



COMUNE DI PISA

Provincia di Pisa



PROGETTI DEPURATIVI DEL LITORALE PISANO FOGNATURA NERA DI TIRRENIA COMPLETAMENTO ZONA NORD-EST I LOTTO FUNZIONALE - STRALCIORETE

Elaborato II	RELAZIONE CALCOLI IDRAULICI	Data : Maggio 2014
------------------------	----------------------------------------	-----------------------

<i>Committente:</i> Ing. Roberto CECCHINI	<i>Progettisti:</i> Ing. Giovanni SIMONELLI Ing. Simone FRANCHINI
<i>Responsabile dei Lavori:</i> Geom. Romano MARAGLIULO	<i>Collaboratori tecnici :</i> Ing. Monica D'ONOFRIO

Indice rev.	Data	Oggetto	Controllato	Approvato
0		Prima emissione	Franchini	Simonelli

**OGGETTO: PROGETTI DEPURATIVI DEL LITORALE PISANO.
NUOVA FOGNATURA NERA DI TIRRENIA.
COMPLETAMENTO “LOTTO NORD – EST”.**

- STRALCIO 1° LOTTO FUNZIONALE.

RELAZIONE DI CALCOLO

Il presente progetto è da inquadrarsi, come stralcio funzionale dell'ultimo lotto di completamento, in un più ampio piano di interventi precedenti già a regime e con il quale si andrà a coprire l'intero abitato della frazione di Tirrenia con una sostanziale tendenza al risanamento ed al recupero ambientale del sottosuolo nonché al disinquinamento di tutti gli sgrondi di superficie. Infatti, la realizzazione della rete di fognatura nera separata permetterà l'avvio al depuratore, ubicato in Vione Vannini, anche dei reflui della zona compresa nel triangolo delimitato da **Via delle Abetelle, Via dei Castagni e Vione di Pisorno.**

Sulla base dei dati altimetrici dei piani viabili dell'abitato e della geometria planimetrica del tessuto viario sono stati individuati i tracciati dei collettori che sviluppano il loro andamento prevalente secondo il naturale declivio della configurazione altimetrica dell'area. Da qui ne è discesa la necessità di prevedere un impianto di sollevamento meccanico dei liquami collocato nel punto di confluenza dei principali collettori provenienti dalla via dei Castagni, via degli Alberi e via Pisorno.

Compiuta la scelta dello schema fognario, si è proceduto al calcolo delle singole tratte fognarie per il cui dimensionamento, tenuto di conto della prevalente vocazione turistico - ricettiva, si è preso in esame il periodo di massima utenza, cioè quello estivo.

La stima della popolazione è stata effettuata sulla base della previsione del P.R.G. vigente, opportunamente verificata ed integrata sul principio dell'urbanizzazione di fatto (volumetrie esistenti ed ulteriore suscettibilità edificatoria), così come dai dati acquisiti presso l'Ufficio anagrafe del Comune di Pisa. Si è inoltre proceduto ad una verifica tenendo conto dei rilevamenti e statistiche dei vari Enti pubblici preposti, dei consumi idrici rilevati durante l'arco dell'anno. Ferma restando inalterata l'attuale distribuzione modale della domanda di carattere turistico dell'utenza, ai fini del carico antropico si può ipotizzare per il medio - lungo periodo la presenza di un utente nominale ogni 70/80 mc. di volumetria edilizia residenziale rapportabile, come ulteriore riscontro ad una densità abitativa di circa 110 ab./ha. Dalle valutazioni e verifiche effettuate, la popolazione stimata che graverà sul nuovo reticolo fognario e quindi sull'impianto di depurazione biologica assomma a circa 3.500 abitanti.

CALCOLO DELLE PORTATE (TABELLA 1)

Per il calcolo delle portate si è proceduto assumendo i seguenti parametri:

- Dotazione idrica pari a 300 lt/ab. D;
- Coefficiente moltiplicativo pari a 2 che tiene di conto dei picchi di punta di afflusso in rete;
- Coefficiente di afflusso in fogna pari a 0,8;
- Periodo utile di smaltimento pari a 10 ore.

VERIFICA IDRAULICA (TABELLA 2)

Successivamente, assegnata la relativa portata ad ogni tronco, come meglio indicato nelle tavole allegate, predeterminato il diametro si è calcolata la pendenza, e/o viceversa, verificando quindi che la velocità all'interno della condotta restasse nell'intervallo dei valori, già prefissati (40-50 cm/ sec) per tener conto del notevole abbattimento che vi risulterà quando il carico idraulico sarà in grado di minima (inverno).

La verifica del dimensionamento è stata effettuata adottando tubazioni in pvc sia per i collettori principali sia per le condotte minori assumendo, in forza dell'esperienza, il diametro del Ø 200 mm e pendenza variabile dal 1.8 al 5 per mille. In definitiva i diametri adottati sono compresi tra il Ø 200 mm ed il Ø 400 mm.

In taluni casi per alcuni collettori posti alle testate della rete fognaria, la velocità di deflusso del liquame risulta inferiore al valore prefissato sopra indicato (40-50 cm/ sec) in quanto, si è assegnata una pendenza inferiore a quella necessaria al fine di avere una indispensabile profondità iniziale del collettore e non dover abbassare la giacitura dell'intera rete.

Pertanto, tale circostanza rende necessaria da parte del Gestore l'esecuzione di interventi di lavaggio con una frequenza più intensa rispetto alle normali operazioni programmate di mantenimento.

Per ogni condizione di carico idraulico sono stati altresì calcolati tutti i parametri idraulici: altezza della vena liquida, contorno bagnato, sezione liquida, raggio medio e velocità di deflusso.

IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO

Come sopra accennato, la conformazione geografica dell'area oggetto dei lavori presenta un marcato sviluppo longitudinale e comporta necessariamente la realizzazione di un impianto di sollevamento. L'ubicazione degli stessi è dettata ovviamente dalla necessità di contenere la profondità degli scavi della condotta, in rapporto anche alla edificazione esistente.

Sulla base dei dati emergenti dal progetto ovvero della sommatoria delle portate di ciascun collettore si desume un carico idraulico affluente alla stazione di sollevamento denominata **I.S.1** pari a **38,82 lt/ sec**

DIMENSIONAMENTO DELLA STAZIONE DI SOLLEVAMENTO DA DOTARSI DI N° 2 POMPE ELETTROSOMMERSE

Nel dimensionamento della vasca di accumulo dell'impianto si è tenuto conto oltretutto delle condizioni collegate all'andamento altimetrico sia del terreno sia del progetto, anche di un corretto ed efficace funzionamento delle pompe in modo da ridurre al minimo i tempi di stazionamento del liquido entro la vasca stessa.

Le pompe elettrosommerse da installare avranno caratteristiche tali che l'energia e quindi il surriscaldamento prodotto al momento dell'avviamento abbia luogo di ridursi regolarmente in un arco temporale subordinato alle qualità specifiche delle pompe stesse.

Il tempo di funzionamento e di sosta, ovvero il CICLO di ciascuna apparecchiatura elettromeccanica dovrà pertanto tenere conto delle particolari caratteristiche tecniche.

Pertanto, anche sulla base di esperienze comparative, il dimensionamento della vasca di accumulo ovvero del Volume Utile della stessa è stato calcolato considerando per ciascuna elettropompa un numero di avviamenti/ora compreso tra 8 e 12 consecutivi con un tempo di sosta pari al tempo di funzionamento. Il valore numerico che si prende in considerazione risulta contenuto tra otto e dieci avviamenti orari. In questo caso, prevedendo l'installazione di **n° 2 pompe in parallelo** con equivalenti caratteristiche, il volume utile complessivo di riempimento della vasca è dato dalla seguente relazione: **$V = Q \times T/4$**

Dove:

- V = Volume di invaso
- Q = Portata di pompaggio
- T = Ciclo della pompa

La portata in arrivo considerata è pari **38,82 lt/sec** asservita da n°2 pompe da **40,00 lt/sec** ciascuna a funzionamento in parallelo, alternate da una terza pompa di pari portata, con un ciclo orario di n° 8 avviamenti.

Quindi, assumendo $T_{ciclo} = 60/8 = 7,5$ minuti = 450 sec abbiamo $V = 40,00 \times 450/4 = 4.500,00$ lt = 4.500 mc → in arrotondamento $V = 5,000$ mc.

Per facilitare le operazioni di manutenzione all'impianto di pompaggio, successive alla prima installazione, si prevede di dividere la vasca con un setto divisorio centrale dotato di paratoie regolabili in modo da creare due serbatoi distinti e, in caso di necessità, totalmente indipendenti nel loro funzionamento.

Pertanto, la vasca da realizzare, ovvero i due serbatoi avranno ciascuno, intese come dimensioni utili interne, le seguenti caratteristiche geometriche;

LARGHEZZA	= 2,30 m.
LUNGHEZZA	= 1,47 m.

VERIFICA SEZIONE TRATTI IN PRESSIONE

La verifica idraulica si effettua per i percorsi di condotte in pressione da realizzarsi nel tratto a valle dell'impianto di sollevamento e spinta denominato "I.S.1" per una lunghezza di complessivi 630 ml circa.

Per il calcolo delle perdite di carico nelle condotte viene utilizzata la formula di Darcy.

$$J = \lambda \times \frac{U^2}{2 \times g \times D}$$

J = Perdita di carico per unità di lunghezza;

λ = Coefficiente dimensionale d'attrito

Il valore di λ viene determinato mediante la formula di Colebrook

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon/D}{3,71} \right)$$

Re = Numero di Reynolds

ε = parametro di scabrezza

CALCOLO COLPO D'ARIETE

La sovrappressione Δh , misurata in metri di colonna d'acqua che si genera in una condotta per effetto del colpo d'ariete, conseguente all'interruzione del flusso per azionamento di saracinesche o valvole di ritegno, è data dalla formula dell'Allievi:

$$\Delta h = \frac{c}{g} \times V_0$$

nella quale

$$c = \frac{C}{\sqrt{1 + \frac{\varepsilon}{E} \times \frac{D}{S}}}$$

dove:

c = celerità di propagazione della perturbazione in m/sec

g = accelerazione di gravità = 9,81 m/s

V₀ = velocità dell'acqua a regime in m/s

C = velocità del suono nell'acqua a 15° C = 1.420 m/s

ε = modulo di elasticità di volume dell'acqua = 2 * 108 Kg F/m²

E = modulo di elasticità del materiale = 0,9 * 108 Kg F/m²

D = diametro del tubo in m

S = spessore del tubo in m

Il valore di portata di progetto che si prende in considerazione in uscita dalla stazione di pompaggio risulta pertanto quello relativo alla portata massima proveniente dal collettore P0 – I.S.1 pari a 38,82 l/sec

Si prospetta una tubazione in PE a.d. PN 10 - SDR 17 PE 100 conformi alla norma UNI 10910 per fognature, del diametro nominale di 200 mm, diametro interno 176,20 mm.

Per la condotta in oggetto, ipotizzando una distribuzione uniforme della portata, viene calcolata la perdita di carico con la formula di DARCY:

- $Q = 39,00 \text{ l/sec}$
- $v = 1,59 \text{ m/sec}$
- $\text{diametro interno} = 176,20 \text{ mm} \quad \varepsilon = 0,02 \quad J = 11,61 \text{ m/km}$

La massima perdita di carico per il tratto di 650 m x 11,61 m/km = **7,54 m**.

Si tiene in considerazione un 20% di perdite localizzate pari a **1,50 mt.** ed un dislivello geodetico di circa **3,7 m**.

Sono inoltre da considerarsi le perdite di carico all'interno della stazione di sollevamento dovute a curve ed organi di manovra che, nel dettaglio, saranno costituite da tubazioni di mandata in acciaio inox DN 100 mm.

Tubazione di mandata	$\varepsilon = 0,2$ L = 3,0 m	$\Delta H = 0,30$ m
Curve	n. 2	$\Delta H = 0,48$ m
Saracinesche corpo piatto	n. 1 DN 100	$\Delta H = 0,15$ m
Innesto a T	n. 1	$\Delta H = 0,60$ m
Valvola di ritegno a sfera	n. 1	$\Delta H = 0,30$ m
	totale	$\Delta H = 1,83$ m

Il carico totale comprensivo del dislivello geodetico risulta pertanto pari a **14,57 mt.**

Relativamente al **colpo d'ariete**, considerando:

- $V_0 = 1,59$ m/s
- $E = 0,9 \times 10^8$ kg F/m²
- $D = 0,2$ m
- $S = 0,0119$ m

Si ricava un valore di celerità "c" pari a : 230 m/s

Di conseguenza $\Delta h = 37.31$ m.c.l.

Il massimo valore di pressione idrostatica calcolata per la condotta premente è di **14,57 m.c.l.**; pertanto in considerazione del valore massimo della sovrappressione per fenomeni di colpo d'ariete, risulta una pressione massima nella condotta di circa **51,88 m.c.l.**, e comunque inferiore al valore nominale delle tubazioni previste che risultano essere classe **PN 10**.

VERIFICA SPINTA IDROSTATICA

Essendo nel terreno di posa presente un livello di falda che interferisce con il manufatto, è necessario eseguire la verifica al galleggiamento dello stesso. Dai calcoli effettuati, risulta che la spinta che si origina non è tale da innescare il galleggiamento della stazione di sollevamento, anche nel caso in cui la stazione fosse completamente vuota, e la falda a piano campagna. In tal caso infatti la verifica al galleggiamento risulta verificata con un coefficiente di sicurezza pari a **1,20**.

Pisa

IL TECNICO

CALCOLO PORTATE

GRANDEZZE GEOMETRICHE E DEMOGRAFICHE CARATTERISTICHE DELLA RETE FOGNARIA									PORTATE		
Tratto	Via	residenti	lunghezza	lunghezza	abitanti nel tratto di rete				dotaz. idrica giornaliera/ab	300	
		totali attuali	strada	ramo	residenti attuali	residenti futuri	equivalenti per att. commerciali e servizi	equivalenti totali	portata ramo di rete (l/s)	portata affluente (l/s)	portata di progetto (l/s)
			(m)	(m)							
P43 - P41	via dei castagni	254	542	88.5	41			41	0.55		0.55
P47 - P41	via dei girasoli	153	178	178	153			153	2.04		2.04
P41 - P40	via dei castagni	254	542	20.2	9			9	0.13	2.59	2.72
P91 - P40	via delle ginestre	301	360	150	125			125	1.67		1.67
P40 - P38	via dei castagni	254	542	108.25	51			51	0.68	4.39	5.07
P48 - P38	via delle mortelle	79	74	74	79			79	1.05		1.05
P38 - P36	via dei castagni	254	542	79.5	37			37	0.50	6.12	6.62
P49 - P36	via delle felci	112	341.15	84.4	28			28	0.37		0.37
P36 - P34	via dei castagni	254	542	99.1	46			46	0.62	6.99	7.61
P50 - P34	via delle eriche	193	261.55	84	62			62	0.83		0.83
P34 - P30	via dei castagni	254	542	186.6	87			87	1.17	8.43	9.60
P53 - P30	via dei gladioli	159	138	138	159			159	2.12		2.12
P14 - P10	via delle ginestre	301	360	210	176			176	2.34		2.34
P10 - P8	via degli alberi	183	407.1	76	34			34	0.46	2.34	2.80
P25 - P8	via dei ginepri	180	301.6	151.6	90			90	1.21		1.21
P18 - P8	via dei ginepri	180	301.6	150	90			90	1.19		1.19
P8 - P6	via degli alberi	183	407.1	88.5	40			40	0.53	5.20	5.73
P27 - P6	via delle felci	112	341.15	90	30			30	0.39		0.39
P20 - P6	via delle felci	112	341.15	90	30			30	0.39		0.39
P6 - P4	via degli alberi	183	407.1	63	28			28	0.38	6.51	6.89
P29 - P4	via delle eriche	193	261.55	60	44			44	0.59		0.59
P22 - P4	via delle eriche	193	261.55	60	44			44	0.59		0.59
P4 - P1	via degli alberi	183	407.1	131.5	59			59	0.79	8.07	8.86
P66 - P1	via pisorno	710	882.12	359.93	290			290	3.86		3.86
P1 - P30	via pisorno	710	882.12	53.78	43			43	0.58	12.72	13.30
P30 - P0	via pisorno	710	882.12	30	24			24	0.32	25.02	25.34
P59 - P0	via pisorno	710	882.12	262.16	211	700.0	100	1011	13.48		13.48
P0 - I.S.1	Collettore I.S.1	0	60	30	0			0	0.00	38.82	38.82
				portata totale a carico della stazione di sollevamento I.S."1"						lt/sec.	38.82

P71 - P67	<i>via pisorno</i>	710	867.6	145	119			119	1.58		1.58
P86 - P79	<i>via abetelle</i>	296	651	328	149			149	1.99		1.99
P88 - P79	<i>via degli alberi</i>	183	407.1	48.08	22			22	0.29		0.29
P79 - P67	<i>via abetelle</i>	296	651	323	147			147	1.96	2.28	4.23
				portata totale a carico del collettore dn. 500 di via dell'edera						lt/sec.	<u>46.92</u>

VERIFICA IDRAULICA

collettore ramo di rete	Via	Q iniziale (l/s)	Q max (l/s)	diametro tubo (mm)	pendenza (m/km)	altezza d'acqua (cm)	sezione liquida (m ²)	contorno bagnato (m)	raggio idraulico (m)	velocità corrente (m/s)	Q tubazione (l/s)	alfa/2 (rad)	alfa (rad)
P43 - P41	via dei castagni	0.00	0.55	200	5	2.090	0.002	0.132	0.013	0.32	0.55	0.6583546	1.3167091
P47 - P41	via dei girasoli	0.00	2.04	200	2	4.940	0.006	0.208	0.029	0.34	2.04	1.0402554	2.0805108
P41 - P40	via dei castagni	2.59	2.72	200	5	4.535	0.005	0.199	0.027	0.51	2.72	0.9926171	1.9852342
P91 - P40	via delle ginestre	0.00	1.67	200	3	4.040	0.005	0.186	0.024	0.37	1.67	0.9322859	1.8645718
P40 - P38	via dei castagni	4.39	5.07	200	1.8	8.170	0.012	0.277	0.044	0.42	5.07	1.3867592	2.7735184
P48 - P38	via delle mortelle	0.00	1.05	200	4	3.000	0.003	0.159	0.019	0.35	1.05	0.7953988	1.5907977
P38 - P36	via dei castagni	6.12	6.62	200	1.8	9.495	0.015	0.304	0.048	0.45	6.62	1.5202748	3.0405497
P49 - P36	via delle felci	0.00	0.37	200	4	1.830	0.001	0.123	0.012	0.26	0.37	0.6146072	1.2292144
P36 - P34	via dei castagni	6.99	7.61	200	1.8	10.300	0.016	0.320	0.051	0.47	7.61	1.6008008	3.2016017
P50 - P34	via delle eriche	0.00	0.83	200	4	2.680	0.003	0.150	0.017	0.33	0.83	0.7495434	1.4990869
P34 - P30	via dei castagni	8.43	9.60	250	1.8	10.461	0.019	0.352	0.055	0.49	9.60	1.4069441	2.8138883
P53 - P30	via dei gladioli	0.00	2.12	200	1.87	5.120	0.006	0.212	0.030	0.33	2.12	1.0609994	2.1219988
P14 - P10	via delle ginestre	0.00	2.34	200	3	4.778	0.006	0.204	0.028	0.41	2.34	1.0213677	2.0427355
P10 - P8	via degli alberi	2.34	2.80	200	10	3.875	0.004	0.182	0.023	0.66	2.80	0.9115769	1.8231538
P25 - P8	via dei ginepri	0.00	1.21	200	3	3.450	0.004	0.171	0.021	0.33	1.21	0.8566137	1.7132274
P18 - P8	via dei ginepri	0.00	1.19	200	4	3.190	0.003	0.164	0.020	0.37	1.19	0.821669	1.6433379
P8 - P6	via degli alberi	5.20	5.73	200	5	6.635	0.009	0.246	0.037	0.63	5.73	1.2275987	2.4551973
P27 - P6	via delle felci	0.00	0.39	200	3	2.000	0.002	0.129	0.013	0.24	0.39	0.6435011	1.2870022
P20 - P6	via delle felci	0.00	0.39	200	4	1.860	0.001	0.124	0.012	0.26	0.39	0.6197908	1.2395816
P6 - P4	via degli alberi	6.51	6.89	200	5	7.315	0.010	0.260	0.040	0.66	6.89	1.2989608	2.5979216
P29 - P4	via delle eriche	0.00	0.59	200	4	2.280	0.002	0.138	0.014	0.30	0.59	0.6888146	1.3776293
P22 - P4	via delle eriche	0.00	0.59	200	4	2.280	0.002	0.138	0.014	0.30	0.59	0.6888146	1.3776293
P4 - P1	via degli alberi	8.07	8.86	250	5	7.635	0.013	0.293	0.043	0.70	8.86	1.1710334	2.3420667
P66 - P1	via pisorno	0.00	3.86	200	5	5.235	0.007	0.215	0.030	0.55	3.62	1.0741269	2.1482539
P1 - P30	via pisorno	12.72	13.30	300	1.5	12.085	0.027	0.413	0.065	0.50	13.30	1.3752185	2.7504371
P30 - P0	via pisorno	25.02	25.34	400	1.7	14.580	0.041	0.519	0.080	0.61	25.34	1.2963646	2.5927291
P59 - P0	via pisorno	0.00	13.48	250	2.25	11.900	0.023	0.381	0.061	0.59	13.48	1.5227779	3.0455558
P0 - I.S.1	Collettore I.S.1	38.82	38.82	400	3	15.745	0.046	0.543	0.085	0.84	38.82	1.3564078	2.7128156
P71 - P67	via pisorno	0.00	1.58	200	4	3.660	0.004	0.177	0.022	0.40	1.58	0.8840816	1.7681632

P86 - P79	via abetelle	0.00	1.99	<i>200</i>	<i>2.74</i>	4.510	0.005	0.198	0.027	0.38	1.99	0.989629	1.979258
P88 - P79	via degli alberi	0.00	0.29	<i>200</i>	<i>5</i>	1.550	0.001	0.113	0.010	0.26	0.29	0.5642312	1.1284623
P79 - P67	via abetelle	2.28	4.23	<i>200</i>	<i>1.1</i>	8.470	0.013	0.283	0.045	0.33	4.23	1.417193	2.834386