

### **3. DESCRIZIONE GENERALE E MATERIALI UTILIZZATI**

L'attività sperimentale svolta nell'ambito di questo lavoro di tesi ha lo scopo di studiare il processo di formazione delle gocce all'interno degli spari e misurare la distribuzione dimensionale delle gocce stesse.

L'impianto, realizzato per effettuare gli esperimenti relativi a questa fase, è costituito da diverse unità:

- Sezione di simulazione pozzo
- Sezione di visualizzazione
- Sezione di separazione

Ogni unità è dettagliatamente descritta nei successivi paragrafi, mentre di seguito in *figura 7* è riportata una fotografia dell'impianto nella sua integrità.



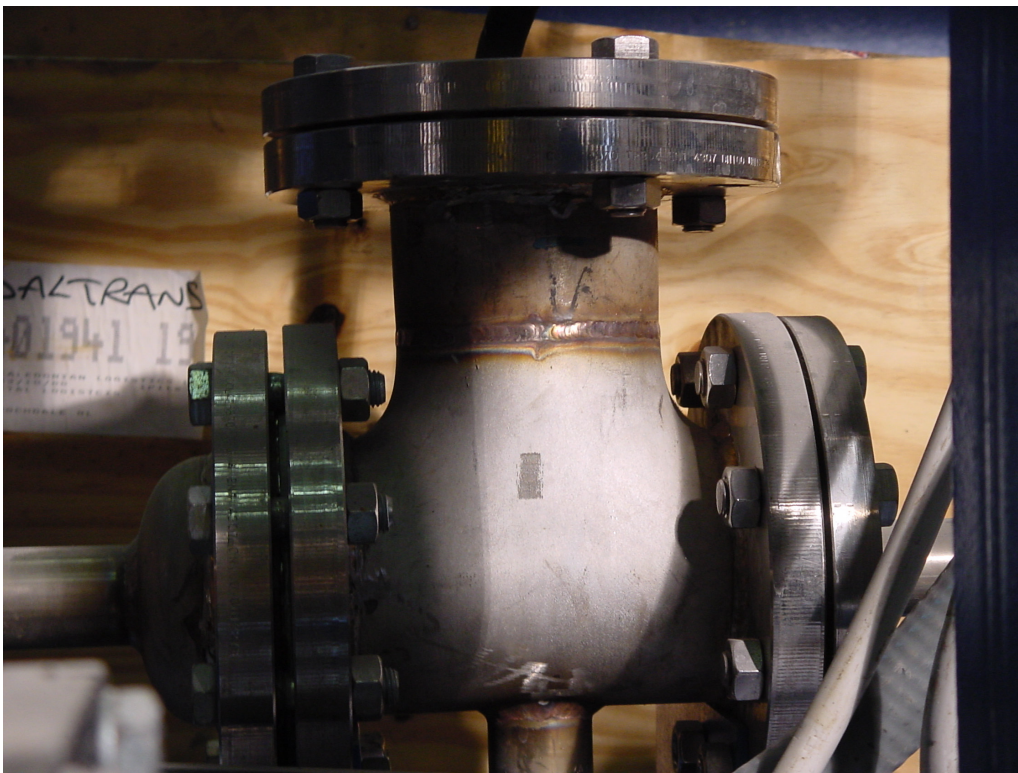
*Figura 7*

La movimentazione ed il controllo dei flussi è realizzato attraverso gli organi di movimentazione e la strumentazione di seguito descritta.

### **3.1. SEZIONE DI SIMULAZIONE POZZO**

Il fluido reale è costituito da acqua e olio, in percentuale variabile, che attraversando la formazione entrano nel pozzo attraverso lo sparo.

Allo scopo di riprodurre in modo più fedele possibile la realtà, prima di giungere alla sezione di visualizzazione, cuore dell'impianto, i due fluidi miscelati sono alimentati ad un miscelatore che in simula il terreno adiacente allo sparo. All'interno del miscelatore *figura 8* sono presenti delle sfere di plastica che riproducono la natura porosa del terreno.



*Figura 8*

A seguito della miscelazione il fluido, miscela di acqua ed olio, giunge allo sparo dove entra nella sezione di visualizzazione.

### **3.2 SEZIONE DI VISUALIZZAZIONE**

La parte centrale dell'impianto è costituita da una lastra piana in vetro e plexiglas *figura 9*.

L'utilizzo di due diversi materiali per le due lastre è stata una scelta progettuale: la necessità di forare una delle due lastre per introdurre il bocchello di alimentazione della miscela (sparo) ha portato a preferire il plexiglas.



*Figura 9*

La scelta del vetro per l'altra lastra invece è dovuta alla necessità di dover evitare fenomeni di riflessione, rifrazione ma soprattutto di opacizzazione della lastra e di deposito di piccole gocce di fluido su questa, ovvero tutti i fenomeni che avrebbero compromesso la precisione e la chiarezza delle immagini acquisite. La sezione di visualizzazione consente, infatti di apprezzare e documentare (con foto e video) il movimento e la grandezza nonché il numero delle gocce che si formano nello sparo.

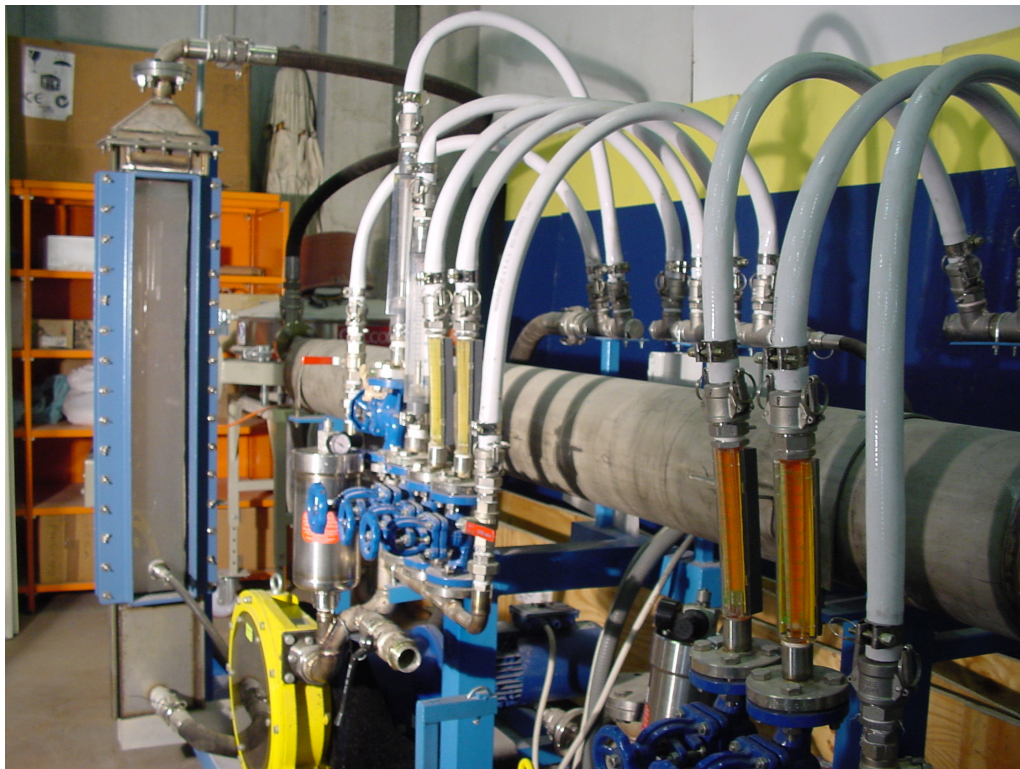
La miscela acqua/olio entra nell'unità di visualizzazione dallo sparo mentre il flusso assiale, composto solo da acqua, viene iniettato al di sotto dello sparo in modo che la miscela acqua olio viene trascinata verso l'alto da una corrente di acqua già presente

allo stazionario, si può notare qui in *figura 9* i due ingressi al di sotto delle lastre. La miscela in uscita dall'unità di visualizzazione, costituita da acqua assiale e miscela acqua olio, viene inviata all'unità di separazione.

Le dimensioni della sezione di visualizzazione (*figura10*) sono le seguenti:

- Lunghezza sezione 1110 mm
- Larghezza sezione 150 mm
- Spessore sezione 130mm

Questa sezione è quella che in fase di progettazione ha dato più problematiche in quanto, è necessario garantire che non si verificano perdite di fluidi, senza



*Figura 10*

ostacolare il movimento dei fluidi all'interno delle lastre evitando così fenomeni che potessero in qualche modo alterare il profilo di velocità del flusso acqua-olio.

### **3.3 SEZIONE DI SEPARAZIONE**

I fluidi in uscita dalla sezione di visualizzazione vengono convogliati all'interno di un separatore per gravità che, sfruttando le diverse densità dei due componenti, li separa di modo che questi possano venire nuovamente trattati distintamente dalle due pompe presenti nell'impianto.

La separazione acqua-olio è affidata ad un decantatore: la miscela acqua-olio rimane all'interno dell'apparecchiatura un tempo sufficiente a garantire la risalita delle gocce d'olio e la formazione di un'interfaccia acqua-olio. Una volta avvenuta la separazione, l'acqua è raccolta nella parte più bassa del decantatore mentre l'olio si accumula all'interfaccia fino al raggiungimento della paratia di separazione.

In *figura 11* è rappresentato il separatore nell'impianto.

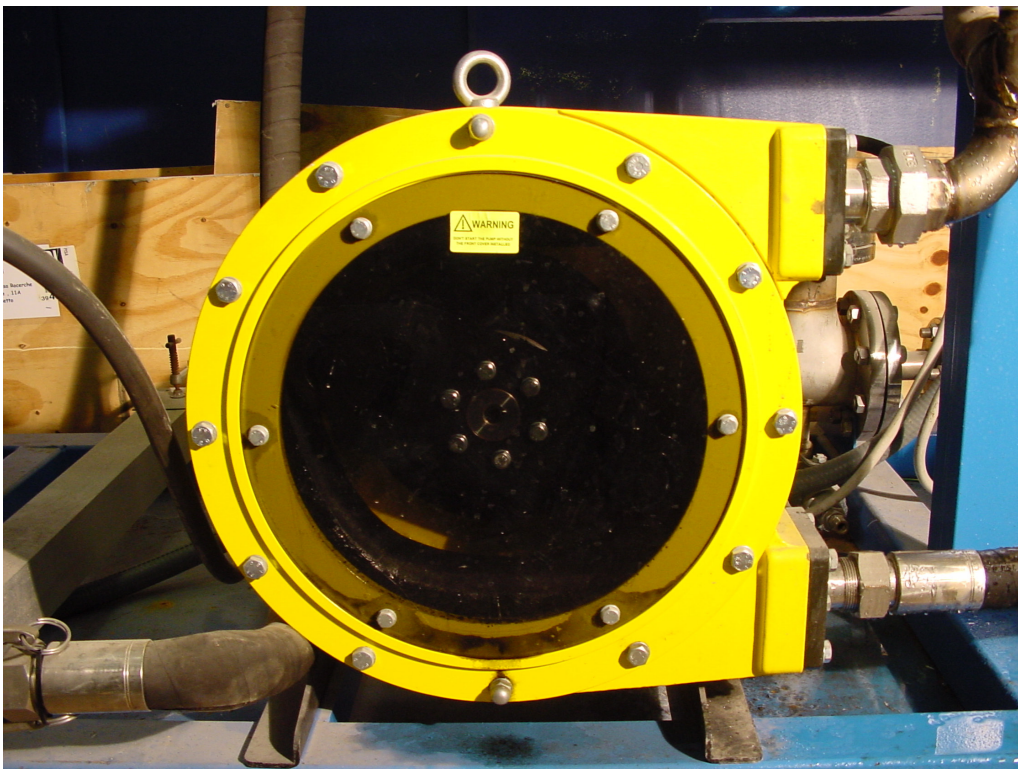


*Figura 11*

### **3.1.4 ORGANI DI MOVIMENTAZIONE E SMORZATORI**

La movimentazione dei fluidi è affidata a due pompe: una per l'acqua e una per l'olio, in *figura 12* è riportata una immagine di quella dell'acqua.

Le pompe sono peristaltiche per limitare fenomeni di riscaldamento al quale si sarebbe potuti andare incontro con l'utilizzo di pompe centrifughe e/o a pistone.

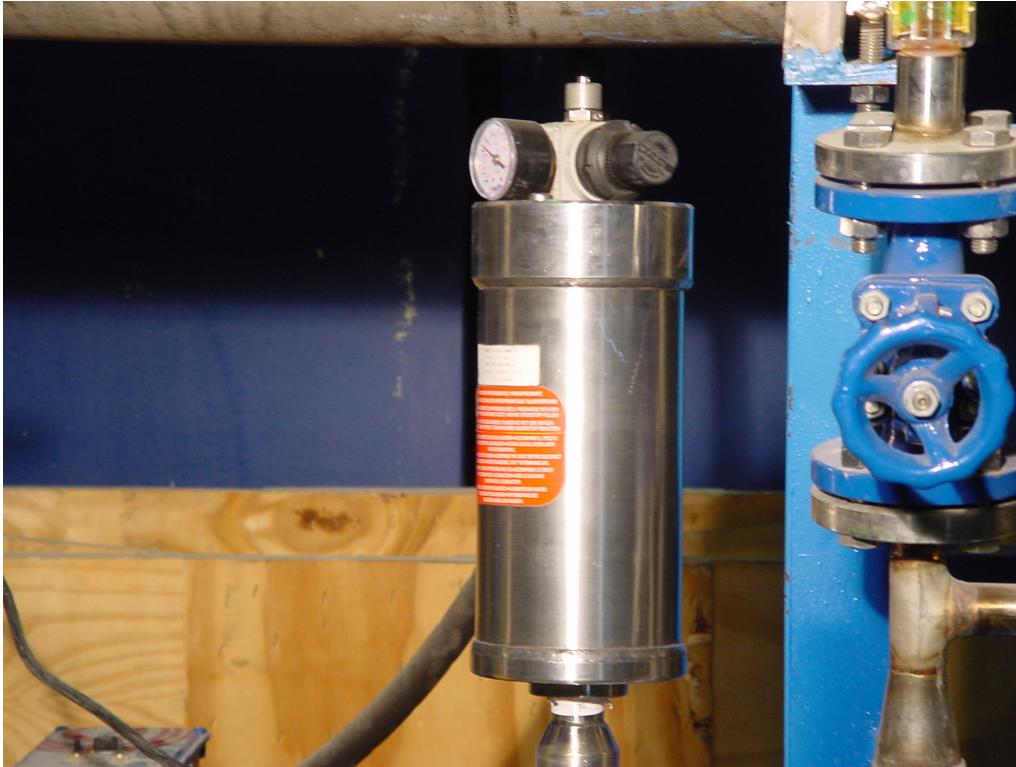


*Figura 12*

Entrambe le pompe sono prodotte dalla OMAC<sup>xxx</sup> e i modelli sono rispettivamente FMP 40 per l'acqua e FMP 30 per l'olio.

Il problema delle fluttuazioni della portata, tipico di questo tipo di pompe, è stato ovviato per quanto concerne i due circuiti con la presenza di smorzatori di portate, che attenuassero le oscillazioni presenti. Con la presenza di questi si è notata una diminuzione delle fluttuazioni di circa il 90%. In *figura 13* si può vedere la struttura dello smorzatore, all'interno del barilotto è presente una membrana che separa il volume in esubero da un volume di aria che provvede ad aumentare il fluido accumulato alla presenza di necessità.

La rotazione delle pompe può avvenire sia in senso orario che antiorario per la presenza di un inverter che da la possibilità di muovere il fluido nelle due direzioni opposte.



*Figura 13*

L'utilità di muovere il fluido in direzione opposte rispetto a quella di normale utilizzo è legata ad operazioni di manutenzione dell'impianto (sostituzione dei fluidi, svuotamento del circuito).

Le due pompe sono collegate a dei motori elettrici trifase e le loro specifiche sono le seguenti:

**Tabella 3**

	MODELLO	PORTATA l/ora	PREVALENZA Bar	POTENZA MOTORE Kw
ACQUA	FMP40	0-1000	2	2,2
OLIO	FMP30	0-4000	2	0,75

La pressione presente all'interno degli smorzatori è di 2 atm.

### 3.5 STRUMENTI DI MISURA DEI FLUSSI

La regolazione dell'impianto e l'impostazione degli esperimenti rende necessario un controllo costante delle portate che circolano su ogni linea dell'impianto.

Il controllo dei flussi è realizzato attraverso dei rotametri montati su ogni linea dell'impianto: uno per l'acqua che è destinata a generare il flusso assiale, tre per l'acqua che verrà miscelata successivamente con l'olio e due per l'olio stesso.

Tabella 4

TIPO ROTAMETRI	NUMERO ROTAMETRO	PORTATE min-max (l/min)
FLUSSO ACQUA ASSIALE	1	0--35
ACQUA MISCELATORE AL	2	0--2
	3	2--10
	4	0--36
FLUSSO OLIO	5	0--2
	6	2--10

L'utilizzo di diversi rotametri è dettato dalla necessità di effettuare misure accurate: le portate sono variabili in un ampio range. Sono pertanto utilizzati rotametri con diverse scale, selezionati in base all'entità delle portate da misurare. Come si può vedere all'interno della tabella 4 si è cercato di ottenere una maggiore accuratezza delle misure per portate di piccola entità che sono quelle maggiormente interessanti da un punto di vista dello studio in esame, e comunque l'utilizzo dei diversi misuratori di flusso permette lo studio di tutta la casistica a livello di water-cut.

In corrispondenza dei misuratori di flusso sono presenti rispettive valvole globulari che permettono di regolare il passaggio del fluido. In *figura 14* sono mostrati i quattro rotametri per l'acqua mentre in *figura 15* si possono vedere i due rotametri utilizzati per l'olio.

Agendo direttamente su queste valvole, oltre che chiaramente sul regime di rotazione delle pompe, si possono ottenere valori diversi di water cut.

Durante le prove è stato importante evitare aumenti di portata troppo bruschi, in quanto questi avrebbero potuto spingere con violenza le sfere presenti all'interno dei



manometri verso l'alto dove è presente una retina di fondocorsa, che avrebbe potuto rompersi.

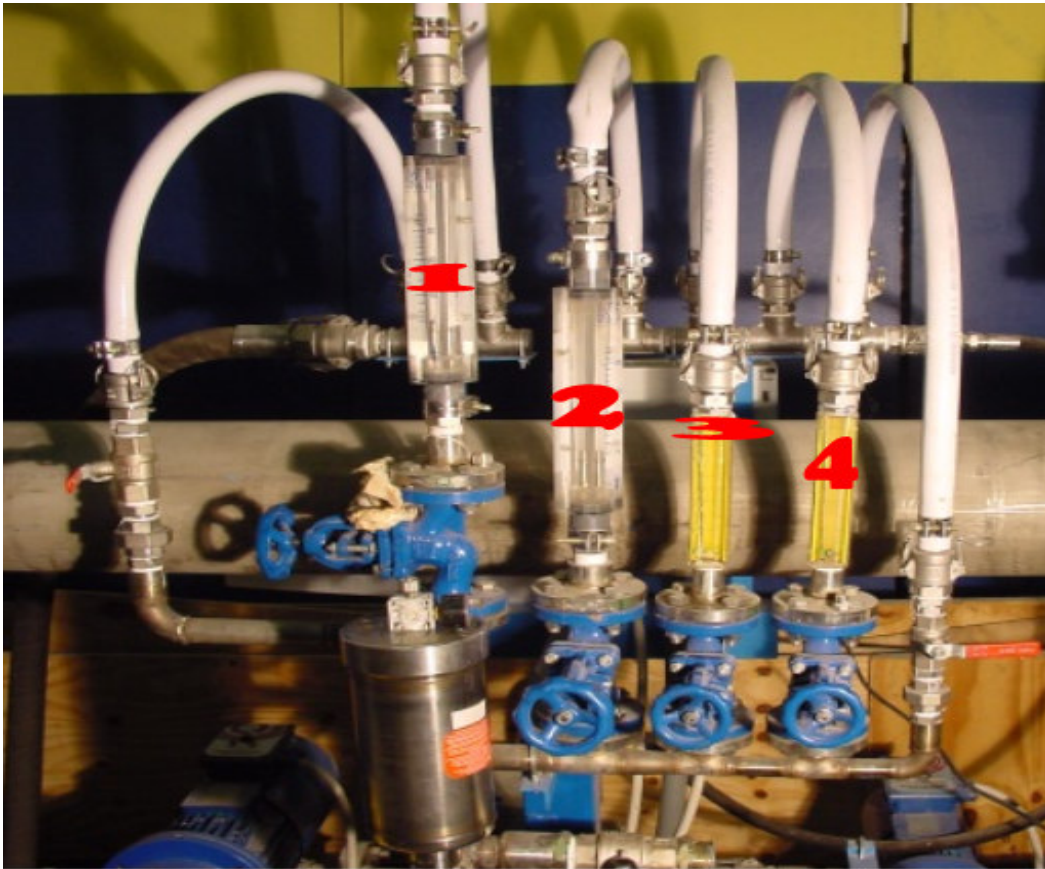


Figura 14

Per quanto riguarda i rotametri utilizzati, si deve tenere presente che questi sono tarati per il trattamento di acqua e di conseguenza le portate indicate sono riferite all'acqua appunto.

E' stato pertanto necessario introdurre un fattore correttivo per quanto concerne la lettura sul manometro per le portate di olio, in quanto la densità tra le due sostanze differisce di circa il 10%. Nota la portata di acqua, indicata dai rotametri la portata di olio può essere ricavata sfruttando l'espressione:

$$Q_o = Q_w * [\rho_g / (\rho_o - 1)^{0,5}] / [\rho_g / (\rho_w - 1)^{0,5}]$$

dove:

- $Q_o$  = portata olio [l/m]
- $Q_w$  = portata acqua [l/m]
- $\rho_g$  = densità galleggiante [ $\text{kg/m}^3$ ]

- $\rho_o =$  densità olio [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
- $\rho_w =$  densità acqua [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

Le densità sono riportate in tabella 5.

Il galleggiante dei misuratori di flusso dell'acqua sono tutti e quattro di acciaio, mentre per quanto riguarda l'olio uno è di acciaio, (per le portate più elevate) mentre l'altro è di plastica (per le portate di minore entità).



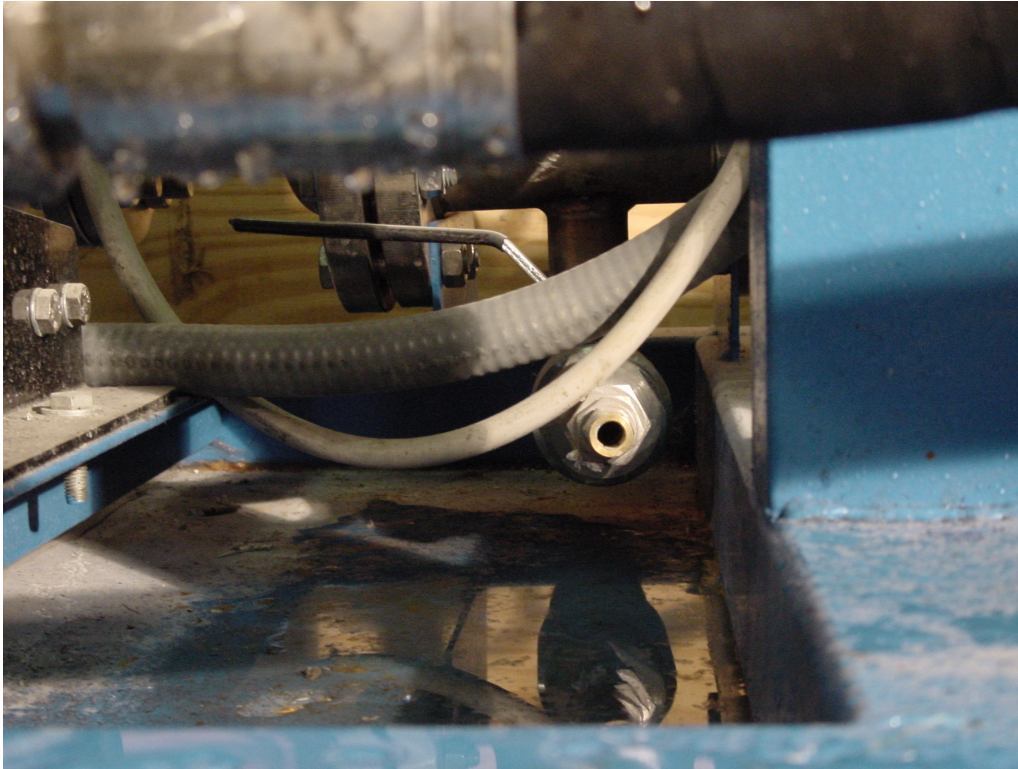
*Figura 15*

**Tabella 5**

Densità acqua	1000 $\text{kg}/\text{m}^3$
Densità olio	880 $\text{kg}/\text{m}^3$
Densità galleggiante di acciaio	7800 $\text{kg}/\text{m}^3$
Densità galleggiante di plastica	1400 $\text{kg}/\text{m}^3$

### **3.6 ZONA DI SVUOTAMENTO DELL'IMPIANTO**

Prima dell'ingresso del fluido all'interno del miscelatore il fluido passa in un tubo collegato ad un rubinetto (*figura 16*), che serve per poter svuotare



*Figura 16*

l'impianto dal basso e di conseguenza togliere da questo soltanto l'acqua, sfruttando cioè la differente densità tra i due fluidi.

L'importanza di togliere l'acqua è stata rilevante in particolar modo nei momenti successivi a casi di studio con notevoli velocità allo sparo, in quanto i fenomeni di perdita dei pigmenti da parte del colorante di olio a favore dell'acqua risultavano decisamente rilevanti.

## **3.7 MATERIALI E STRUMENTI UTILIZZATI**

Per lo svolgimento delle analisi sono stati necessari diversi strumenti e materiali che verranno di seguito descritti in dettaglio e sono:

- fluido utilizzato
- colorante
- macchina digitale
- luci

### **3.7.1 FLUIDO UTILIZZATO**

Il fluido utilizzato per gli esperimenti è olio minerale (EXXOL D80) .

Le specifiche dell'**EXXOL D80**<sup>xxxi</sup> sono le seguenti:

- Codice di produzione 133680
- Categoria di produzione: idrocarburo fluido
- Composizione: hydrotreated light
- Volatilità medio alta
- Infiammabile
- Elementi presenti: C11 –C15 come idrocarburi saturi, C11 aromatici
- Si presentano effetti sugli organismi dovuti a sovraesposizione sul sistema nervoso centrale, sul sistema respiratorio e fenomeni irritativi agli occhi e alla pelle.  
Massima esposizione 300 ppm per otto ore al giorno
- Flash point = 76,7°C (170 F)
- Temperatura di autoaccensione = 216° C (421 F)

- Densità : 0,88 kg/l
  - Temperatura di ebollizione 209°C -228°C
  - PM = 177
  - PH = 7
  - Temperatura di solidificazione è di -18°C
- 
- La solubilità ad una atmosfera e 25°C in acqua è dello 0,0001%
  - Viscosità 1,4-1,6

### **3.7.2 COLORANTE UTILIZZATO**

L'olio minerale utilizzato per gli esperimenti è quasi trasparente. La naturale distinzione fra le due fasi pur essendo chiara ad occhio nudo, non è tale da permettere una corretta acquisizione delle immagini.

Pertanto è stato utilizzato un colorante con delle caratteristiche precise<sup>xxxii</sup>, ed è stato scelto in modo che sia olio-solubile ma non idrosolubile, per poter ottenere una diversa colorazione dei due componenti. Questo è stato prodotto dalla CROMATOS s.r.l.

La diversa colorazione ha il vantaggio di ottenere un contrasto maggiore sulle foto digitali da analizzare e di conseguenza permette di ottenere dei risultati migliori durante le analisi, con la possibilità di usare anche un software più spinto.

Ovviamente il colorante rappresentato in *figura 17* deve essere anche compatibile con i diversi componenti costituenti l'impianto, in particolar modo con le pompe peristaltiche, sensibili all'azione di solventi in quanto costituite internamente da gomma, e con la plastica costituente i manometri.

Il colore ottenuto è funzione della quantità di colorante ma soprattutto dalla solubilità del colorante stesso all'interno dell'olio, ed essendo il colorante rosso porpora il risultato è stato quello di ottenere la fase dispersa arancione. Per quanto riguarda l'acqua il colorante si è dimostrato effettivamente idrorepellente, ma a causa dei fenomeni turbolenti presenti all'interno dell'impianto e in particolar modo nella zona



*Figura 17*

dello sparo, l'acqua ha assunto un colore biancastro, probabilmente a causa della perdita di qualche pigmento.

Tale inconveniente ha reso necessario cambiare l'acqua durante il periodo di analisi in modo da disporre di immagini successivamente elaborate, qualitativamente soddisfacenti.

L'ipotesi che la turbolenza sia la causa dello sbiancamento dell'acqua è dovuta al fatto che questo fenomeno si è dimostrato in chiara correlazione con l'aumento della portate in esame e quindi conseguentemente anche della velocità relative all'interno dell'impianto e di conseguenza anche dei fenomeni turbolenti.

### **3.7.3 MACCHINA DIGITALE**

L'acquisizione dei dati necessari per il calcolo della distribuzione dimensionale delle gocce, è stata fatta tramite l'acquisizione di immagini digitali.

La macchina utilizzata durante le prove è una digitale con le seguenti specifiche:

- Casa produttrice SONY
- Memoria interna di 40 Mb
- 3,6 Mpixel

Le immagini sono state analizzate utilizzando un software in modo da ricavare: forma, dimensione e numero delle gocce.

### **3.7.4 LUCI UTILIZZATE**

Le luci utilizzate durante le prove sono due faretto alogeni da 1500W

l'uno mostrati in *figura 18*, poggiate su due aste regolabili, con all'interno una ventola di raffreddamento.



*Figura 18*

Durante le prove i faretto sono stati posizionati dietro alla lastra di plexiglas ad una distanza di circa una 1,5m da questa, evitando così zone di ombra nel campo di azione della macchina digitale, ma anche fenomeni di riflessione e rifrazione.