

PROGETTO DEFINITIVO OPERE DI TRASFERIMENTO OPERATORI PORTUALI



Tav. Stato Progetto DEFINITIVO Rev. Data Sett. 2011 Scala

TO
I.06

Descrizione

**Impianto Rete Idrica Sanitaria e Impianto Fognante
Relazione di Calcolo**

Committente

M.Y.R. Marsala Yachting Resort S.r.l.
Via Favara 452/c bis- T. +39 0923 722319

myR
Marsala Yachting Resort

Capo Progetto

Ing. Massimo Ombra

Ordine degli Ing. della Porvincia di Trapani n° 1046

Timbro e Firma



Progettisti

Coordinamento gruppo di progettazione:

Ing. Francesco Di Noto

Progettazione Architettonica:

Itinerlab Srl - Architetti Nuzzo

Ingegneria marittima / civile e studi ambientali:

Ing. Antonio D'Arrigo

Collaborazioni

Opere marittime:

Ing. Agostino La Rosa

Analisi strutturali e geotecniche:

Ing. Nicola Rustica

Impianti idrici:

Ing. Giovanni Berbiglia

Impianti elettrici e di illuminazione:

Ing. Pietro Inferrera / Ing. Massimo Brancatelli

Aspetti ambientali:

Ing. Domenico Mangano

Studi geologici e geotecnici:

Dott. Piero Merk Ricordi

REGIONE SICILIANA



COMUNE DI MARSALA

Provincia di Trapani



PROGETTO DEFINITIVO OPERE DI TRASFERIMENTO OPERATORI PORTUALI

Committente: M.Y.R. Marsala Yachting Resort S.r.l

IMPIANTO RETE IDRICA SANITARIA E IMPIANTO FOGNANTE RELAZIONE DI CALCOLO

INDICE

1. GENERALITÀ	1
1.1. PREMESSA	1
2. RETE IDRICA POTABILE A SERVIZIO DEGLI EDIFICI.....	2
2.1. DESCRIZIONE DELLA RETE IDRICA A SERVIZIO DEGLI EDIFICI DELL' AREA TRASFERIMENTO	3
3. CALCOLO DELLA LINEA DI DISTRIBUZIONE	5
3.1. METODI DI CALCOLO.....	5
3.2. LINEA DI DISTRIBUZIONE IMPIANTO IDRICO EDIFICI	7
4. RETE DI FOGNATURA ACQUE NERE.....	9
4.1. PREMESSA	9
4.2. FUNZIONAMENTO E DIMENSIONAMENTO RETE ACQUE NERE.....	10
4.3. I MANUFATTI E LE OPERE D'ARTE DELLA RETE IN DEPRESSIONE.....	12

1. GENERALITÀ

1.1. PREMESSA

La presente relazione si riferisce ai calcoli di dimensionamento delle apparecchiature e degli organi idraulici costituenti l'impianto idrico sanitario e fognante a servizio degli edifici previsti nell'area di trasferimento degli operatori nell'ambito del ***“Progetto definitivo Opere di Trasferimento Operatori Portuali”***.

Infatti fra i servizi “primari” che un porto turistico deve fornire ai suoi utenti, sia per uso potabile che per quello igienico in generale, l'acqua rappresenta un elemento indispensabile da fornire agli edifici che insistono sull'area portuale. In sede di progettazione definitiva si è reso quindi necessario prevedere le principali caratteristiche della rete idrica, e quindi prima fra tutti la dotazione idrica e smaltimento acque nere da attribuire alle utenze che insistono sull'area di trasferimento.

Come meglio descritto in seguito, l'impianto idrico a servizio del porto è stato suddiviso in tre rami che si dipartano dalla condotta di adduzione necessarie per servire tutti gli edifici interessati dal progetto di trasferimento degli operatori, mentre l'impianto fognante verrà realizzato con tecnologia in depressione come meglio specificato in seguito.

2. RETE IDRICA POTABILE A SERVIZIO DEGLI EDIFICI

Le dotazioni idriche relative ai vari servizi dipendono dalla tipologia di servizi presenti nel porto, dalle caratteristiche dell'utenza e dalla variabilità di questa nel tempo in termini di presenze. La fornitura di acqua potabile deve quindi coprire il fabbisogno dei servizi igienici e degli edifici presenti nell'area portuale facente parte della concessione del Marina di Marsala.

Nelle Tabella 1 seguente è riportata la quantificazione della domanda idrica relativa ai servizi presenti nel Marina suddivisi per aree omogenee. La quantificazione della domanda è stata ottenuta a partire dal numero delle unità di servizio (wc, lavabo, docce, bidet, lavelli, lavastoviglie ecc.) per ognuno dei "gruppi" di servizi. La richiesta "totale" dei gruppi di servizio è stata ottenuta moltiplicando la portata specifica di ogni unità di servizio per il loro numero.

SERVIZI IGIENICI AREA TRASFERIMENTO			
MP1 MAGAZZINO	NUMERO	Q [L/S]	QTOT [L/S]
WC	1	0.1	0.10
LAVABO	1	0.1	0.10
DOCCE	0	0.15	0.00
PORTATA TOTALE			0.20
PORTATA DI PROGETTO			0.18
MP6 MAGAZZINO	NUMERO	Q [L/S]	QTOT [L/S]
WC	6	0.1	0.60
LAVABO	7	0.1	0.70
DOCCE	8	0.15	1.20
PORTATA TOTALE			2.50
PORTATA DI PROGETTO			2.10
UD UFFICI E SIMILI	NUMERO	Q [L/S]	QTOT [L/S]
WC	2	0.1	0.20
LAVABO	2	0.1	0.20
DOCCE	0	0.15	0.00
PORTATA TOTALE			0.40
PORTATA DI PROGETTO			0.36
SC1 UFFICI E SIMILI	NUMERO	Q [L/S]	QTOT [L/S]
WC	1	0.1	0.10
LAVABO	1	0.1	0.10
DOCCE	0	0.15	0.00
PORTATA TOTALE			0.20
PORTATA DI PROGETTO			0.18
SC2 UFFICI E SIMILI	NUMERO	Q [L/S]	QTOT [L/S]
WC	4	0.1	0.40
LAVABO	4	0.1	0.40
DOCCE	0	0.15	0.00
PORTATA TOTALE			0.80
PORTATA DI PROGETTO			0.80
CT4 UFFICI E SIMILI	NUMERO	Q [L/S]	QTOT [L/S]
WC	2	0.1	0.20
LAVABO	2	0.1	0.20
DOCCE	0	0.15	0.00
PORTATA TOTALE			0.40
PORTATA DI PROGETTO			0.36

Tabella 1 – Portate totali e di progetto per l'Area Trasferimento.

L'individuazione delle portate di progetto nell'ora dei massimi consumi per i vari edifici è stata poi effettuata secondo le indicazioni della norma prEN806/03 in funzione della destinazione dell'edificio stesso.

In base alla suddetta norma le portate di progetto (dette “portate massime probabili”) sono calcolate a partire da quelle “totali” attraverso l'uso di appositi diagrammi aventi differenti andamenti delle curve in funzione del tipo di utenza servita. Nel caso in esame è stato utilizzato il diagramma mostrato in Figura 1. Entrando nell'asse delle ascisse con i valori “totali” delle portate delle tabelle sopra riportate si sono ricavati dalle corrispondenti ordinate i valori delle “portate di progetto”.

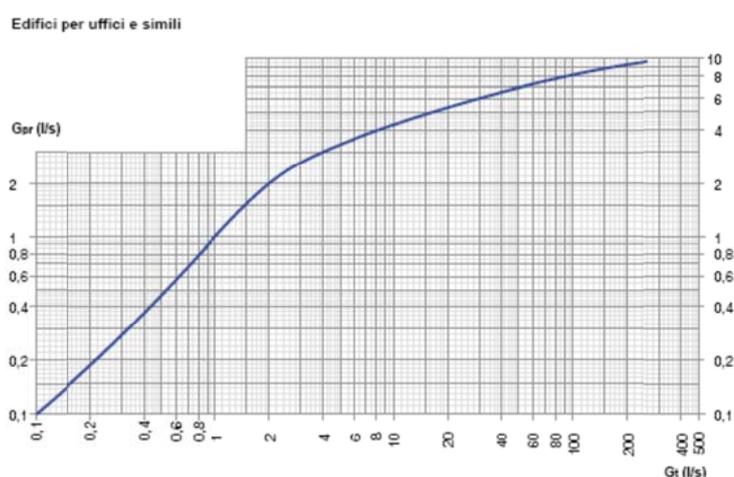


Figura 1 – Diagramma per il calcolo della portata di progetto

2.1. DESCRIZIONE DELLA RETE IDRICA A SERVIZIO DEGLI EDIFICI DELL'AREA TRASFERIMENTO

La rete idrica a servizio degli edifici posti nell'area di trasferimento degli operatori segue il seguente schema distributivo riportato con maggiore dettaglio nella tavola TO I06. L'allaccio alla rete cittadina è stata pensata in prossimità del futuro Mercato Ittico denominato IPA2 nella tavola. Dall'allaccio si diparte una condotta di adduzione DN 250 per circa 70 m che arriva al cunicolo sottoservizi in prossimità del deposito denominato LT1. Da questo punto (I1) si diramano tre condotte, la prima che costeggia i depositi lato mare e consente l'allaccio agli edifici SC1, SC2, MP1, mediante i nodi I6,

I5, I4, la seconda che costeggia l'edificio MP6 e consente l'allaccio agli edifici MP6 UD mediante il nodo I2, la terza mediante il nodo I3 consente l'allaccio all'edificio CT4.

3. CALCOLO DELLA LINEA DI DISTRIBUZIONE

3.1. METODI DI CALCOLO

La determinazione dei parametri idraulici della condotta può essere riferita al caso delle lunghe condotte con tubi in PEAD usati, risultando in tal modo semplificato il problema del calcolo.

Si definiscono, infatti, lunghe condotte quei sistemi di tubazioni in cui si può trascurare l'insieme delle perdite di carico localizzate (imbocco, sbocco, curve, ecc) rispetto a quelle distribuite; ciò trova fondamento nel fatto che a regime l'altezza cinetica ha un valore modesto rispetto ai dislivelli piezometrici. Una condotta è definibile "lunga" quando la sua lunghezza è superiore a $1000 \cdot D$, essendo D il diametro del più grande dei tubi usati.

Poiché nel nostro caso non avremo diametri interni superiori a 102.20 mm. il valore minimo di lunghezza per cui una condotta può essere considerata lunga è: $1000 \cdot 0.1022 = 102.20$ m.

Superando di gran lunga tale lunghezza è ammissibile l'ipotesi adottata di lunga condotta.

Ulteriore conseguenza dell'ipotesi adottata è la coincidenza della linea dei carichi totali con quella piezometrica.

Nel caso in esame, gli erogatori sono posti tutti alla stessa quota (convenzionalmente pari a 0.00).

Il progetto della rete si sviluppa determinando per i singoli rami e per tratti di essi i diametri occorrenti per il convogliamento delle portate di progetto imponendo inoltre una determinata pressione allo sbocco.

Le incognite del problema sono quindi:

1. i diametri dei singoli tratti;

2. le portate convogliate dai singoli tratti;
3. la pressione in corrispondenza del nodo da cui si diramano i vari tratti.

Le equazioni che possono essere scritte per la soluzione del problema sono l'equazione di continuità in corrispondenza dei nodi per cui $Q = Q_1 + Q_2 + Q_i$ e le equazioni del moto in corrispondenza di ogni tratto definita da

$$Y_A = J_A * L_A$$

dove la cadente J_A per il singolo tratto A è funzione della portata Q_A . Tale cadente può essere determinata sulla base della formula di Colebrook White:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 * \log[2.51 / (\text{Re} * \sqrt{\lambda}) + 1 / 3.71 * \varepsilon / D]$$

in cui:

- λ è il coefficiente adimensionale di attrito;
- $\text{Re} = \rho * U * D / \mu$ è il numero di Reynolds in cui ρ è la densità, U è la velocità media, D il diametro del tubo e μ viscosità dinamica;
- ε è la scabrezza omogenea equivalente.

Il calcolo della cadente viene eseguito adottando le formule di Bonvissuto ottenute per deduzione da quella di Colebrook. Dati D e Q si può ricavare:

$$N = 4 * \nu^{8/9} * \left(\frac{D}{Q}\right)^{8/9} + 0.27 * \frac{\varepsilon}{D}$$

Adottando tubi in PEAD (polietilene ad alta densità) con PN 16 i calcoli vengono eseguiti adottando i seguenti diametri commerciali cui corrispondono i diametri interni indicati nelle tabelle di calcolo.

- Diametro DN125 – $D_i = 102.20$ mm

- Diametro DN250 – Di = 204.60 mm

Per tubi usati si è posto

- $\varepsilon = 0.006$ mm;
- $\nu = 1.002 \cdot 10^{-6}$ m²/sec.

Ottenuto N si determina il parametro β con la relazione:

$$\beta = 0.203 * \log^{-2}(N)$$

e quindi si determina la cadente piezometrica con la relazione:

$$J = \frac{\beta}{g} * \frac{Q^2}{D^5}$$

Nelle tabelle vengono determinate in funzione della portata relativa al singolo tratto le cadute di pressione e quindi procedendo a ritroso partendo dal punto più lontano si calcola la caduta nel punto di adduzione. La pressione deve comunque essere determinata in relazione all'effettiva distribuzione dei rubinetti.

3.2. LINEA DI DISTRIBUZIONE IMPIANTO IDRICO EDIFICI

Per il calcolo della linea di distribuzione lungo i vari tratti costituenti la rete di distribuzione si sono ipotizzati dei diametri DN 125 per tutti i tratti e gli allacci, mentre il diametro DN 250 viene usato dall'adduzione fino al nodo I1. Il calcolo delle perdite viene effettuato con le portate di progetto riportate sopra. Tale ipotesi comporta che se la rete cittadina possiede adeguate pressioni gli edifici possono essere alimentati direttamente senza l'ausilio di serbatoi e autoclavi. Per eventuali guasti alla rete cittadina è necessario dotare in ogni caso l'edificio di un serbatoio di compensazione e di un autoclave. Di seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato per la verifica della rete:

NODO	N.RO	TRATTO- LUNGH.	D	SCABREZZA ϵ	ϵ/D	PORTATA NOD.	PORTATA TRATTO	N.RO REYNOLDS	INDICE N	INDICE β	CADENTE J	CADUTA TRATTO	ALTEZZA TOTALE
		m	mm	mm		mc/sec	mc/sec					m	
I6	1	28.66	102.2	0.006	5.8708E-05	0.00018	0.00018	2239.155	0.00524	0.03902	0.0000	0.000	0.006
I5	1	62.68	102.2	0.006	5.8708E-05	0.00080	0.00098	12190.957	0.00117	0.02364	0.0002	0.013	0.006
I4	1	189.73	102.2	0.006	5.8708E-05	0.00018	0.00116	14430.112	0.00101	0.02263	0.0003	0.053	0.019
I1													0.072
I2	1	69.35	102.2	0.006	5.8708E-05	0.00246	0.00246	30601.790	0.00053	0.01889	0.0010	0.072	0.000
I1													0.072
I3	1	99.20	102.2	0.006	5.8708E-05	0.00036	0.00036	4478.311	0.00283	0.03128	0.0000	0.004	0.068
I1													0.072
I1	1	71.00	204.6	0.006	2.9326E-05		0.00398	24730.908	0.00063	0.01977	0.0001	0.006	0.072
IPA2 (PRESA)						0.12338							0.078

Tabella 2 – Calcolo delle perdite di carico lungo la linea di distribuzione – rete trasferimento.

Procedendo a ritroso si ottiene una perdita di carico totale di 0.078 m di acqua. Per le considerazioni sopra fatte è necessario che la pressione nel punto idraulicamente più svantaggiato risulti circa 10 m di acqua in caso di scarico nel serbatoio degli edifici. Considerando le perdite ottenute se ne conclude che le pressioni dell'acquedotto cittadino sono in grado di assicurare tale carico.

4. RETE DI FOGNATURA ACQUE NERE

4.1. PREMESSA

Per quanto riguarda la rete fognaria, l'impianto di raccolta dei reflui portuali verrà realizzato utilizzando una tipologia di rete cosiddetta "in depressione" destinata a raccogliere le acque di scarico dei servizi igienici dei vari edifici

L'idea di utilizzare lo scarico "in depressione" proviene dalla considerazione che queste tipologie di impianto, storicamente nate sulle navi, cominciano ad essere preferite a quelle tradizionali per la loro semplicità di realizzazione e caratteristiche igieniche (assenza di ristagni, incrostazioni, sedimentazioni e odori lungo tutta la rete). Tale tipologia di impianto risulta particolarmente indicata in presenza di terreni pianeggianti e presenza di falde acquifere, come nelle aree costiere, nei porti ed in tutte le altre situazioni in cui un sistema fognario tradizionale per lo smaltimento dei reflui degli insediamenti residenziali e/o commerciali (a gravità o a pressione) è difficile da realizzare per le modeste pendenze disponibili per la posa delle tubazioni di scarico e la conseguente maggiore complessità ed onere di gestione.

La tipologia delle fognature sottovuoto offre il vantaggio di ridurre al minimo l'emissione di odori sgradevoli. Questa tecnologia seppur basata su equazioni empiriche e dati sperimentali elaborati da varie aziende è attualmente allo stato dell'arte e garantisce il perfetto funzionamento del sistema. La conferma viene data dalle normative nate per regolamentare l'argomento UNI EN 1091 e UNI EN 12109 (che regola gli impianti indoor) o, per fornire indicazioni progettuali, la norma ATV A-116. La tecnica del sottovuoto, praticabile in casi di modesta estensione della rete (aree di pochi km², come nel caso di Marina di Marsala) abbinata all'utilizzo di idonee valvole di interfaccia, permette quindi l'installazione di sistemi (sanitari) di trasporto reflui eliminando il problema delle fuoriuscite di liquami nel terreno circostante.

4.2. FUNZIONAMENTO E DIMENSIONAMENTO RETE ACQUE NERE

Considerando che l'installazione ed il progetto di tali impianti non è ancora diffuso nella pratica progettuale, di seguito si dedicano alcuni paragrafi alla descrizione qualitative del funzionamento e dei manufatti della rete in depressione.

Il trasporto dei liquami si basa sull'utilizzo della prevalenza disponibile intesa come differenza di pressione tra l'ambiente atmosferico ed il grado di vuoto creato artificialmente a tale scopo. Per il funzionamento di un impianto in depressione è necessario installare una centrale del vuoto che mantiene un grado di vuoto (solitamente compreso tra circa -0,50 e -0,65 MPa) nei serbatoi e nella rete di tubazioni ad essi collegata grazie all'opera di alcune elettropompe che aspirano l'aria che entra insieme al refluo. Il sistema bifase (aria/liquame) che transita nelle condutture è recapitato in un volume di stoccaggio posto nel punto terminale della condotta di scarico sottovuoto (serbatoio della centrale del vuoto). In questi serbatoi vengono installate delle pompe di scarico che rilanciano il refluo al recapito finale. I liquami provenienti dai servizi igienici degli edifici del porto vengono scaricati a gravità in pozzetti di raccolta (pozzetti di interfaccia) dai quali vengono periodicamente aspirati a seguito dell'apertura di una valvola a membrana azionata pneumaticamente dal vuoto di rete, installata all'interno dei pozzetti medesimi. I pozzetti di interfaccia permettono la connessione tra l'ambiente a pressione atmosferica (volume di accumulo) e la condotta in depressione di trasporto del fluido. All'interno del pozzetto viene installato un gruppo di aspirazione in ABS composto da una speciale valvola a pistone azionata dal vuoto della rete. L'apertura e chiusura della valvola sono comandate da un attivatore pneumatico che non utilizza alcun tipo di parte meccanica in movimento (come ad esempio i galleggianti). I liquami scaricati fluiscono a gravità fino al pozzetto di interfaccia. Al raggiungimento di un livello prestabilito di accumulo di liquame, l'attivatore pneumatico comanda l'apertura della valvola utilizzando il vuoto di rete: i liquami vengono aspirati o meglio spinti da una certa quantità di aria che entra nel sistema all'apertura della valvola. Al termine del ciclo di aspirazione con conseguente svuotamento del pozzetto ed abbassamento del livello di liquame, la valvola si richiude e rimane in tale posizione fino al verificarsi delle nuove condizioni di

riattivazione del ciclo di aspirazione. Questa operazione avviene in modo totalmente automatico senza presenza di apparati elettrici. I liquami aspirati sono raccolti nel serbatoio in depressione della centrale del vuoto fino al raggiungimento di un livello di soglia stabilito, oltrepassando il quale, attraverso un apposito galleggiante, vengono attivate una o più elettropompe di rilancio (in funzione della portata da smaltire) che provvedono ad inviare i liquami ad una fognatura a gravità (collettore di raccolta delle acque nere) e successivamente al recapito finale, che nel caso in esame è rappresentato dall'impianto di trattamento. Alla centrale del vuoto confluiscono i "collettori" della rete di raccolta costruiti secondo determinati profili longitudinali aventi forme caratteristiche "a dente di sega" o "ad onda"(anche se il profilo ad onda non viene quasi mai realizzato a causa della difficoltà nel controllo della posa della condotta e gli viene quasi sempre preferito il profilo a dente di sega). La corretta esecuzione del profilo sopra citato è fondamentale per il corretto funzionamento dell'impianto; infatti nei punti più bassi di detto profilo si vengono a formare i "tappi liquidi" che vengono spinti oltre il punto di massima altezza, giungendo per passi successivi alla centrale del vuoto. La pendenza minima delle tubazioni che formano il profilo a dente di sega viene assunta in genere pari a 0.2%.

Le dimensioni delle tubazioni utilizzate nell'impianto in depressione del porto di Marina di Marsala sono mostrate nella Tavola TO I.07. Le acque di sentina e le acque reflue vengono dunque trasportate attraverso condotte separate, le reflue con tecnologia in depressione mentre quelle di sentina.L acque di sentina vengono mandate a trattamento mentre quelle reflue confluiscono in una vasca di raccolta. Dalla vasca di raccolta, in cui confluiscono anche le acque di sentina a valle del trattamento, le acque reflue fluiscono nella centrale di sollevamento esistente sul Molo Colombo in corrispondenza della Agorà nell'area servizi.

Dunque, gli interventi relativi alla rete di acque nere del porto da realizzare con il presente progetto sono:

- una rete di drenaggio con tecnologia in depressione a servizio dell'area trasferimento operatori;

- manufatti e opere d'arte della rete in depressione (pozzetti di interfaccia, centrali del vuoto);

Le caratteristiche principali (volume serbatoio, potenza elettropompe) della centrale del vuoto utilizzate nella rete in depressione delle acque nere dell'area trasferimento sono mostrate in Tabella 3.

ACQUE NERE PORTATA	VOLUME SERBATOIO	ELETTROPOMPA DI SVUOTAMENTO	ELETTROPOMPE DEL VUOTO
l/s	mc	N° Kw	N° Kw
4	5	2 3	3 4

Tabella 3 – caratteristiche principali della centrale del vuoto.

Accumulata una certa portata all'interno della vasca di rilancio il liquame verrà immesso tramite le pompe di rilancio all'interno di un collettore funzionante a gravità che si immette nella rete cittadina posta nelle immediate vicinanze alla centrale del vuoto. Per maggiori dettagli si rimanda alla tavola TO I. 07.

4.3. I MANUFATTI E LE OPERE D'ARTE DELLA RETE IN DEPRESSIONE

I manufatti e le opere d'arte della rete in depressione, con le parti costituenti l'impianto, si possono suddividere come segue:

- Le camere o pozzetti d'interfaccia che ricevono i reflui provenienti dagli scarichi degli servizi igienici dei locali della zona trasferimento presenti nell'area di intervento;
- La rete di tubazioni sottovuoto che provvedono a trasportare i reflui verso un volume di accumulo;
- La centrale del vuoto che ha la funzione di generare e mantenere costante all'interno delle tubazioni una pressione inferiore a quella atmosferica;
- Il serbatoio di raccolta in depressione, in cui vengono fatti confluire tutti i reflui raccolti dai pozzetti e dalle unità di scarico;

I pozzetti di interfaccia, sono utilizzati per ricevere gli scarichi dei servizi igienici degli edifici dell'area di trasferimento presenti nelle area portuale interessata dal progetto. Gli apparecchi sanitari dei servizi igienici e quelli relativi agli scarichi verranno collegati ai pozzetti di interfaccia mediante una tubazione a "gravità" e successivamente saranno inviati alla tubazione principale in depressione. Questo particolare pozzetto è diviso in due zone: una di "accumulo" dei reflui ed un'altra "tecnica" ove alloggiavano i componenti pneumatici dello stesso che ne garantiscono il funzionamento automatico, tra cui la valvola di interfaccia che rappresenta l'elemento di separazione tra i due ambienti della fognatura: la parte a pressione atmosferica da quella in depressione. Questa valvola è normalmente chiusa in maniera da preservare una pressione inferiore a quella atmosferica all'interno delle tubazioni principali. Generalmente il pozzetto d'interfaccia è costituito da una struttura in pead e viene installato in zona prossima agli scarichi (con distanze variabili da 10 a 50 m in funzione delle caratteristiche dei luoghi e delle utenze da servire). La copertura del pozzetto può essere sia pedonabile che carrabile con resistenza a carichi riconducibili a quelli di un normale traffico urbano.

Il funzionamento può essere sinteticamente schematizzato come segue. Nella camera di accumulo (avente un volume di immagazzinamento dipendente dal numero e tipo di scarico) vengono stoccati i liquami in arrivo dagli scarichi; all'aumentare del livello degli stessi nel pozzetto, si viene a determinare una compressione dell'aria presente internamente al tubo di accumulo e la maggiore pressione che si crea agisce come un interruttore aprendo la valvola d'interfaccia che rende comunicante la linea in depressione con la camera di accumulo in maniera tale che i liquami vengono aspirati all'interno della condotta fognaria in depressione. Quando il liquame è stato completamente aspirato la pressione nel tubo di accumulo si riequilibra, ma la valvola prima di richiudersi provvederà a far entrare, grazie ad un congegno temporizzato, un buon quantitativo di aria internamente alle tubazioni in depressione. Quest'aria immessa nella tubazione con pressione minore di quella atmosferica, oltre a pulire internamente il pozzetto e la sede della valvola stessa è indispensabile per il trasporto del "tappo liquido" che si forma lungo i collettori in corrispondenza dei punti più bassi del profilo a dente di sega. Normalmente il rapporto liquido/aria è variabile da 1:4 a 1:10; in presenza di questi rapporti liquame/aria i "tappi liquidi" viaggiano ad una velocità di circa 4,0 -4,5 m/sec.

L'aspirazione del refluo nelle due situazioni descritte, è causata dalla differenza di pressione che si viene a determinare fra le due parti dell'impianto. Infatti quando la valvola si apre (manualmente nel caso di colonnine, pneumaticamente nel caso di pozzetti) l'aria a pressione atmosferica presente nel lato "a gravità" dell'impianto viene richiamata dal vuoto presente all'interno della rete. Questo "richiamo" d'aria spinge il refluo (di per se incomprimibile) verso la centrale del vuoto. La differenza esistente fra le due tipologie di terminali (pozzetti e colonnine) è riconducibile nell'attivazione automatica della valvola d'interfaccia che si apre ogni qualvolta sia presente nella zona di accumulo del pozzetto un certo quantitativo di liquami, mentre tale attivazione è manuale per le colonnine di aspirazione poiché essa avviene quando si apre la valvola presente sul manicotto di innesto al serbatoio dell'imbarcazione. I liquami una volta fatto il loro ingresso all'interno della rete in depressione attraverso i pozzetti d'interfaccia vengono trasportati fino alla centrale del vuoto dai collettori principali e dalle tubazioni secondarie mantenuti costantemente in depressione, ovvero ad una pressione variabile tra 0,50 – 0,65 MPa). Le tubazioni costituenti la rete sono posate a perfetta tenuta stagna in modo che non esistano infiltrazioni d'aria/acqua dall'esterno. Una qualsiasi rottura delle tubazioni, con conseguente perdita della depressione, viene immediatamente segnalata al quadro comandi presente nel locale che ospita la centrale del vuoto. Come già accennato il meccanismo che permette il trasporto dei liquami internamente alle condotte dipende dalla formazione del tappo liquido (ovvero da una certa quantità di liquame che si accumula nella parte bassa del dente di sega) mentre il suo avanzamento è assicurato dalla differenza di pressione esistente nelle tubazioni a monte del tappo rispetto all'aria che viene introdotta al seguito del tappo stesso che è a pressione minore. Durante il trasferimento verso la centrale del vuoto (ovvero nel serbatoio di raccolta), per la combinazione di diversi fenomeni (deformazione del tappo liquido dovuta alla differente resistenza al movimento del corpo centrale e delle parti prossime alle pareti del tubo; diminuzione della differenza di pressione determinata dalla formazione di un'onda di rarefazione a monte e di un'onda di compressione a valle) il tappo si rompe staccandosi dalla parte superiore del tubo, ma si ripristina nei punti più bassi in maniera che il liquame assuma nuovamente una forma potenzialmente favorevole a ridiventare tappo liquido non appena saranno immessi nelle condotte nuovo liquame e nuova aria. Nelle applicazioni pratiche le tubazioni vengono posate con una pendenza minima pari a 0,002

nella direzione del flusso e i denti di sega vengono creati realizzando, per un tratto di lunghezza variabile da 20 a 45 cm, una ripida contropendenza. Questo andamento a dente di sega consente inoltre di mantenere un andamento dei collettori quasi parallelo a quello del terreno. Nei casi in cui sia necessario risalire delle contropendenze si sfruttano proprio questi sollevamenti per rimontare di un'altezza geodetica che, a seconda della somma delle perdite di carico del ramo in oggetto, può arrivare ad un massimo di circa quattro metri di altezza.

I concetti sopra esposti illustrano il complesso moto bi-fase, che si instaura all'interno della fognatura in depressione. Il dimensionamento delle sacche di trasporto, cioè la determinazione dell'altezza e la distanza fra le stesse, è funzione diretta del diametro della condotta e quindi della portata del liquame trasportato, secondo parametri dedotti da sperimentazioni effettuate su varie applicazioni. Per la realizzazione delle condotte sono utilizzate delle tubazioni in PEAD la cui giunzione avviene con saldatura attraverso manicotti elettrosaldati per evitare le discontinuità all'interno del tubo. Per garantire un trasporto ottimale del liquame internamente alle condotte non devono mai essere utilizzati raccordi aventi angoli a 90° con raggio di curvatura stretto; in alternativa si utilizzano due gomiti a 45° fra loro incollati, o delle curve ad ampio raggio.

Le centrali del vuoto, come precedentemente detto, provvedono alla formazione del vuoto necessario al funzionamento dell'intero impianto in depressione del porto. La tipologia costruttiva dipende dalle caratteristiche di input delle utenze da servire quali la portata di liquami di scarico e d'aria necessaria al trasferimento dei tappi liquidi, la tipologia del terreno ove è ubicata la centrale, etc. Per questo motivo i modelli sono assai vari sia nel numero dei serbatoi di raccolta (generalmente da 1 a 3), che nelle caratteristiche delle pompe del vuoto (da un minimo di 2 ad un massimo di 6) che di quelle di rilancio (generalmente 2 per serbatoio). Schematicamente i componenti principali di una centrale del vuoto sono:

- a. Le pompe generatrici del vuoto;
- b. Il quadro di controllo;

c. Il sistema di monitoraggio degli allarmi.

Le pompe del vuoto operano garantendo la depressione internamente ad un range 0,60 MPa; in pratica si avviano nel momento in cui il vuoto scende al livello minimo previsto e lo ripristinano al valore massimo provvedendo a spegnersi di conseguenza; questo automatismo è gestito da un vacuostato presente sul pannello elettrico ed opportunamente tarato. Le centrali del vuoto sono dotate di pompe del vuoto a palette rotative a bagno d'olio; l'utilizzo dell'olio come sigillante fra corpo pompa e girante per la compressione dell'aria evita sprechi inutili di acqua (come ad esempio avviene nelle pompe ad anello liquido) e problemi legati alla formazione di calcare. Questa tipologia di pompe offrono poi rendimenti più costanti nel tempo, migliori prestazioni e una durata all'usura maggiore. La centrale del vuoto permette quindi la raccolta del reflui mediante delle elettropompe del vuoto che mantengono in depressione un serbatoio polmone in cui confluiscono i liquami attraverso il collettore in depressione; dal serbatoio, con delle pompe di svuotamento e rilancio, i liquami vengono mandati a trattamento mediante una tubazione di scarico.

All'interno della centrale del vuoto è presente un quadro elettrico di controllo che contiene tutti i dispositivi di controllo dei motori e dei relativi sovraccarichi, il circuito di controllo e il contatore di funzionamento di ciascuna pompa del vuoto. Il quadro di controllo contiene anche il touch screen (pannello di controllo) che gestisce tutte le funzioni del sistema ed i vari segnali di allarme come: scatti termici, basso vuoto nella linea, perdita pneumatica nella linea, eccessivo riempimento della cisterna, surriscaldamento delle pompe, etc. Tutti questi dati possono essere interfacciati su portatile, stampante, etc. e gestiti nella maniera preferita. Inoltre nel pannello è presente un telefono che può avvisare in sequenza programmata una serie di numeri telefonici del servizio manutenzione consentendo di avere costantemente sotto controllo l'intero impianto. Il pannello di controllo è anche fornito di un sistema di monitoraggio in grado di identificare un pozzetto con funzionamento anomalo e visualizzare il numero identificativo del pozzetto sul quadro stesso permettendo interventi di manutenzione tempestivi e precisi.