



Ordine degli Ingegneri
di Forlì - Cesena



LA PROGETTAZIONE E GESTIONE DEGLI IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO

***Nuovi criteri di progettazione di stazioni di
pompaggio per grandi portate - modelli
idraulici e soluzioni impiantistiche
avanzate***

- **Progettazione di impianti per grosse pompe sommergibili assiali**
- **Modelli idraulici per la corretta progettazione degli impianti e degli interventi**
- **Esempi di applicazioni avanzate:**

Continuiamo la nostra storia di innovazione ed integrazione

Prima pompa sommersibile ad elica assiale

Prima pompa sommersibile



Prima pompa sommersibile per fognatura con piede di accoppiamento



1948

1956

Giranti Neva Clog



Giranti N



SmartRun®



CONCERTOR

1980

1997

2011

2016

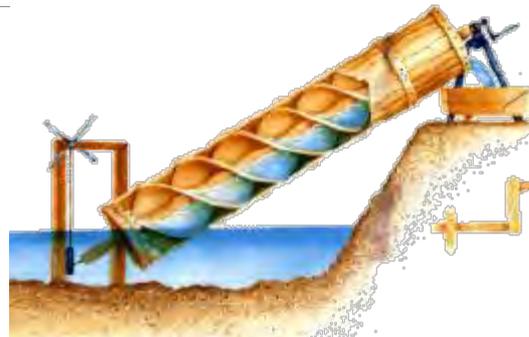
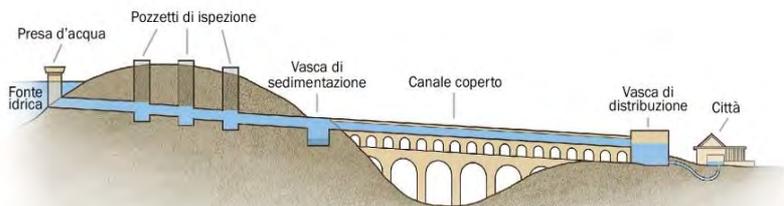
Flygt è sempre stata una precorritrice nel settore, prediligendo nella propria attività R&D, innovazione, supporto tecnico alla clientela per lo studio e la progettazione degli impianti

Nuovi criteri progettazione

Parlare di novità in termini di idraulica è un po' un controsenso, in quanto le leggi che regolano i flussi sono sempre le stesse da quando è nato il mondo, ma l'uomo ha sempre cercato di studiarli per ottimizzare al meglio i sistemi di trasporto dell'acqua.



Acquedotto Romano



Sviluppo e ricerca



Passo dopo passo...

Lo sviluppo delle macchine, ha consentito una notevole semplificazione e riduzione dimensionale delle pompe oltre ad un efficientamento dei sistemi.



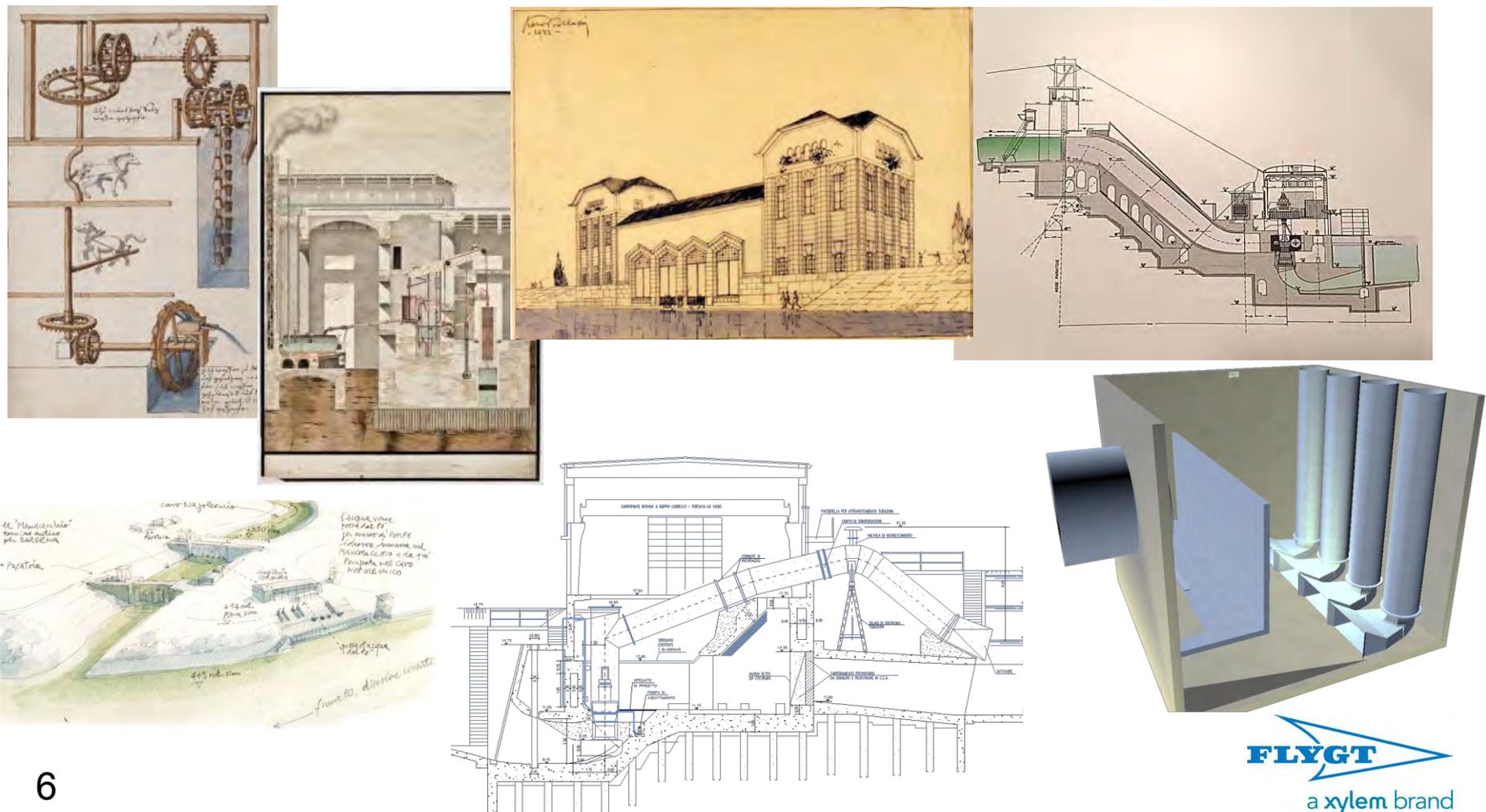
L'attuale stato dell'arte riguarda elettronica ed intelligenza artificiale integrata a servizio dei sistemi di pompaggio



L'incremento dell'efficienza delle pompe, passa principalmente attraverso l'ottimizzazione dei flussi all'interno delle pompe stesse ed il conseguentemente aumento delle velocità dei liquidi in afflusso e passaggio.

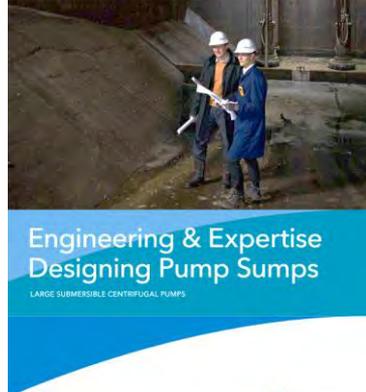
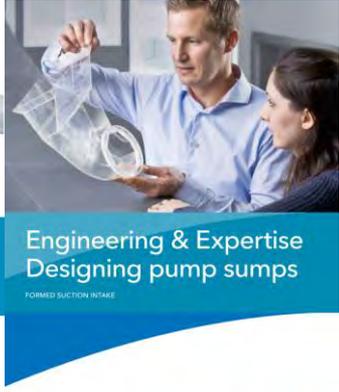
Metodologie nella realizzazione dei progetti

Sviluppi della metodologia di design nel tempo:
Disegni artistici – architettonici – tecnici – CAD – 3D



Metodologie nella realizzazione dei progetti

Il continuo e rapido sviluppo delle tecnologie, per la progettazione di importanti impianti necessita del contributo e del supporto delle case costruttrici di pompe che continuamente studiano e sviluppano soluzioni e sistemi per ottimizzare sia le macchine che le metodologie di progettazione e dimensionamento.



Esistono ottime documentazioni in merito al design di impianto, realizzate da appositi enti ed istituti internazionali, come per esempio HI, EN ISO, ANSI, BS ecc. che in collaborazione con Enti, università, case costruttrici ecc., realizzano studi e ricerche sull'ottimizzazione, il collaudo e la progettazione di impianti e sistemi di pompaggio.

Sono molto interessanti, e danno utili indicazioni per la progettazione, ma a volte, essendo volutamente abbastanza generiche, per poter essere di ausilio per la maggior parte degli impianti devono essere interpretate opportunamente.



ANSI/HI 9.8-1998

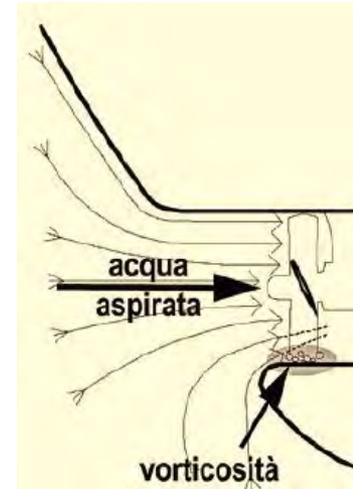


Metodologie nella realizzazione dei progetti

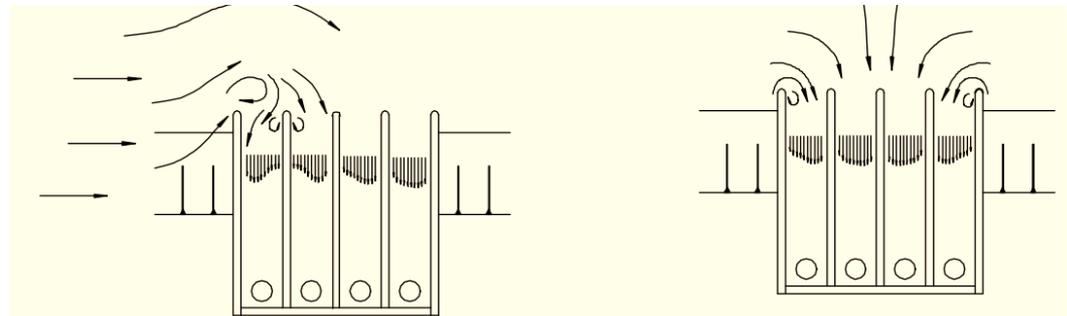
Esistono molteplici soluzioni per affrontare la progettazione degli impianti, e sostanzialmente non esiste un impianto identico ad un altro

Primo problema:

Aria ed acqua amano il tondo, le curve e le forme circolari



L'ingegneria (e spesso le imprese) amano spigoli e angoli



L'ottimizzazione sta spesso nella ricerca del compromesso corretto che non penalizzi innanzitutto le macchine.

Metodologie nella realizzazione dei progetti

Secondo problema:

La pompa non è un accessorio del
«cemento» o dell'opera civile,
ma è il «cemento» che è
l'accessorio della pompa



Dimensionamento impianti

Impianti di sollevamento per pompe assiali ad elica

Principali problematiche da analizzare:

Un flusso non uniforme in ingresso può ridurre l'efficienza e causare carichi pulsanti sulle pale della girante, provocando rumore e vibrazioni.

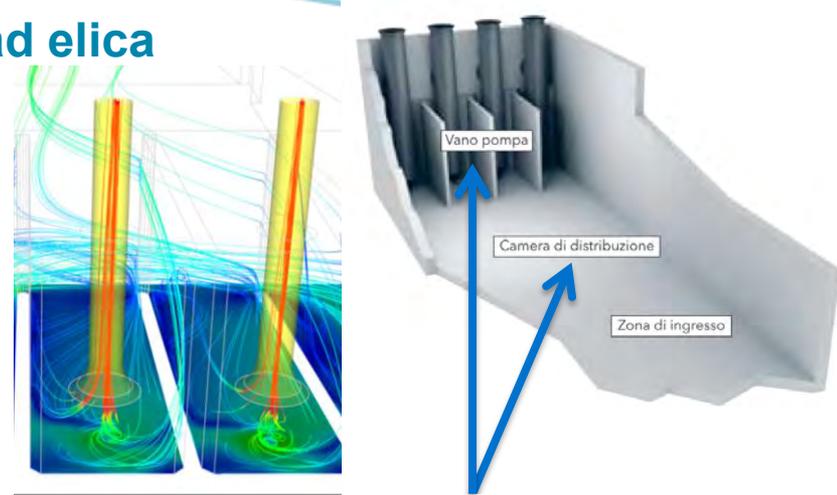
Eccessi di **turbolenza** in aspirazione possono alterare la prevalenza, il flusso, l'efficienza e il rendimento.

Può inoltre aumentare la presenza di **vortici**.

Eventuali vortici provocano discontinuità nel flusso e possono portare a rumorosità, vibrazioni e cavitazione locale.

I vortici provenienti dalla superficie libera possono diventare abbastanza forti da attirare **aria e detriti galleggianti nella pompa**.

L'**aria aspirata** può ridurre il flusso e l'efficienza, causando rumore, vibrazioni, oscillazioni di carico e danni fisici.



Vano pompa: In pratica, per un dato tipo di pompa, è possibile standardizzare solo il disegno del vano pompa.

Un vano correttamente progettato è un requisito fondamentale per la corretta distribuzione del flusso alle pompe, ma non garantisce condizioni di flusso corrette.

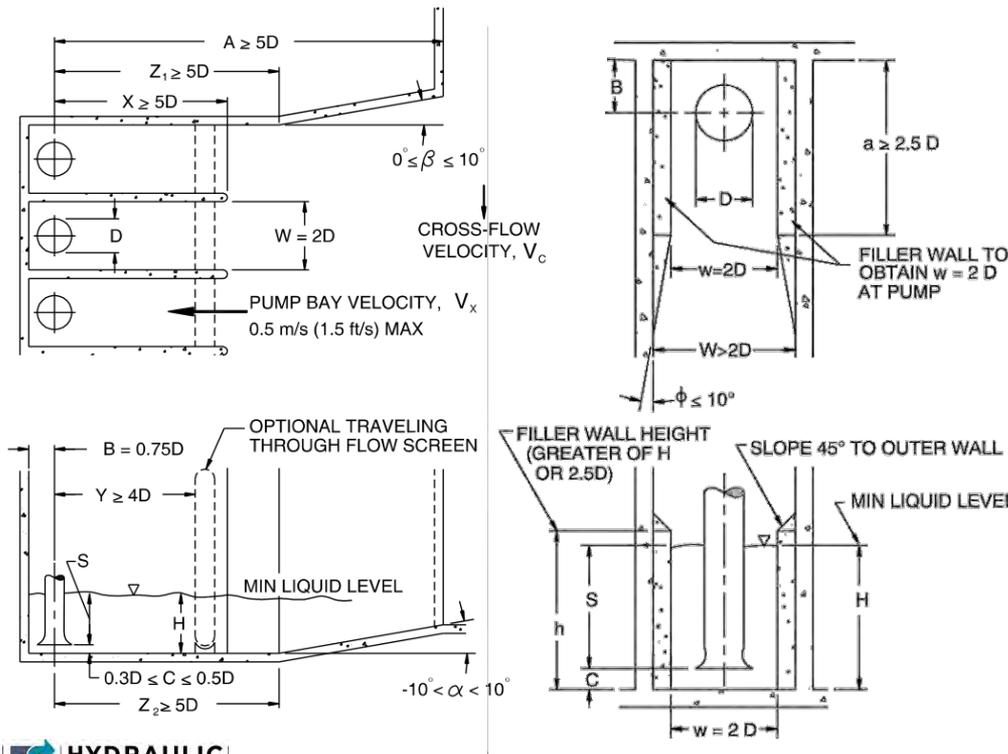
Un afflusso errato al vano pompa può provocare turbolenze del flusso di aspirazione.

Come regola generale, la velocità di afflusso ai singoli vani pompa non deve superare 0,5 m/s.

Le dimensioni dei singoli moduli del vano sono in funzione delle dimensioni della pompa e della portata

Dimensionamento impianti

Per il dimensionamento di massima, possiamo trovare ausili ad esempio nella normativa di HI / ANSI.



ANSI/HI 9.8-1998



Dimension Variable	Description	Recommended Value
A	Distance from the pump inlet bell centerline to the intake structure entrance	A = 5D minimum, assuming no significant cross-flow ^a at the entrance to the intake structure
a	Length of constricted bay section near the pump inlet	a = 2.5D minimum
B	Distance from the back wall to the pump inlet bell centerline	B = 0.75D
C	Distance between the inlet bell and floor	C = 0.3D to 0.5D
D	Inlet bell design outside diameter	See Section 9.8.6
H	Minimum liquid depth	H = S + C
h	Minimum height of constricted bay section near the pump inlet bell	h = (greater of H or 2.5D)
S	Minimum pump inlet bell submergence	S = D(1.0 + 2.3 F _D) (see Section 9.8.7 for detailed discussion on determining minimum submergence)
W	Pump inlet bay entrance width	W = 2D minimum
w	Constricted bay width near the pump inlet bell	w = 2D
X	Pump inlet bay length	X = 5D minimum, assuming no significant cross-flow at the entrance to the intake structure
Y	Distance from pump inlet bell centerline to the through-flow traveling screen	Y = 4D minimum. Dual-flow screens require a model study
Z ₁	Distance from pump inlet bell centerline to diverging walls	Z ₁ = 5D minimum, assuming no significant cross-flow ^a at the entrance to the intake structure
Z ₂	Distance from inlet bell centerline to sloping floor	Z ₂ = 5D minimum
α	Angle of floor slope	α = -10 to +10 degrees
β	Angle of wall convergence	β = 0 to +10 degrees (Negative values of β, if used, require flow distribution devices developed through a physical model study)
φ	Angle of convergence from constricted area to bay walls	φ = 10 degrees maximum

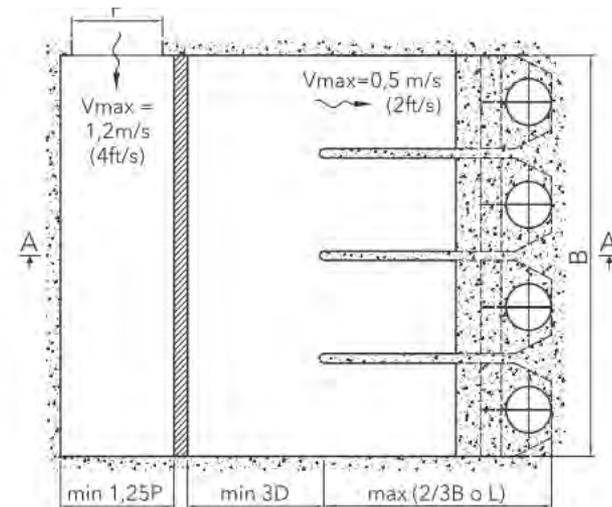
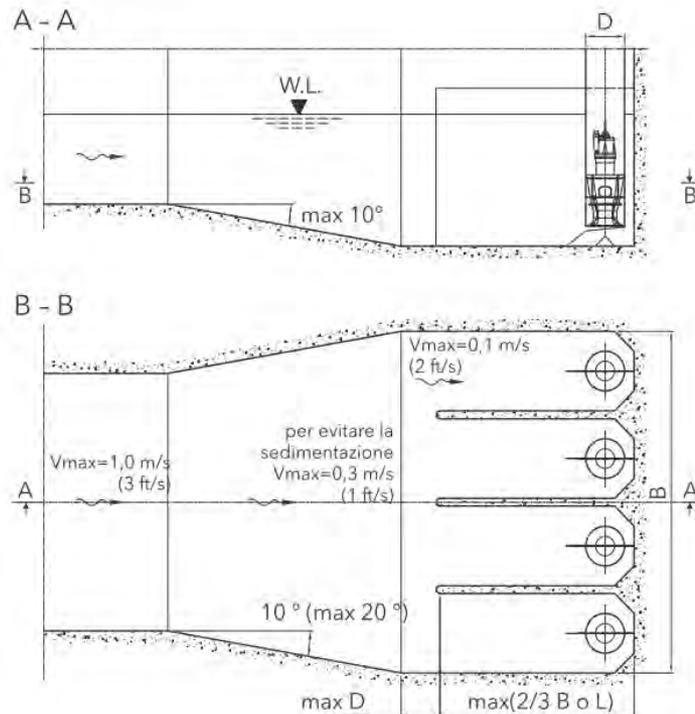
^a Cross-flow is considered significant when V_c > 0.5 V_x average



Dimensionamento impianti

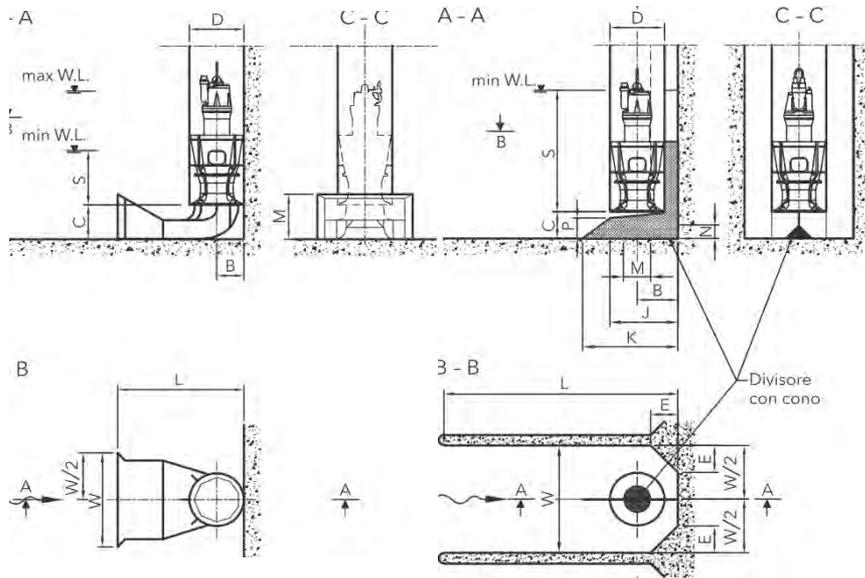
Anche le maggiori case costruttrici realizzano pubblicazioni, riportando sia i parametri principali di progettazione contenuti nelle normative generali, adattate alle proprie macchine

Stazioni di ingresso laterale su livello basso



Dimensionamento impianti

Spesso, è possibile inoltre trovare soluzioni specifiche studiate ed ottimizzate in base alle esperienze e alle ricerche effettuate all'interno dei reparti R&D



Tipo di pompa	Nom. dia (mm)	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	S	W
Flygt FSI	PL7045 PL7050	700	0,35	0,40	0,70	-	-	-	-	-	1,49	0,53	-	-	0,70	1,11
	PL7055 PL7061	800	0,40	0,48	0,80	-	-	-	-	-	1,75	0,63	-	-	0,80	1,32
	PL 7065	800	0,40	0,63	0,80	-	-	-	-	-	1,75	0,63	-	-	1,10	1,32
	PL7076 PL7081	1000	0,50	0,63	1,00	-	-	-	-	-	2,28	0,83	-	-	1,00	1,73
	PL 7101	1200	0,60	0,75	1,20	-	-	-	-	-	2,74	1,00	-	-	1,20	2,09
	PL 7105	1200	0,60	0,75	1,20	-	-	-	-	-	2,74	1,00	-	-	1,50	2,09
	PL 7121	1400	0,70	0,90	1,40	-	-	-	-	-	3,27	1,20	-	-	1,40	2,50
	PL 7125	1400	0,70	0,90	1,40	-	-	-	-	-	3,27	1,20	-	-	1,75	2,50
Modello di ingresso espirazione: pozzetto aperto	PL 7020	400	0,30	0,20	0,40	0,20	-	-	0,50	0,70	1,60	0,20	0,10	0,15	-	0,80
	PL 7030	500	0,38	0,25	0,50	0,25	-	-	0,63	0,88	2,00	0,25	0,13	0,19	-	1,00
	PL 7035	550	0,41	0,28	0,55	0,28	-	-	0,69	0,96	2,20	0,28	0,14	0,21	-	1,10
	PL3127 PL7040	600	0,45	0,30	0,60	0,30	-	-	0,75	1,05	2,40	0,30	0,15	0,23	-	1,20
	PL7045 PL7050	700	0,53	0,35	0,70	0,35	-	-	0,88	1,23	2,80	0,35	0,18	0,27	-	1,40
	PL7055 PL7061 PL7065	800	0,60	0,40	0,80	0,40	-	-	1,00	1,40	3,20	0,40	0,20	0,30	-	1,60
	PL7076 PL7081	1000	0,75	0,50	1,00	0,50	-	-	1,25	1,75	4,00	0,50	0,25	0,38	-	2,00
	PL7101 PL7105	1200	0,90	0,60	1,20	0,60	-	-	1,50	2,10	4,80	0,60	0,30	0,46	-	2,40
	PL7121 PL7125	1400	1,05	0,70	1,40	0,70	-	-	1,75	2,45	5,60	0,70	0,35	0,53	-	2,80

Consultare lo schema relativo alla sommersenza minima



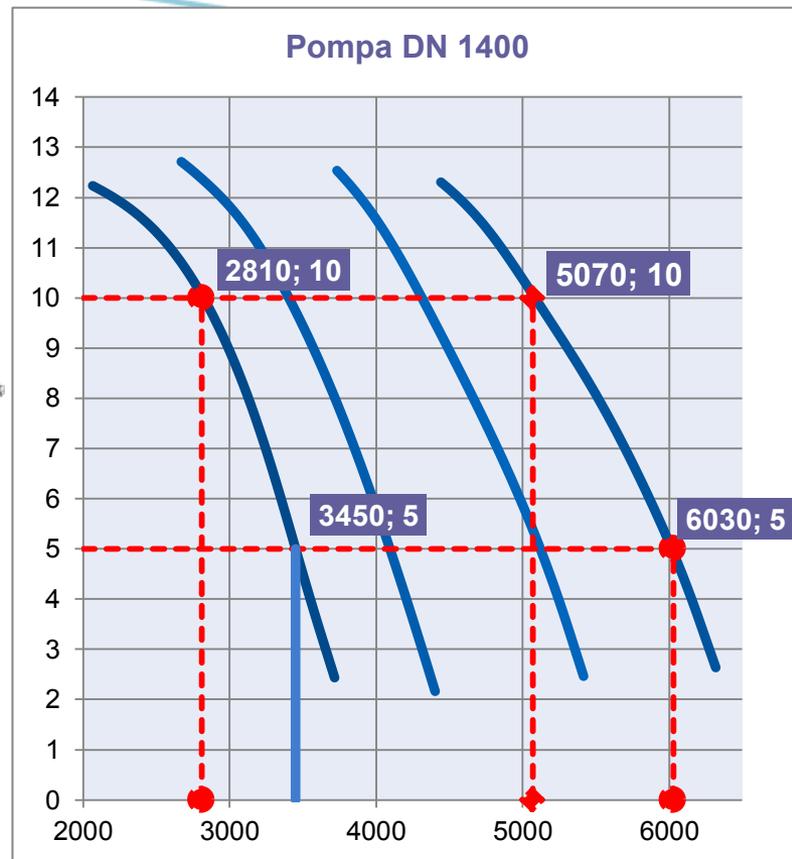
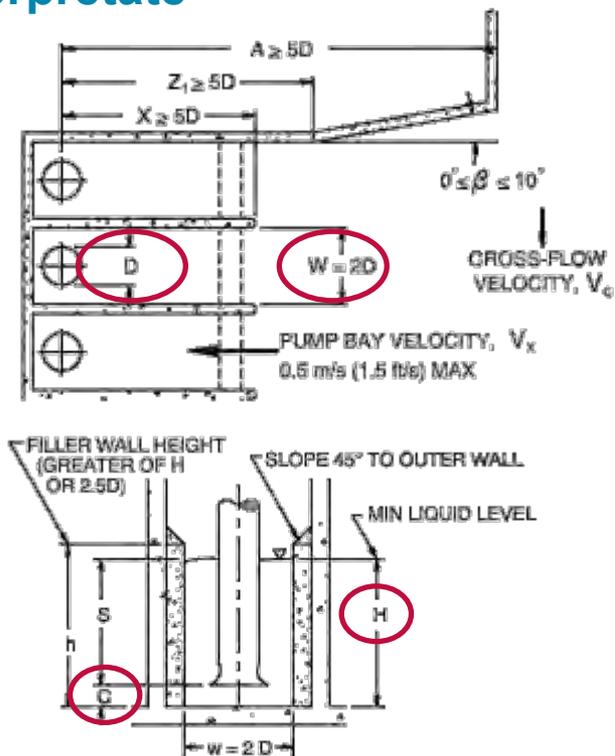
Dimensionamento impianti

A volte alcune valutazioni devono essere opportunamente interpretate

$D = \text{DN } 1400 \text{ mm}$
 $W = 2 \times 1,4 = 2,8 \text{ m}$
 $H \sim 2 \text{ m}$
 $\text{Area} = 2 \times 2,8 = 5,6$

$Q = 6 \text{ m}^3/\text{s}$
 $V = \frac{Q}{A} = 1,07 \text{ m/s}$

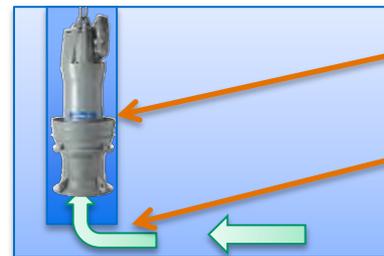
$Q = 3,45 \text{ m}^3/\text{s}$
 $V = \frac{Q}{A} = 0,61 \text{ m/s}$



Luce di passaggio alla bocca della pompa $C \sim 0,5 D = 0,7 \text{ m}$

Velocità di afflusso da 1,4 a 6 m/sec

All'interno delle idrauliche possiamo rilevare anche velocità superiori a 9 m/s

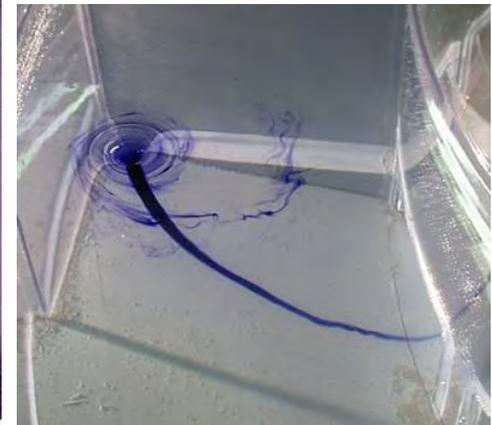
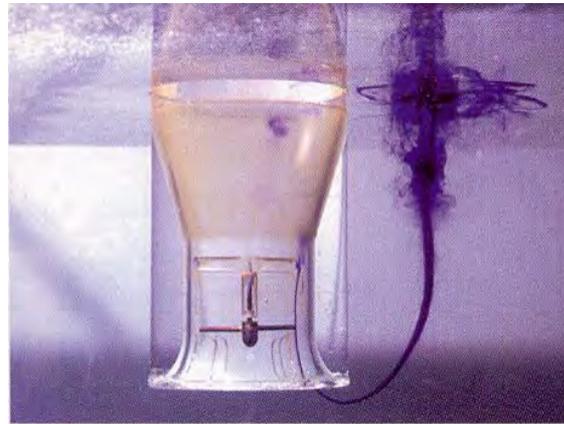
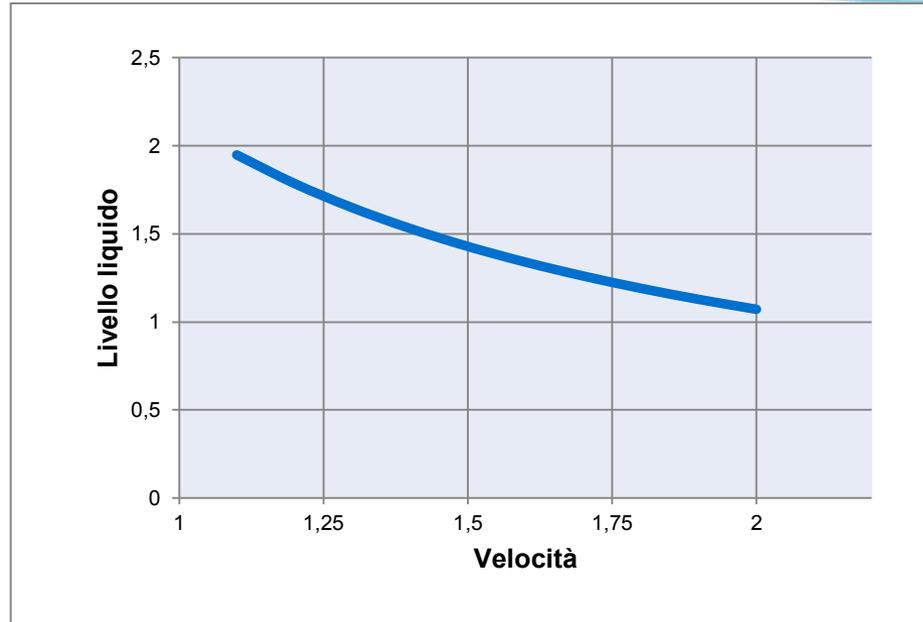
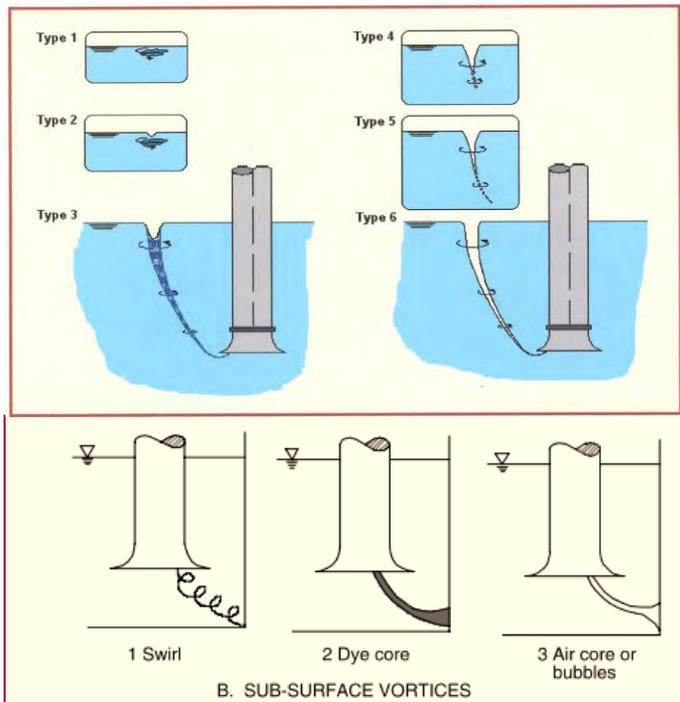


fino a oltre 9 m/s

Da 1,4 a 6 m/s

Dimensionamento impianti

Da osservare che a portata costante della pompa, la velocità tende ad aumentare con l'abbassamento del livello, ed è questa la fase dove potremmo avere pericolosi inneschi di vortici e turbolenze per cui è essenziale una valutazione molto attenta delle condizioni operative



Vorticosità

La vorticosità ha una forma/effetto molto più concentrata ed intensa di una locale rotazione e genera diversi sforzi agli elementi rotanti della pompa, causandone decrementi alle prestazioni e vibrazioni. I vortici possono avere una formazione superficiale o sommersa.

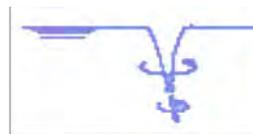
I vortici superficiali possono essere classificati come qui sotto indicato:

Tipo 1



VORTICE DI SUPERFICIE
ADERENTE, FOSSETTA DI
SUPERFICIE A STENTO
INDIVIDUABILE

Tipo 4



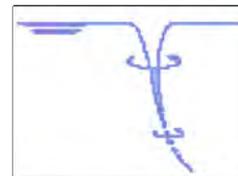
DETRITI CHE
RISALGONO, NUCLEO DI
ARIA PARZIALE,
VORTICE ADERENTE

Tipo 2



FOSSETTA DI SUPERFICIE
BEN DEFINITA, VORTICE
ADERENTE ALLA SUPERFICIE

Tipo 5



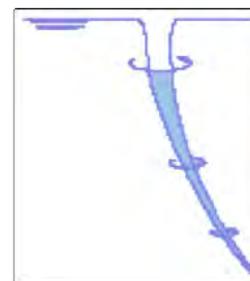
NUCLEO DI ARIA
INTERMITTENTE, PER
TUTTA LA COLONNA DI
ACQUA

Tipo 3



NUCLEO SVILUPPATO
COMPLETAMENTE, VORTICE
ADERENTE PER TUTTA LA
COLONNA DI ACQUA

Tipo 6



VORTICE DI ARIA
COMPLETAMENTE
SVILUPPATO

Vorticosità

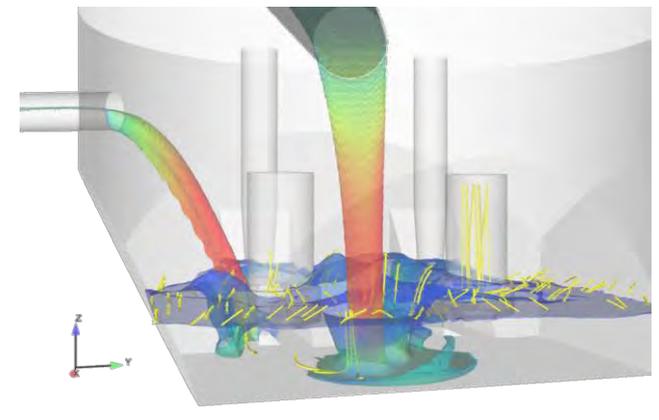
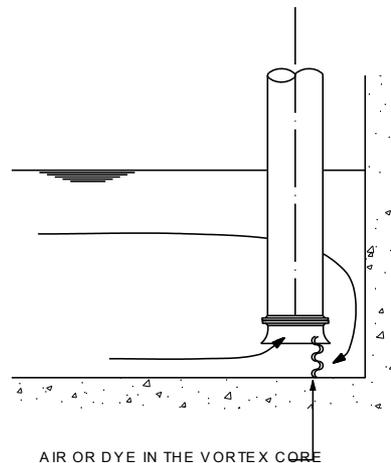
I vortici di superficie possono essere liberi o forzati. I vortici a superficie libera sono formati dalla rotazione generate dai flussi, senza ad esempio influenza di rotazioni create dall'aspirazione delle pompe o da prelievi/immissioni sommerse.

Vortici di superficie forzati si formano a causa di rotazioni prodotte da interazione del flusso stesso con l'ambiente circostante, ad esempio subito prima di un'ostruzione o internamente ad una zona di con una limitazione al flusso della massa (camere pompe, modifiche di sezioni ecc.)

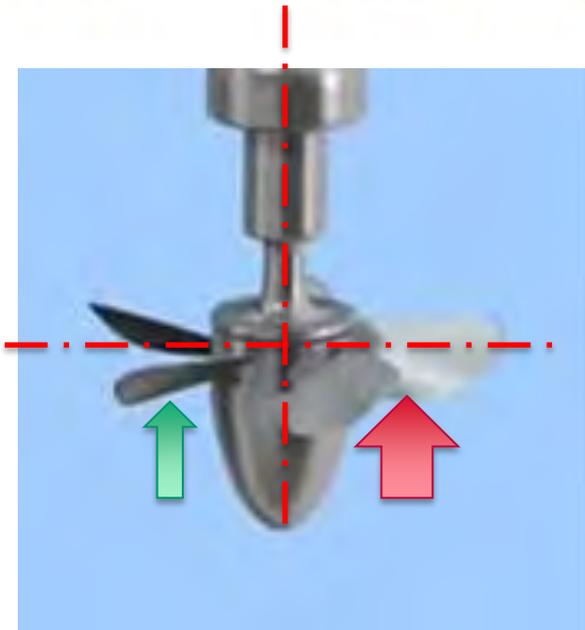
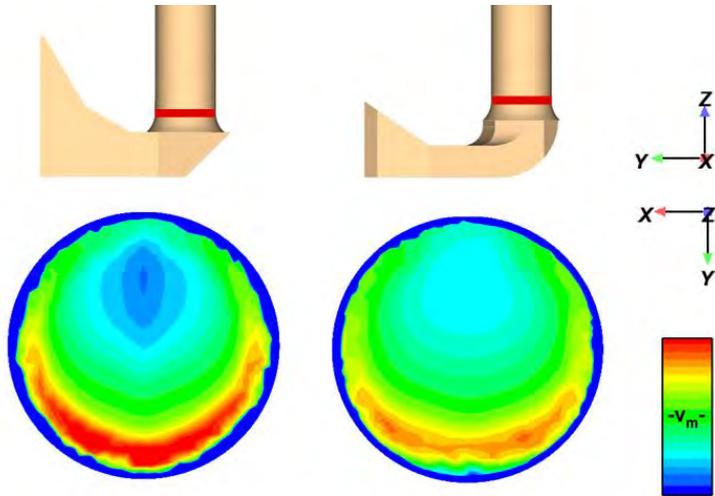
Vortici sommersi, invece, si creano ad esempio tra il pavimento o il muro di una vasca e una bocca aspirante, e possono essere più dannoso per le pompe che un vortice di superficie.

A differenza dei vortici superficiali, la pressione all'interno del nucleo del vortice sommerso può scendere al di sotto della pressione atmosferica e avere caratteristiche fortemente rotatorie.

Se la pressione è sufficientemente bassa, gas disciolto potrà espandersi dalla miscela acquosa, e rendere visibile il nucleo del vortice.



Distribuzione delle velocità

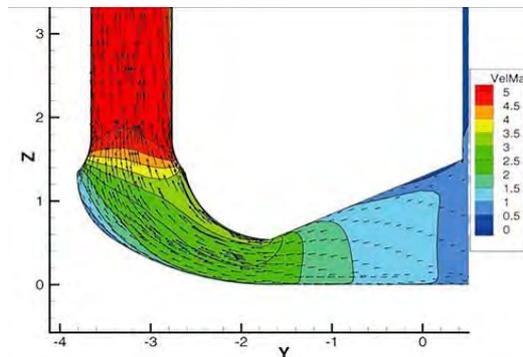


Vorticosità, pre-rotazioni, e separazioni di flussi, generano facilmente una velocità/pressione dinamica disuniforme all'ingresso della pompa e specialmente nella zona della girante.

Questa disomogeneità, crea notevoli coppie inverse sulle pale ad ogni passaggio nel punto, generando continue tensioni, usure anomale delle parti rotanti, che possono sfociare anche in rotture delle pale.

Dobbiamo immaginare che una massa di circa 5 tonnellate d'acqua ogni secondo, attraversano ad una media di circa 4m/sec (si arriva anche a 9 m/sec) le pale della girante, e che come nell'esempio riportato, abbiamo una notevole differenza di velocità dinamica fra un lato e l'altro della girante, ad ogni rotazione.

In breve avremo diversi problemi alla pompa, e non certo per cattiva qualità della macchina, ma esclusivamente per una mancanza di ottimizzazione dei flussi all'interno degli impianti

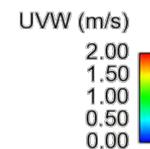
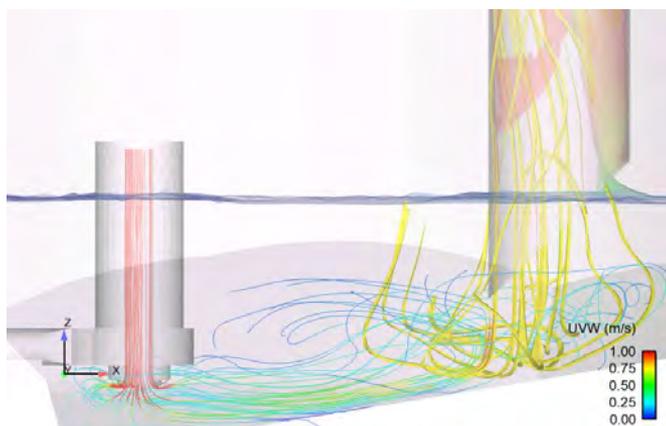


Modello Idraulico livelli di lavoro

Obiettivo non secondario da verificare attraverso i modelli, sono i comportamenti idraulici ad esempio delle prese, in caso di funzionamento singolo o di macchine in parallelo, sia ai minimi che ai massimi livelli.

In queste condizioni si possono evidenziare aspirazioni anomale di aria dalle bocche di aspirazione pompe, oppure generate dal trascinamento dell'aria dalle portate in afflusso.

Queste aspirazioni di aria o vortici superficiali, generati normalmente da una velocità di aspirazione eccessiva, sono estremamente dannosi per la meccanica delle pompe, generando cavitazioni, danni alle parti idrauliche ed ai cuscinetti albero.

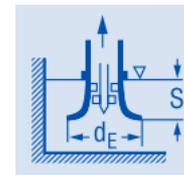
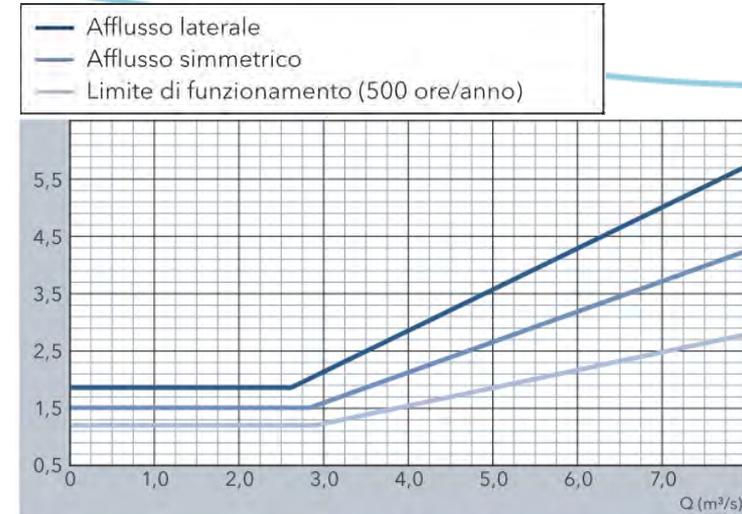


Dimensionamento impianti

Minimo livello di aspirazione:

Problematica che spesso contrasta con lo status progettuale delle opere civili è relativa al minimo livello di aspirazione, che ha notevole influenza sulla durata delle macchine.

Esistono precise valutazioni sperimentali e relative formule teoriche, che precisano questo limite operativo. Ovviamente in campo deve essere tenuto conto di tutta una serie di parametri di forma vasche, afflussi ecc., che possono richiedere un incremento di livello minimo.



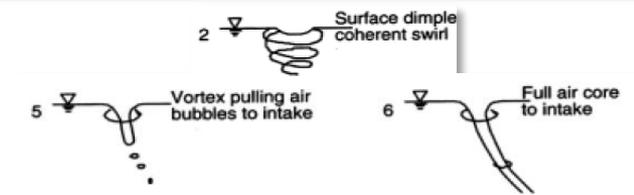
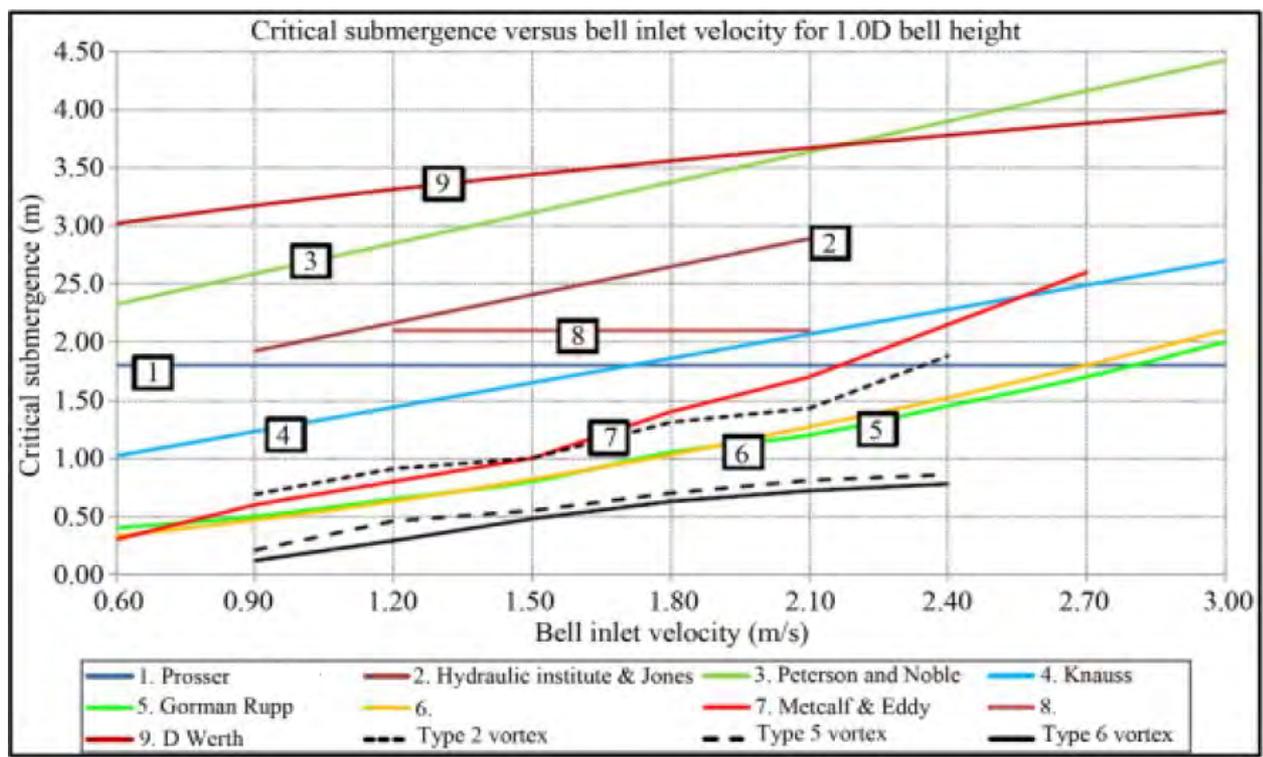
$$S_{min} = 0,8 d_E + 1,38 \cdot v_s \cdot \sqrt{\frac{d_E}{g}}$$

V_s = velocità del fluido = $Q/900 \pi d_E^2$ m/s
 Q portata in m³/h
 g accelerazione di gravità 9,81 m/s²
 d_E diametro di entrata, in m del cono di ingresso.



Dimensionamento impianti

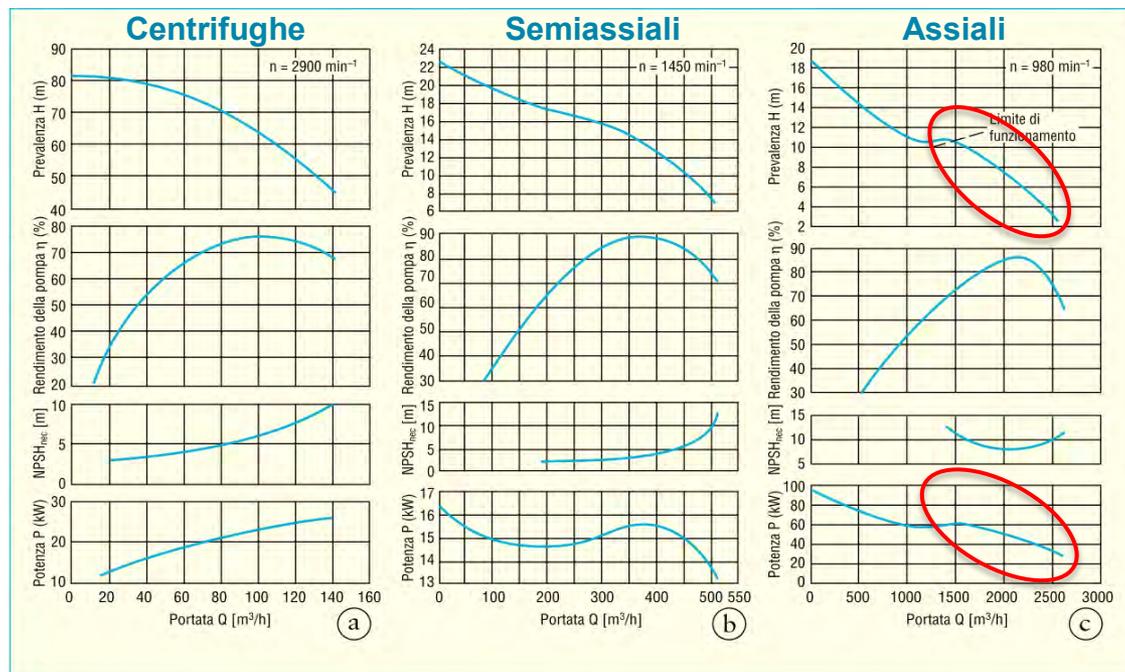
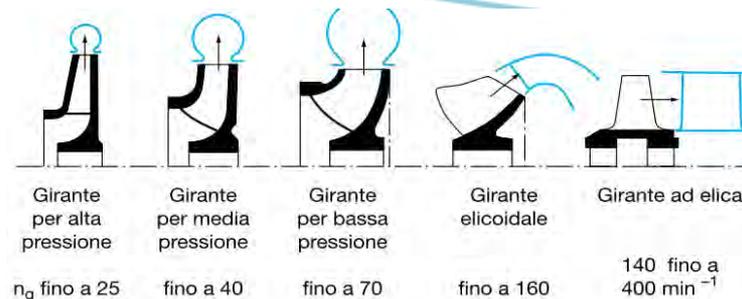
Confronto risultati formule sommergenza



Dimensionamento impianti

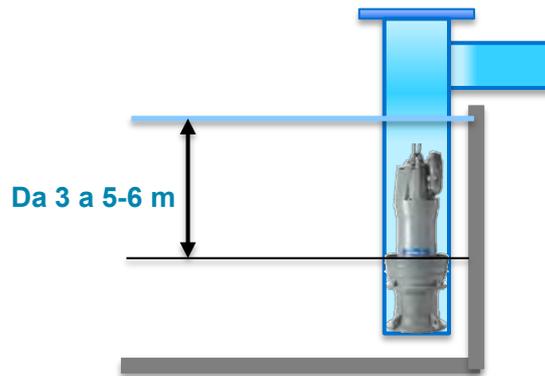
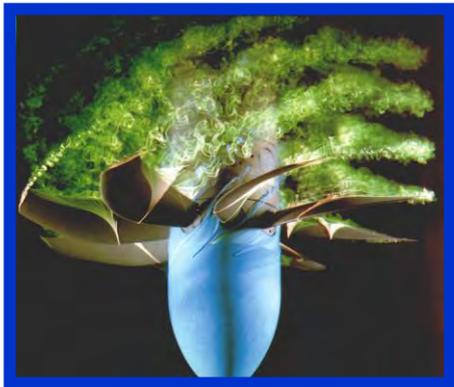
Minimo livello di aspirazione:

Da osservare, che le pompe assiali (ed in parte le semiassiali) con numero di giri specifico da ~ 140 a 400 min^{-1} , hanno sostanzialmente un andamento della potenza assorbita direttamente proporzionale alla prevalenza, per cui all'abbassamento del livello in aspirazione, corrisponde un incremento di prevalenza ed assorbimento, che può generare notevoli problematiche ai motori o a limitare i campi di lavoro impianto.

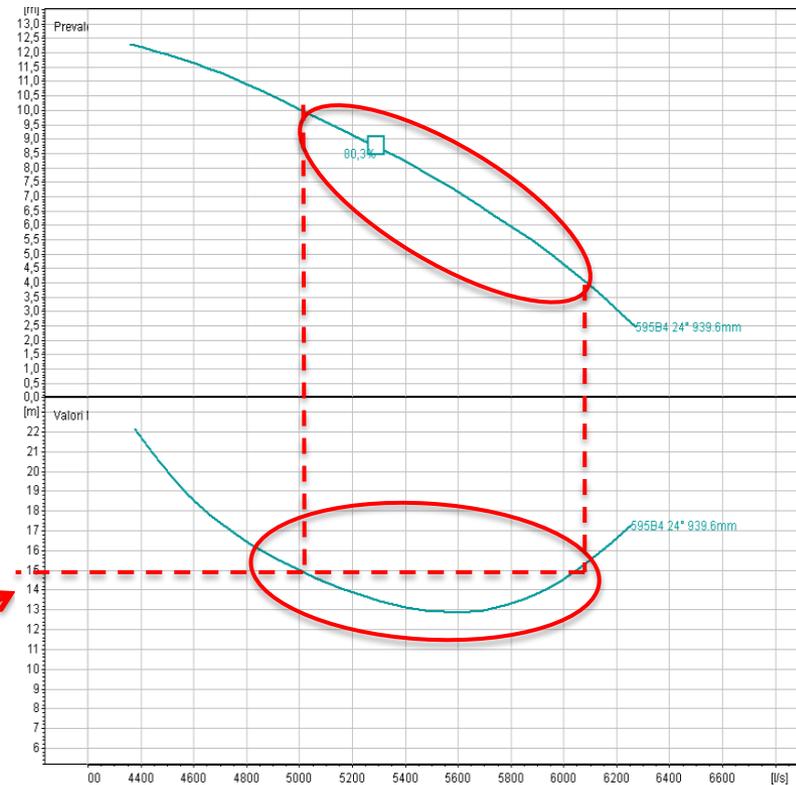


Dimensionamento impianti

Non di meno dobbiamo porre notevole attenzione alle curve **NPSHr** delle pompe, che per avere le prestazioni attuali, risultano spesso sensibilmente più "alte" di un tempo, e questa attenzione deve essere posta anche per macchine con eliche/giranti immerse



Anche se abbastanza centrata come punto di lavoro, questo tipo di macchina richiede da 3 a 5/6 m di acqua al di sopra della girante per poter operare in modo corretto
Al di sotto di questi livelli abbiamo fenomeni di cavitazione, con vibrazioni e danneggiamento meccanico delle pompe

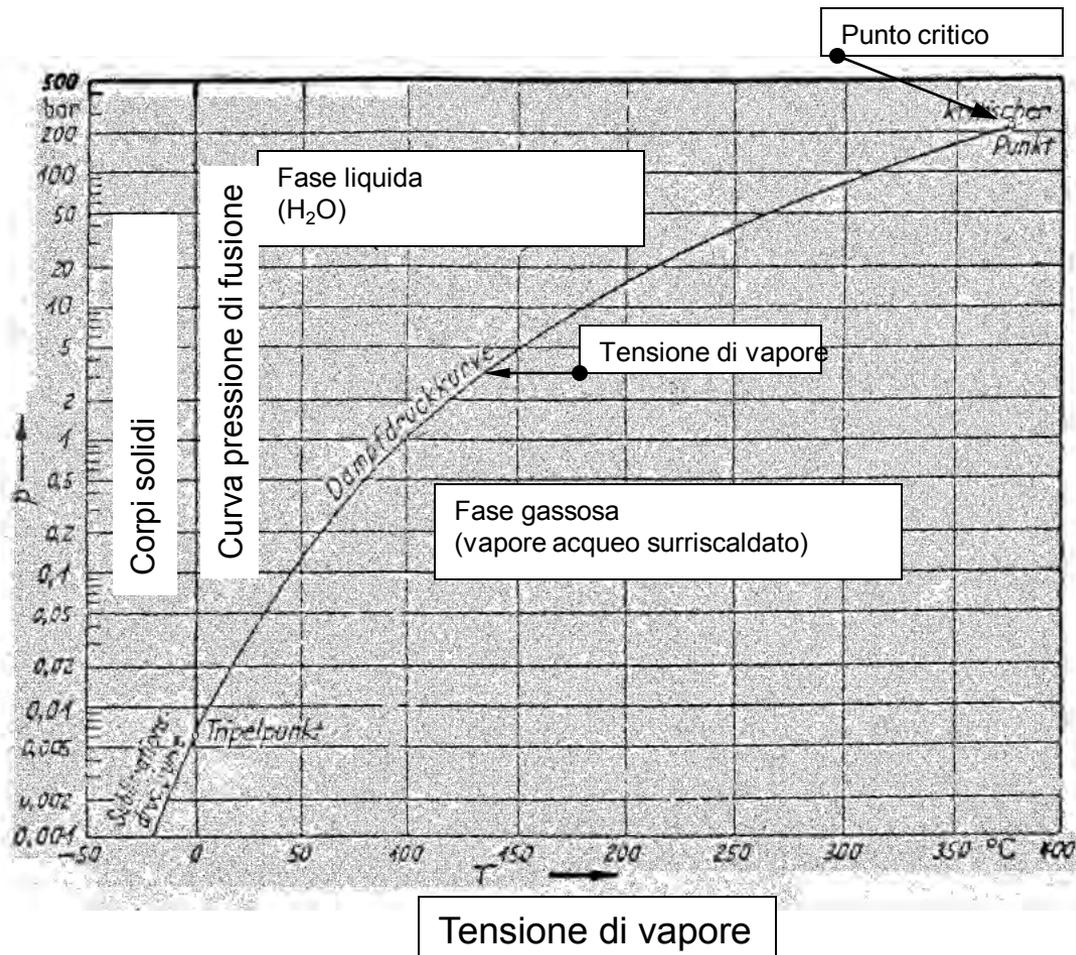


Cavitazione: Definizione

Si definisce cavitazione la formazione e la susseguente “implosione” di bolle di vapore in un liquido in movimento.

In caso che il valore dell’NPSH disponibile e richiesto, (pompa ed impianto) sia superiore al valore della tensione di vapore per una determinata temperatura del media da pompare, si ha una cavitazione.

La curva della tensione di vapore rappresenta la relazione esistente fra i valori di pressione e temperatura, ai quali in un fluido puro possono coesistere la fase liquida e quella gassosa (vapore).

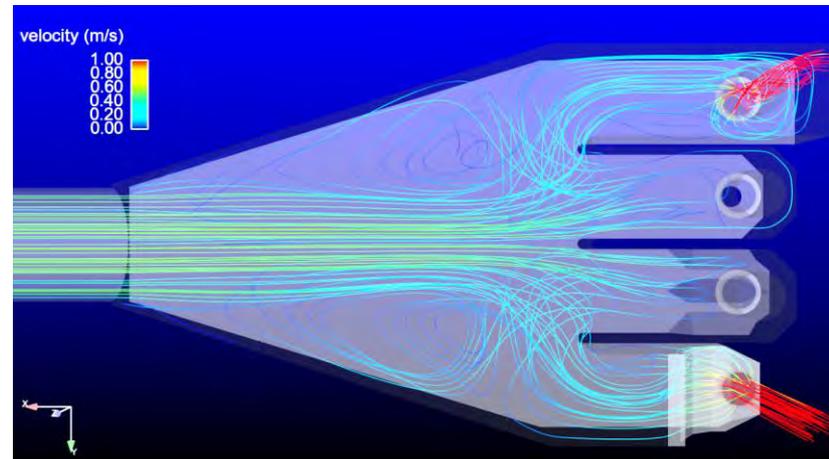
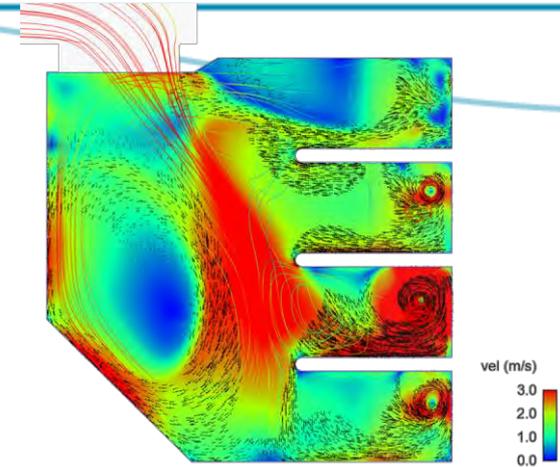
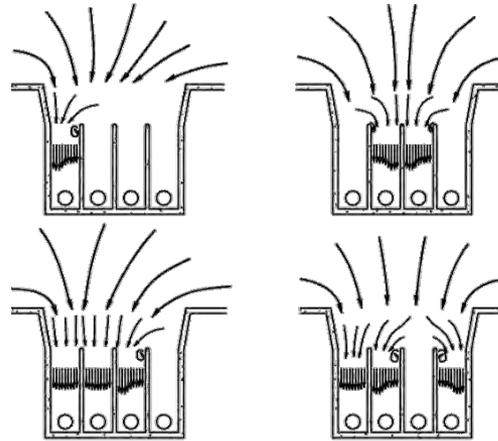


Dimensionamento impianti

Deve poi essere verificato l'andamento dei flussi in **funzionamento singolo o in parallelo delle pompe**, sia ovviamente per situazioni con condotte in pressione, ma ancora di più per pompe assiali con elevata portata, in quanto, spesso, l'interazione fra le macchine genera distribuzioni di velocità anomale, che possono avere conseguenze sulle macchine-

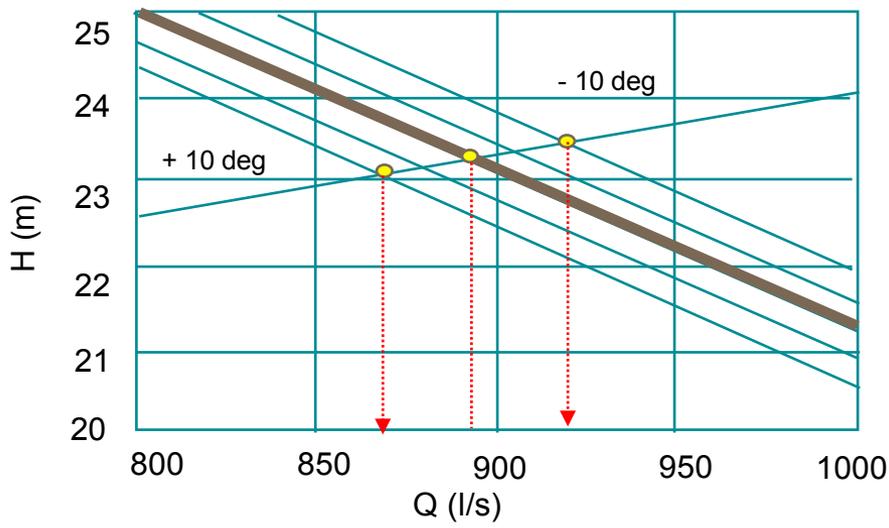
Non è sempre corretto avviare qualsiasi pompa in qualsiasi condizione, dato che si possono innescarsi serie problematiche di velocità asimmetrica nei canali di alimentazione.

Queste differenze di velocità/pressione possono innescare fenomeni di pre-rotazione che penalizzano il buon funzionamento delle macchine e la loro durata.



Non di rado si sono riscontrati problemi alle macchine, non derivanti direttamente dalle pompe, ma bensì da un errato afflusso in vasca, o da livelli al di sotto del necessario.

Effetti delle pre-rotazioni



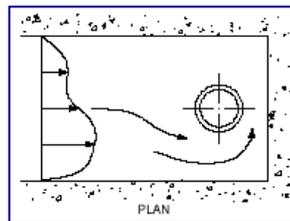
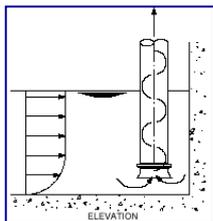
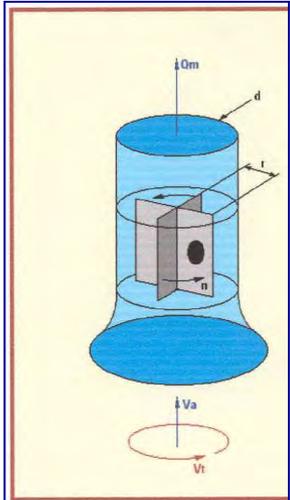
Gli effetti di sulle prestazioni di una pompa dipendono dal senso di pre-rotazione rispetto a quello della rotazione della girante e varia a secondo del tipo di pompa.

Una **pre-rotazione opposta** alla girante aumenta la pressione sviluppata e, in funzione dal tipo di pompa, abbiamo una variazione dell'assorbimento di potenza; il **rendimento** è ovviamente in relazione e **tende a ridursi** in seguito ad un eventuale aumento del consumo di energia.

Una pompa è soggetta a contrastare la contro rotazione che, se di intensità sufficiente potenzialmente potrebbe creare **problemi di sovraccarico al motore**.

Una **pre-rotazione nella stessa direzione** della girante della pompa, crea una riduzione di portata, e di potenza assorbita; purtroppo il decremento di assorbimento è di misura inferiore, con conseguente **riduzione del rendimento**.

Funzionamenti rumorosi, cavitazioni e usure premature dei cuscinetti sono tutte caratteristiche di eccessiva pre-rotazione.



Progettazioni Idrauliche

Abbiamo visto fino ad ora le complessità che possono sussistere in una seria progettazione di impianti per macchine di grande portata e alta efficienza.

Oltre ai fattori illustrati, ce ne sono molti altri, che devono essere sempre però affrontati con l'obiettivo ben chiaro di cosa stiamo dimensionando e progettando:

- Un sistema produttivo, se destinato all'irrigazione,
- Un sistema di protezione del suolo, delle città, delle infrastrutture abitative e commerciali quando si parla di drenaggio (anche un semplice sottopasso)

Per quanto sia possibile, si deve sempre prediligere la funzionalità, la sicurezza di funzionamento, la gestione, e la manutenzione degli impianti, a soluzioni di compromesso, spesso imposte da ragioni economiche o impatti ambientali (a volte discutibili), che comportano poi difficoltà operative, mancanza di sicurezza di funzionamento o costi di gestione troppo elevati per le amministrazioni, che possono rendere l'opera inutilizzabile.

Un malfunzionamento di un drenaggio, un insabbiamento delle stazioni ecc. possono avere riscontri gravissimi sia per l'economia che per la salute stessa dei cittadini



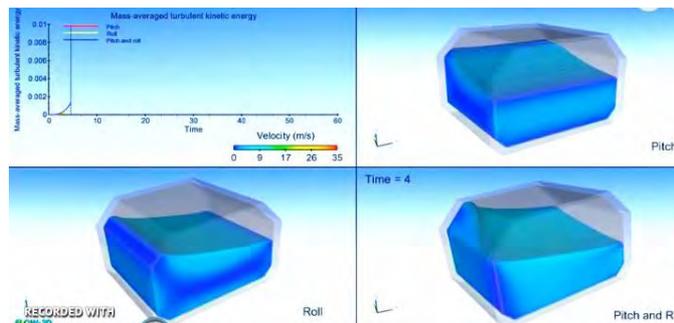
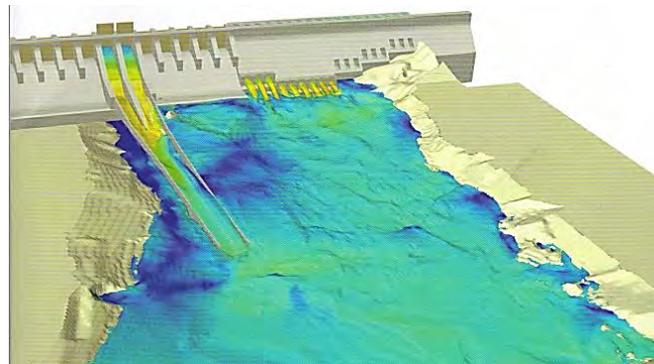
Modelli Idraulici

Lo sviluppo delle tecnologie informatiche, hanno consentito uno sviluppo avanzato dei supporti alla progettazione, alle simulazioni ad elementi finiti, alle prototipazioni ecc., e oggi, soluzioni di calcolo avanzate per la modellazione idraulica sono disponibili per qualsiasi piattaforma anche in cloud, ed a costi ormai accessibili per studi ed organizzazioni del settore progettazioni.

Non di meno per poter ottenere risultati positivi, bisogna comunque avere una competenza ed esperienza adeguata alle tecnologie attuali.

Oggi esistono strutture specializzate e/o le case costruttrici stesse, che supportano gli studi di ingegneria nello sviluppo dei modelli idraulici più adatti alle simulazioni di funzionamento delle stazioni di pompaggio più complesse, o ai sistemi di deflusso più adatti alle vari situazioni.

Proprio per evitare problematiche che possono inficiare il funzionamento di sistemi di pompaggio così importanti, le normative internazionali danno precisamente indicazione sulle procedure progettuali da adottare



Alessandro Ancona



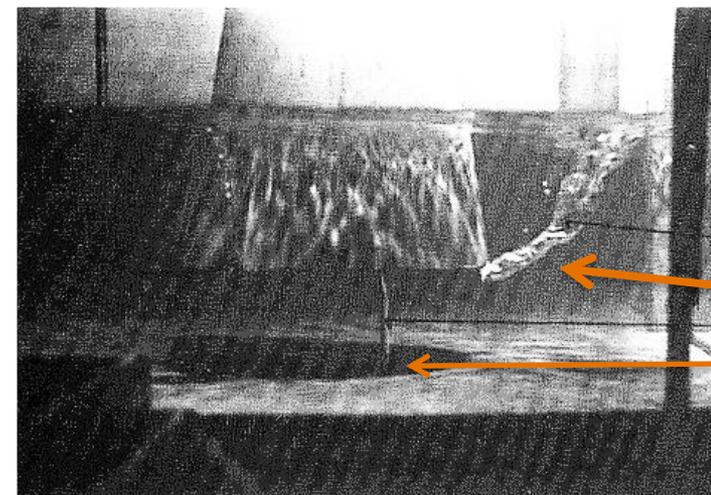
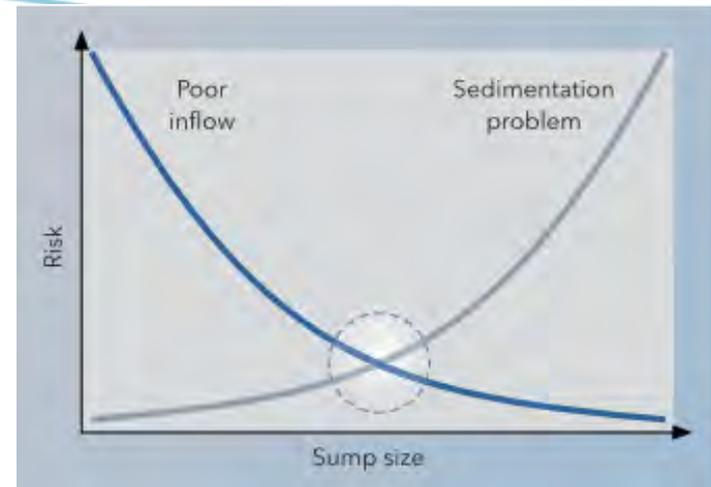
Modelli Idraulici

Lo studio e la simulazione a priori del comportamento dei sistemi di pompaggio, può agevolare enormemente sia il funzionamento che la gestione degli impianti stessi, ed evitare anche grosse problematiche alle macchine, oltre ad ottimizzare i costi gestionali ed energetici.

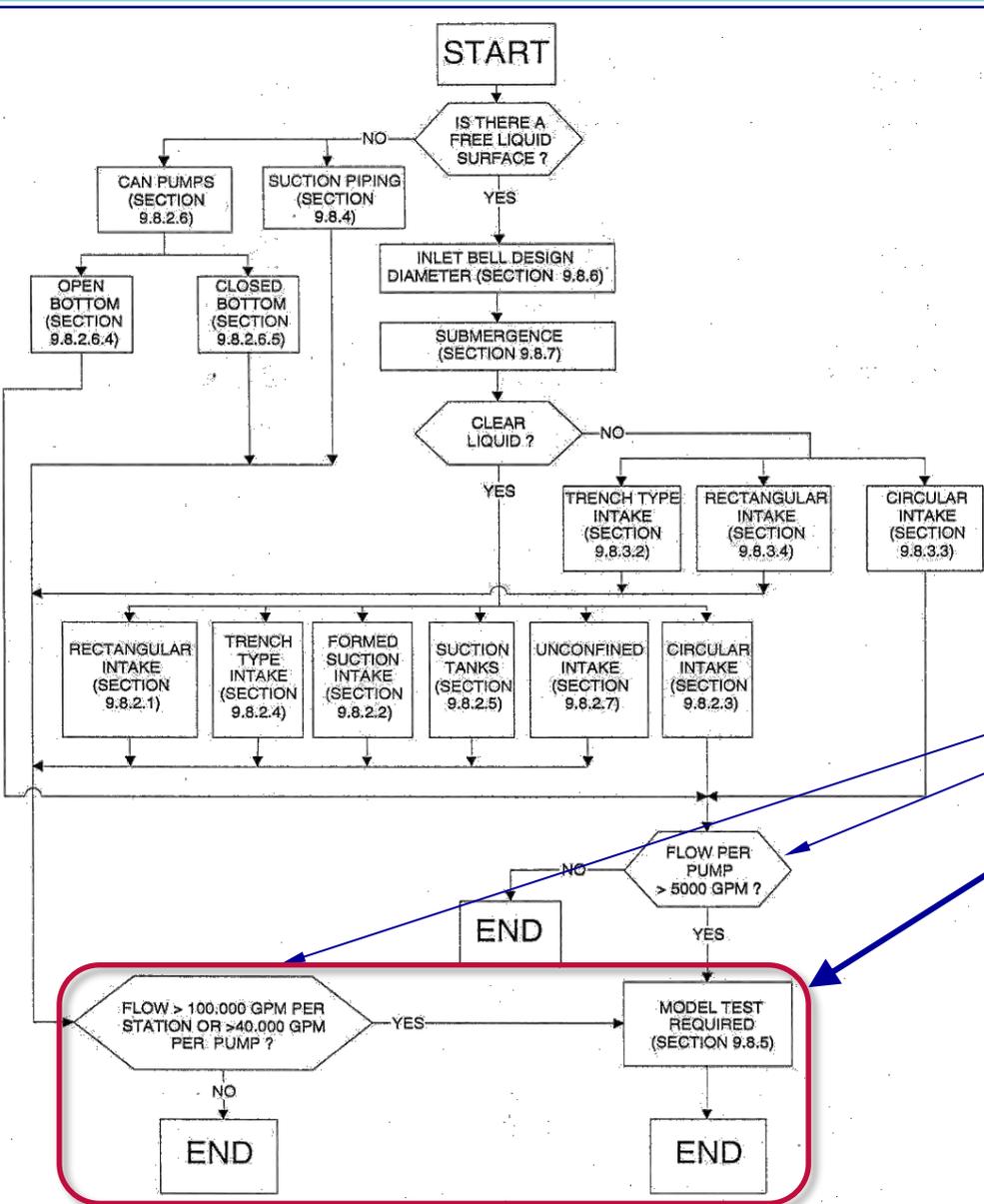
Si devono perciò analizzare in modo appropriato tutte le condizioni operative dei sistemi di pompaggio ed i flussi di alimentazione, in modo da evitare che forme di vasca non accordate correttamente alle camere pompe o ai canali in afflusso possano generare differenze di velocità, vortici, depositi e sedimenti, che rendano problematico il funzionamento delle elettropompe.

Un errore o un malfunzionamento sulle pompe, per quanto problematico può essere risolto adattando le macchine.

Un afflusso o una forma non corretta difficilmente può essere modificata.



Procedure progettuali secondo Hydraulic Institute- ANSI



All'interno di alcune normative come l'**American National Standard for Pump Intake Design (ANSI)**, viene prescritte la realizzazione di modelli idraulici ogni qualvolta si operi con impianti di portata totale superiore a 6 m³/s o comunque con singole pompe con portata superiore a 2,5 m³/s.

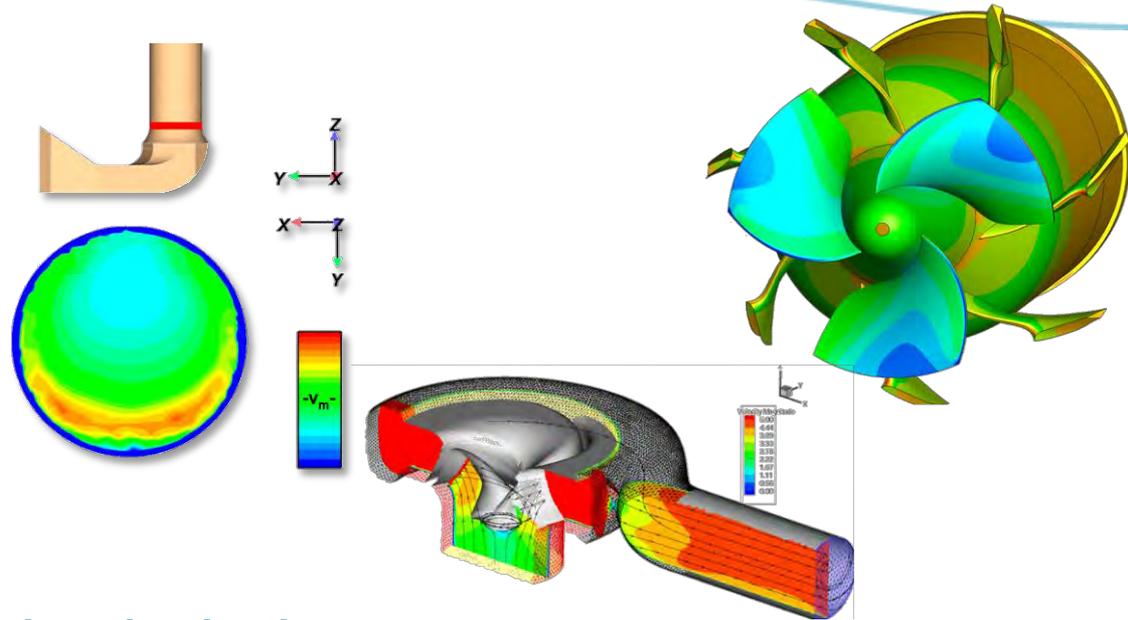
Diverse gare sono state vinte attraverso sviluppi e simulazioni CFD

Modelli Idraulici

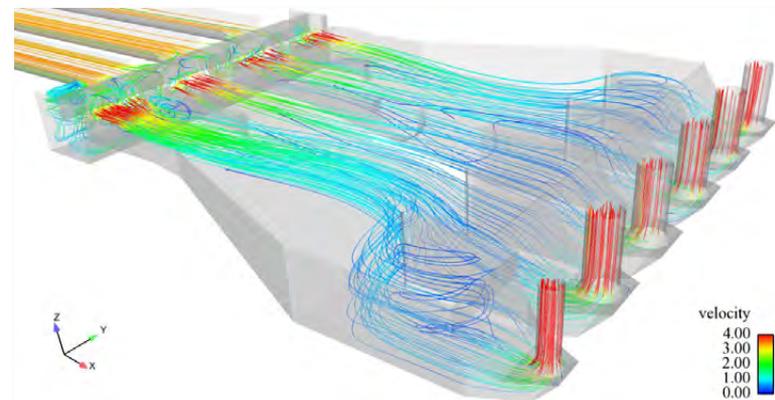
Modelli idraulici utilizzati negli studi e nelle progettazioni sono principalmente di due tipi:

- Modelli idraulici assistiti da computer **Computetional Fluid Dinalmic (CFD)**
- **Modelli idraulici fisici in scala** utilizzati per problematiche particolari o per impianti completamente fuori std che richiederebbero una programmazione per la simulazione particolarmente complessa

Modelli Idraulici per progettazione di parti idrauliche

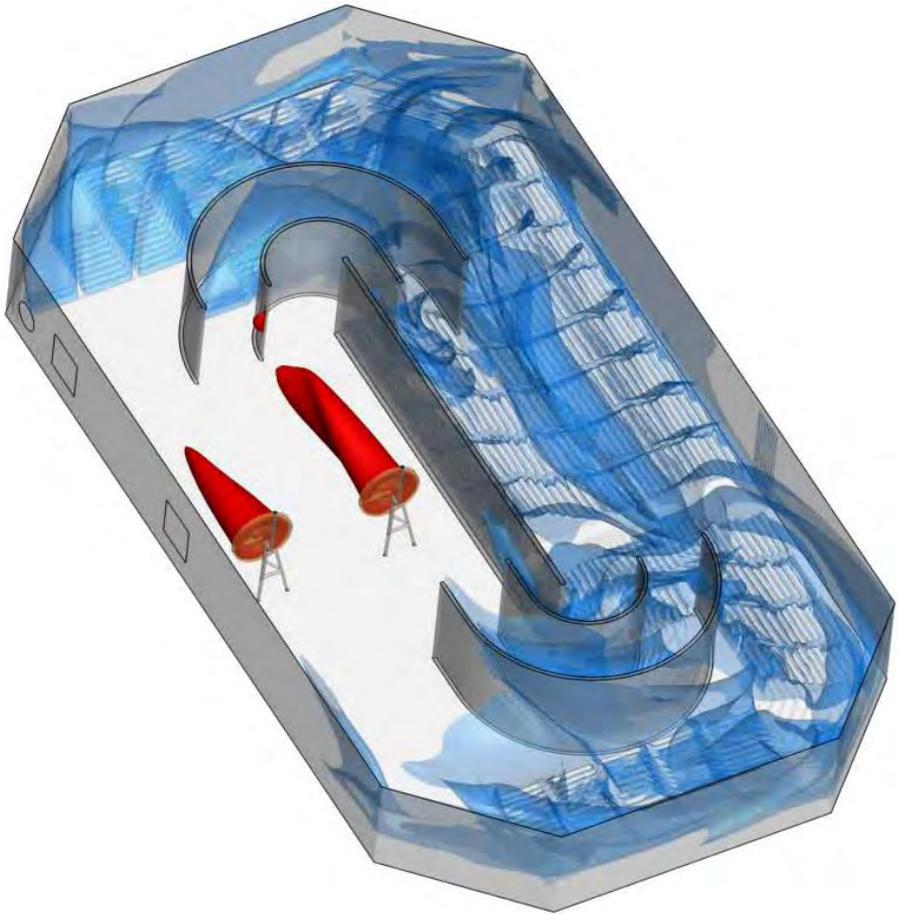
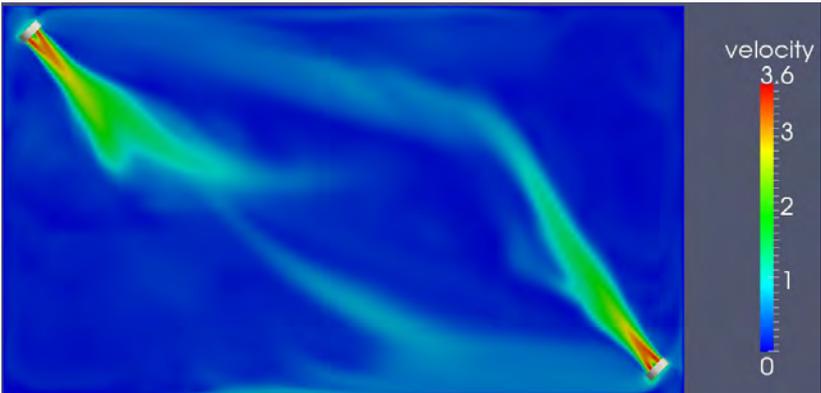


Modelli Idraulici per impianti

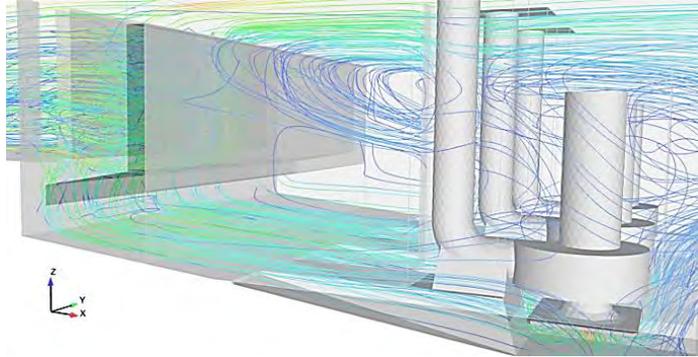


Modelli Idraulici

Modelli idraulic CFD per miscelazioni/aerazioni



Modello Idraulico procedure di calcolo

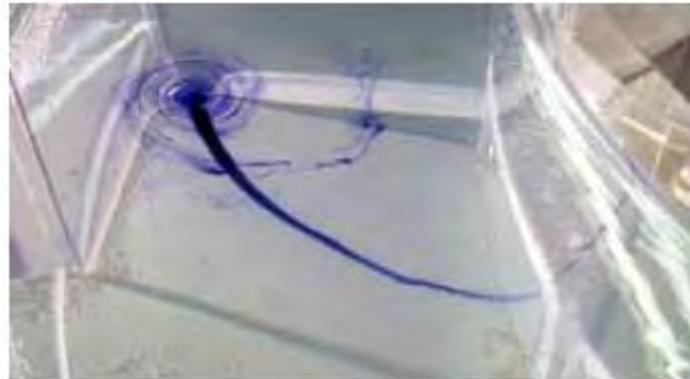


Per la realizzazione di un modello si possono avere due diversi approcci:

Se le soluzioni ed i vincoli di progetto non sono lontane dagli std, la soluzione CFD è relativamente più rapida ed economica, ma ovviamente impianti molto particolari e con problematiche tecniche notevoli, richiedono una programmazione della simulazione molto più complessa, e spesso con tolleranze sui risultati molto variabili.

Non che siano sconsigliati, anzi permettono in molti casi di operare modifiche molto rapide, ma dove è possibile, per impianti complessi, è sempre meglio confrontare ed affiancare un modello CFD ad un modello in scala

Al contrario questi ultimi, diventano estremamente più validi specie quando si ha a che fare con configurazioni di afflusso, prese da fiumi e canali di dimensioni importanti dove, se in grado di ottimizzare le giuste scale di modello, si possono ottenere risultati molto significativi di termini di risultati finali



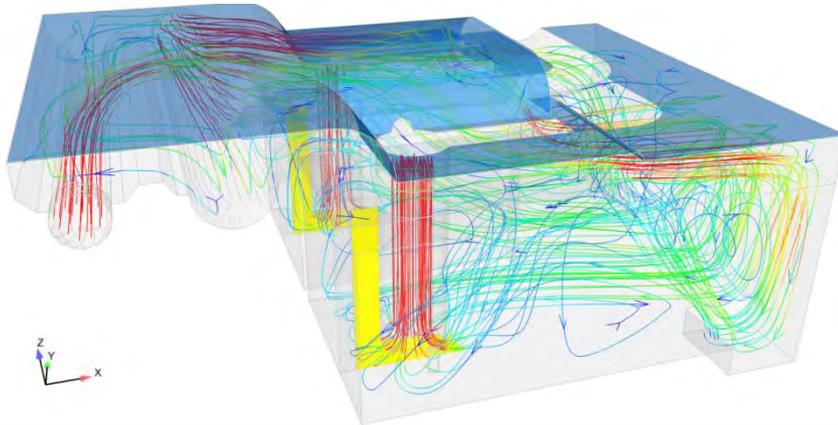
A surface vortex enters a transparent pump in a test rig.



Cosa possiamo vedere in un modello idraulico

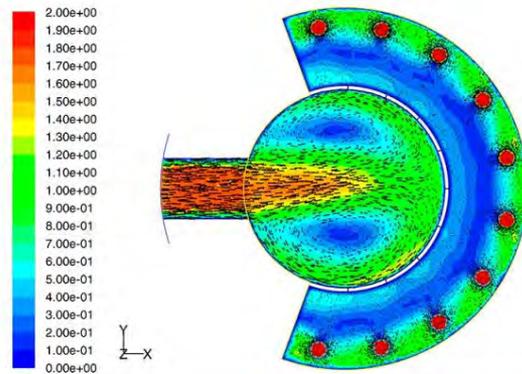
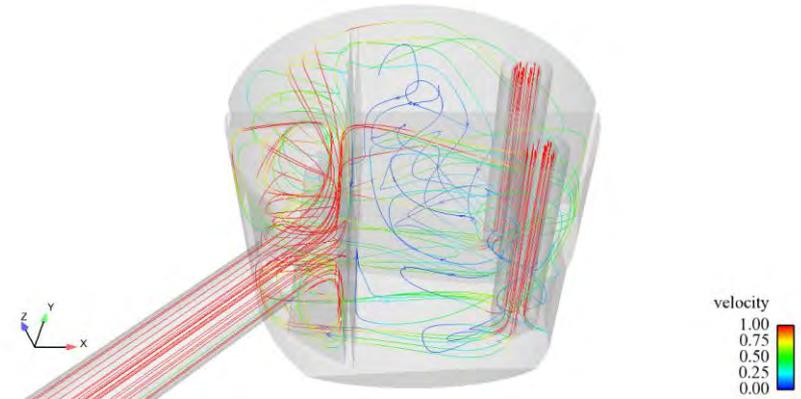
Stazioni Esistenti

- Risolvere problematiche
- Testare soluzioni alternative
- Sviluppare modifiche



Nuovei progetti

- Identificare le problematiche
- Ottimizzare il design
- Verificare le soluzioni adottate



Contours of Velocity Magnitude (m/s)

Feb 12, 2007
FLUENT 6.3 (3d, pbns, ske)

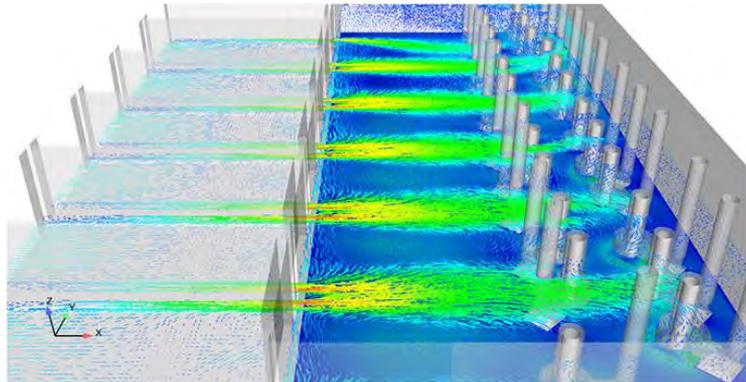


Esempio 1

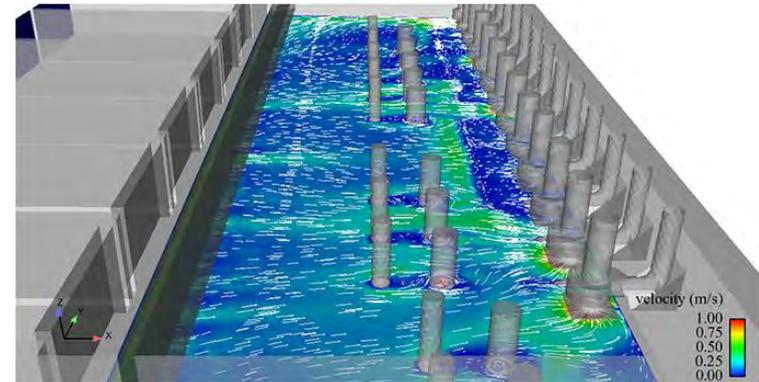


Nuovo impianto modifica posizionamento pompe

Original design



Modified design

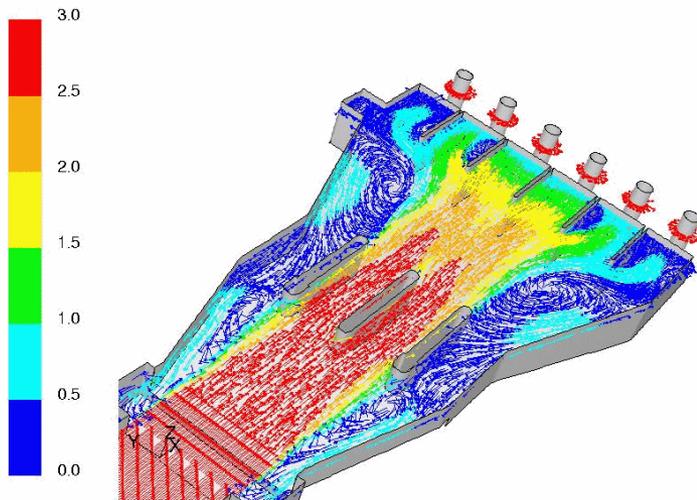


Esempio 2

Ottimizzazione Design pompe assiali



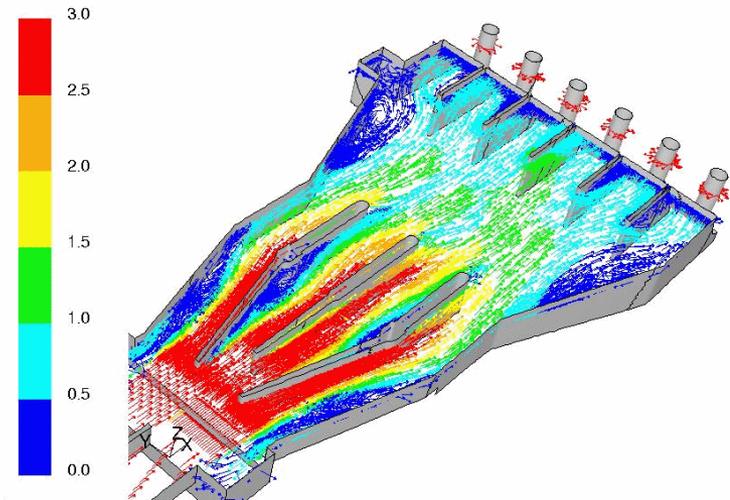
Original design



Velocity Vectors Colored By Velocity Magnitude (m/s)

Sep 19, 2003
FLUENT 6.1 (3d, segregated, rke)

Modified design



Velocity Vectors Colored By Velocity Magnitude (m/s) (Time=9.6000e+01)

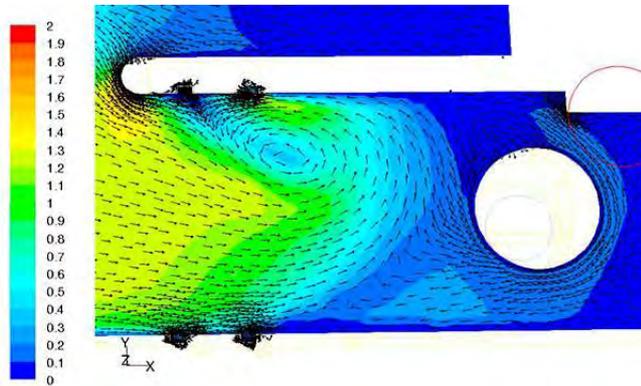
Sep 19, 2003
FLUENT 6.1 (3d, segregated, rke, unsteady)

Esempio 3

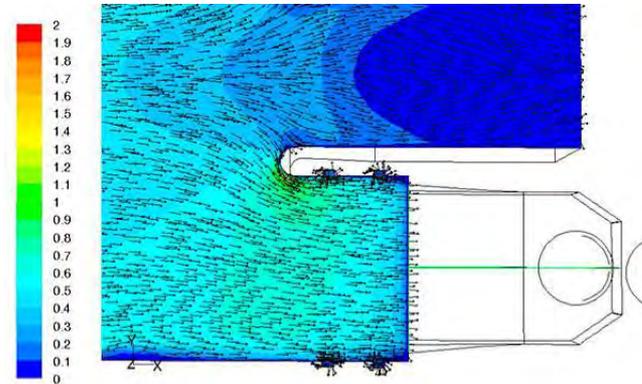
Soluzione problema impianto esistente



Problema : High-energy vortex

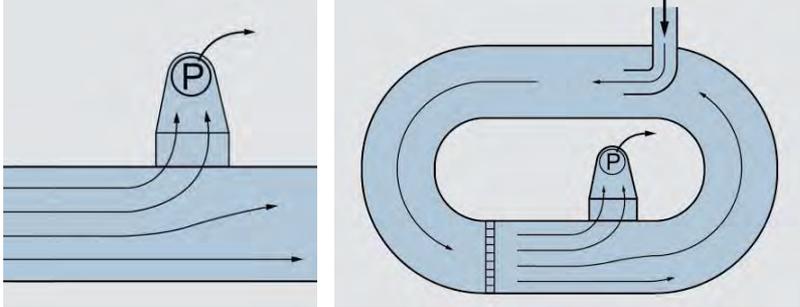


Soluzione: Flygt FSI

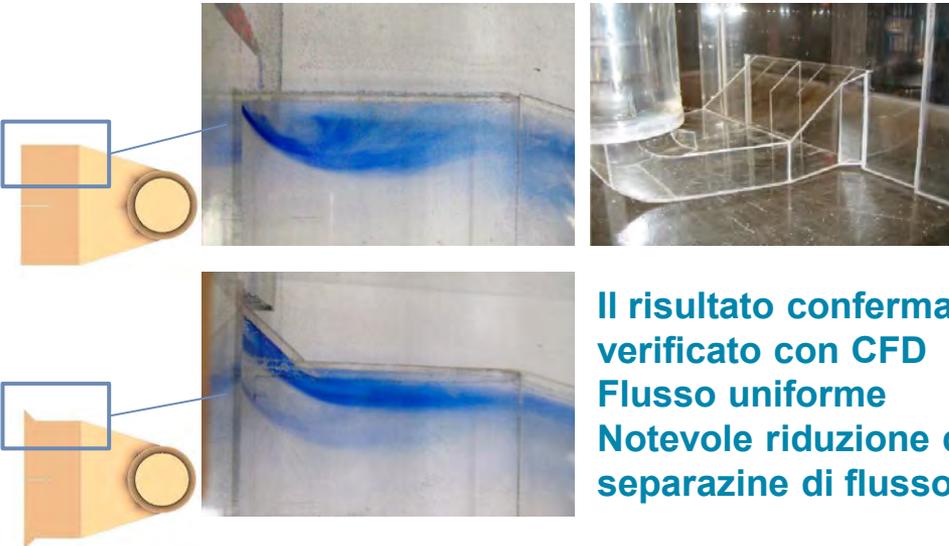


Esempio di studio

1) Obiettivo: Studio di soluzione per presa diretta da vasca a canale in rotazione



3) Verifica con modello fisico in scala dei risultati ottenuti via CFD e collaudo modifiche migliorative



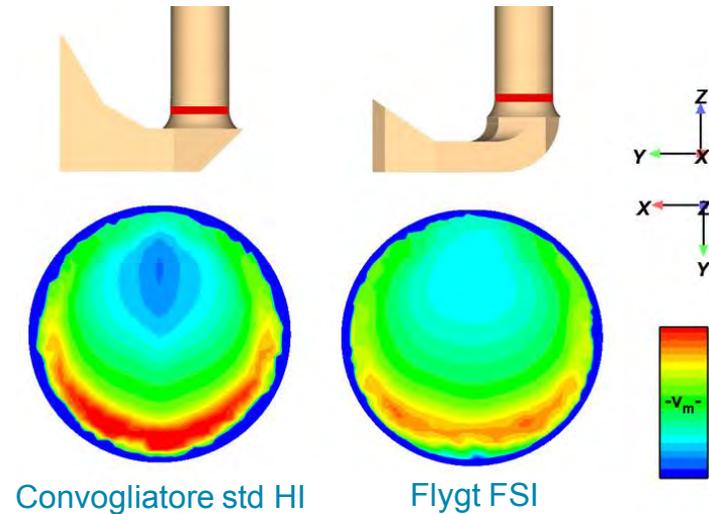
Il risultato conferma quanto verificato con CFD
Flusso uniforme
Notevole riduzione della separazione di flusso

2) CFD analyses

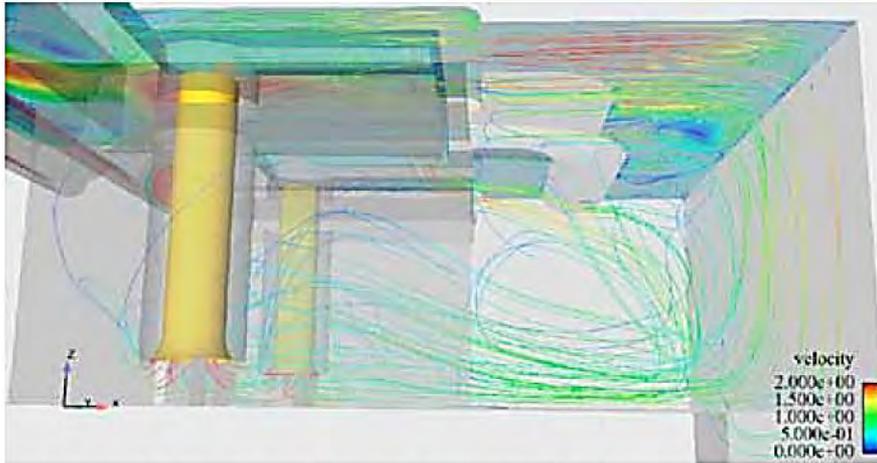
- Geometria afflusso
- Distribuzione dei flussi assiale

Risultato:

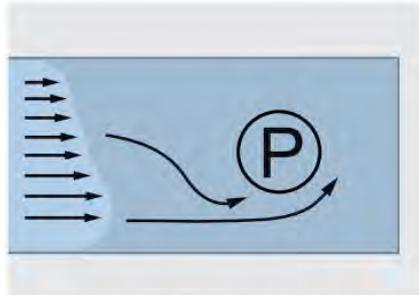
- Convogliatore std HI: Deviazione dalla velocità media assiale
- Convogliatore Flygt FSI: flusso molto stabile e uniforme



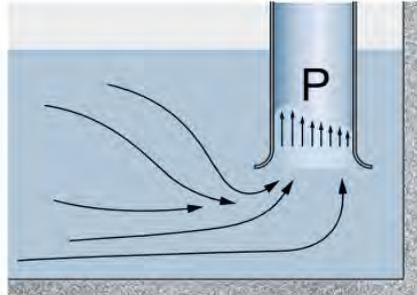
Dimensionamento e progettazione delle vasche per l'ottimizzazione degli afflussi e delle strutture



Propeller pump sump design verified through computational fluid dynamics (CFD).



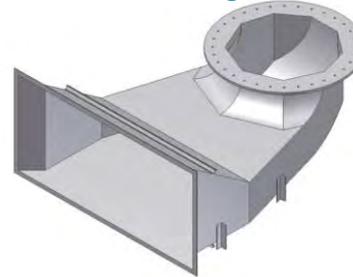
A non-uniform approach inflow leads to pre-swirl, which can overload the motor or reduce pump performance.



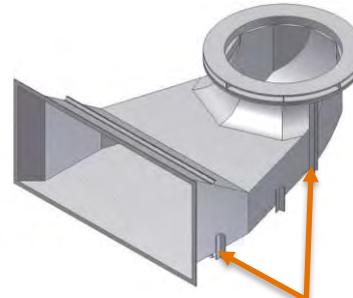
Uneven velocity into the pump inlet leads to noise, vibration and bearing wear.

Parte basilare dello studio dei flussi alle pompe è ovviamente l'aspirazione dove le velocità e le turbolenze devono essere gestite nel migliore dei modi, per cui spesso, la soluzione del convogliatore in aspirazione, risolve molte delle problematiche che si possono incontrare

Free standing

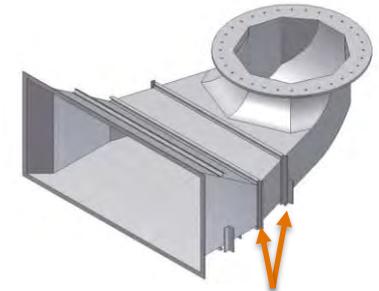


Supporting the pump

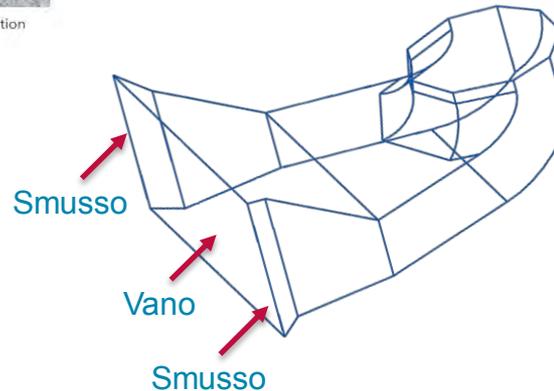
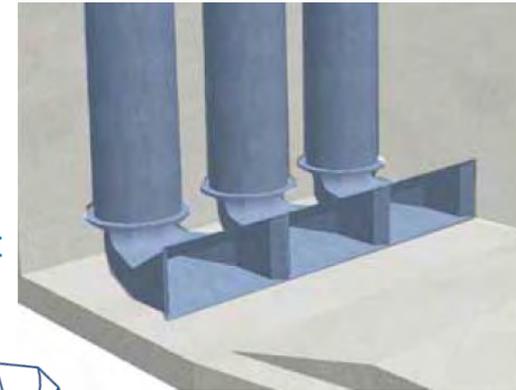


Support strut

Encased in concrete



Structural ribbing



Dimensionamento e progettazione delle vasche per l'ottimizzazione degli afflussi

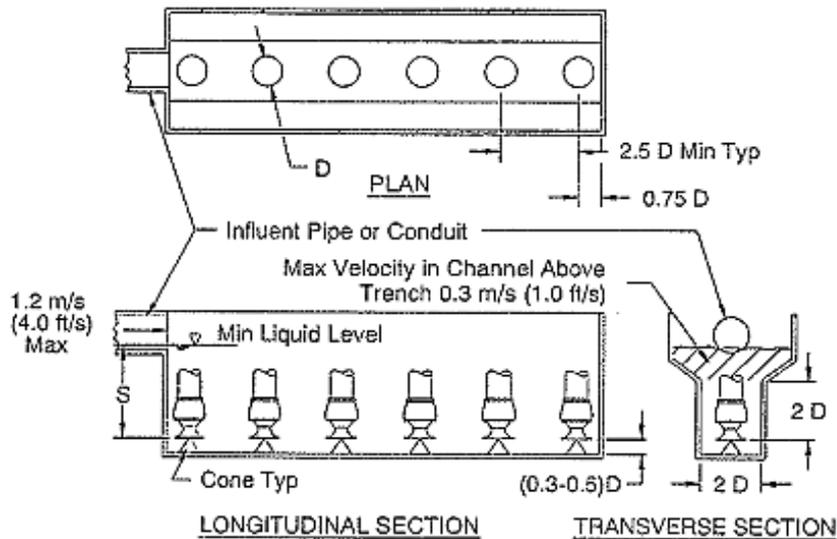
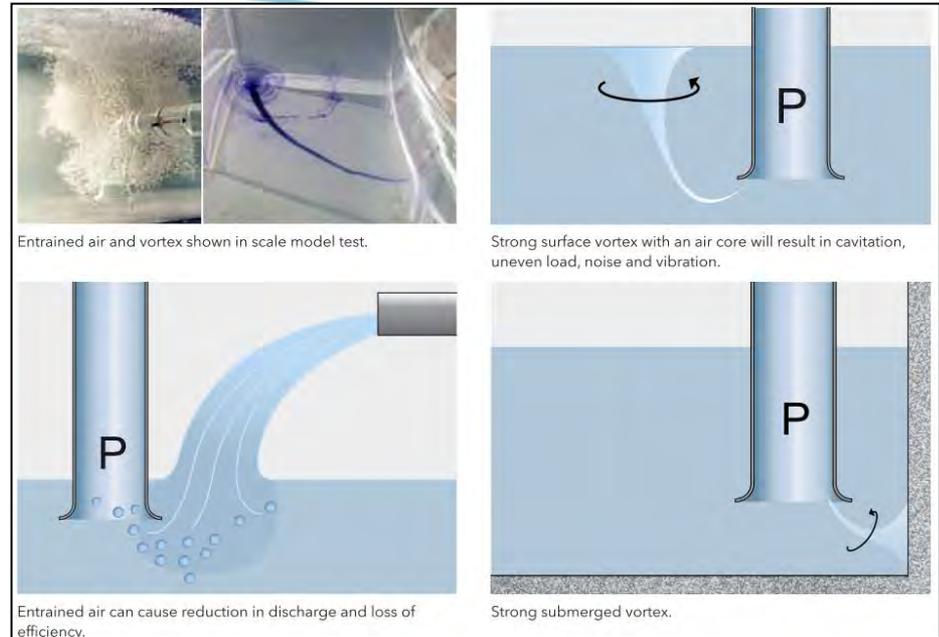
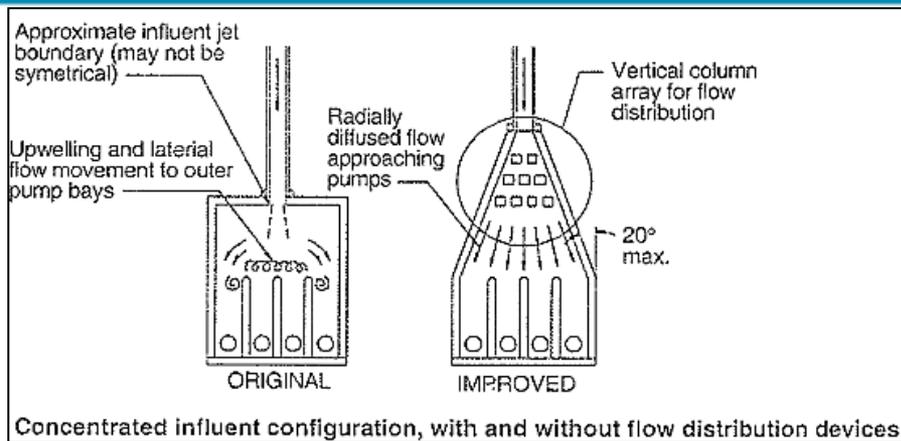


Figure 9.8.6 — Trench-type wet well

La modellazione idraulica, consente non solo di ottimizzare gli afflussi, ma anche di studiare nuove forme costruttive degli impianti, per un migliore adattamento alle necessità del progetto.

Sicuramente in molti casi abbiamo costi importanti per la realizzazione di una simulazione, ma è sicuramente una percentuale minima rispetto al **costo dell'intera opera, e che in alcuni casi può renderla anche più economica sia nella realizzazione che nella gestione**

Modelli idraulici



Modelli idraulici per progettazioni ed ottimizzazioni impiantistiche



Utilissimi per verificare i flussi, il posizionamento delle macchine, i volumi utili necessari, e l'ottimizzazione degli spazi necessari

Possono essere simulate anche eventuali sedimentazioni pre e post griglie, o a causa di zone morte interne agli impianti



Pre-rotazioni, vortici ecc., possono essere verificati solo attraverso modelli. Una pompa può anche essere modificata, sostituita o adattata, mentre una volta realizzata la vasca pompe, difficilmente si possono effettuare radicali modifiche in caso di presenza di anomalie ai flussi

Modelli idraulici fisici

Scale e similitudini

Uno dei maggiori problemi nella realizzazione di modelli idraulici fisici è la determinazione delle scale.

- **Scale Geometriche**

La scala fondamentale per tutto il modello idraulico è la scala geometrica, che è il rapporto di una data lunghezza nel modello e la stessa nella nell'applicazione reale.

- **Scale dinamiche**

Le scale dinamiche, ad esempio velocità e portate, sono determinate in accordo a particolari leggi sui modelli.

Per i flussi liberi di superficie le forze governanti sono gravità e inerzia, queste forze sono riferite alla legge di scala di Froude

- **Le scale per le forze**

sono basate sul rapporto fra forza misurata e forza di inerzia.

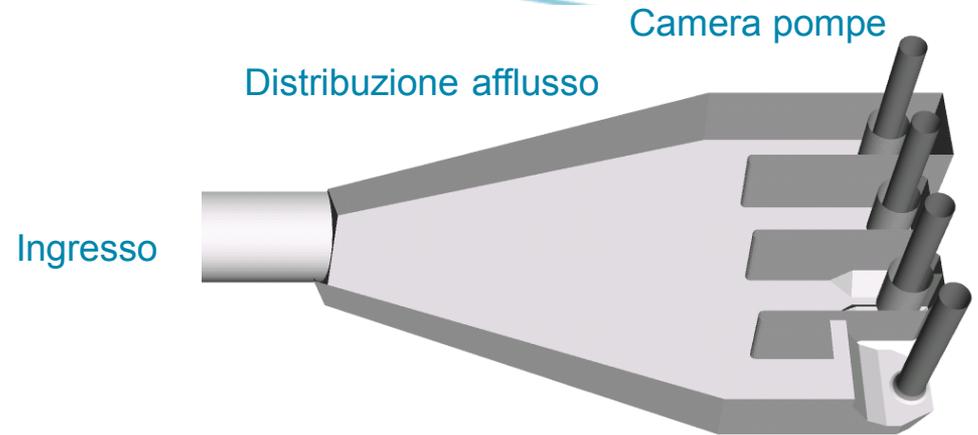
Esempio:

Proprietà	Relazione di Scala	Valore nel Modello
Geometric	$S = L_m / L_p$	1/10
Velocity	$V_m = V_p S^{1/2}$	1/3.162
Flow	$Q_m = Q_p S^{5/2}$	1/316.22
Time	$T_m = T_p S^{1/2}$	1/3.162
Force	$F_m = F_p S^3$	1/1000

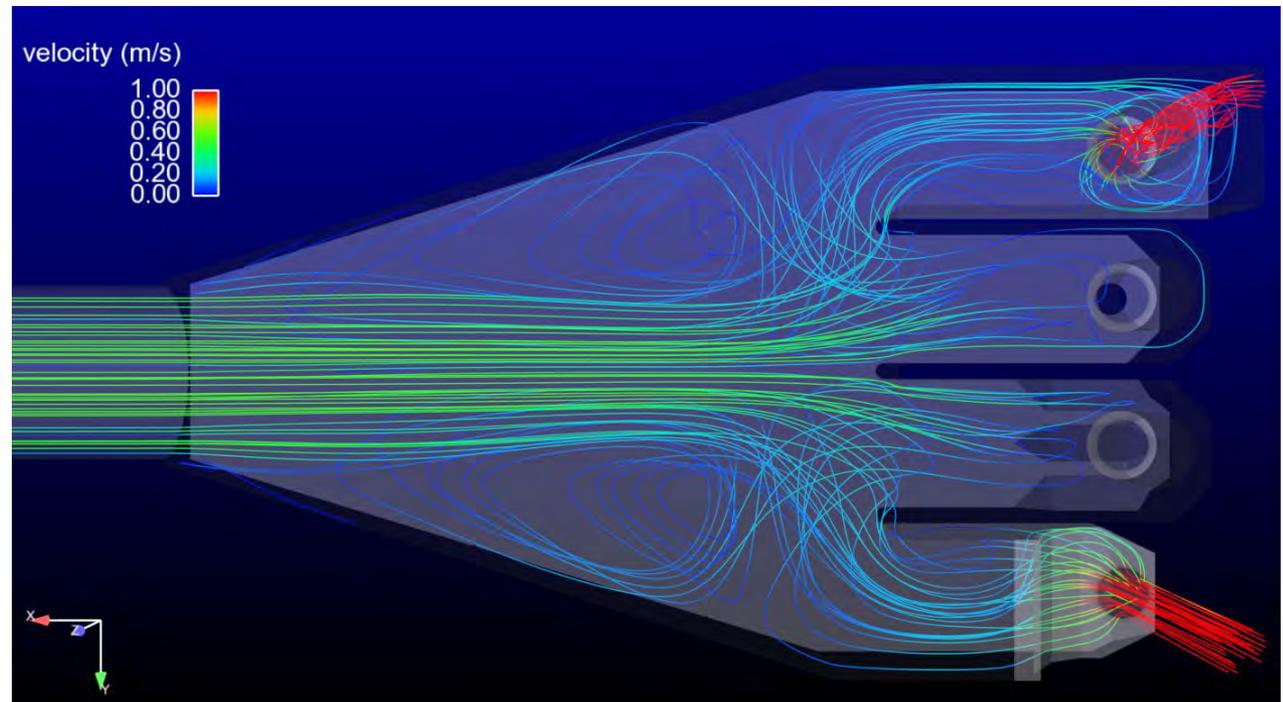
Una scala adatta è una che assicuri che la dimensione degli errori della scala stessa siano trascurabili per i regimi di flusso da studiare.

Analisi progetto

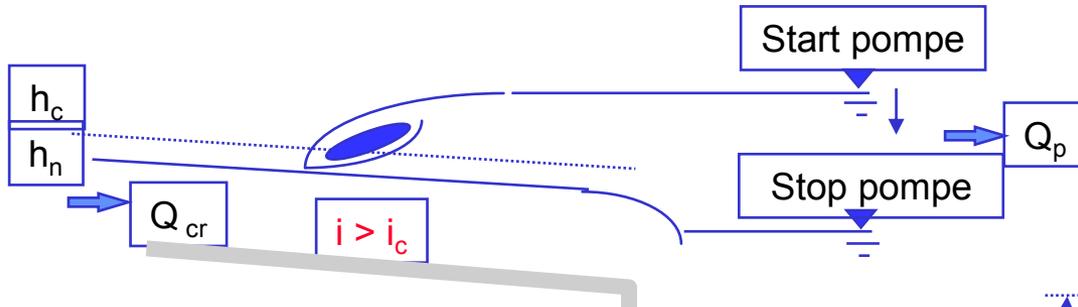
Tipico layout vasca afflusso



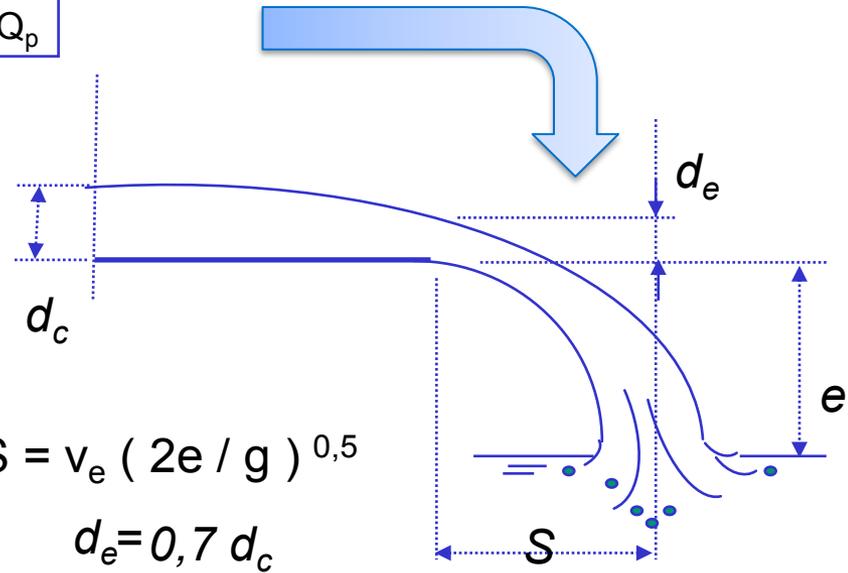
Verifica flussi



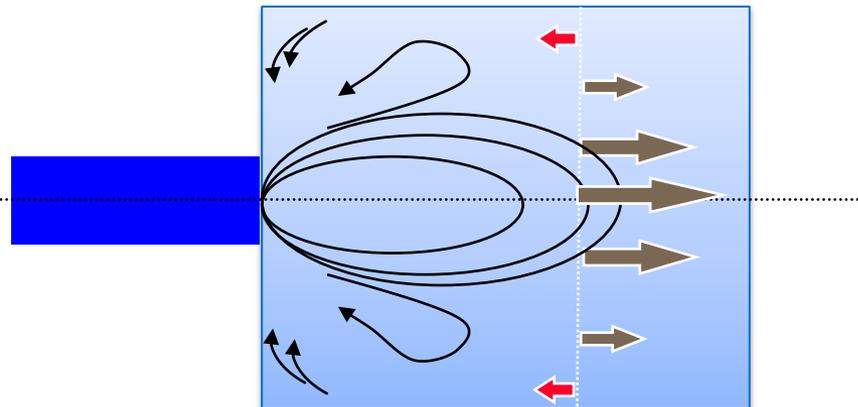
Profilo flusso tubo in entrata



Risultato = Cascata

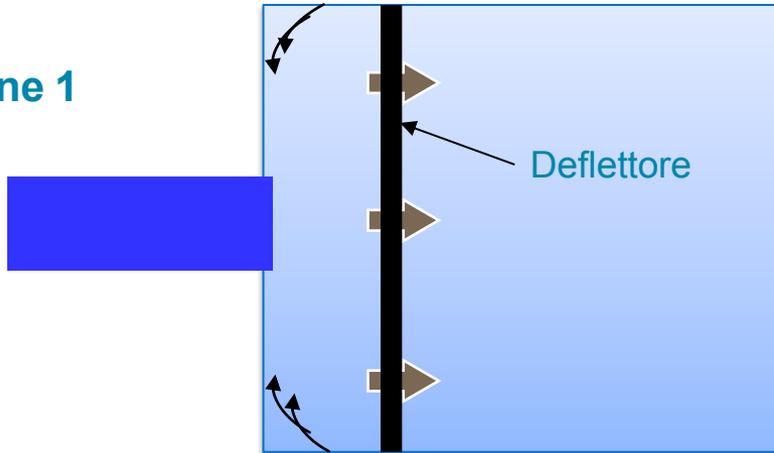


Situazione non accettabile

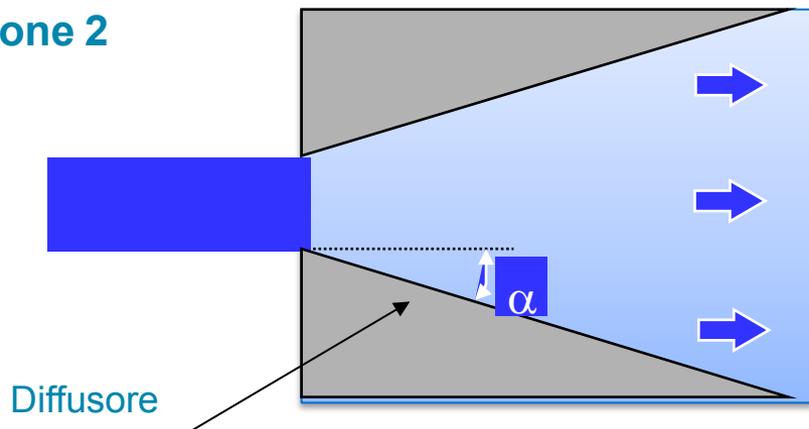


Distribuzione flussi

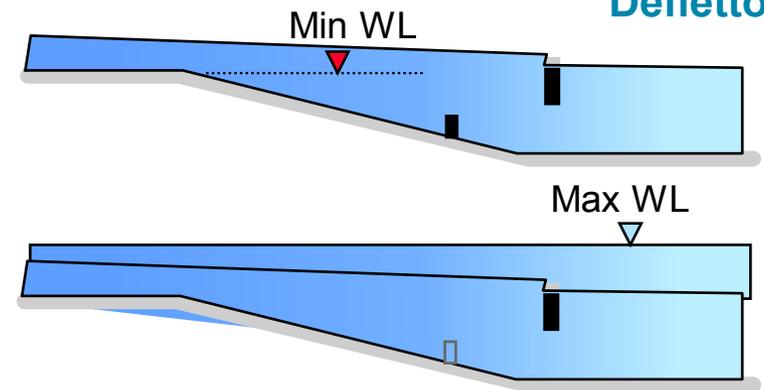
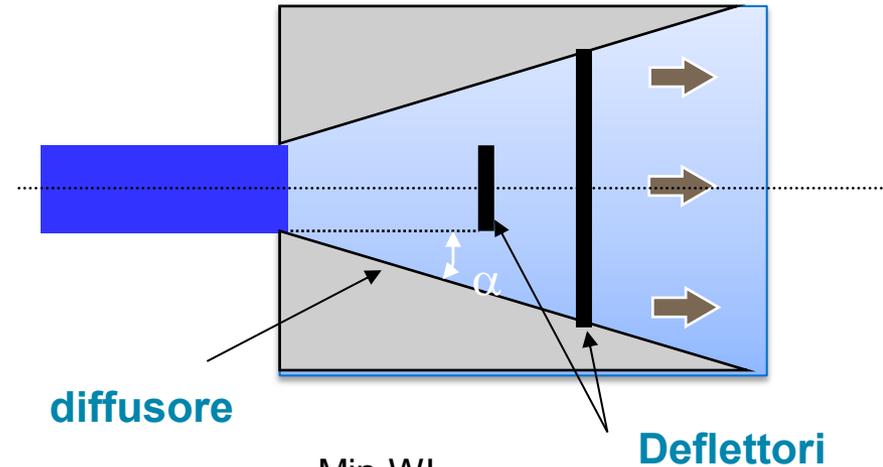
Soluzione 1



Soluzione 2

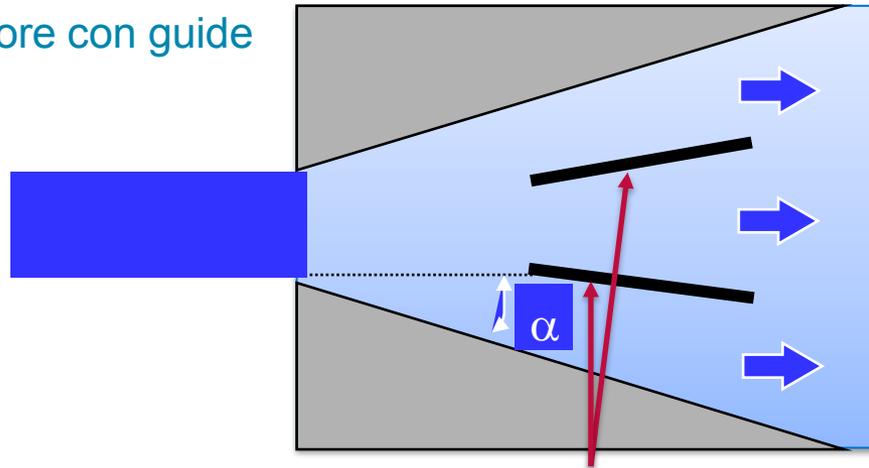


Soluzione 3



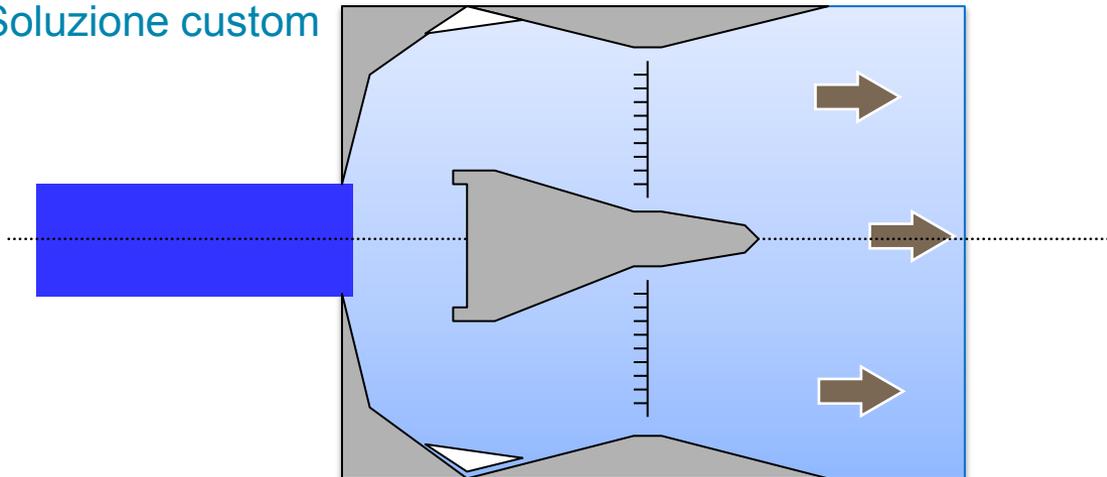
Distribuzione flussi

Diffusore con guide



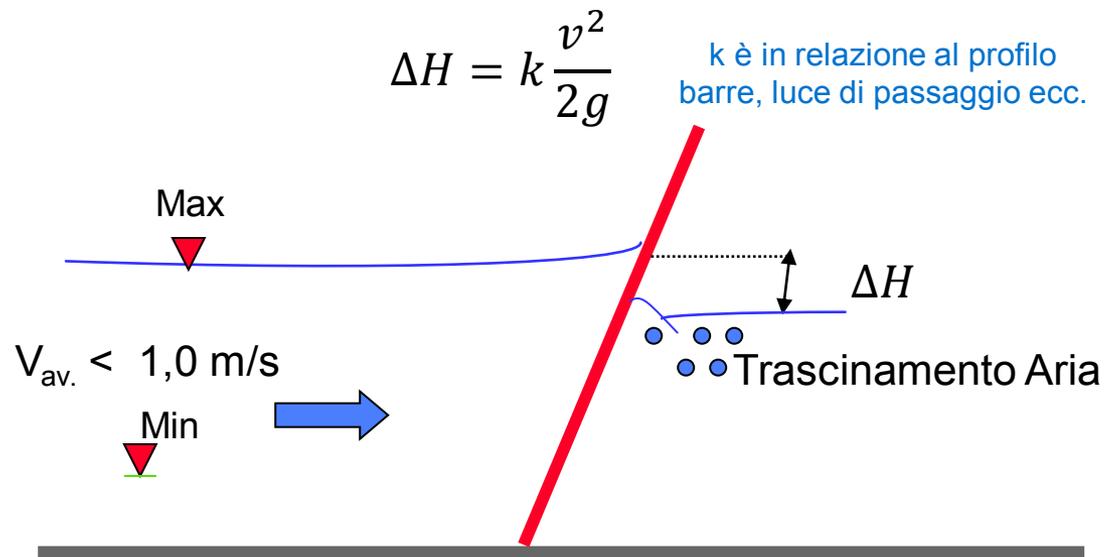
guide vanes

Soluzione custom

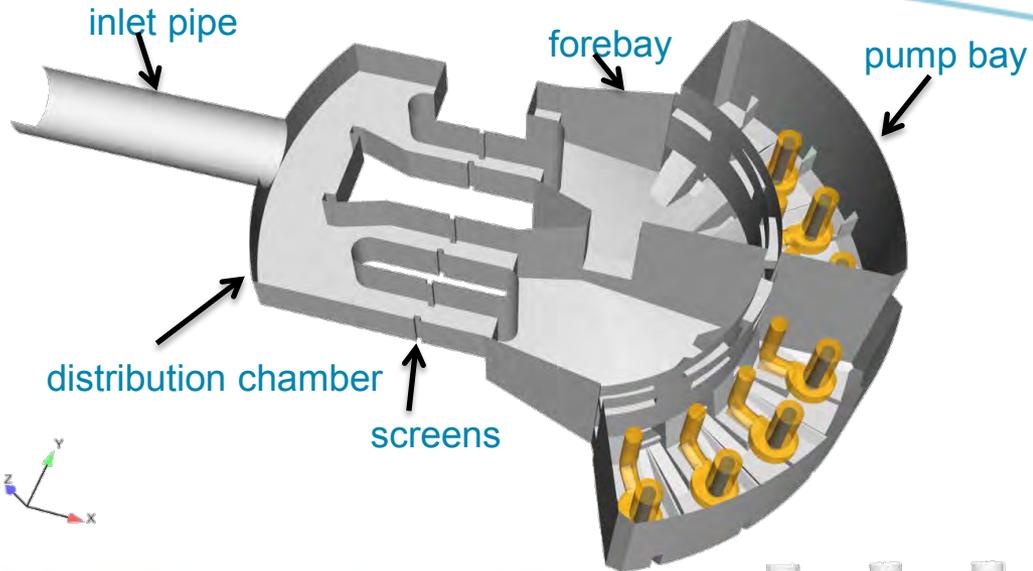


Griglia

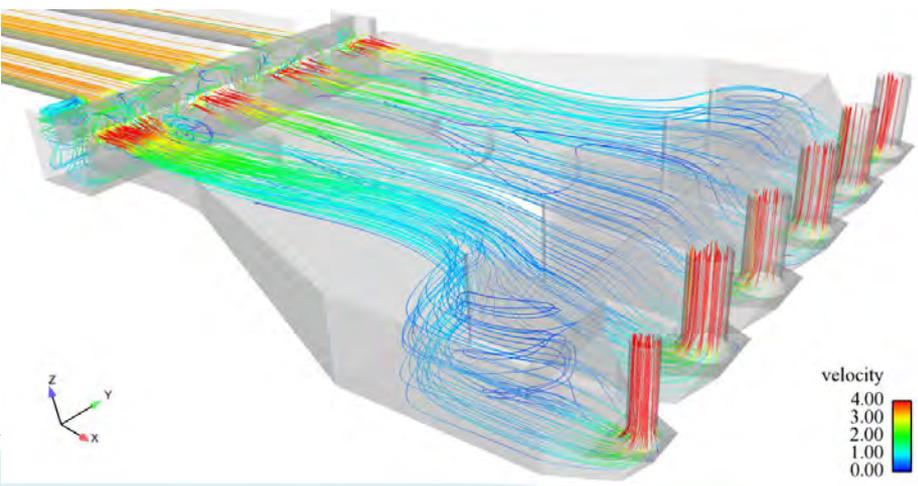
Per un afflusso uniforme velocità < 1m/s



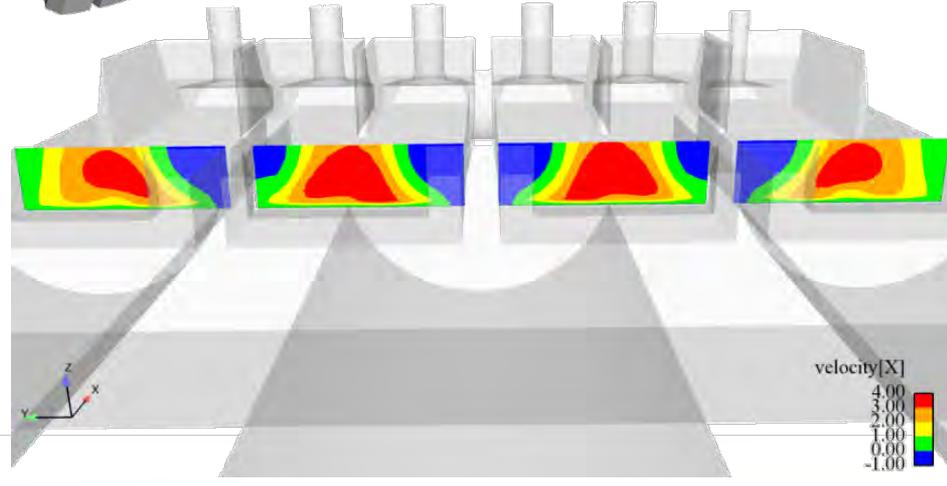
Risultato finale



Flow distribution



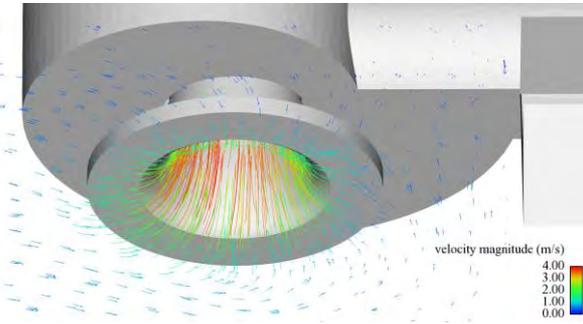
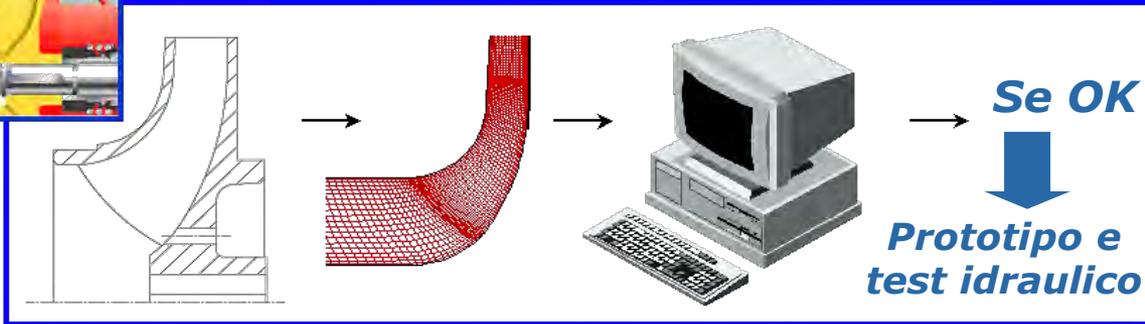
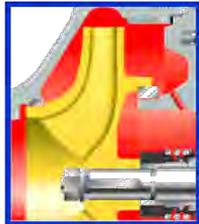
Griglia



Procedure di calcolo e sviluppo CFD

Computational fluid dynamics (CFD) simulation

A supporto dei calcoli realizzati con il metodo CFD, vengono realizzati modelli specifici di parti idrauliche pompe per verificarne i reali comportamenti



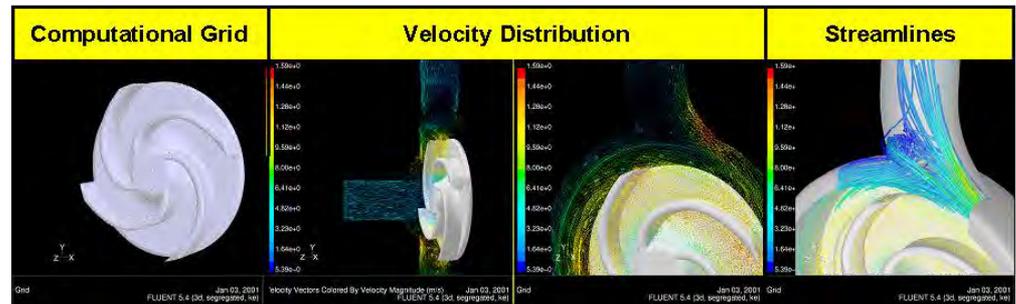
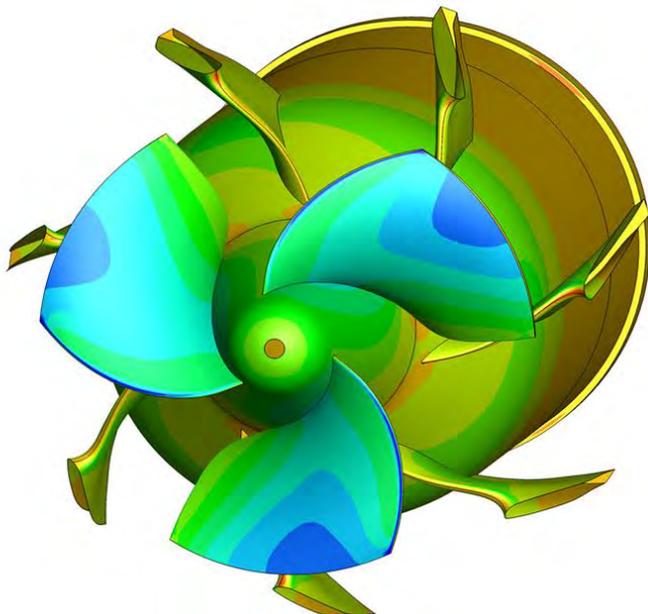
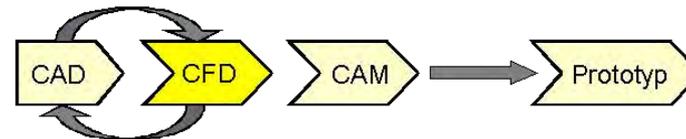
CAD-Model

Computational Grid

CFD - Program

Results

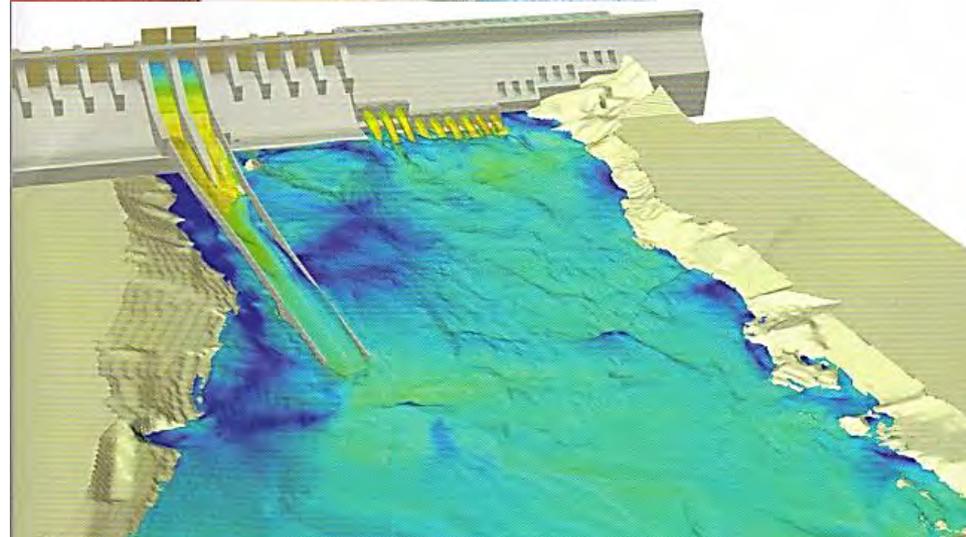
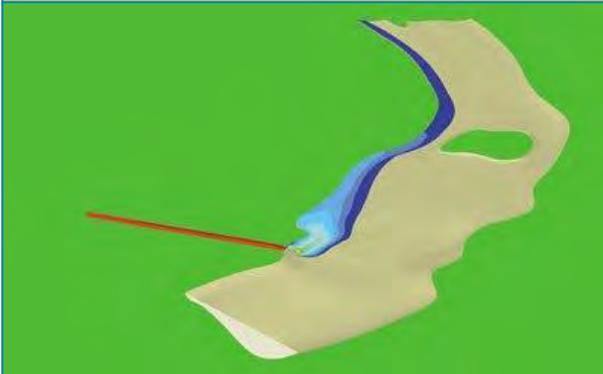
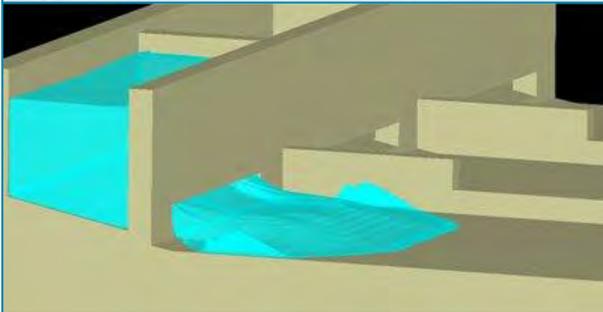
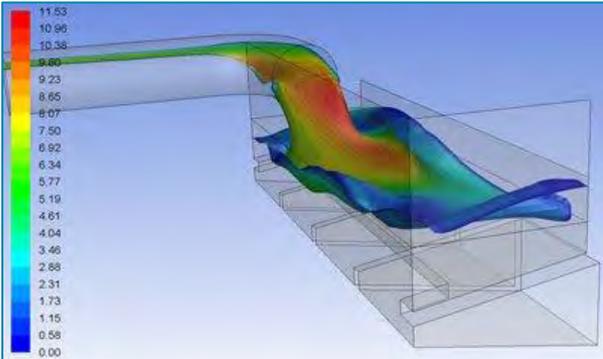
Integration of CFD-Technologies into the Design Process



Procedure di calcolo e sviluppo CFD

Computational fluid dynamics (CFD) simulation

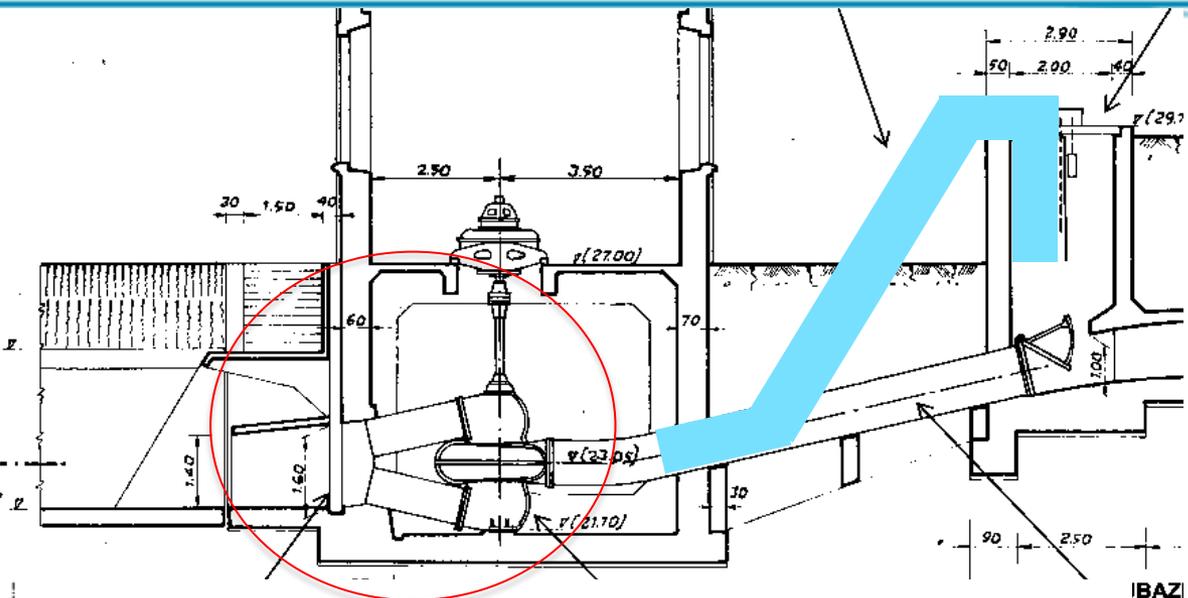
Molto interessanti sono anche le simulazioni sul comportamento di fiumi e canali, sedimentazioni, trasporto, e non ultime le simulazione per il corretto dimensionamento delle vasche di pioggia e dei bacini di laminazione



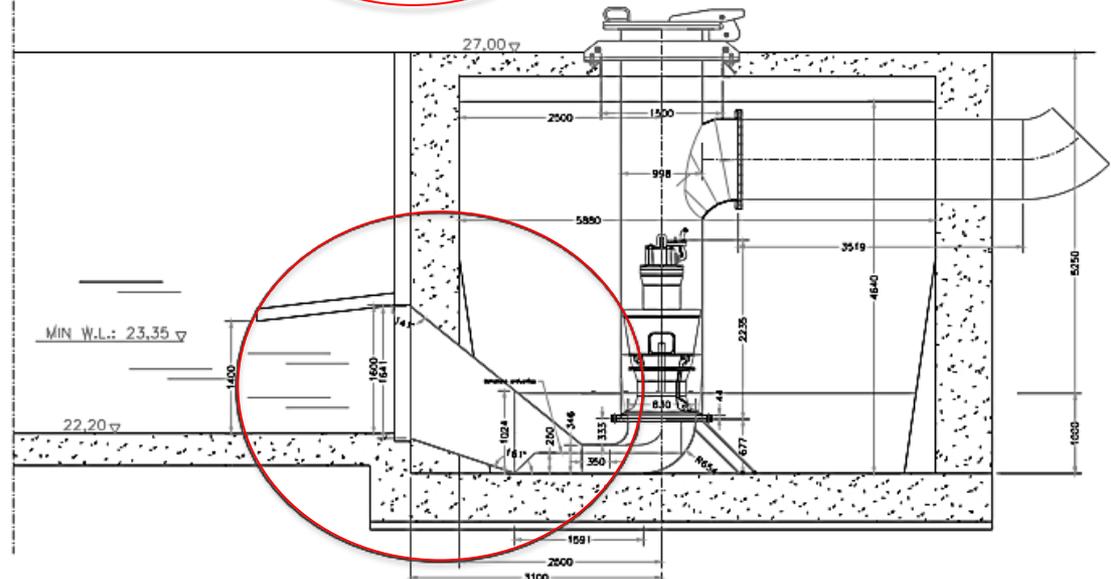
- **Esempi di applicazioni avanzate:**
 - **Applicazione del CFD nella realizzazione di un revamping d'impianto**
 - **Impianti con sistemi automatici per la pulizia della parte aspirante**
 - **Impianti con innesco sifone a quote elevate**
 - **Impianto porte vinciane Cesenatico**

Applicazione pratica dei modelli idraulici CFD

Consorzio Bonifica Emilia Centrale Impianto Capri



IBAZI



Q= ~2000 l/s
H= 5,49 mca
Potenza 142,6 kW
Motore 200 kW

Impianto Capri Consorzio Bonifica Emilia Centrale

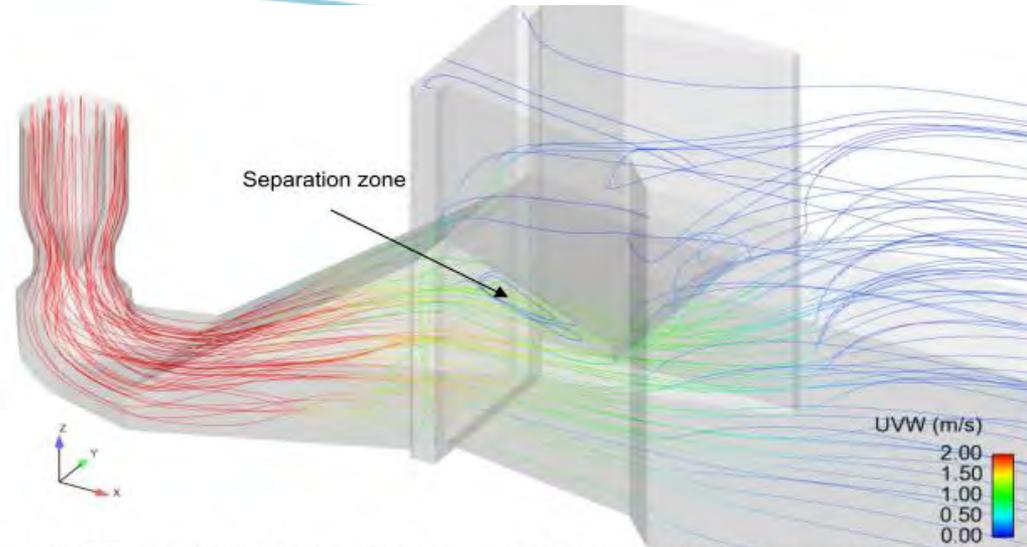
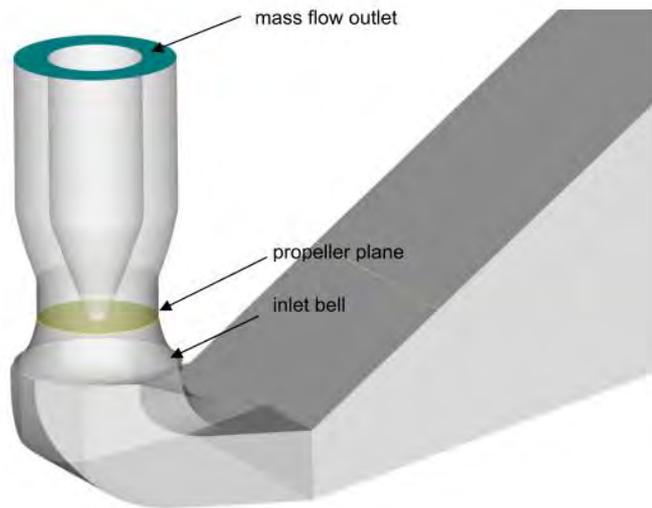
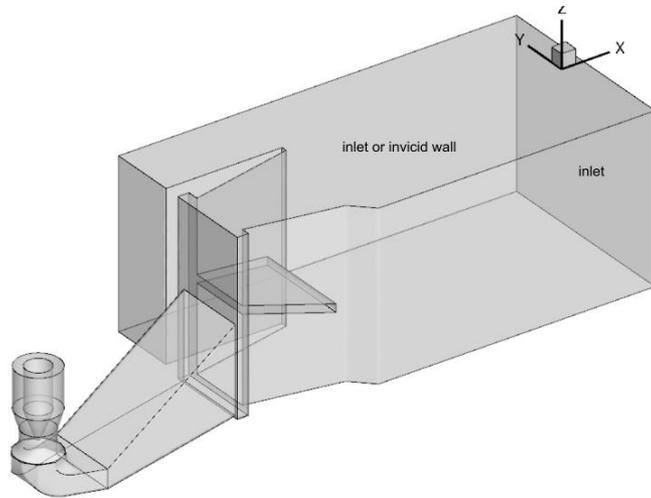


Figure 5. Perspective view of the flow pattern illustrated by streamlines colored by velocity magnitude; red color indicates velocity of 2 m/s or higher.



Figure 6. Side view of the flow pattern illustrated by streamlines colored by velocity magnitude; red color indicates velocity of 2 m/s or higher.

Impianto Capri Consorzio Bonifica Emilia Centrale

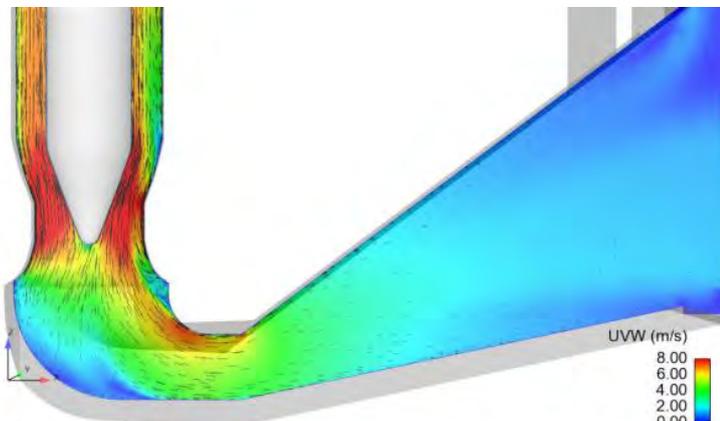


Figure 12. Velocity contour map with overlaid velocity vectors on a vertical cut-plane through the FSI centerline.

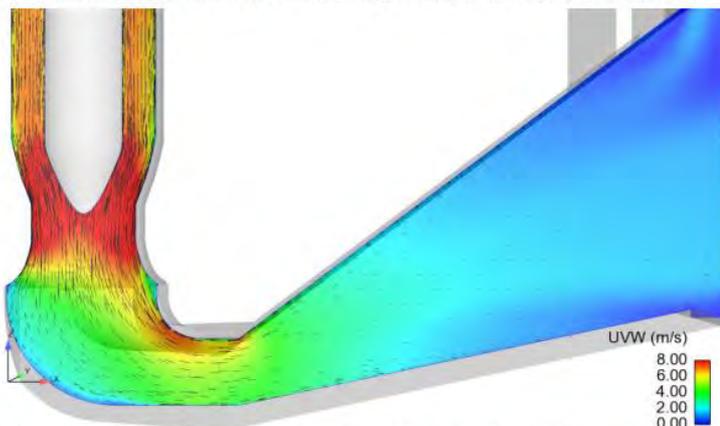


Figure 13. Velocity contour map with overlaid velocity vectors on a vertical cut-plane offset 0.1m from the centerline.

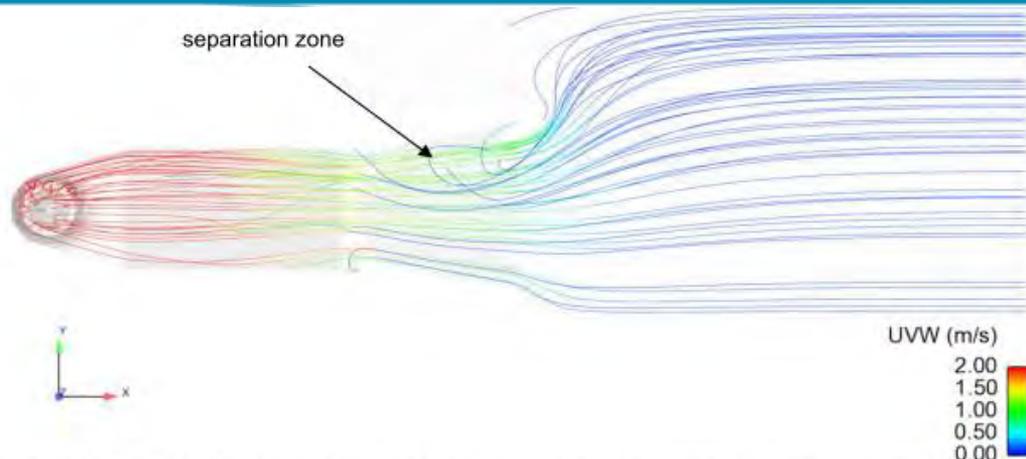


Figure 7. Top view of the flow pattern illustrated by streamlines colored by velocity magnitude; red color indicates velocity of 2 m/s or higher.

Despite some disturbances caused by the anti-vortex plate, the flow pattern inside the FSI is nearly ideal. The flow accelerates smoothly inside the diffuser and then turns towards the pump inlet assuming vertical direction with very even circumferential distribution, as shown in Figure 8.

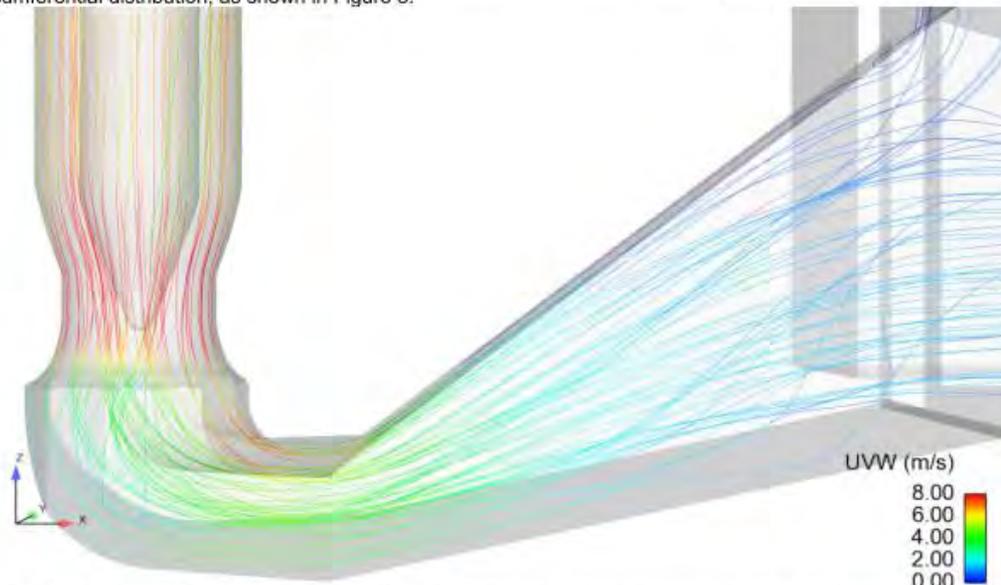


Figure 8. Detailed view of the flow pattern from the side illustrated by streamlines colored by velocity magnitude; red color indicates velocity of 8 m/s or higher.

Impianto Capri Consorzio Bonifica Emilia Centrale

Normal Water Level, skewed - surface vortices

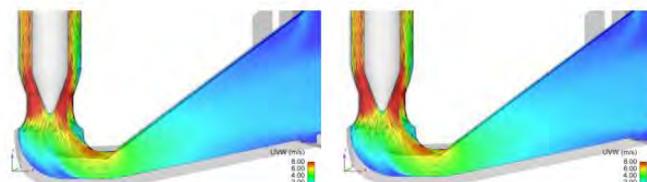
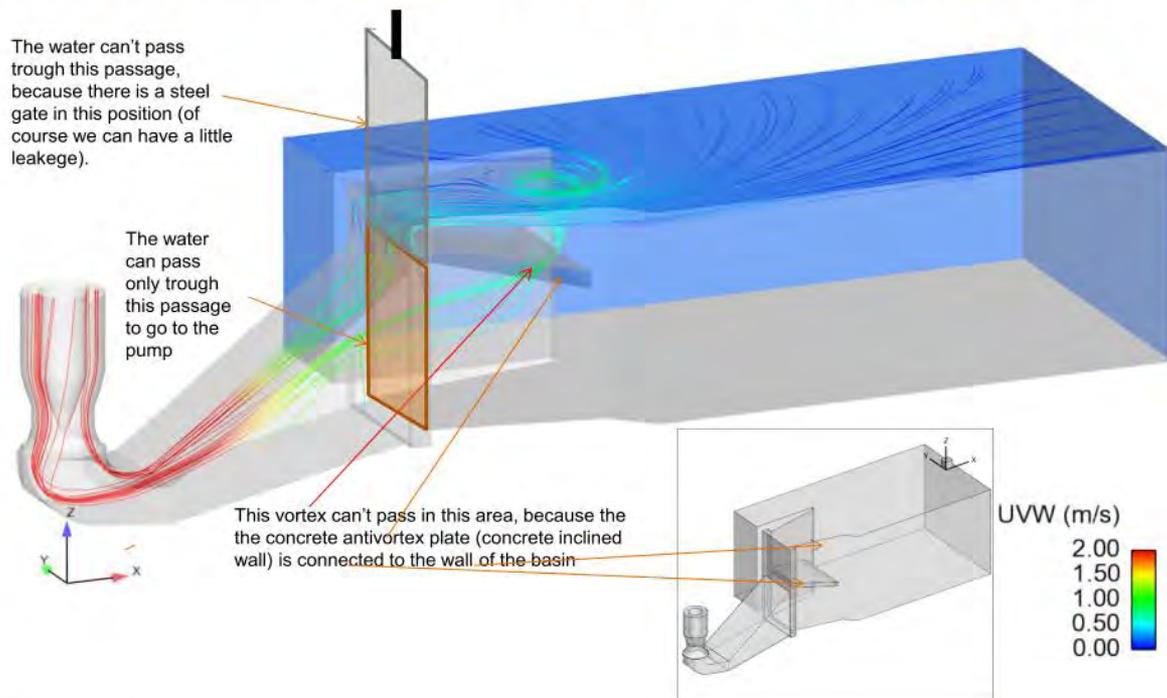


Figure 21. Velocity contour map with overlaid velocity vectors on a vertical cut-plane through the FSI centerline, left plot for frontal approach, right plot for skewed approach.

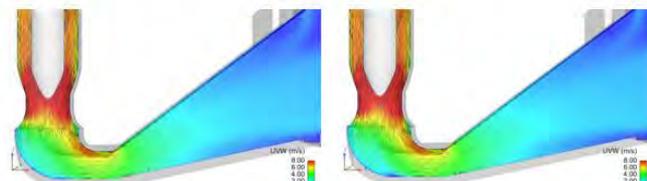


Figure 22. Velocity contour map with overlaid velocity vectors on a vertical cut-plane offset 0.1m from the centerline, left plot for frontal approach, right plot for skewed approach.

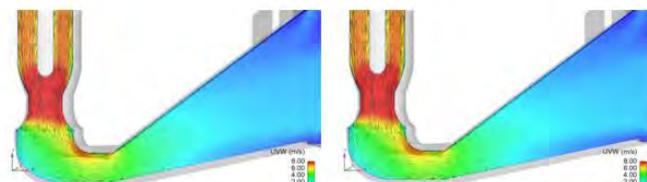


Figure 23. Velocity contour map with overlaid velocity vectors on a vertical cut-plane offset 0.2m from the centerline, left plot for frontal approach, right plot for skewed approach.

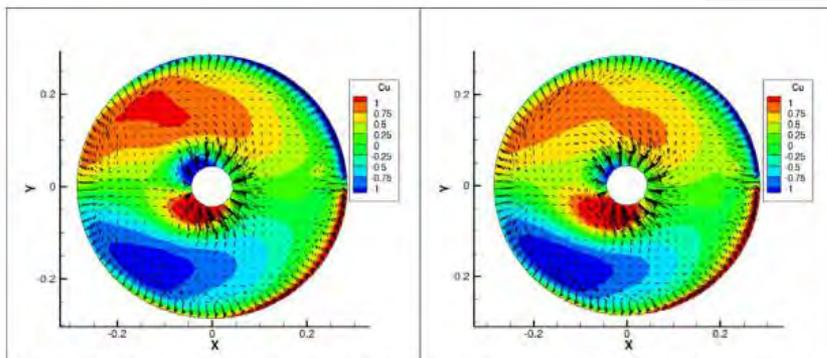
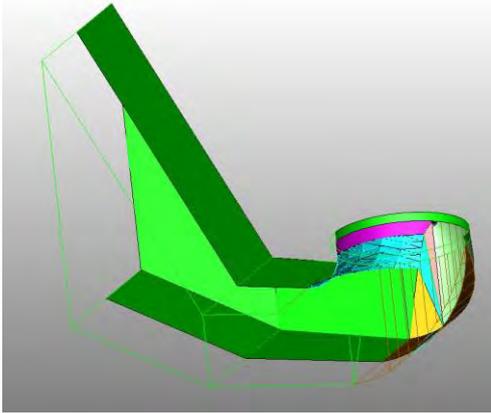
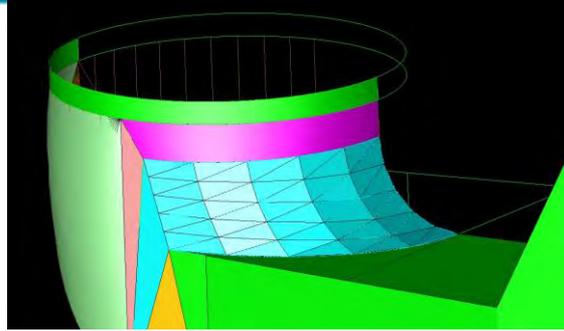
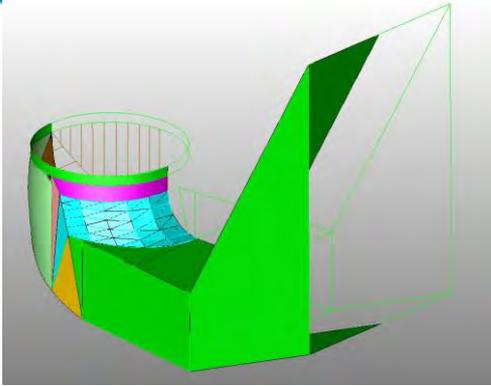


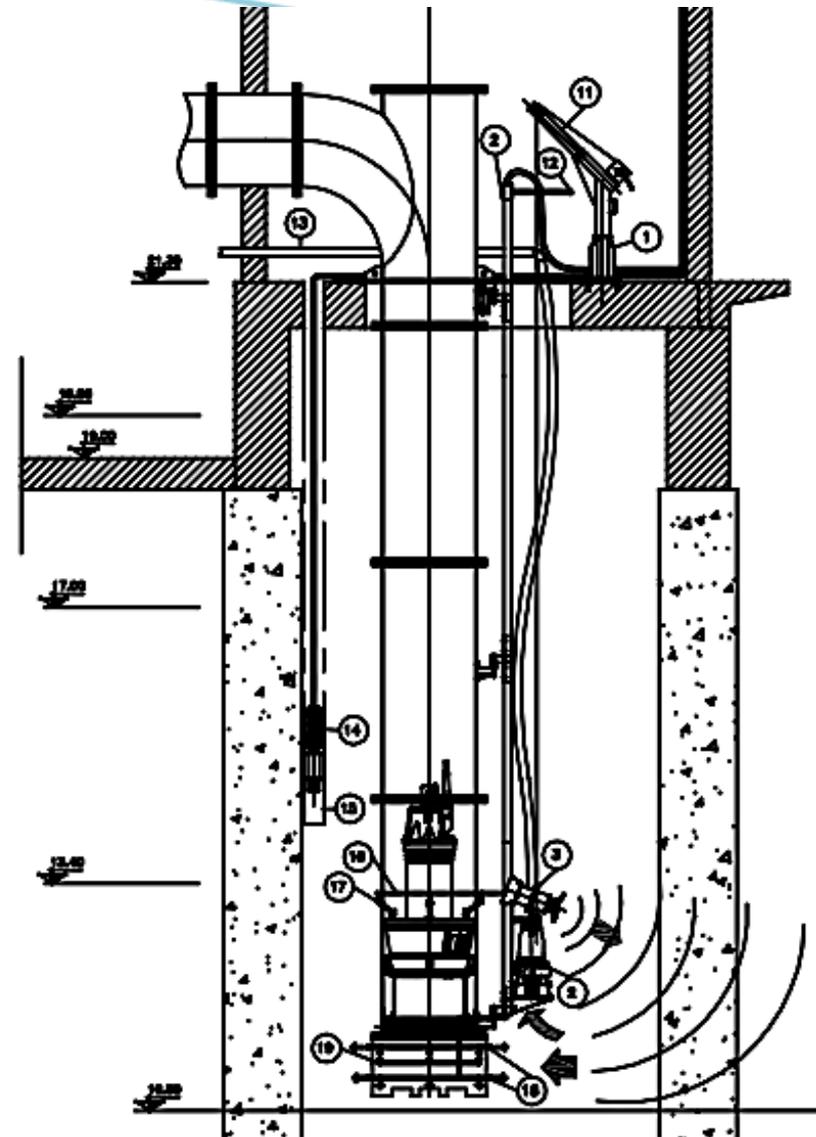
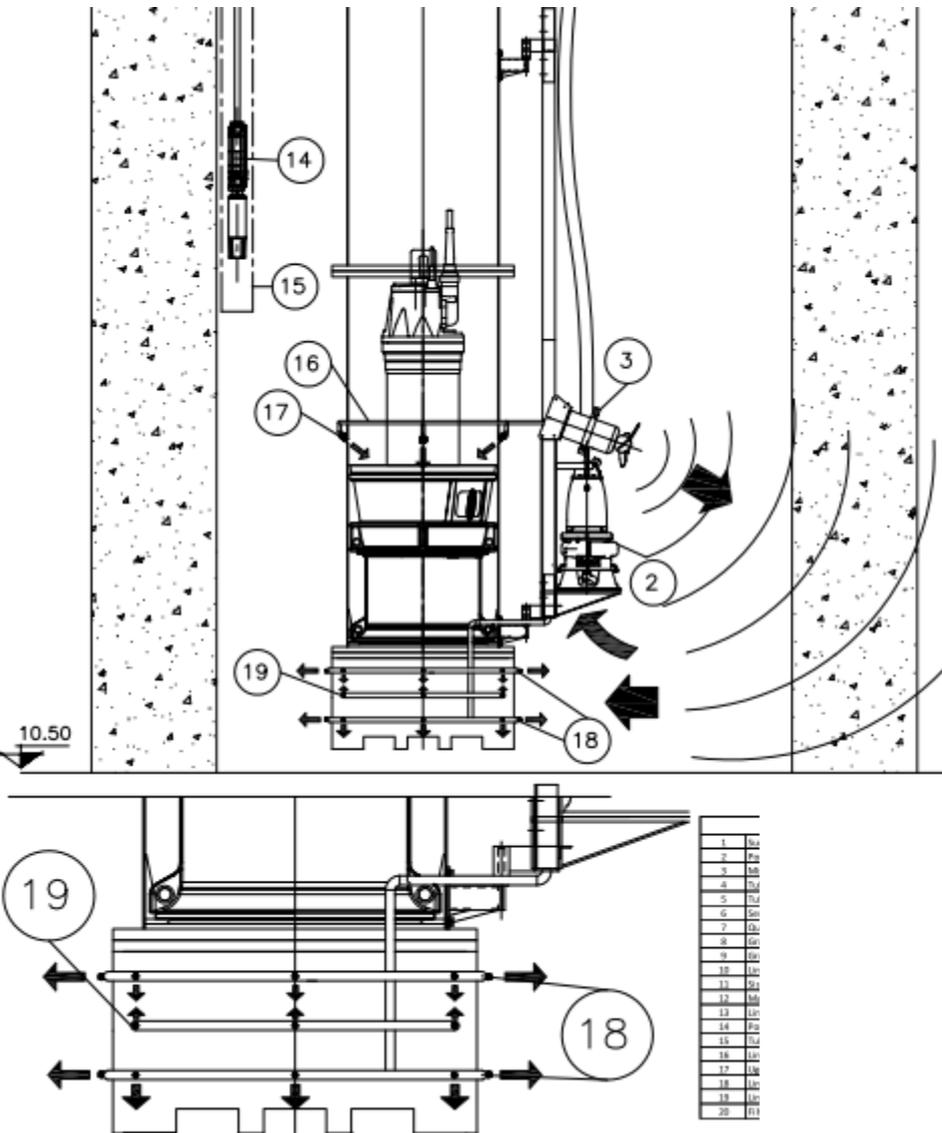
Figure 25. Contours of tangential component of velocity overlaid with projections of velocity vectors at the plane of the propeller inlet eye for Normal Water Level, left plot for the frontal approach and right plot for the skewed approach.

Impianto Capri Consorzio Bonifica Emilia Centrale



Alessandro Ancona

Impianti con sistemi automatici per la pulizia della parte aspirante



Impianto idroforo Cantonazzo

Sistema di innesco sifone in condizioni operative estreme

Consorzio ADIGE CANALBIANCO

Impianto: CANTONAZZO

Località: ROVIGO

Caratteristiche tecniche

Portata totale: 5280 l/s

Tipo elettropompa: sommersa ad elica

Modello FLYGT: PL 7101 /835

Quantità 2

Portata unitaria 2460 l/s

Prevalenza 5,3 m

Potenza nominale 190kW

Quote operative:

Aspirazione +14,80 / +16,00

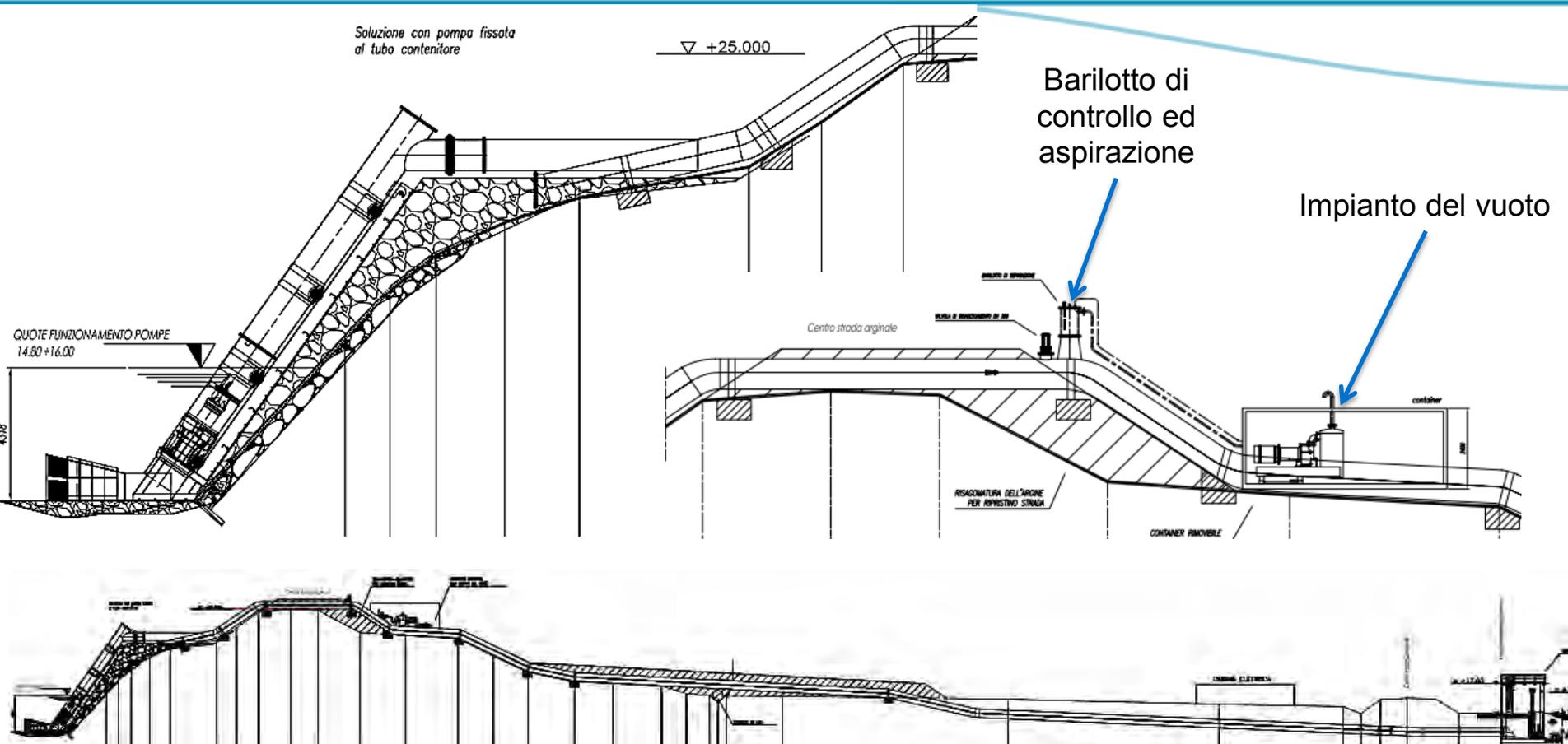
Argine +25,00+tubo DN 1000 = +26,00

Innesco geodetico 10 – 11,2 mca



Impianto idroforo Cantonazzo

Sistema di innesco sifone in condizioni operative estreme

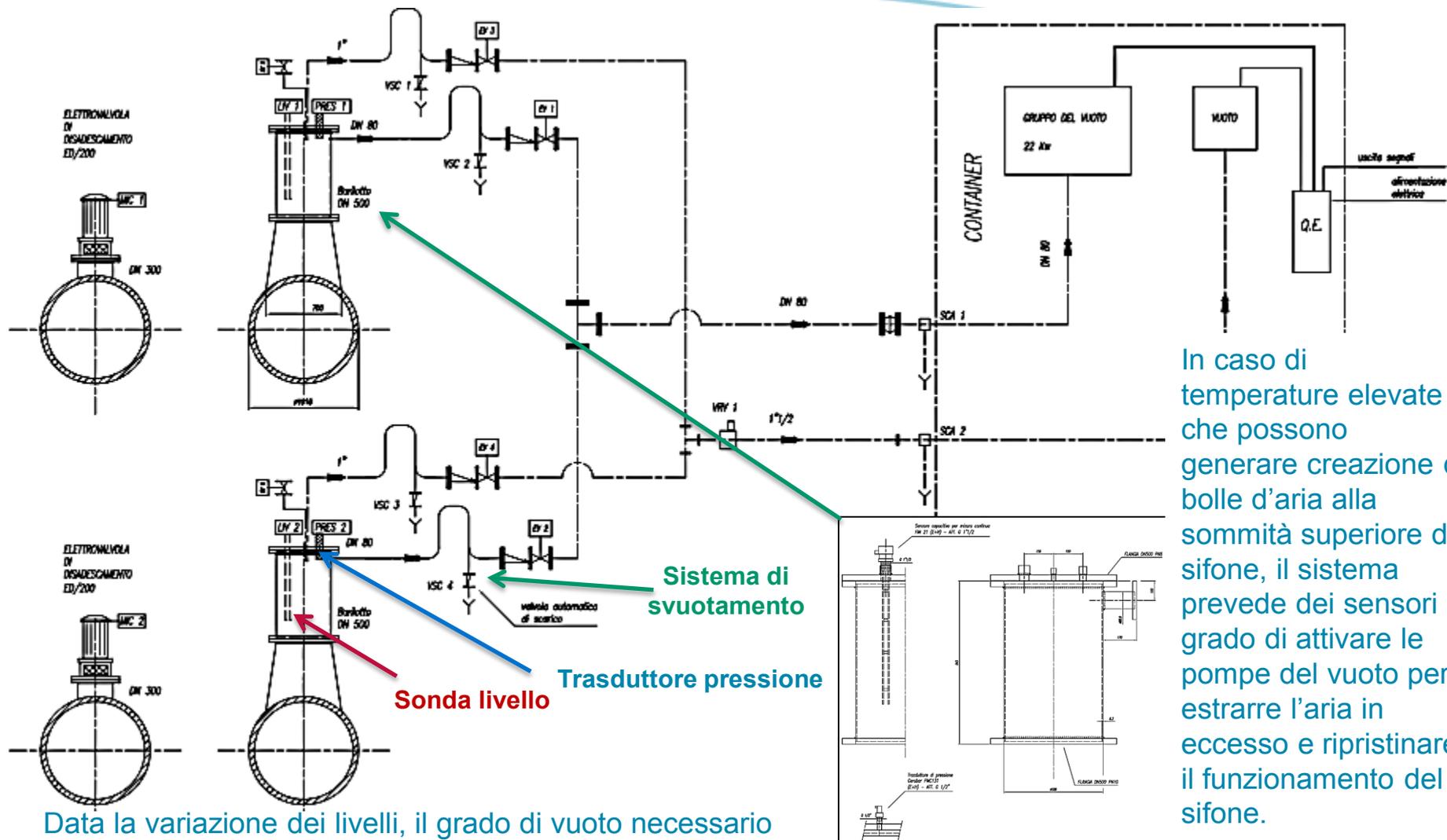


Il sistema ad alto vuoto, estrae l'aria dalla condotta fino al limite possibile, avvicinando i due menischi fluidi provenienti dai due estremi della condotta (ovviamente immersi).

Una volta raggiunta la quota minima per l'avvio delle macchine le pompe sono avviate.

Impianto idroforo Cantonazzo

Sistema di innesco sifone in condizioni operative estreme



In caso di temperature elevate che possono generare creazione di bolle d'aria alla sommità superiore del sifone, il sistema prevede dei sensori in grado di attivare le pompe del vuoto per estrarre l'aria in eccesso e ripristinare il funzionamento del sifone.

Data la variazione dei livelli, il grado di vuoto necessario sarà ovviamente diverso a seconda dei casi, per cui esiste un sistema automatico di controllo che definisce i livelli di avvio in funzione delle condizioni operative

Alessandro Ancona

Impianto Porte Vinciane Cesenatico

Progettazione Realizzazione e Gestione
di un sistema idraulico complesso



Ing. Chiara Benaglia



*Consorzio di
Bonifica della Romagna*

Impianto Porte Vinciane Cesenatico

Cesenatico 1996



Impianto Porte Vinciane Cesenatico

I recenti studi ARPA Emilia Romagna evidenziano un trend temporale in crescita degli eventi di mareggiata.

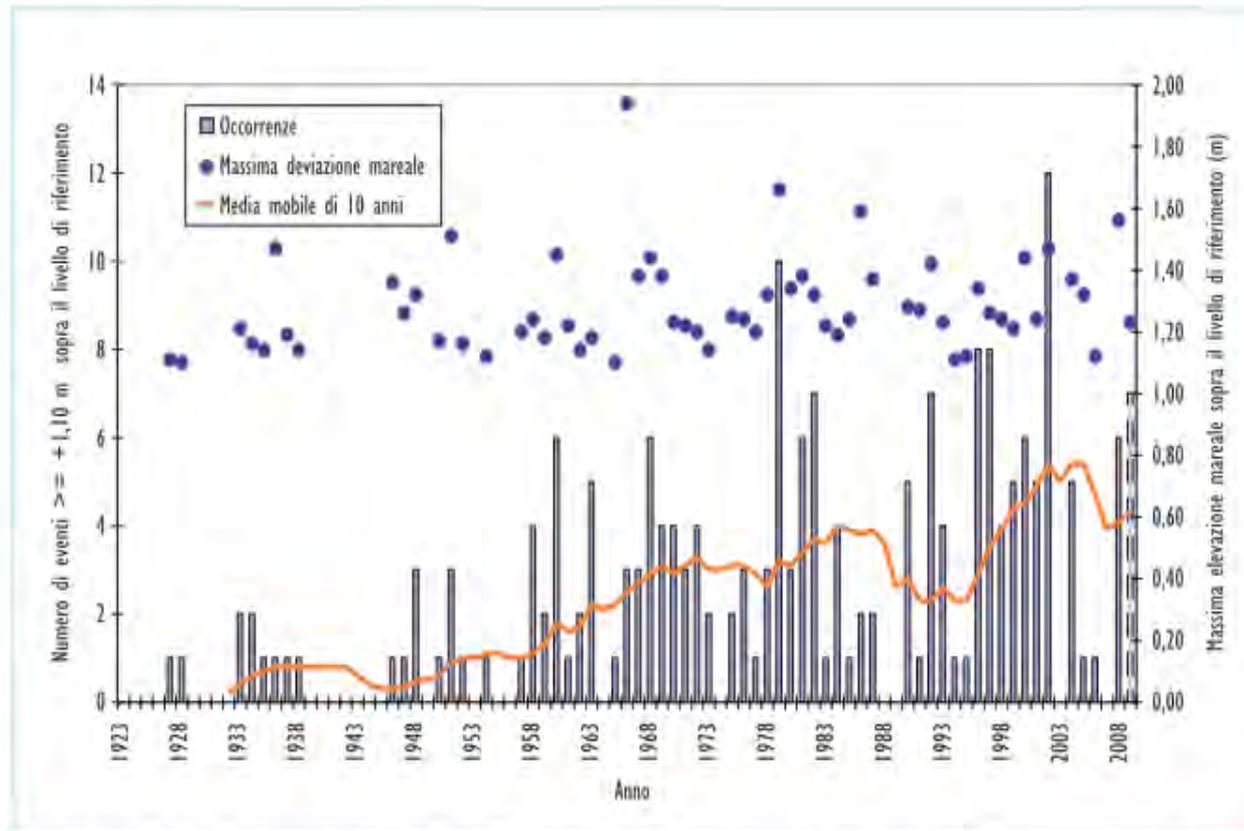
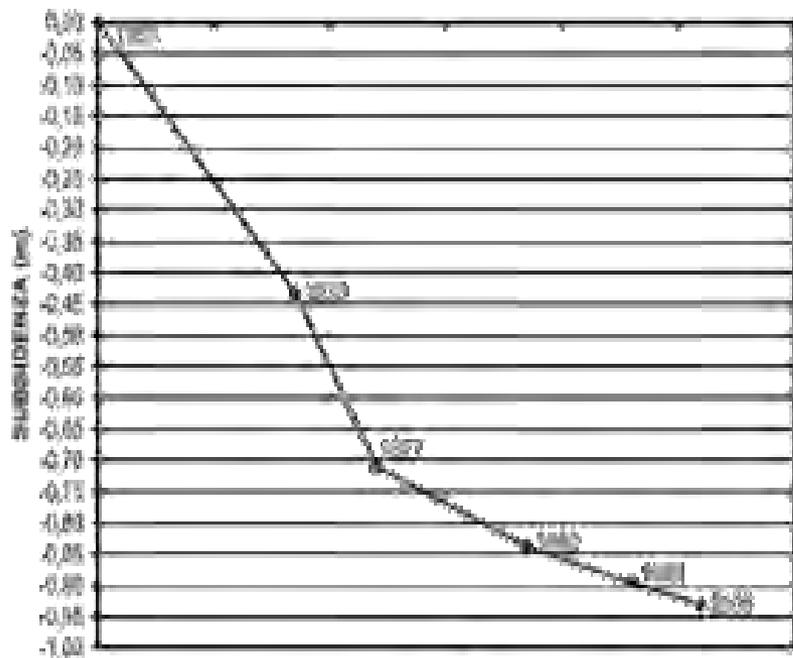


Figura 7 - Caratteristiche delle acque alte registrate dal mareografo di Venezia Punta della Salute nel periodo 1923-2008. La linea rappresenta la media mobile di 10 anni degli eventi osservati anno per anno, le barre indicano il numero di eventi di acqua alta per anno (livello del mare superiore a 1,10 m), i punti indicano il massimo livello registrato ogni anno. Il livello di riferimento locale corrisponde alla quota locale del mareografo (*datum* 1897) Fonte dei dati Canestrelli et al., (2001) e Comune di Venezia-Centro Maree.



Impianto Porte Vinciane Cesenatico



**SUBSIDENZA
CESENATICO**
– 110 cm.
dal 1950 ad
oggi

(fonte ARPA
caposaldo 00070)

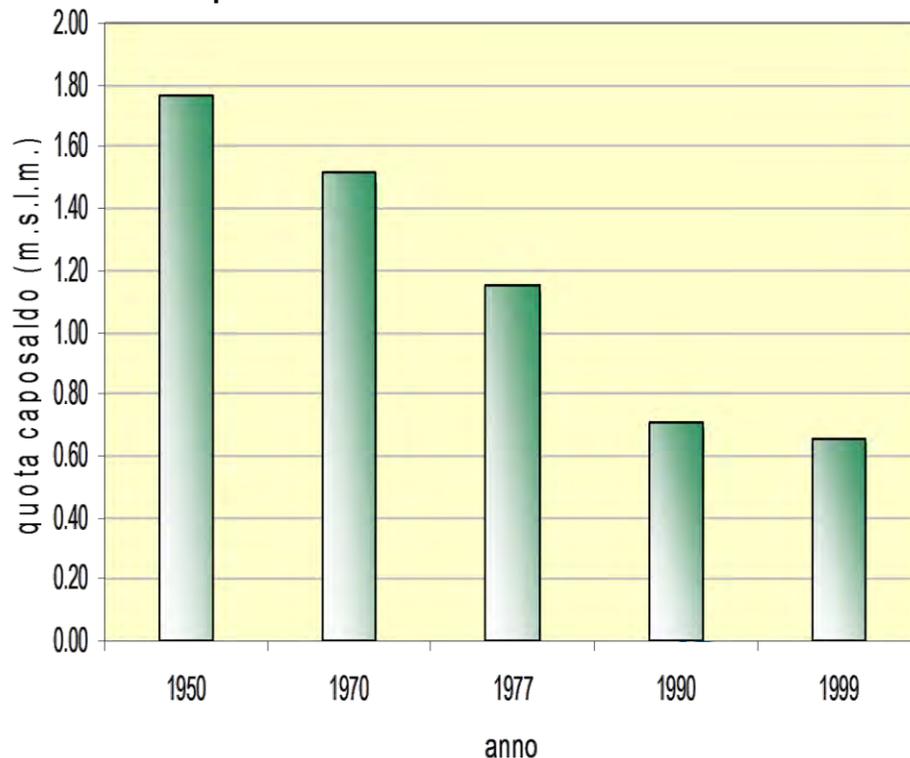
**SUBSIDENZA
RAVENNA**

– 95 cm.

dal 1953 ad oggi

(fonte ARPA caposaldo 00620)

Ravenna porto



Impianto Porte Vinciane Cesenatico

CANALE DIVERSIVO, CASSE, OPERE DI REGOLAZIONE

Nuovo canale diversivo

Porte vinciane
Protezione da mare

Paratoia Ponte del Gatto
Protezione da monte

By Pass con paratoie
Botte a sifone per interferenze viarie

Casse espansione nell'entroterra

BS

P

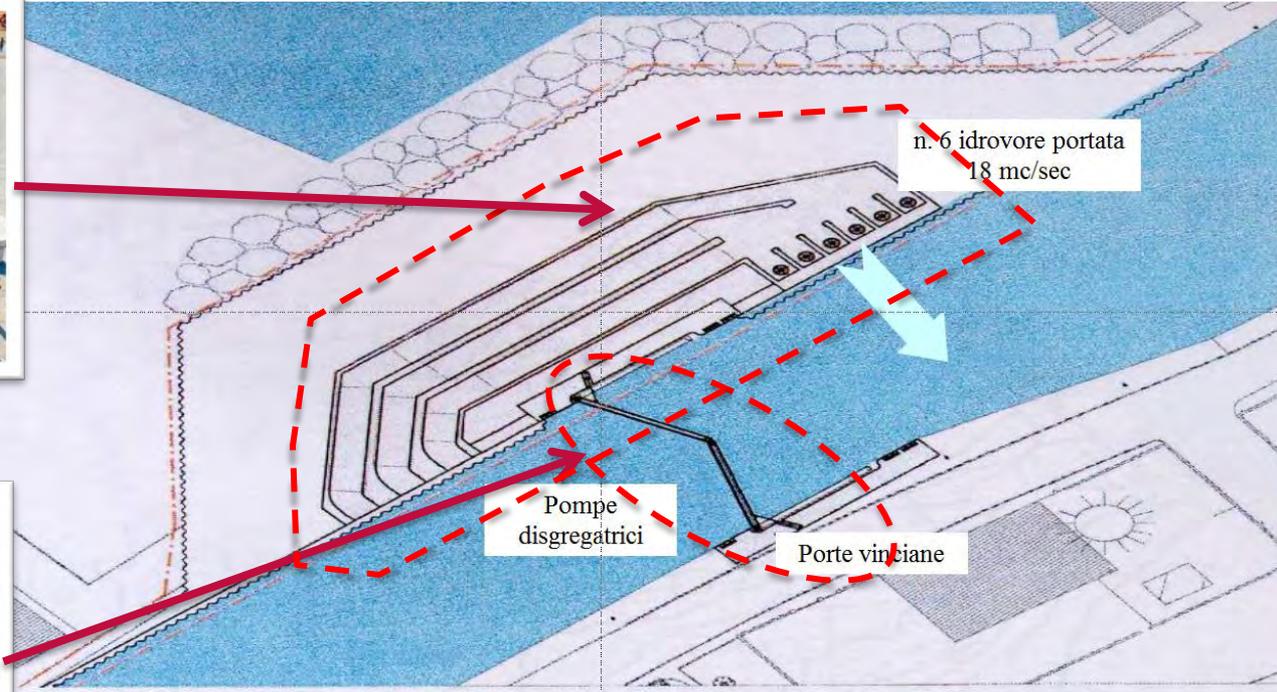
P

FLYGT

a xylem brand

Impianto Porte Vinciane Cesenatico

Opera progettata a cura del Comune di Cesenatico
(Progetto Binini & Partners)



Consorzio di
Bonifica della Romagna

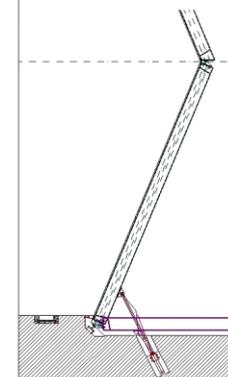
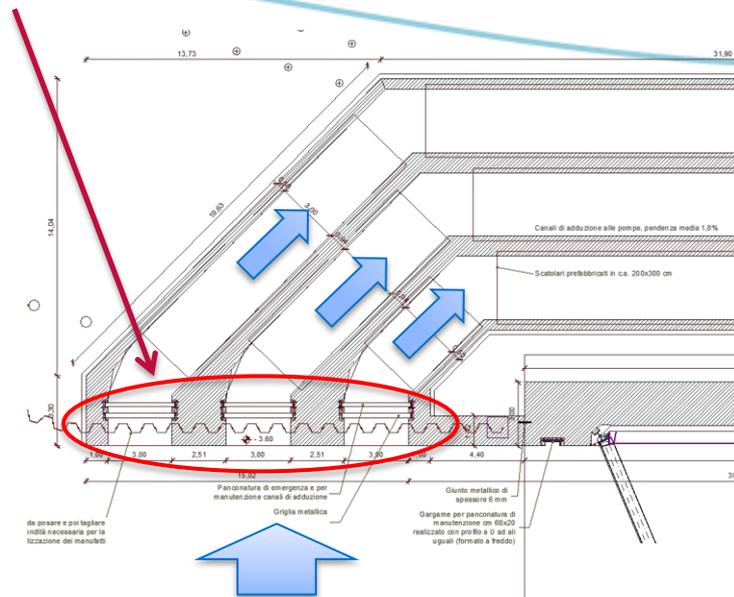
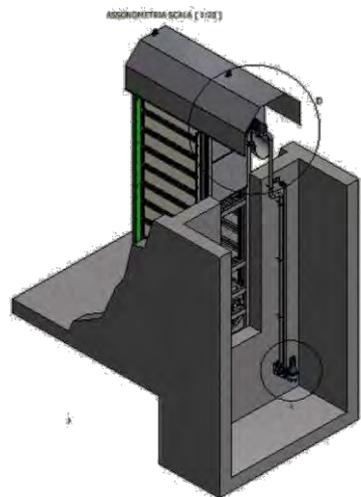
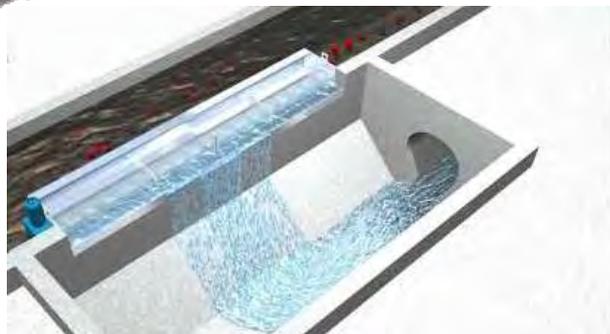
Alessandro Ancona



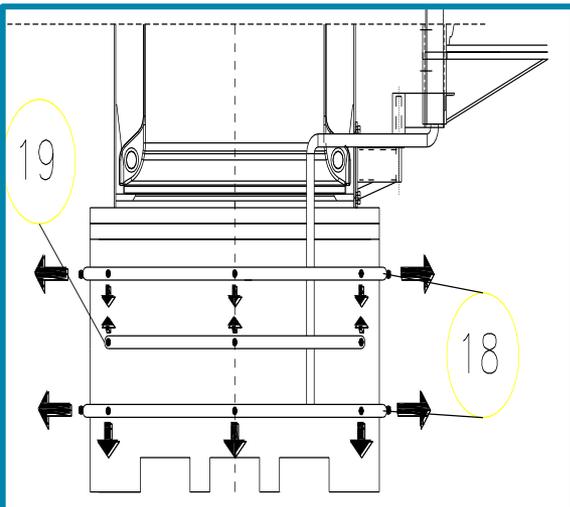
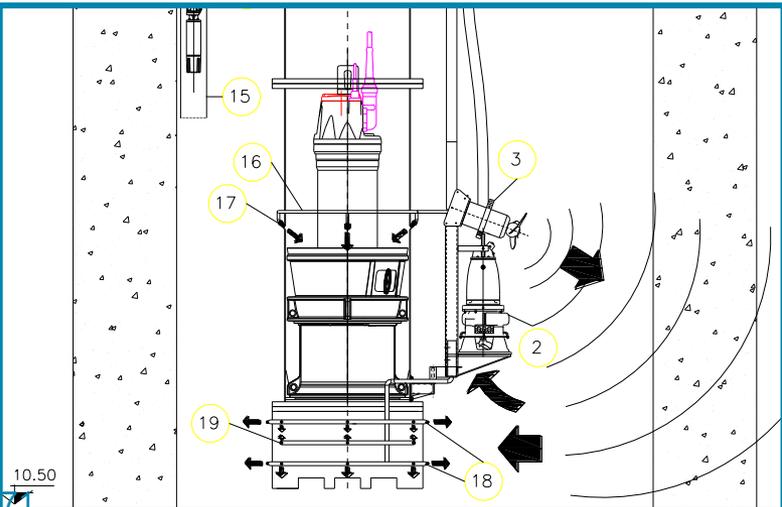
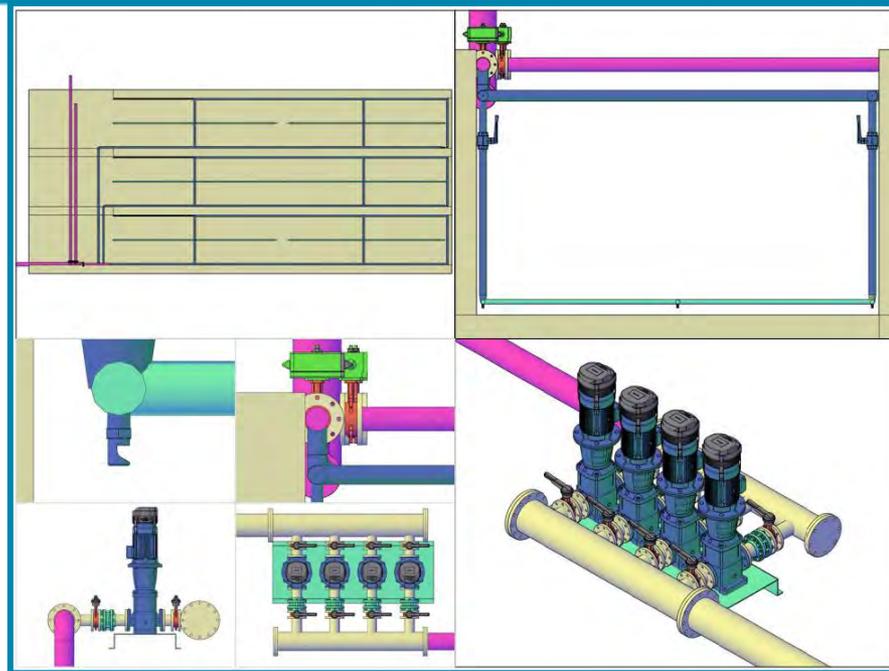
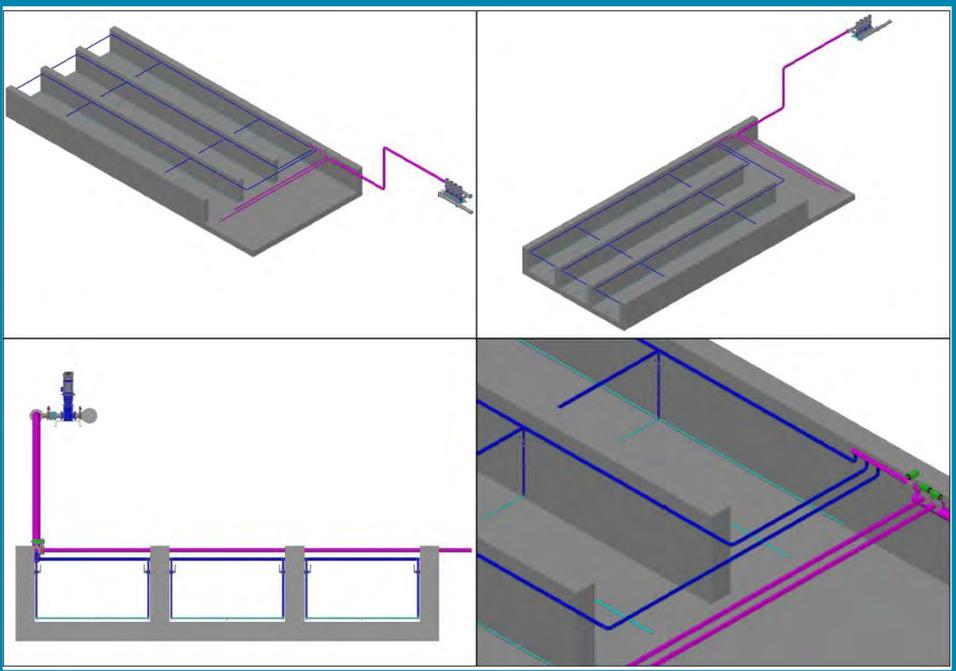
a xylem brand

Impianto Porte Vinciane Cesenatico

Adeguate sistema di grigliatura



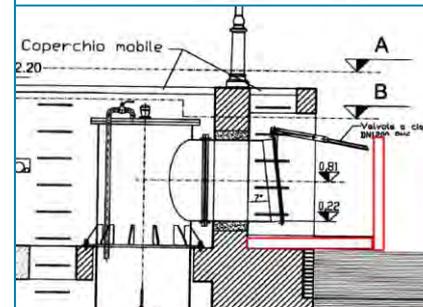
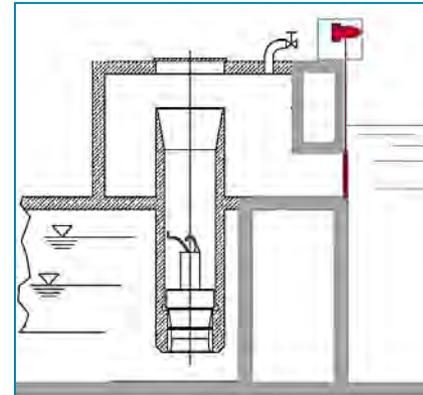
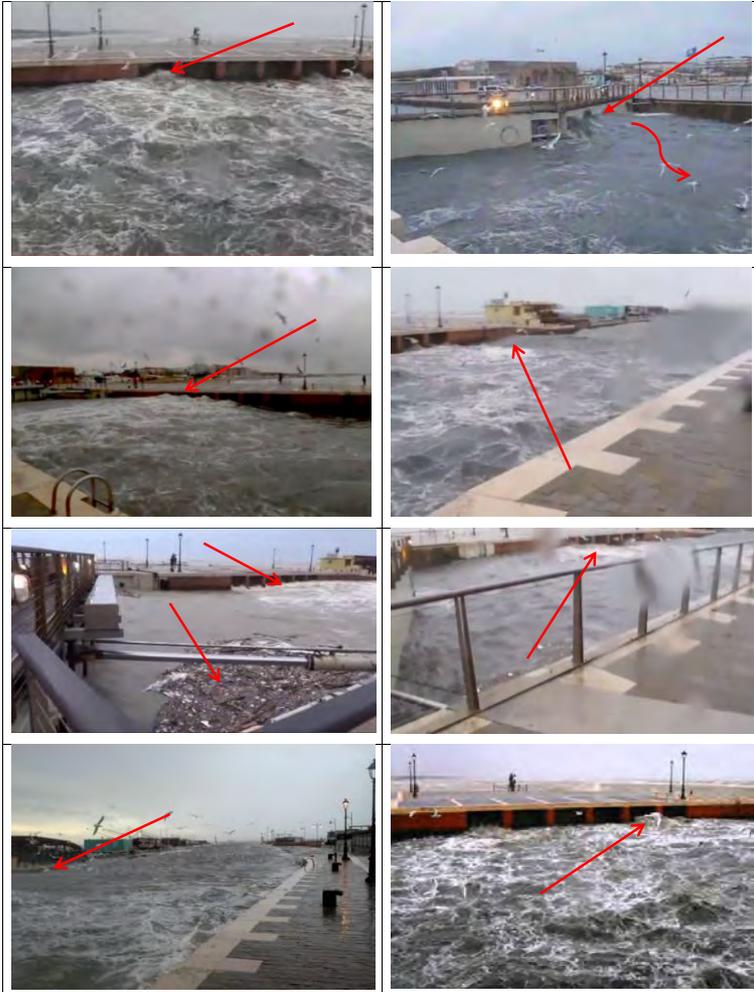
Impianto Porte Vinciane Cesenatico



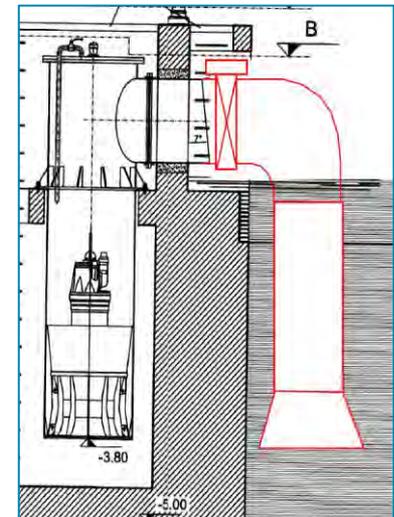
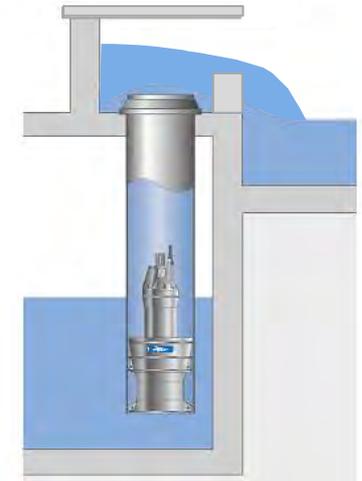
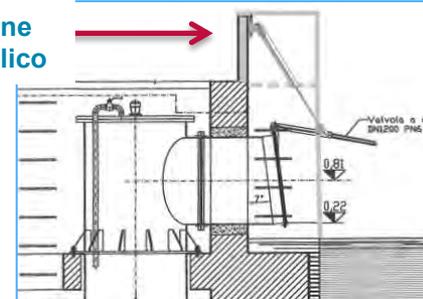
Soluzioni per una migliore gestione dell'impianto

Impianto Porte Vinciane Cesenatico

Migliorativi proposti per un migliore funzionamento e gestione dell'impianto
Protezione delle mandate delle pompe

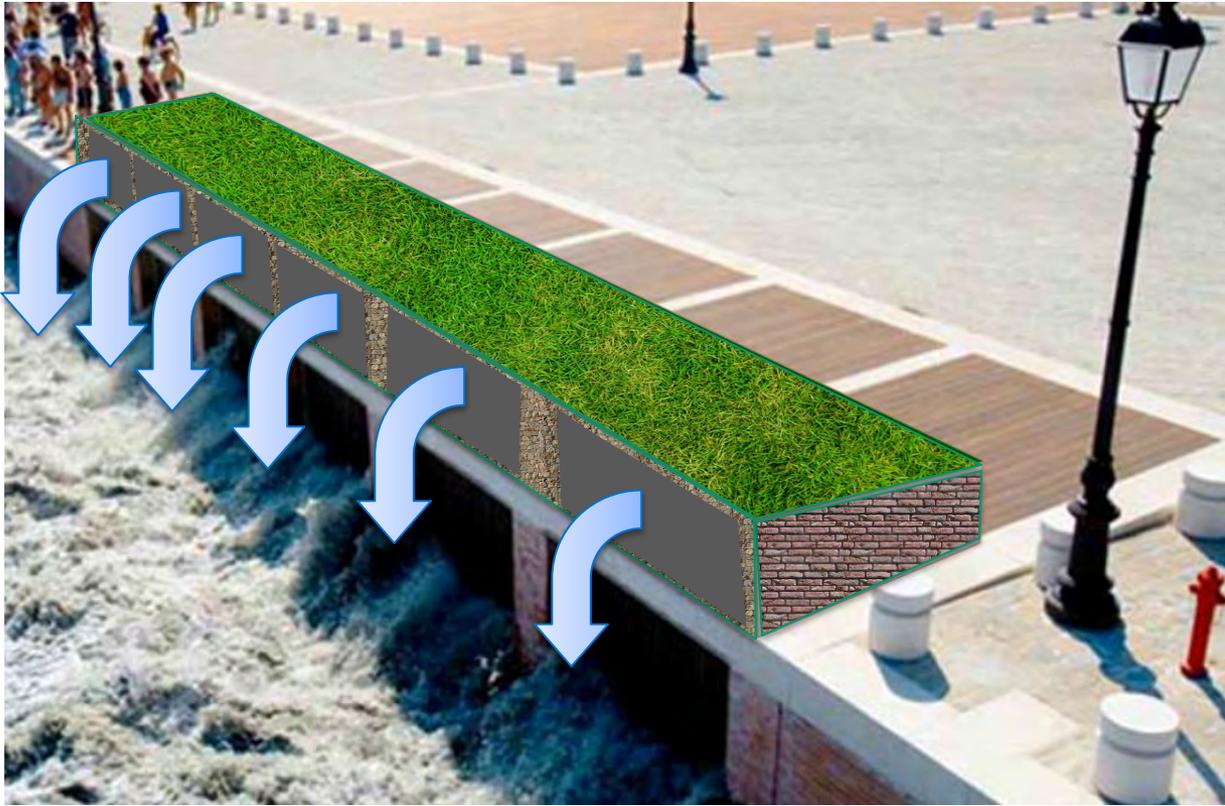
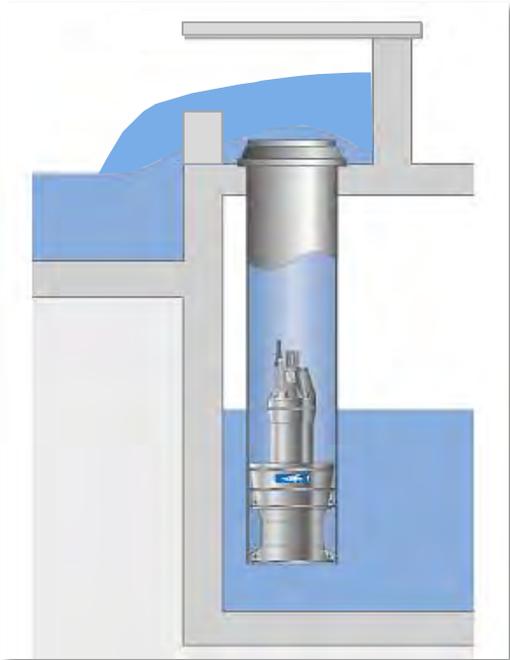


Pistone idraulico



Impianto Porte Vinciane Cesenatico

Rialzo quota scarico
(previo verifica pompe)





Grazie per l'attenzione