

IGNAZIO MANTICA *

**L'IMPIANTO DI POTABILIZZAZIONE
DELLE ACQUE PROFONDE
DI MARINA DI PISA**

* dr. ing. Ignazio Mantica - Assistente Ordinario di Idraulica dell'Università di Ancona
- già Capo Divisione Acquedotti del Comune di Pisa.

1. - GENERALITA' E CENNI STORICI

Il progettista di acquedotti troverà, sempre più sovente, tra i problemi da risolvere quello dell'approvvigionamento idrico; varie sono le cause che rendono questo aspetto della progettazione più drammatico ma, è mio parere, che tre siano i motivi principali, almeno per gli acquedotti urbani, cioè con prevalente utilizzo di acque a scopo potabile (1):

- il miglioramento delle condizioni di vita della popolazione;
- l'aumento, nei centri in sviluppo, del numero di abitanti;
- l'inquinamento di alcune di quelle, che, sino a qualche anno fa, erano considerate le risorse idriche del futuro.

Con la prima delle tre cause ho inteso essenzialmente due aspetti, il miglioramento vero e proprio delle condizioni di vita cui ha fatto seguito il miglioramento dei servizi igienici nelle abitazioni e nelle industrie e quindi l'aumento del numero di bagni, docce ed il loro più frequente utilizzo e la diffusione degli elettrodomestici, che notoriamente aumenta il consumo idrico.

Il secondo motivo, l'aumento della popolazione, influisce almeno due volte sulla richiesta idrica e per le dirette necessità igieniche ed alimentari degli individui e per le aliquote di richiesta idrica per alcuni servizi sociali (scuole, ospedali, ecc..).

Non è il caso di soffermarsi sulla terza causa che, nel caso in esame, è, delle tre, quella che meno ha contribuito al vecchio e continuo riproporsi del problema di approvvigionamento di Marina di Pisa.

L'approvvigionamento idrico delle frazioni balneari di Pisa (Marina e Tirrenia) ha sempre presentato notevoli difficoltà, di certo maggiori di quelle, non trascurabili degli altri centri limitrofi (Pisa e Livorno).

Nella presente nota è mia intenzione tratteggiare la soluzione di recente adottata per Marina di Pisa, ritengo tuttavia opportuno, e non solo per motivi storici, anteporre qualche cenno alle situazioni e dagli studi che nel passato sono stati espletati e ciò soprattutto per l'attualità di alcuni di tali problemi e per il loro riproporsi con frequenza ciclica.

I due comuni capoluogo (Pisa e Livorno) nel 1915, circa, realizzarono l'acquedotto di Filettole e con quello alimentarono anche la frazione balneare che, sino all'epoca, non era dotata di acquedotto; risulta infatti che i marinesi soddisfacevano le proprie esigenze idriche tramite pozzi al servizio delle abitazioni, pescanti nella falda freatica.

Le esigenze idriche di Marina sono notevolmente aumentate con il trascorrere degli anni a causa delle migliorate condizioni igieniche che ha comportato la richiesta di una maggiore disponibilità idrica pro-capite e per un notevole aumento della popola-

(1) In una città come Pisa la quasi totalità dell'acqua distribuita dall'acquedotto è utilizzata nelle abitazioni, un esempio importante di consumo, per uso industriale, dall'acquedotto è quello della vetreria S. Gobain che, per la propria produzione, deve utilizzare acque con caratteristiche eguali a quelle potabili che non possono essere reperite in altro modo a meno di non utilizzare l'acqua del sottosuolo (dura e ricca di molti sali indesiderati) e ciò comporterebbe la realizzazione di impianti di trattamento molto costosi. Per gli altri usi industriali (autolovaggi, impianti di condizionamento, ecc.....) è fatto obbligo un diverso approvvigionamento.

zione effettivamente residente in Marina di Pisa (il censimento del 21-4-1936 segnala una popolazione pari a 3,5 volte di quella del 1911 presa a base del progetto «Filettole») inoltre la presenza di alcuni stabilimenti industriali (cantiere di costruzioni aeronautiche) faceva aumentare sensibilmente la popolazione presente nella frazione.

Pertanto l'Amministrazione Comunale di quel tempo costituì nel 1935 una apposita commissione composta da illustri studiosi (prof. ing. Marcello Lelli, dr. Cosimo Bracci, dr. Giuliano Lepri, dr. Costantino Pasero, ing. Alvaro Pinelli, prof. ing. Giulio Fascetti) alla quale affidava il mandato di studiare e ricercare una soluzione al problema idrico di Marina.

Notevole fu il lavoro di questa commissione, durato due anni. Dapprima fu stabilito di dotare i marinesi d'acqua per 100 litri per abitante/giorno, per cui prescindendo dall'apporto dell'acquedotto di Filettole necessitava realizzare un acquedotto per 11,6 litri/sec.

La commissione, esclusa l'idea di reperire tale acqua per mezzo di un potenziamento dell'acquedotto di Filettole, esaminò numerose altre possibili fonti di approvvigionamento:

1. falde artesiane in Marina di Pisa;
2. falde artesiane (o sorgenti) in un raggio di 6 Km. da Marina;
3. ~~falde artesiane~~ *falde freatiche di Marina di Pisa*
4. acque superficiali dei fiumi Arno o Serchio;
5. falde freatiche o sorgenti molto distanti.

Già nel 1936 erano stati realizzati in loco diversi pozzi profondi, sino ad un massimo di 175 m., di nove di questi è riferito in alcuni lavori del prof. UGOLINI dell'Università di Firenze. Delle acque di tali pozzi la commissione conclude con «l'essere queste non adatte agli usi domestici a cagione del loro elevato contenuto chimico».

Nello stesso periodo furono realizzati altri tre pozzi profondi le cui caratteristiche non erano dissimili da quelli di cui riferisce il prof. UGOLINI (durezza 85° fran-

cesi, metano, ecc. . .). Furono escluse, dalla Commissione, anche le soluzioni 4 e 5 per la loro complessività e costo oltre alle soluzioni 1 e 2, queste per i motivi dianzi esposti.

Pertanto la commissione ritenne che la più idonea fonte di approvvigionamento, per Marina di Pisa, fosse la falda freatica sottostante.

Furono terebrati quattro pozzi, eseguite prove di portata e realizzata la stazione di pompaggio, che immetteva in rete tramite una tubazione in ghisa realizzata per l'acquedotto di Filettole, pertanto calcolata per una portata massima di 4,16 litri/sec. (2) (periodo estivo e cioè con una dotazione di 30 litri per abitante/giorno!!).

Con varie modifiche ed ampliamenti che portarono alla realizzazione di altri ben 16 pozzi oltre ai quattro iniziali; questo impianto rimase in esercizio sino a che la qualità dell'acqua non fu tale da imporre la ricerca di una nuova fonte di approvvigionamento.

Le cause del variare della qualità di queste acque saranno precisate in seguito.

La presenza nella zona di vari pozzi profondi, come dianzi accennato, aveva messo in evidenza che nel sottosuolo è presente una alternanza di strati permeabili e quindi delle relative falde. L'interesse fu rivolto alle falde più profonde (III e IV di fig. 1).

Nel 1963 fu terebrato un primo pozzo con emungimento dalla III falda che risultò sufficientemente ricca di acque (tanto da emungere una portata di 35 l/sec.) e con livello piezometrico di poco inferiore a quello del terreno, per cui è stato comunque necessario, per procedere alla utilizzazione, il ricorso al sollevamento meccanico, tramite pompe sommerse.

Le analisi chimiche sull'acqua emunta che confermano quanto scritto sulla relazione della Commissione del 1935 sono ripor-

(2) Si ricorda che l'impianto di Filettole avrebbe dovuto fornire alla città di Pisa e frazioni una portata massima pari a 60 l/sec.

tate nella tabella n. 1; è subito evidente l'eccessiva durezza di questa (94° francesi di cui 20,1° permanente e 71,5 temporanea) e l'elevata quantità di ferro e manganese (3).

Al fine dell'utilizzo di quest'acqua, date le pressanti necessità, fu realizzato nel 1966 un impianto di trattamento al solo scopo della demanganizzazione e deferrizzazione, forse nell'intento di renderla, almeno per aspetto, meno sgradevole, è infatti noto come acque ricche di sali di ferro e manganese (in genere presenti nella forma ferrosa e manganosa) assumano una colorazione bruna (cioè dal rosso scuro al nero) soprattutto se un trattamento di sterilizzazione (clorazione ad ipoclorito, per esempio) provoca l'ossidazione dei sali in essa contenuti.

Fu pertanto realizzato un modesto impianto di trattamento costituito da tre filtri a resina (manganesi zeoliti) poste su un letto di quarzite, e sterilizzazione a biossido di cloro preparato con la reazione tra gas cloro e clorito sodico.

Viene iniettato nell'acqua, prima dei filtri, ed in modo continuo del permanganato di potassio, questi ossida il ferro ed il manganese presenti nell'acqua che diventano insolubili e sono trattenuti dal filtro. Le parti di ferro e manganese che non sono state ossidate dal permanganato vengono ossidate dalle manganesi zeoliti durante il loro passaggio nel filtro; questi viene pulito in controcorrente e le manganesi zeoliti rigenerate con il permanganato di potassio. Il pH è corretto con l'iniezione di soda caustica (la zeolite si comporta come catalizzatore).

L'impianto che aveva una portata nominale di 24 l/sec rivelò ben presto i suoi limiti sia per quantità di acqua trattata che per qualità della stessa, infatti si riusciva ad ottenere una efficiente deferrizzazione e demanganizzazione solo con portata al più pari a 15 l/sec appena sufficiente per il periodo invernale, nel periodo estivo la richiesta idrica nella frazione balneare è notevolmente superiore ai 15 l/sec. Il trat-

mento, inoltre, non prevedeva l'abbattimento della durezza che, se elevata, rende come è noto, l'acqua inadatta alla quasi totalità degli usi domestici.

Le numerose proteste dei marinesi costrinsero le Autorità ed i Tecnici a fornire alla frazione almeno per un turno (8 ore) acqua proveniente da altri impianti, sfruttando la vecchia tubazione del 1915 ed una nuova centrale dispinta, realizzata nel 1968 a circa metà strada tra il capoluogo e la frazione proprio allo scopo del rifornimento di quest'ultima soprattutto nei periodi di forzata inutilizzazione dell'impianto di trattamento per i periodici lavori di manutenzione e riparazione che si sono resi necessari durante l'esercizio. Ma una tale gestione dell'impianto, cioè l'alternanza nella rete distributiva delle acque non migliorò di certo la situazione, infatti le manovre di apertura e chiusura provocano nelle tubazioni della rete il colpo d'ariete con conseguente rimozione di parte di quel materiale ferrico e manganico che col tempo si era depositato sul fondo delle tubazioni ed il suo trasporto alle abitazioni. A ciò si aggiunga che detta gestione diminuiva la quantità di acqua, attualmente appena sufficiente, a disposizione del capoluogo.

Fu pertanto necessario studiare nuovamente per una soluzione del problema dell'approvvigionamento idrico di Marina di Pisa che avesse almeno la validità di qualche decennio, come è buona norma per la costruzione di acquedotto.

L'Amministrazione Comunale nominò una apposita Commissione (prof. Ezio Tongiorgi, prof. Giuseppe Taponeco, prof. Bru-

(3) E' comunemente ammesso che un'acqua potabile possa avere al più:

Residuo fisso a 110 °C	100-500 mgr/litro
Durezza totale	35 ° francesi
Durezza permanente	12 ° francesi
Solfati	4-120° mgr/litro
Ferro	0,5-1 mgr/litro
Manganese	0,5 mgr/litro
Cloruri	35-50 mg/litro

devono essere assenti l'ammoniaca ed i nitriti, tuttavia la loro presenza, in modeste quantità può essere tollerata in acque provenienti da falde artesiane profonde e ricche in contenuti ferrosi.

COMPOSIZIONE CHIMICA DELLE ACQUE PROFONDE DI MARINA DI PISA (sulla base delle analisi del Laboratorio Provinciale di Igiene)					
C o m p o n e n t i		POZZO N. 1 (III falda)		POZZO N. 2 (IV falda)	
		ppm	epm	ppm	epm
Cationi	Ca ²⁺	251,7	12,58	285,4	14,27
	Mg ²⁺	69,1	5,75	38,9	3,22
	Fe ²⁺	7,4	0,28	6,4	0,25
	Mn ²⁺	0,6	0,024	1,2	0,048
Anioni	Cl ⁻	393,6	10,9	262,4	7,7
	HCO ₃ ⁻	872,4	14,3	707,6	11,4
Residuo fisso (a 180° C per litro)		1,745 gr.		1,648 gr.	
Durezza totale (gradi francesi)		91,6		95,2	
Durezza permanente (gradi francesi)		71,5		57,0	

Tab. I - (Il simbolo ppm sta per parti per milione; il simbolo epm sta per equivalenti per milione - è noto, come per soluzioni molto diluite valga epm=ppm/peso equivalente).

PORTATE MEDIE ANNUE INVIATE ALLA RETE DI MARINA DI PISA NEL PERIODO 1965 - 1973 DEDOTTE DALLA FATTURAZIONE								
1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
10,7	11,7	12,9	14,0	14,2	12,4	15,5	14,0	15,7

Tab. II - (Le portate sono espresse in litri al secondo).

no Imbasciati, ing. Sergio Bonti, geom. Angiolo Bertoni ed ing. Fausto Bargagna, responsabile dell'Ufficio Tecnico Acquedotti, sostituito dallo scrivente all'atto del suo pensionamento) al fine di studiare e dare indicazioni circa la risoluzione del problema.

2. - SOLUZIONI ESAMINATE E LORO DISCUSSIONE.

La popolazione residente in Marina di Pisa è, attualmente di 4.300 abitanti; non è stato effettuato un sondaggio circa la po-

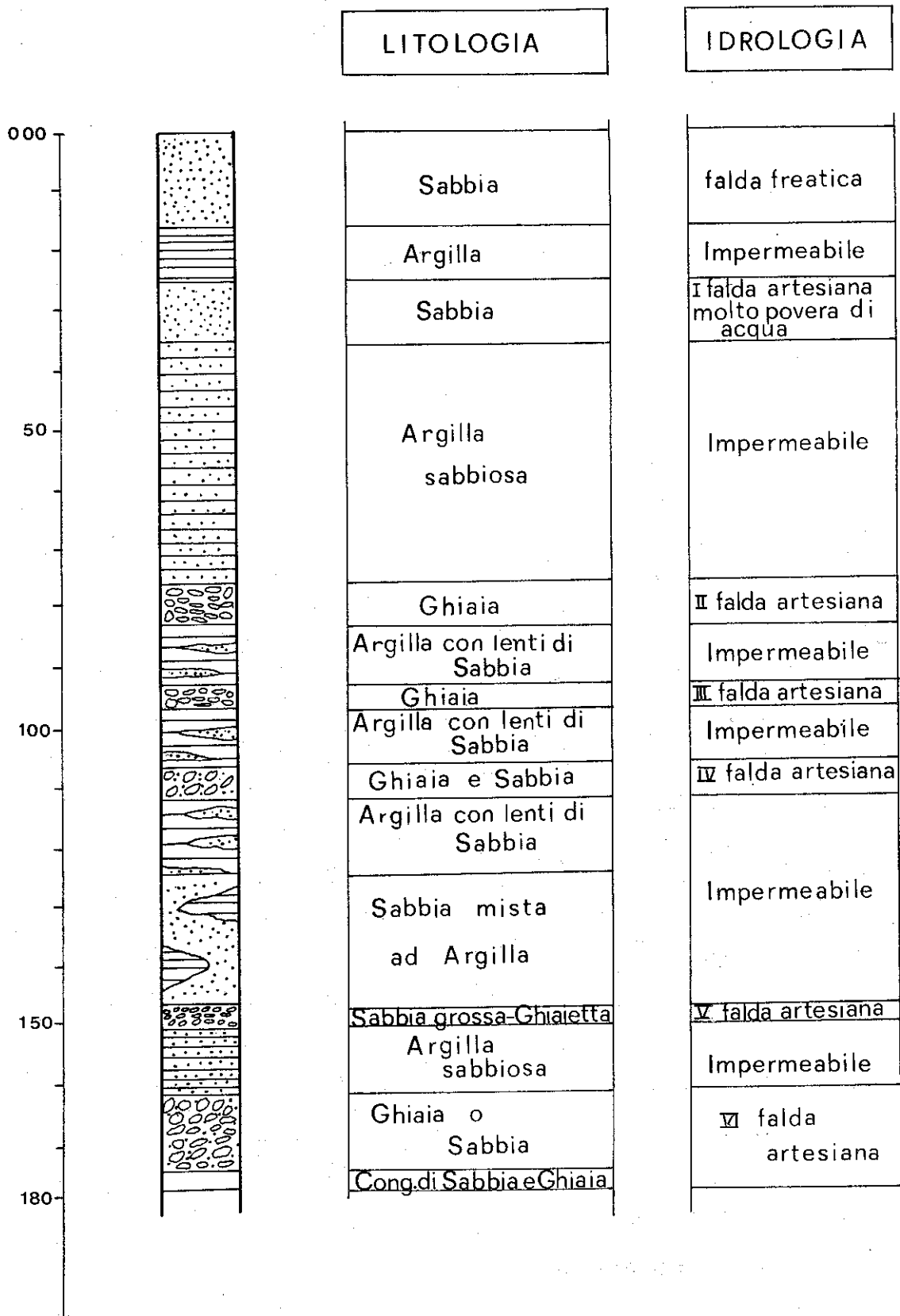
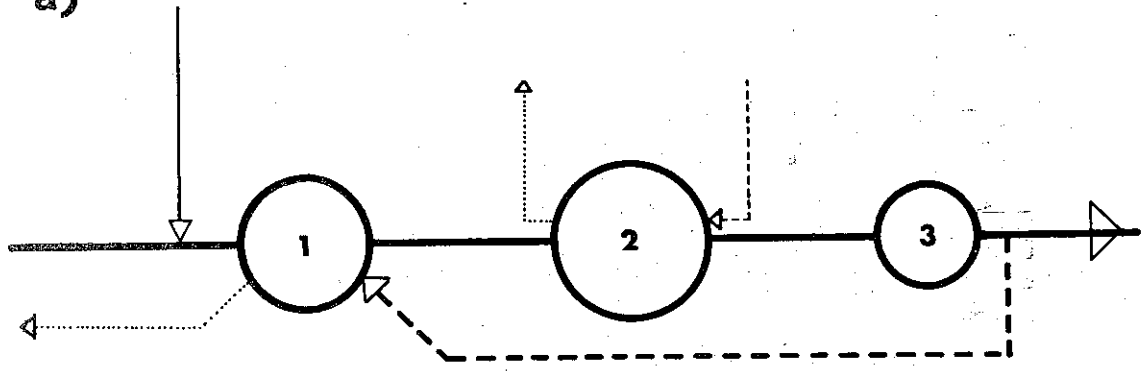
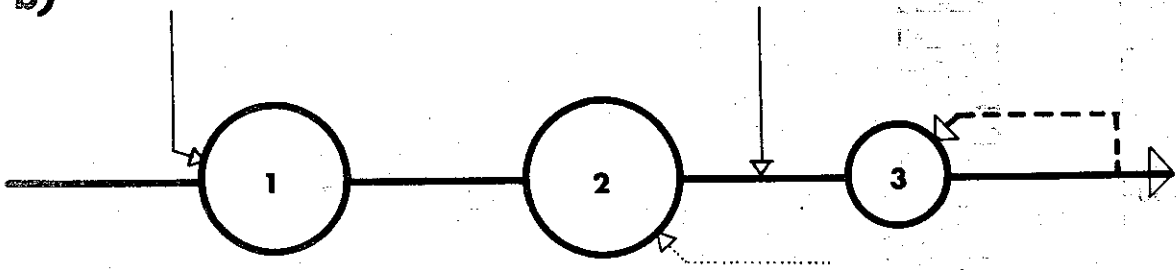


Fig. 1 - Stratigrafia delle alluvioni di Marina di Pisa (si noti l'alternanza di strati acquiferi e strati impermeabili).

a)



b)



Legenda

- | | | | |
|-------|-------------------|-------|-------------------------------|
| ————— | acque dei pozzi | ----- | reattivi per rigenerazioni |
| ----- | acque di lavaggio | | scarichi risciacqui e lavaggi |
| ————— | reattivi | | |

Fig. 2 - a) Schema di impianto a resine:
(1) Filtri per deferizzazione e demanganizzazione;
(2) Filtri a resine carbossiliche per addolcimento;
(3) Torre di aerazione per l'allontanamento della anidride carbonica.

b) Schema di impianto a calce:
(1) Preflocculatore;
(2) Sedimentatore;
(3) Filtri ad azione meccanica.

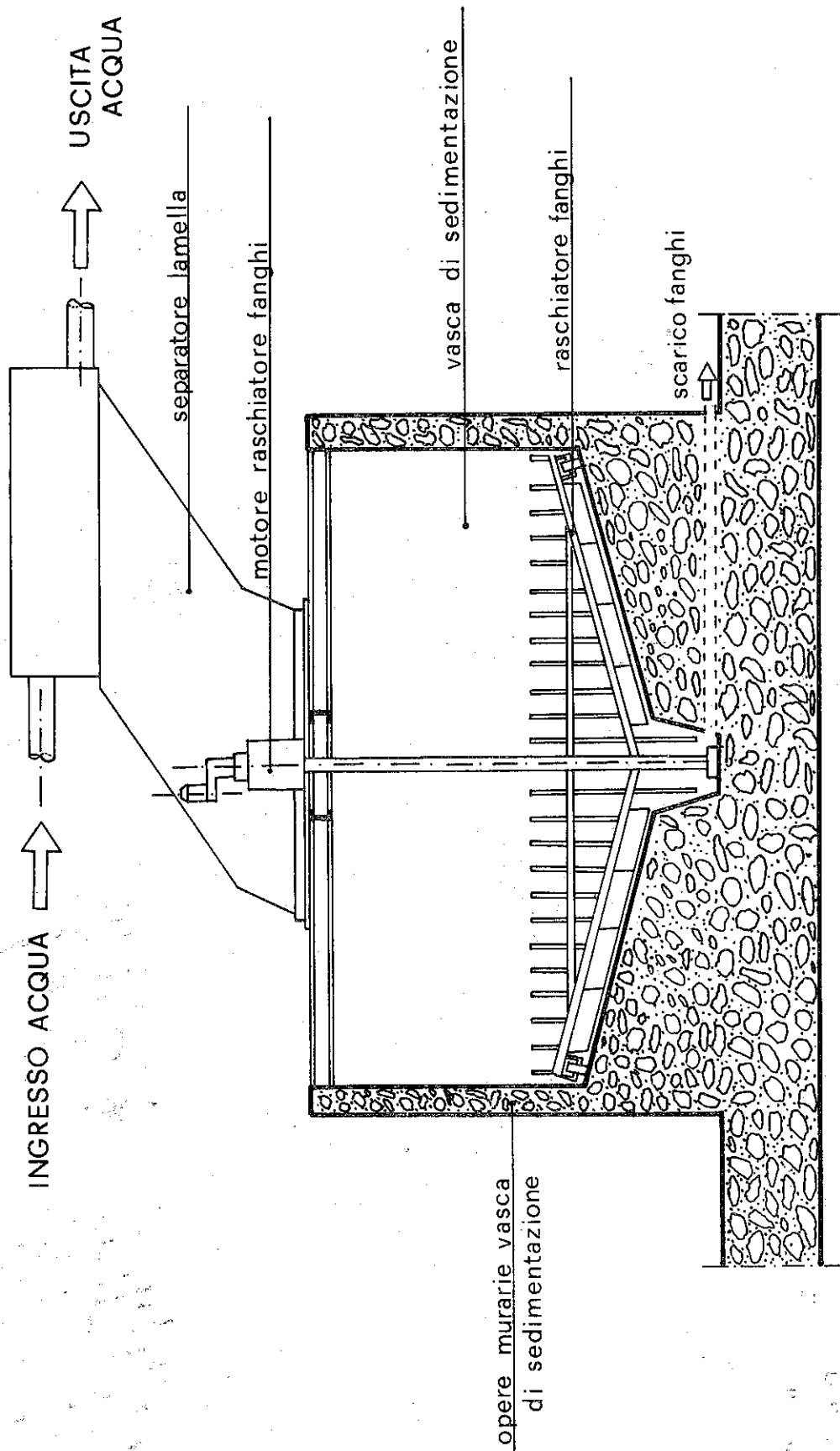
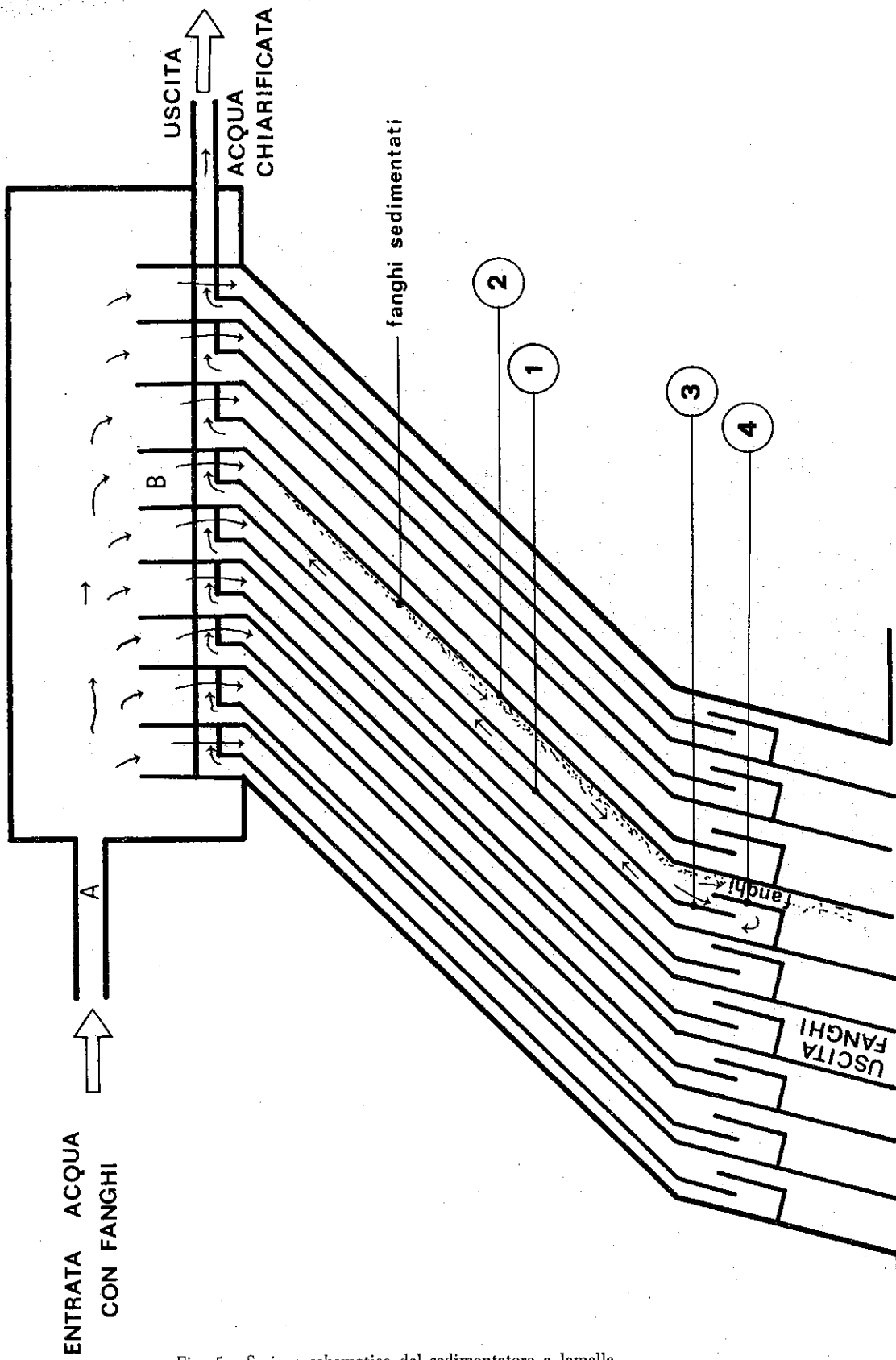


Fig. 4 - Sezione schematica del sedimentatore; la classica vasca cilindrica col fondo conico è sormontata dal sedimentatore a lamelle.



ALLA VASCA RACCOLTA FANGHI

Fig. 5 - Sezione schematica del sedimentatore a lamelle.

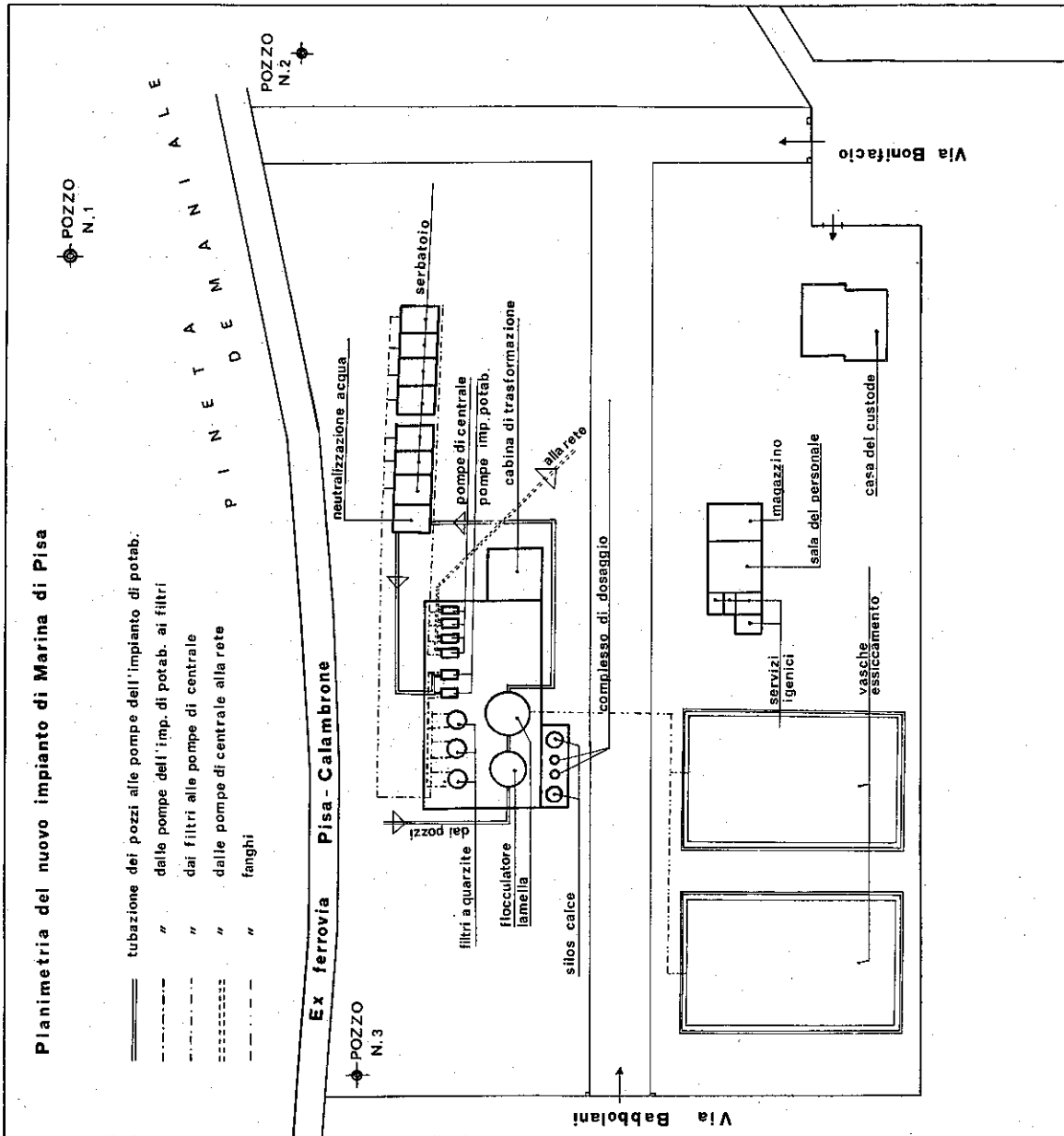


Fig. 6 - Planimetria generale della nuova acquedottistica di Marina di Pisa.

polazione presente durante il periodo estivo, nella frazione balneare (4).

Le previsioni del piano regolatore per la frazione stessa individuano in 8.750 gli abitanti residenti alla data del 2015 ai quali è da aggiungersi un migliaio di abitanti fluttuanti (periodo estivo).

La tabella II riporta il consumo annuo, rapportato in portata media annua, di acqua in Marina di Pisa come risulta dalla fatturazione non essendo installati, per il momento, strumenti di misura sulle adduttrici a monte della distribuzione.

Per il 1973 risulta che gli abitanti di Marina hanno usufruito di una dotazione idrica pro-capite media annua di 315 litri/abitante/giorno sul numero di abitanti residenti; a tale dotazione corrisponde una portata media annua pari a 15,6 l/sec. In base a questi dati fu deciso di dotare la frazione balneare di acqua per una portata massima di 55 l/sec prevedendo un congruo aumento della dotazione idrica-capite e considerando valide le indicazioni del piano regolatore.

Tuttavia questa quantità di acqua che dai calcoli dianzi accennati sarà necessaria solo quando la popolazione di Marina avrà raggiunto il livello segnalato dal piano regolatore del litorale, potrà, nelle quantità eccedenti il fabbisogno della frazione balneare, essere utilizzata dal capoluogo.

Stabilita così la quantità di acqua di cui dotare Marina di Pisa restava il problema del reperimento della stessa; sono ancora valide le cinque ipotesi di approvvigionamento fatte dalla Commissione del 1935, ma diverse ne sono le conclusioni:

— da escludere l'uso della falda freatica e perchè non in grado di fornire la quantità di acqua richiesta e perchè essa, che come già detto fu scelta quale fonte di approvvigionamento nel 1938, fu poi successivamente abbandonata in quanto le analisi batteriologiche segnalavano la presenza di fattori inquinati dovuti alla infiltrazione di acque «nere» nella falda nonchè di acque marine;

— da escludere un ulteriore potenziamento dell'impianto di Filettole, già due volte potenziato nel dopoguerra per le esigenze idriche di Pisa e Livorno ed ora al massimo della disponibilità;

— da escludere le falde artesiane e sorgenti nel raggio di 6 Km. e per assenza di queste ultime e per i motivi di cui si dirà nel seguito;

anche l'ipotesi 5 cioè falde freatiche e sorgenti distanti è stata subito messa da parte in quanto le drammatiche necessità cui Pisa e Livorno avevano versato alcuni anni prima ed ancora non del tutto lontane avevano già fatto esaminare questa probabilità per i due comuni capoluogo utilizzando tutte le sorgenti in atto presenti ed anche alcune falde artesiane (Pisa ricorse alla utilizzazione della falda artesianica di Pierdicino, S. Ermete ed Ospedaletto, della sorgente di Caldaccoli, terebrò anche pozzi in Cisanello; Livorno utilizzò le falde artesiane del Mortaiolo, realizzò un impianto di trattamento delle acque superficiali, poi abbandonato, e, insieme a Pisa, furono sfruttate le polle di Vecchiano).

Rimasero quindi due ipotesi alle quali era da aggiungersi una terza: la desalinizzazione dell'acqua marina; detta ultima ipotesi fu subito accantonata per l'eccessivo costo di realizzazione ed esercizio di un tale impianto. Anche l'ipotesi di utilizzo di acque superficiali dovette essere abbandonata e perchè le acque del fiume Arno, in prossimità di Marina sono a diretto contatto con le acque marine (queste ultime sono addirittura prevalenti nei casi di alta marea e di venti occidentali) e, soprattutto per il forte inquinamento della stessa, che, già nel 1968 era tanto avanzato da rendere opportuna la convocazione di un apposito convegno.

(4) Negli atti della Commissione del periodo 1935-1938 è riportata una tale indagine, essa si riferisce ai consumi mensili nel decennio 1927-1936.

Elaborando questi dati si è ricavato un grafico che è servito di confronto tra i consumi nel periodo estivo e nell'anno.

Pertanto l'unica fonte atta a fornire la quantità di acqua richiesta ed, almeno per il momento, tale da garantire l'assenza di inquinamento per un periodo sufficientemente lungo (cioè dell'ordine del trentennio) era da ricercare nelle acque artesiane.

Il pozzo già terebrato, ed in esercizio, dava garanzie sufficienti. La conoscenza della stratigrafie (fig. 1) fino a 180 m. al di sotto del livello del terreno aveva messo in evidenza la presenza di altre falde, fu pertanto terebrato un secondo pozzo sino al raggiungimento della IV falda artesiane. Il risultato delle analisi chimiche su tali acque è riportato nella tabella I; è evidente come non siano molto dissimili i caratteri delle acque delle falde profonde.

Le notizie circa le componenti chimiche delle acque di altri pozzi, terebrati nel raggio di qualche chilometro, non sono dissimili da quelli dei due pozzi di Marina è pertanto era da preferirsi l'utilizzo delle acque locali.

Veniva così risolto il problema del reperimento dell'acqua in quantità sufficiente ma, detta acqua, come già visto non poteva certo definirsi potabile a causa degli elevati contenuti in ferro, manganese e per durezza.

Acque con dette caratteristiche sono spesso utilizzate industrialmente previo apposito trattamento ma raramente per la produzione di acqua a scopo potabile, tuttavia l'utilizzo di acque dure o ferrose, ma non in queste proporzioni, si era già reso necessario in altri acquedotti sia pur con opportuno trattamento atto a migliorarne le caratteristiche.

I vari modi per potabilizzare simili acque possono essere raggruppati nei due metodi seguenti: il primo che si basa sulla precipitazione delle sostanze indesiderate per mezzo di appositi reattivi che le trasformano da solubili ad insolubili provocandone la precipitazione ed il secondo che si basa sullo scambio ionico realizzato tramite apposite resine (permutiti o zeoliti).

Infatti si deferizza un'acqua:

- o tramite l'ossidazione del ferro bivalente a ferro trivalente insolubile con agenti ossidanti, di questi il più usato è l'ossigeno dell'aria (l'aerazione può essere forzata o meno) se però il ferro è presente sotto forma di composti organici (o trasportato da microrganismi) è necessario il ricorso ad ossidanti più energici. Una volta realizzata l'ossidazione gli idrossidi formati vengono trattenuti da appositi filtri.
- o tramite resine anioniche che eliminano anche il ferro contenuto in composti organici.

Più difficile è la demanganizzazione per la maggior stabilità dei sali manganosi ed è molto lenta quando il pH è inferiore ad 8,6 come nel caso delle acque potabili, è pertanto necessario l'uso di energici ossidanti come il permanganato di potassio, il cloro, l'ozono o, se al processo ossidativo viene preferito quelle a resine, queste devono essere delle manganesi zolite, i risultati di quest'ultimo trattamento non sono, tuttavia, soddisfacenti.

La durezza, come è noto, è data dalla presenza di sali di calcio e magnesio (5) e si suole distinguere in temporanea (quella derivante dai bicarbonati) e permanente (da cloruri solfati e nitrati).

Il più classico metodo di addolcimento è quello a calce (od a calce e soda), questa (idrossido di calcio) provoca la precipitazione dell'anidride carbonica libera e dei bicarbonati di calcio e magnesio sotto forma di carbonati (insolubili) eliminando così la durezza temporanea, contemporaneamente la calce trasforma i solfati e cloruri di magnesio in altrettanti sali del calcio e quindi queste ultime reazioni non portano ad una riduzione della durezza permanente.

Per eliminare quest'ultima è necessario trattare l'acqua anche con la soda (sodio carbonato) che trasforma i cloruri e solfati

(5) Anche i sali di ferro, manganese ed alluminio ecc..... conferiscono durezza alle acque ma il loro contributo è, in genere, modesto (si veda la tab. I).

di calcio negli analoghi sali del sodio, il calcio precipita sotto forma di carbonato.

Si può ottenere l'addolcimento anche con resine cationiche: si adoperavano originariamente zeoliti sodiche che provocano lo scambio tra gli ioni calcio e magnesio con gli ioni sodio, oggi si preferiscono alle zeoliti naturali, quali le sodiche, le zeoliti sintetiche che hanno composizione molto variabile (si tratta di copolimeri) che agiscono entro un ampio intervallo di pH.

Pertanto l'impianto di deferrizzazione, demanganizzazione ed addolcimento poteva essere realizzato:

- o con un impianto a calce (od a calce e soda) previa aerazione dell'acqua e successiva filtrazione;
- o con un impianto a resine.

Quest'ultimo avrebbe dovuto avere uno schema del tipo di fig. 2,a: deferrizzazione e demanganizzazione tramite l'invio continuo di permanganato di potassio e successivo passaggio in filtri contenenti manganese zeoliti che completino l'ossidazione ed addolcimento con filtri a resine carbossiliche a scambio ionico che operano solo sulla durezza temporanea, un tale addolcimento provoca la formazione di anidride carbonica che pertanto deve essere allontanata con una torre di aerazione forzata in controcorrente dotata di opportuni diffusori e distributori (anelli Rasching).

Questa soluzione è stata subito messa da parte per la sua complessività nell'esercizio e delicatezza di funzionamento, infatti necessita di periodiche rigenerazioni delle resine e precisi dosaggi, per le manganese zeoliti sarebbe teoricamente sufficiente un semplice lavaggio ad acqua (6) in controcorrente per asportare i sali di ferro e manganese trattenuti mentre la vera e propria rigenerazione è invece attuata dal permanganato iniettato nell'acqua con continuità; tuttavia è quest'ultima una operazione molto delicata perchè anche modesti errori nel dosaggio possono provocare il deterioramento delle pompe delle valvole, ecc..... . Occorre inoltre, per mantenere il pH entro la fascia

più favorevole alla ossidazione del manganese, iniettare di continuo anche delle modeste quantità di sodia caustica.

La rigenerazione della resina carbossiliche deve avvenire tramite acido cloridrico, ciò comporta la necessità di stoccaggio di grosse quantità di rigenerante (l'acido solforico può provocare inconvenienti a causa della elevata concentrazione di calcio nell'acqua da trattare provocando la precipitazione del solfato di calcio che ostacolerebbe il deflusso dell'acqua).

Un impianto a resine comporterebbe in una sola giornata:

tre controlavaggi dei filtri di deferrizzazione e demanganizzazione;

sei rigenerazioni delle resine carbossiliche;

pertanto tenuto conto delle difficoltà di esercizio dovuto all'elevato numero di lavaggi e rigenerazioni giornaliere e di alcune considerazioni fatte per gli impianti di acqua industriali (dove la preferenza è data al trattamento a calce — o a calce e soda — quando le acque sono estremamente dure temporanea) si è deciso di realizzare, per Marina di Pisa, un impianto del primo tipo. Nella scelta si è anche tenuto presente di un metodo di recente acquisito dalla tecnica in materia di sedimentazione di cui più avanti.

L'impianto realizzato è un impianto a calce (schema di fig. 2,b) senza soda, essendo sufficiente l'abbattimento della sola durezza temporanea (7), con ossidazione del ferro con aria ed allontanamento dei sali indesiderati per sedimentazione previa flocculazione provocata dal solfato ferroso (si è preferito questo al solfato d'alluminio perchè un eventuale eccesso di dosaggio

(6) E' da precisare inoltre che il lavaggio in controcorrente, con la sola acqua non sarebbe del tutto efficace mentre è più idoneo se oltre all'acqua viene iniettata aria compressa.

(7) Con riferimento alla tab. I la durezza permanente non supera i 20° francesi e pertanto, anche se leggermente al di sopra dei limiti di cui alla nota (3), è accettabile in un'acqua potabile (infatti per gli usi domestici, gli inconvenienti maggiori sono dovuti alla durezza temporanea).

viene subito evidenziato dalla colorazione che assume l'effluente). Vari sono i modi di realizzare un tale impianto, per Marina di Pisa si è data la preferenza alla proposta della ditta Secit di Milano.

3. - DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO.

L'acqua da trattare perviene ad un complesso recipiente (fig. 3) detto flocculatore e nel passaggio da alcuni eiettori aspira aria e riceve una alimentazione di solfato ferroso e latte di calce (prodotti preparati a monte); si genera un moto vorticoso dovuto alla particolare forma degli eiettori che provoca l'intimo contatto tra l'acqua grezza, l'aria e gli altri reattivi. Nel flocculatore la calce agisce sul bicarbonato, l'aria sul ferro, i sali prodotti da queste reazioni formano, sotto l'azione del solfato ferroso, noto agente coagulante, dei fiocchi che in-

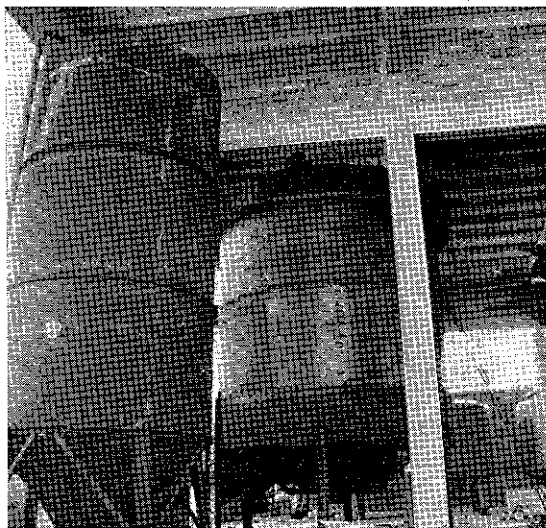


Fig. 3 - Fotografia del preflocculatore (in secondo piano). In primo piano è visibile un silos per l'immagazzinamento della calce.

globano anche il manganese ed il ferro non ancora ossidato ed aumentano di volume.

La posizione degli eiettori è tale da porre in circolo anche i fiocchi eventualmente sedimentati sul fondo del flocculatore.

I fiocchi trascinati dall'acqua la seguono quando essa tracima nelle interca-

pedini esterne del flocculatore sino a pervenire nel chiarificatore.

Il flocculatore dianzi descritto è stato progettato e brevettato dall'ing. Vaghi.

L'acqua con in sospensione i fiocchi è fatta quindi passare attraverso un decantatore a lamelle (fig. 4 e 5) dove avviene la chiarificazione; a confronto con i tradizionali sistemi di sedimentazione caratterizzati da vasche di notevoli dimensioni che il liquido attraversa a velocità bassissime il decantatore a lamelle ha il vantaggio di avere dimensioni molto più ridotte.

Con riferimento alla fig. 5 l'acqua entra a canaletta dalla tubazione A e percorre uno degli interspazi tra le lamelle, sia esso B delimitato dalle lamelle 1 e 2, il numero delle lamelle ed il loro interspazio è tale che il moto che si genera in B sia laminare (in questo caso la sedimentazione avviene in equicorrente ed alla stessa velocità che nel caso di liquido in quiete), il fiocco tende a sedimentare sulla lamella inferiore 2 ed aderendo ad essa scorre verso il basso dove cade nella vasca di raccolta dei fanghi sedimentati; sulla superficie superiore della lamella 2 si forma quindi una spessa pellicola di fiocchi che scivola verso il basso.

L'acqua decantata imbecca l'interspazio tra la lamella di raccordo 4 e la lamella 3 per poi risalire nella cavità tra le lamelle 3 e 2 che si raccorda con la tubazione di uscita dell'acqua ormai decantata.

Dalla descrizione del procedimento è evidente come con questo sistema la sedimentazione sia molto veloce, infatti, nonostante le modeste dimensioni di ingombro del separatore a lamelle (che viene costruito su brevetto della ditta INKA del gruppo JOHNSON di Stoccolma) la superficie di sedimentazione è notevole (pari all'area di una lamella per il numero delle stesse. si noti che l'interspazio è di pochissime decine di millimetri) ed elevata è anche la velocità posseduta dall'acqua.

L'effluente è già privo di ferro e manganese ed è stata anche abbattuta quasi to-

talmente la durezza temporanea ⁽⁸⁾, naturalmente un simile processo ha alterato il pH dell'acqua che verrà corretto con acido solforico; dei filtri a quarzite tratterranno, quindi, le particelle non ancora sedimentate.

L'unica operazione periodica che si rende necessaria per un tale trattamento è il controlavaggio dei filtri che avverrà in controcorrente con acqua ed aria compressa.

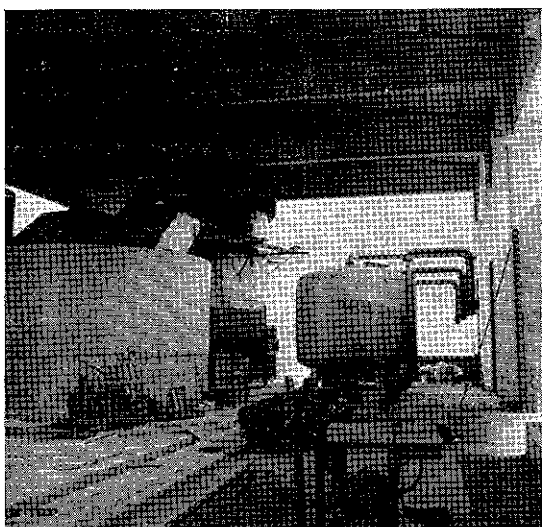


Fig. 7 - Fotografia dell'interno del capannone: a destra i filtri a quarzite in fase di montaggio, a sinistra, in fondo, il preflocculatore e, più avanti la vasca di sedimentazione sormontata dal « lamella ».

I fanghi sedimentati nell'apposita vasca sottostante il lamella saranno rimossi dal fondo con un apposito raschiatore (unico organo in movimento di tutto il complesso) e, con una pompa, inviata ai letti di essiccazione.

Lo schema e la planimetria dell'impianto sono riportati nelle fig. 2b e 6 dove sono anche indicate le posizioni delle altre parti che compongono la nuova centrale acquedottistica di Marina di Pisa (centrale di spinta, serbatoio di compenso, vasca di neutralizzazione, cabina di trasformazione, servizi, ecc...) oltre alla posizione del flocculatore, del sedimentatore a lamelle dei filtri e dei silos per lo stoccaggio della calce.

4. - CONSIDERAZIONI FINALI.

L'impianto ~~che~~ attualmente è in avanzato stato di costruzione e tra breve sarà dato il via ad un periodo di esercizio sperimentale necessario per la messa a punto, infatti occorreranno probabilmente alcune prove per stabilire l'esatto dosaggio della calce, del solfato ferroso nonché per l'addestramento del personale che condurrà l'impianto, tuttavia il vero periodo di prova sarà la prossima stagione balneare durante la quale esso dovrebbe funzionare a pieno carico inviando le acque, esuberanti in Marina, a Pisa.

Ritengo che il primo anno di esercizio possa dare utili indicazioni per la progettazione e realizzazione di impianti ad esso similiari e quindi mi riprometto di trattare, di questa prima fase di esercizio in una se-

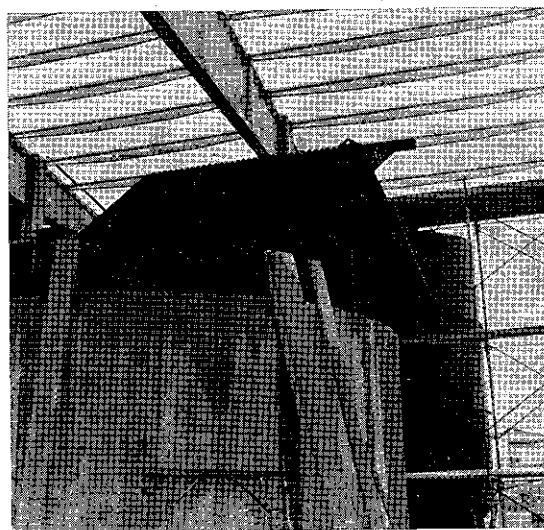


Fig. 8 - Fotografia dell'edificio in fase di montaggio (si osserva oltre agli elementi di copertura anche la vasca di sedimentazione ed il « lamella »).

conda nota, sempre che ciò sia gradito all'Amministrazione Comunale Pisana alla quale porgo ora i dovuti ringraziamenti

(8) Il dosaggio dei reattivi è previsto in modo tale che rimanga un minimo di durezza temporanea perché la loro completa assenza influirebbe negativamente sulle caratteristiche organolettiche dell'acqua.

(indirizzati in specie alla prof. Fausta Giani Cecchini e alla dr. Giuliana Berti) per aver voluto pubblicare la presente.

Sarà molto interessante osservare e studiare il problema dello smaltimento dei fanghi, questo presenta un aspetto ecologico rilevante del quale, almeno teoricamente

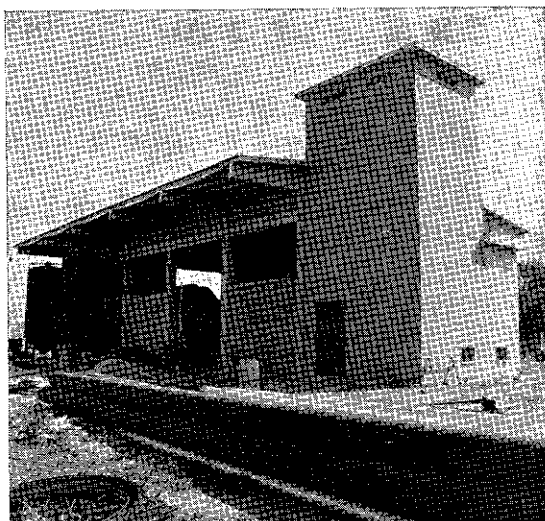


Fig. 9 - Fotografia dell'edificio principale a lavori molto avanzati.

esistono diverse soluzioni; per il momento questi verranno fatti essiccare in appositi letti ed il terriccio risultante potrebbe trovare utile applicazione quale fertilizzante per alcuni terreni non distanti (Coltano) bisognevoli dei sali in esso contenuti.

E' mio dovere, da queste righe, ringraziare per la preziosa collaborazione il personale dell'Ufficio Tecnico Acquedotti del Comune di Pisa ed in particolare il geom. Angiolo Bertoni che con competenza ha affiancato la direzione dei lavori e che si occuperà della gestione dell'impianto, ringrazio anche sig.na Francesca Buglioni che ha curato le illustrazioni della nota.

Pisa, aprile 1975.

BIBLIOGRAFIA

I cenni storici sono tratti, in buona parte dalla relazione della Commissione per «L'Acquedotto per Marina di Pisa» del 1938 redatta da: Lelli, Passero, Lepri Bracci Tosi Pinelli, Fascetti; da altri documenti dell'archivio del Comune di Pisa e dalla pubblicazione di Lapucci e Furbetta: «Il nuovo acquedotto di Filettole» edito a Livorno nel 1966 a cura della Amministrazione Comunale di quella città.

Si sono consultati anche gli atti del Convegno sul tema «Inquinamento e protezione delle acque superficiali in provincia di Pisa» tenutosi in Pisa il 26 giugno 1968 — arti grafiche Pacini e Mariotti — Pisa 1969.

Per i giudizi sulla potabilità delle acque è importante oltre il classico testo di Mistrangelo «Provvista e distribuzione delle acque per uso potabile» anche Dall'Acqua: «Manuale di igiene edilizia».

Diversi sono i testi che si possono consultare per gli impianti di trattamento, i più importanti sono oltre al citato testo del Mistrangelo i testi di Bianucci-De Stefani: «Il trattamento dell'acque per uso industriale» del Polizzotti: «L'acqua» la nota di Clerfayt: «Le traitement physico-chimique des eaux d'alimentation» il testo di Dupont: «Hydraulique urbaine».

Fondamentale è la consultazione di progetti esecutivi di impianti di trattamento redatti da varie ditte specializzate nel settore (Culligan, De Bartolomeis, Secit, ecc....).