato

Geom. Carmine Luca Scognamiglio

Responsabile del procedimento:

Ing. Eduardo PANELLI

Geologo:

Dott. Geol. Vincenzo Cimmino

Titolo:

Relazione illustrativa e di calcolo idraulico

EMISSIONE: Agosto 2009

REVISIONE A:

REVISIONE B:

REVISIONE C:

TAVOLA:

R-01

formato

scala

-

INDICE

1. PREMESSA	2
2. COLLETTORE ESISTENTE PROBLEMATICHE nel tratto ponte via Epomeo –Pru Viale Traiano.....	2
3. SINTESI INTERVENTI DI PROGETTO.....	3
<u>TRATTO OGGETTO DI INTERVENTO -I</u>	3
<u>TRATTO II – OGGETTO DI ALTRA PROGETTAZIONE</u>	4
4. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI CALCOLO	5
BACINI DI CALCOLO.....	5
LEGGE DI PIOGGIA.....	5
MODELLO DI TRASFORMAZIONE DEGLI AFFLUSSI IN DEFLUSSI	8
4. VERIFICA DEL COLLETTORE.....	11
5. SITUAZIONE DI PROGETTO.....	13

1.PREMESSA

La presente relazione descrive le metodologie di calcolo impiegate e i risultati ottenuti per la verifica e il dimensionamento del collettore Arena S. Antonio nel tratto che sottopassa la Via Ben Hur, a partire dal ponte di Via Epomeo, sino al ponte della circumflegrea

2.COLLETTORE ESISTENTE PROBLEMATICHE nel tratto ponte via Epomeo –Pru Viale Traiano

I rilievi eseguiti nel tratto di interesse (per maggiori dettagli si rimanda alle tavole allegate al progetto) hanno evidenziato che, a partire dal ponte di Via Epomeo, dove la sezione idraulica ha dimensioni correnti di 4.40x2.50m le dimensioni trasversali della sezione tendono a variare.

La larghezza si mantiene costantemente pari a 4 m, mentre l'altezza varia da 3.30m a 1.95m; la pendenza è di circa lo 0.97%. In tale zona la soletta del collettore rappresenta il piano di calpestio della Via Ben Hur.

In corrispondenza del ponte della circumflegrea l'altezza aumenta e l'attraversamento della linea ferroviaria si origina da un primo salto di circa 50cm, cui segue un secondo salto di circa 1.60m.

A valle del ponte il collettore attraversa l'area destinata alla realizzazione del PRU di Soccavo, orograficamente più alta (profondità scorrimento circa 8,00 m).

La originaria sezione in muratura è stata a tratti "blindata" attraverso l'inserimento di una tubazione in lamiera ondulata per la maggior parte del tracciato non rivestita e a tratti divelta.

In corrispondenza dell'area mercatale e fino all'intersezione con Viale Traiano il collettore si presenta rivestito e la sezione si riduce ulteriormente sino a raggiungere una altezza di 2.80m e una larghezza di 2.85 m. A valle del Viale Traiano è presente uno scivolo di fondo e il collettore prosegue per attraversare la tangenziale secondo un tracciato che presenta curve a 90°. La pendenza del collettore varia tra lo 0.8% e lo 0.5%.

Tali anomale variazioni delle caratteristiche geometriche del collettore, unitamente alle brusche variazioni planimetriche determinano una linea di rigurgito che nella zona di Via Ben Hur supera il livello stradale di circa 3 m, sovrappressione che oltre a determinare l'allagamento dell'area per effetto delle caditoie e il rigurgito delle immissioni, comporta, in considerazione del precario stato delle strutture il collasso strutturale.

Questo è quanto occorso nell'ultimo nubifragio per effetto del quale si è constatato che il tratto subito a monte del ponte ferroviario non ha subito dissesti in quanto oggetto, precedentemente, di un intervento di blindaggio, mentre il tratto di monte è stato caratterizzato dall'innalzamento della soletta di copertura.

Pertanto, qualsiasi intervento localizzato di blindatura senza adeguamento della sezione comporta solo lo spostamento della sezione di crisi via via più a monte.

Da qui le scelte progettuali operate per questo intervento e soprattutto la constatazione che è necessario dare rapido corso anche agli interventi programmati e previsti sui tratti a monte e a valle di quello di interesse (si rimanda alla relazione illustrativa).

3.SINTESI INTERVENTI DI PROGETTO

L'intervento proposto è volto all'adeguamento statico e funzionale del collettore Arena S. Antonio nel tratto di Via Ben Hur.

In particolare lo studio è stato articolato attraverso l'individuazione di due lotti funzionalmente interdipendenti che consentono il raggiungimento degli obiettivi attesi, anche con l'attuazione di quanto previsto in ambito PRU di Soccavo per l'adeguamento del tratto di collettore che attraversa l'area del PRU sino all'intersezione con Viale Traiano.

Questo progetto comprende solo un lotto, l'altro è oggetto di altra progettazione.

Tuttavia, per chiarezza espositiva verranno sinteticamente descritte anche le opere previste per l'altro lotto e sviluppate a livello preliminare

TRATTO OGGETTO DI INTERVENTO -I

Il presente progetto comprende l'adeguamento del tratto I del collettore, dal ponte di Via Epomeo all'attraversamento della circumflegrea, dalla sez. 44 alla sezione 82, per una lunghezza di 216 m, attraverso l'allargamento della sezione idraulica esistente fino a 6 m e l'innalzamento del tratto ribassato sino ad un'altezza utile di 2.10m. In definitiva in questo tratto verrà riconfigurata una nuova struttura da connettere alla precedente per quanto attiene la platea di fondo dell'originario collettore. Pertanto la pendenza longitudinale e le quote di scorrimento attuali rimarranno inalterate

I limitati spazi fisici disponibili (nelle immediate adiacenze del collettore insistono palazzi) hanno vincolato fortemente la scelta della larghezza della struttura da realizzare, tutte, tra paratie di pali accostati su entrambi i lati.

Completa l'intervento la realizzazione di un salto di fondo in corrispondenza del ponte ferroviario con l'eliminazione dell'interferenza trasversale costituita dal rilassamento della sezione esistente.

Questa scelta metodologica discende dalle difficoltà che comporterebbe l'approfondimento del collettore essendo lo stesso sempre in funzione e, soprattutto, in condizioni di pioggia, caratterizzato dal transito di una considerevole portata.

Il locale innalzamento del collettore comporterà, anche se limitatamente, la modifica del piano di calpestio.

Pertanto è necessario nella successiva fase progettuale approfondire tale aspetto sulla base degli attuali accessi ai locali e ai garages adiacenti il collettore.

Per la realizzazione delle opere previste in questo progetto sarà necessario procedere all'occupazione temporanea, all'asservimento e all'esproprio di aree di proprietà privata.

TRATTO II – OGGETTO DI ALTRA PROGETTAZIONE

Il secondo lotto, non incluso in questo progetto, contempla la realizzazione di un collettore ex novo parallelo a quello esistente a partire dal picchetto 83 e sino all'innesto nel collettore previsto nell'ambito del PRU di Soccavo, individuato nel picchetto 87.

In linea con la sezione di progetto proposta nell'ambito del piano di riqualificazione urbana si realizzerà un collettore scatolare di dimensioni 4.0x4.50 m e pendenza longitudinale pari allo 0.8%.

Le condizioni al contorno impongono la realizzazione di scavi in campagna ad elevata profondità.

Il collegamento con il tratto I dovrà essere realizzato attraverso apposita camera, predisposta anche per la futura immissione della bretella di alleggerimento proveniente dal nodo di Via Giustiniano.

Mentre il collegamento con il tratto da realizzare in ambito PRU dovrà essere concordato chi appalterà le opere fognarie annesse al PRU.

Anche in tale tratto sarà necessario procedere all'occupazione temporanea, all'asservimento e all'esproprio di aree di proprietà privata.

4.DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI CALCOLO

Per la definizione delle portate transitanti nel collettore si è fatto riferimento alla metodologia impiegata dal CUGRI per la verifica della rete fognaria della città di Napoli.

BACINI DI CALCOLO

Sono stati ridefiniti i bacini colanti sulla scorta anche degli interventi realizzati e in corso di realizzazione sull'area i pertinenza del collettore.

In particolare il bacino del collettore Arena S. Antonio è idealmente suddiviso in due sottobacini il cui elemento di separazione è rappresentato dal derivatore tipo Baffled esistente nella zona a monte dello stadio San Paolo , di recente ultimazione, e per effetto del quale si attua in tale sezione un sostanziale taglio delle portate provenienti dal bacino alto che vengono scaricate nel collettore di Via Cintia e, per esso nell'emissario di Bagnoli.

Ne consegue che il bacino basso risulta oggi sensibilmente ridotto, e lo sarà ancor di più quando verranno completati gli interventi su Pianura (collettore di Via Padula di prossimo appalto) per i quali il bacino afferente alla col lettrice di Pianurà sarà decurtato del contributo proveniente da Via Paula. (si rimanda alla tavola specifica).

Per quanto riguarda il tratto i interesse, la sezione di chiusura del bacino di riferimento è quella posta a valle dell'immissione di Via Epomeo.

Tale bacino, per effetto degli interventi operati nell'ambito delle opere denominate "Camaloli II Lotto", nonché del completamento della dorsale Nord Sud risulta caratterizzato da una superficie di circa 636 Ha, dei quali circa il 50% non edificati o scarsamenti abitati. Ai fini del calcolo si è assunto un coefficiente di afflusso pari a 0,65.

LEGGE DI PIOGGIA

La determinazione delle portate pluviali, afferenti i collettori di interesse è stata effettuata sulla scorta della curva di probabilità pluviometrica adoperata per la città di Napoli

Tale legge è espressa da una relazione a tre componenti così definita:

$$h[t, T] = K_T \frac{m[I_0] \cdot t}{\left(1 + \frac{t}{d_c}\right)^\beta}$$

dove:

d = durata evento meteorico (ore)

m[I₀] = medio del massimo annuale riferita alla sottozona omogenea considerata (mm/h)

z = quota media del bacino (m)

d_c = durata critica (ore)

C, D = parametri di regressione lineare

Per la stima dei parametri statistici della legge si è fatto riferimento ai valori riportati nella pubblicazione "Il sistema fognario della città di Napoli alle soglie del 2000", ricavati dalle elaborazione dei dati registrati dal pluviografo di Napoli – Fuorigrotta:

m(I₀)	d_c	β
180, 2	0.1 28	0.82 6

Inserendo i valori su indicati si ottiene l'espressione:

$$h[t, T] = K_T \frac{1802 \cdot t}{\left(1 + \frac{t}{0.128}\right)^{0.826}}$$

Il parametro K_T rappresenta il fattore di crescita e il suo valore è fornito dalla funzione di distribuzione di probabilità cumulata F(k) del modello T.C.E.V.

$$T = 1/(1 - F(k)) = 1/(1 - \exp(-\Lambda_1 x e^{-(\eta x k)} - \Lambda_1 x \Lambda_1^{(1/\theta^*)} x e^{-(\eta x k / \theta^*)}))$$

con:

θ*	Λ*	Λ₁	η
2.536	0.224	37	4.909

Nell'espressione precedente T rappresenta il periodo di ritorno e rappresenta il numero medio di anni che bisogna attendere perché l'evento ad esso riferito si verifichi almeno una volta e risulta, pertanto, legato al rischio di insufficienza.

Per i sistemi fognari urbani generalmente il dimensionamento viene svolto valori del tempo di ritorno inferiori alla vita utile dell'opera, pertanto sussiste la certezza che in qualche occasione l'opera risulti insufficiente. D'altronde per evitare ciò sarebbe necessario incrementare, e non di poco, il valore di T di progetto e, conseguentemente, le dimensioni e il costo delle opere

Nel caso specifico per la verifica delle opere esistenti e di quelle di progetto è stato considerato un periodo di ritorno massimo pari a 30 anni.

Per i suddetti periodi di ritorno i valori di K_T forniti dall'espressione precedente sono:

- $K_{30} = 1.8$

MODELLO DI TRASFORMAZIONE DEGLI AFFLUSSI IN DEFLUSSI

Per la determinazione delle massime portate pluviali è stato applicato il metodo *dell'invaso lineare* che rappresenta un modello concettuale di trasformazione afflussi – deflussi, diffusamente utilizzato nella pratica tecnica.

Secondo tale metodo il legame esistente tra la portata $Q(t)$, defluente in una assegnata sezione ed il volume d'acqua $W(t)$ che si deve immagazzinare sulla superficie A del bacino sotteso dalla rete fognaria a monte, affinché attraverso la stessa sezione possa defluire la portata $Q(t)$, è un legame lineare espresso dalla relazione:

$$Q(t) = W(t)/K$$

Con K costante di invaso lineare, avente le dimensioni di un tempo.

L'applicazione del modello adottata è quella del *metodo italiano* per il quale l'espressione di K è fornita dal rapporto tra il volume totale invasato nella rete fognaria e sulla relativa superficie drenata in concomitanza con il deflusso della portata $Q(t)$ e la portata stessa. In tal modo il metodo risulta di agevole utilizzo per la progettazione di una rete di collettori o per la verifica della rete allorquando siano note tutte le caratteristiche dei collettori a monte della sezione d'esame.

La costante di invaso K può essere espressa in funzione delle caratteristiche morfologiche del bacino drenato e della rete fognaria afferente. Per la progettazione della rete in oggetto la stima della costante di invaso è stata effettuata utilizzando la relazione proposta da Desbordes:

$$K = \frac{4.19 A^{0.30}}{I_m^{0.45} (100i)^{0.38}} - 0.21 \quad (\text{min})$$

Dove:

A è la superficie del bacino in ettari;

i_m è la pendenza media del collettore principale (m/m);

I_m è la percentuale di area edificata.

L'espressione su scritta vale nell'ambito di bacini caratterizzati da una pendenza compresa tra 0.004 e 0.047.

Inoltre, è opportuno sottolineare che tale espressione è stata tarata su bacini urbani reali strumentati con dispositivi di misura delle piogge e delle portate.

Conseguentemente la metodologia di calcolo trova ordinaria ed indiscutibile applicazione in contesti omogenei.

L'idrogramma di piena è dato dall'integrale, rispetto al tempo t , dell'equazione del serbatoio lineare e l'equazione di continuità:

$$I(t)dt = dW(T) + Q(T)dt$$

Con:

$I(t)$ afflusso netto sul bacino (mc/s);

$W(t)$ volume immagazzinato a monte (mc);

Q portata in uscita dalla sezione (mc/s).

Introducendo l'ipotesi di afflusso netto $I(t)$ costante e pari a $\phi i(t)$ si ha, al termine dell'afflusso (t_p), la portata al colmo pari a:

$$Q_m = \phi i(t_p) S (1 - e^{-t_p/K})$$

Dove:

ϕ è il coefficiente di afflusso;

$i(t_p)$ è l'intensità di pioggia corrispondente alla durata della pioggia t_p .

Il massimo valore della portata è quello relativo alla durata critica t_c , che si ottiene eguagliando a zero la derivata della espressione precedente rispetto a t_p .

Il valore t_c si ottiene risolvendo per tentativi, rispetto ad r , la seguente espressione:

$$m = (c/K + r) e^{-r} / (1 - e^{-r}).$$

Dove:

m è l'esponente del denominatore della espressione della curva di probabilità pluviometrica a tre parametri;

c è la durata critica dell'evento meteorico

K è la costante di invaso;

r è il rapporto tra durata dell'afflusso t_p e K

ADEGUAMENTO STATICO E FUNZIONALE DEL COLLETTORE ARENA S. ANTONIO NEL TRATTO DI VIA BEN HUR

Pertanto, la portata al colmo di piena è data dall'espressione:

$$Q = \varphi \cdot i \cdot A \cdot (1 - e^{-r})$$

Sulla base della metodologia illustrata sono state determinate le portate al colmo di piena relative alle sezioni di calcolo individuate nello schema allegato al progetto.

I risultati ottenuti sono sintetizzati nella **tabella 1** in cui sono indicate le portate riferite a periodi di ritorno tra 5 e 30 anni.

Collettore	sezione	Denominazione		Area del tratto (ha)	Area totale del bacino (ha)	Coefficiente di Afflusso φ aree edificate	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{30}	Q_{50}
		da	a				(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)
ARENA S. ANTONIO I tratto	44	44	82	636	636	0,66	42	50	59	65	73
ARENA S. ANTONIO II tratto	87	82	87	636	636	0,66	42	50	59	65	73

4. VERIFICA DEL COLLETTORE

Per la verifica è stata adottata la formula di Gauckler e Strickler.

Questa si esprime come segue:

$$V = K \times R^{(2/3)} \times i^{(1/2)}$$

che combinata opportunamente con quella di continuità:

$$Q = V \times \sigma$$

fornisce:

$$Q = K \times \sigma \times R^{(2/3)} \times i^{(1/2)}$$

I simboli indicano le seguenti grandezze:

V (m/s),	la velocità in moto uniforme;
K' (m ^{^(1/3)} /s),	il coefficiente di scabrezza secondo Gaukler-Strickler;
R (m)	il raggio idraulico espresso come rapporto tra la sezione idrica e il contorno bagnato;
i,	la pendenza del collettore;
Q (mc/s),	la portata;
σ (mq),	la sezione idrica.

La formula consente, nota la geometria della sezione idrica, di determinare le caratteristiche idrauliche della corrente che si instaurano al passaggio delle varie portate.

Per quanto concerne il valore del coefficiente di scabrezza K', questo dipende dalla natura delle pareti che costituiscono lo speco.

Per valori elevati di tale coefficiente si tende a pareti sostanzialmente lisce. Nel caso in esame si è previsto un coefficiente di scabrezza pari a 70.

Dall'esame dei risultati ottenuti, indicati nella tabella successiva, si evince come nelle attuali condizioni l'insufficienza idraulica del tratto II si manifesta per valori di portata relativi a periodi di ritorno compresi tra 5 e 10 anni, mentre per il tratto I l'insufficienza idraulica, in condizioni di stato critico, si ha per valori di portata inferiori a quelli relativi ad un periodo di ritorno di 5 anni.

ADEGUAMENTO STATICO E FUNZIONALE DEL COLLETTORE ARENA S. ANTONIO NEL TRATTO DI VIA BEN HUR

tratto II	sezarmco 3500 mm	hu	hc	wu	Fr
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	-
Q ₅	42	2,71	2,73	5,26	1,02
Q ₁₀	50	-	-	-	-
Q ₂₀	59	-	-	-	-
Q ₃₀	65	-	-	-	-

tratto I	sez 4x1,95 m	hu	hc	wu	Fr
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	-
Q ₅	42	1,61	1,95	6,52	1,64
Q ₁₀	50	1,83	1,95	6,95	1,64
Q ₂₀	59	-	-	-	-
Q ₃₀	65	-	-	-	-

Ne consegue che per effetto di quanto accade nel tratto II anche il tratto I viene caratterizzato da un funzionamento in pressione, per periodi di ritorno inferiori a 5 anni con carichi che superano di più di 2,00 m il piano campagna.

5. SITUAZIONE DI PROGETTO

La verifica del collettore Arena S. Antonio nelle condizioni di progetto è stata fatta con riferimento alle caratteristiche geometriche di progetto e a due scenari di assetto:

SCENARIO 1 – adeguamento I e II tratto con intervento previsto in ambito PRU

SCENARIO 2 – adeguamento I e II tratto con intervento previsto in ambito PRU e realizzazione bretella di alleggerimento del tratto di Via Ben Hur

Si evidenzia ancora una volta che il solo intervento di adeguamento del tratto I non sortisce apprezzabili miglioramenti e che pertanto è indifferibile la realizzazione contemporanea di tutte le opere di cui allo scenario 1

SCENARIO 1											
TRATTO	SEZ	B	H	i	Q	K	hu	hc	vu	Fr	
		(m)	(m)	%	(mc/s)		(m)	(m)	(m/s)		
1 rett		6	2,10	1,78	42	70	0,9	1,65	7,44	2,51	
2 rett		4	4,50	0,7	42	70	1,82	2,24	5,78	1,37	
3 rett		4	4,50	0,5	42	70	2,06	2,24	5,1	1,13	
TRATTO	SEZ	B	H	i	Q	K	hu	hc	vu	Fr	
		(m)	(m)	%	(mc/s)		(m)	(m)	(m/s)		
1 rett		6	2,10	1,78	50	70	1,04	1,92	8,02	2,51	
2 rett		4	4,50	0,7	50	70	2,07	2,52	6,04	1,34	
3 rett		4	4,50	0,5	50	70	2,35	2,52	5,32	1,11	
TRATTO	SEZ	B	H	i	Q	K	hu	hc	vu	Fr	
		(m)	(m)	%	(mc/s)		(m)	(m)	(m/s)		
1 rett		6	2,10	1,78	59	70	1,16	2,1	8,47	2,51	
2 rett		4	4,50	0,7	59	70	2,35	2,81	6,29	1,31	
3 rett		4	4,50	0,5	59	70	2,67	2,81	5,52	1,08	
TRATTO	SEZ	B	H	i	Q	K	hu	hc	vu	Fr	
		(m)	(m)	%	(mc/s)		(m)	(m)	(m/s)		
1 rett		6	2,10	1,78	65	70	1,24	2,1	8,73	2,5	
2 rett		4	4,50	0,7	65	70	2,53	3	6,43	1,3	
3 rett		4	4,50	0,5	65	70	2,88	3	5,64	1,06	

Le correnti si presentano lungo i tre tratti veloci, e il tratto I presenta insufficienze idrauliche in stato critico per periodi di ritorno inferiori a 20 anni. Quindi anche in questa condizione esiste la possibilità che per periodi di ritorno compresi tra 10 e 20 anni si attuino condizioni di crisi per il collettore che nelle ipotesi di progetto risulterà strutturalmente adeguato a sopportare i carichi che vengono ad instaurarsi, fermo restando che comunque si avranno allagamenti più modesti e fenomeni di rigurgito più attenuati.

Lo scenario 2 differisce dal primo per la realizzazione della bretella di alleggerimento a partire da Via Giustiniano sino all'innesto nel tratto II.

Tale collegamento dovrà alleggerire il tratto di Via Ben Hur di una portata stimata in 15 mc/s per assicurare l'eliminazione dei problemi di rigurgito e allagamento per periodi di ritorno di 10 anni e un funzionamento accettabile per periodi di 30 anni.