

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

Tesi di Laurea Magistrale

**Il ruolo del Project Leader nella gestione commesse:
Il caso San Roque e NkNk della Flenco Fluid System**



Relatore:

Prof. Maurizio Schenone

Tutor aziendale:

Ing. Andrea Bologna

Candidato

Luca D'Ario

A.A. 2019 – 2020

Sommario

Abstract.....	6
1 Flenco Fluid System	7
1.1 Profilo e storia dell'azienda.....	7
1.2 Il gruppo e la missione	8
1.3 I prodotti Flenco.....	8
1.4 L'organizzazione aziendale.....	10
2 La gestione commessa.....	12
2.1 Fasi di sviluppo della commessa	13
2.1.1 Ufficio commerciale: preventivazione.....	14
2.1.2 Ufficio tecnico: ingegnerizzazione e progettazione	15
2.1.3 Reparto expediting: acquisti.....	16
2.1.4 Reparto produzione: assemblaggio e produzione.....	17
2.2 Il Project Leader	18
2.2.1 Il ruolo e le attività del PL in Flenco	19
2.2.2 Strumenti e metodi del PL.....	21
3 La LUBE OIL	24
3.1 Cuscinetti idrodinamici	24
3.2 I componenti di una Lube Oil	25
4 La LUBE OIL di San Roque	33
4.1 Scope of Supply.....	34
4.2 Le specifiche dell'impianto.....	34
4.3 Le peculiarità.....	37
4.3.1 Certificazioni e test	38
4.4 Contributo alla fase di dimensionamento dell'impianto	42
4.4.1 Dimensionamento Heater.....	42
4.4.2 Settaggio Pressure control valve e Pressure safety valve.....	46
4.5 Fase di acquisto e selezione dei componenti.....	49
4.6 Budget e Delivery Time	51
4.7 Il Design.....	55
5 La LUBE OIL di Nkn	58
5.1 Le specifiche dell'impianto.....	59
5.2 Peculiarità	62
5.3 Contributo alla fase di dimensionamento: PSV e verifica Superimposed Back Pressure	64
5.4 Fase di acquisto e selezione dei componenti.....	70

5.5	Test Procedure	72
5.6	Il Design.....	75
5.6.1	<i>Verifiche strutturali</i>	77
5.6.2	<i>Problematica design: valvole scambiatore</i>	79
6	Conclusioni	81
	Allegati	82
	Bibliografia e Sitografia	84

Indice delle figure

Figura 1 Piattaforma Umm Lulu realizzata in collaborazione con Flenco Fluid System	7
Figura 2 Ubicazione degli impianti Flenco dal 2014 ad oggi	10
Figura 3 Schema di flusso delle fasi di una commessa	14
Figura 4 Esempio di "Piano della committenza"	22
Figura 5 Esempio di distinta compilata su AS400	23
Figura 6 Cuscinetti assiali modulari a pattini oscillanti	24
Figura 7 Una pompa a vite (sinistra) ed una centrifuga (destra)	26
Figura 8 Scambiatore di calore a fascio tubiero (sinistra) ed a piastre (destra).....	27
Figura 9 Filtro Duplex.....	28
Figura 10 Valvola regolatrice della pressione	29
Figura 11 Valvola regolatrice della temperatura	29
Figura 12 Accumulatore di tipo "Bladder"	30
Figura 13 Valvola sfioratrice	31
Figura 14 Riscaldatore	31
Figura 15 Esempio di P&ID di una Lube Oil.....	32
Figura 16 Raffineria CEPSA, San Roque.....	33
Figura 17 Estratto della "Main Specification": Site Conditions	35
Figura 18 Estratto della "Main Specification": Utilities	35
Figura 19 Estratto della "Main Specification": Certifications required	36
Figura 20 Estratto della "Main Specification": Suppliers list	36
Figura 21 Estratto P&ID San Roque: Heater	42
Figura 22 Proprietà termofisiche dell'aria	44
Figura 23 Dati e risultati utilizzati per l'HTC.....	44
Figura 24 Dati per il dimensionamento dell'heater	45
Figura 25 Risultati dimensionamento heater	45
Figura 26 Andamento della temperatura dell'olio in funzione del tempo.....	45
Figura 27 P&ID-revisione A.....	46
Figura 28 Estratto della classe di linea (carbon steel).....	47
Figura 29 P&ID-revisione B.....	47
Figura 30 Estratto del datasheet dello scambiatore	48
Figura 31 Estratto classe di linea (stainless steel).....	48
Figura 32 Estratto P&ID (motori e pompe).....	49
Figura 33 Estratto della specifica del motore	50
Figura 34 Extra specification del motore	51
Figura 35 Analisi costi: scenario 1.....	52
Figura 36 Analisi costi: scenario 2.....	53
Figura 37 Confronto scenari	54
Figura 38 Diagramma di Gantt in seguito alle modifiche del Delivery time.....	54

Figura 39 GA preliminare.....	55
Figura 40 Particolare della LO: camminamento.....	56
Figura 41 GA San Roque (1).....	57
Figura 42 GA San Roque (2).....	57
Figura 43 Impianto Nizhnekamsk	59
Figura 44 Utenze Lube Oil: Cracked gas	59
Figura 45 Utenze Lube Oil: Ethylene & Propylene	60
Figura 46 Estratto della "Main specification": Site informations	60
Figura 47 Estratto della "Main specification": caratteristiche operative	61
Figura 48 Estratto della "Main specification": caratteristiche filtro.....	61
Figura 49 Estratto P&ID: sistema di alimentazione e pompe	62
Figura 50 Procedura per l'esportazione in Russia.....	63
Figura 51 Estratto P&ID: PSV	64
Figura 52 Risultati dimensionamento PSV	65
Figura 53 Dimensioni PSV.....	66
Figura 54 Sezione di una PSV.....	66
Figura 55 Abaco perdite di carico concentrate.....	68
Figura 56 Tabella riassuntiva lunghezza equivalente.....	68
Figura 57 Estratto GA: Percorso PSV-Tank.....	69
Figura 58 Dati utilizzati per il calcolo delle perdite di carico.....	70
Figura 59 Risultati della verifica delle perdite di carico	70
Figura 60 Estratto P&ID: Flame arrestor.....	71
Figura 61 Grafico della velocità del fronte di fiamma in funzione della lunghezza del tubo	72
Figura 62 Andamento della viscosità cinematica in funzione della temperatura	73
Figura 63 Confronto ISO VG 46/32	74
Figura 64 Esempio 1: tabella Test Procedure	74
Figura 65 Esempio 2: tabella Test Procedure	75
Figura 66 GA Lube Oil NkNk.....	76
Figura 67 Estratto GA: Linea acqua scambiatore.....	76
Figura 68 Dati verifica strutturale	77
Figura 69 Risultati verifica strutturale	77
Figura 70 Distribuzione delle tensioni (tank).....	78
Figura 71 Distribuzione delle tensioni (impianto).....	78
Figura 72 Estratto P&ID: scambiatori di calore.....	79
Figura 73 Gruppo di valvole accoppiate con comando simultaneo (configurazione iniziale)	79
Figura 74 Gruppo di valvole accoppiate con comando simultaneo (configurazione finale)	80

Abstract

La tesi ad oggetto riporta quello che è stata l'esperienza nella Flenco Fluid System. L'obiettivo di tale tesi è quello di affrontare la gestione commessa ricoprendo il ruolo del "Project Leader". Tale figura è il fulcro dell'ufficio tecnico ed è colei che svolge l'attività di ingegnerizzazione dell'impianto.

La permanenza in azienda ha permesso di entrare in contatto con diversi progetti apprendendo così le metodologie aziendali di risoluzione delle relative problematiche e mettere in pratica le conoscenze teoriche acquisite durante il corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica.

Il Project Leader deve organizzare, a breve ed a lungo termine, le attività necessarie per completare il progetto affidatogli, collaborando a stretto contatto con gli altri reparti aziendali e occupandosi della gestione del fornitore e del cliente.

Le commesse con la quale si è entrati principalmente in contatto sono la Lube Oil di "San Roque" e di "NkNk". Ausiliari di grandi macchine rotative, come turbine e compressori, tali impianti hanno lo scopo di assicurare le condizioni operative ottimali del fluido lubrificante dei cuscinetti.

La Lube Oil di San Roque è stata realizzata per Cepsa e presenta come utenza un compressore installato all'interno di una grande raffineria. Le dimensioni di tale macchina ausiliaria non sono rilevanti, infatti le principali problematiche sono frutto dell'ubicazione e dell'elevata esigenza del cliente. Essendo situata in una zona costiera, molto vicina al mare, l'elevato grado di sicurezza necessario si è tradotto in una ampia richiesta di certificazioni e normative da rispettare per ogni componente. Al tutto si sono unite le continue richieste e revisioni del cliente che hanno prolungato e complicato il lavoro per completare tale progetto senza extra-costi.

Le Lube Oil di NkNk sono state realizzate per Nizhnekamskneftekhim e fungeranno da ausiliari per turbine e compressori multistadio di un grande impianto atto alla produzione di materie plastiche.

In questa commessa sono state affrontate una serie di complicanze legate alla normativa di riferimento che esigeva il cliente: la GOST. Lavorando poco con fornitori russi la verifica che i componenti rispettassero i parametri della suddetta normativa ha generato non poche problematiche. È stato inoltre necessario che ogni componente fosse munito di relativo passaporto tecnico per potere essere esportato in Russia. Atipicità di tale commessa è anche la temperatura minima di stoccaggio di -47 °C che ha ristretto di molto la scelta dei fornitori utilizzabili.

1 Flenco Fluid System

La Flenco Fluid system è un'azienda dell'indotto torinese specializzata nella produzione di impianti nei campi dell'Oil & Gas, Energy, Petrochemical e Power Production. Collabora con realtà come General Electric, Siemens, Baker Hughes, Mitsubishi fornendo loro impianti e sistemi ausiliari per grosse macchine rotative come Turbine a gas e compressori.



Figura 1 Piattaforma Umm Lulu realizzata in collaborazione con Flenco Fluid System

1.1 Profilo e storia dell'azienda

L'azienda nasce nel 1988 come studio ingegneristico specializzato nel settore della fluidodinamica. Qualche anno dopo l'esigenza di mettere in pratica i risultati e le conoscenze acquisite spinge la Flenco ad acquisire il primo stabilimento produttivo a Trino (VE). Tale mossa si rivelò vincente in quanto in quegli anni ci fu il boom del mercato energetico che portò l'azienda su importanti palcoscenici internazionali al quale seguì l'apertura nel 1998 di una sede in Messico.

Ben presto aprì uno stabilimento in Slovenia e in Cina, inoltre venne acquisita la Thermos Engineering incrementando così le capacità aziendali e le conoscenze dei sistemi ausiliari. Tra il 2011 e il 2012 la società passa nelle mani del Gruppo "Ilmed" subendo un ridimensionamento che ridusse sia il numero che l'importanza delle succursali estere, eccezion fatta per lo stabilimento in Slovenia.

Gli ultimi anni però non sono stati facili per la Flenco che ha dovuto affrontare la crisi del settore energetico, ma nonostante tutto riesce ancora ad affermarsi sul mercato internazionale e con buoni margini di miglioramento.

Il “cervello” dell’azienda oggi è ad Avigliana (TO) dove vengono svolte le attività di organizzazione, marketing ed ingegneria che precede ed accompagna la produzione dell’impianto. È qui infatti che viene svolta la gestione commesse, metodo di lavoro della Flenco Fluid System che le permette di soddisfare qualsiasi tipo di richiesta da parte del cliente.

1.2 Il gruppo e la missione

La Flenco rappresenta uno dei capisaldi del Gruppo “Ilmed Group” che opera in diversi settori industriali che vanno dalla progettazione e realizzazione di impianti di raffreddamento e trattamento delle acque, fino alla produzione di gruppi di ventilazione. La missione della Flenco Fluid System è quella di soddisfare a pieno il cliente fornendogli impianti con qualsiasi tipo di customizzazione nel minor tempo possibile. Cioè che più la contraddistingue è infatti la sua flessibilità che le permette di lasciare la propria zona di confort e affrontare le sfide giornaliere. Tale peculiarità le consente di adattarsi e soprattutto di evolversi diversificando il proprio lavoro e sopravvivendo così al mercato. Nel gruppo rientra “Ilmed Logistics and Technologies” che offre servizi di pianificazione e monitoraggio delle attività di logistica, gestione magazzini e stoccaggio, confezionamento e packaging di prodotti e merci il tutto con il supporto di tecnologie informatiche.

La “Ilmed Immobiliare” è nel ramo che si occupa principalmente di edilizia, con la realizzazione di infrastrutture sia civili che industriali, manutenzione di strutture già esistenti e gestione delle proprietà immobiliari. La “Car Clinic” invece si occupa della riparazione di automobili, riqualificazione degli interni e delle carrozzerie, con servizi personalizzati e a domicilio.

Infine troviamo il Sant’Anna Institute, o “Sorrento Lingue”, è un centro educativo riconosciuto a livello internazionale. Fornisce formazione di livello universitario negli studi artistici, umanistici e delle scienze del linguaggio, inoltre è base per programmi di studio all’estero.

1.3 I prodotti Flenco

L’offerta di Flenco al mercato è molto vasta, in particolare nella fornitura ricade l’impianto con annesso lo “skid”, cioè il basamento su cui verranno montati i diversi componenti.

Quest'ultimo richiede una fase di progettazione legata al design e ottimizzazione dello spazio, ma anche una fase di verifica, statica e dinamica dei carichi, necessaria per garantire la solidità della struttura nel tempo ed il trasporto della stessa.

I prodotti offerti sono:

- LUBE OIL SYSTEM: impianti atti alla lubrificazione delle parti rotanti di turbine, compressori, pompe, generatori. In particolare, si occupano del filtraggio, raffreddamento e controllo del fluido lubrificante.
- SEAL OIL/GAS PANEL: è un pannello progettato per fornire gas di tenuta agli alberi dei vari compressori rotanti, garantendo il contenimento dei fluidi di processo. Il pannello include filtri, valvole di controllo pressione/flusso e vari strumenti per condizionare, controllare e monitorare il fluido in entrata ed uscita dalle tenute.
- LIQUID AND GAS FUEL SYSTEM: sistemi che forniscono combustibile liquido e gas con un flusso ed una pressione atti all'adeguata alimentazione di turbine. Sono necessari sistemi di filtrazione, raffreddamento, pompaggio e di misurazione della portata.
- COOLING WATER SYSTEM: il sistema di raffreddamento pompa l'acqua di raffreddamento verso i cilindri del compressore per evitare che il gas e le parti del compressore raggiungano temperature eccessivamente elevate.
- DAMPERS: i recipienti in pressione sono contenitori progettati per contenere gas o liquidi a una pressione sostanzialmente diversa dalla pressione ambientale. Nella gamma di prodotti si possono trovare smorzatori di pulsazioni secondo lo standard PED o ASME.
- WATER WASHING/INJECTION SYSTEM: il sistema di lavaggio dell'acqua della turbina ha lo scopo di erogare acqua ed un flusso di detergente agli ugelli, mantenendo così alta l'efficienza. L'injection invece inietta acqua demineralizzata nel combustore attraverso gli ugelli del carburante per regolare la temperatura della fiamma di combustione e ridurre le emissioni di NOx.
- AIR SYSTEM: sistema per produrre e distribuire aria compressa a diverse utenze, controllare l'aria per strumenti e valvole in tutto l'impianto.
- GAS DRYERS: è un sistema per l'essiccazione o la rimozione di acqua dall'idrogeno usato in generatori per il raffreddamento. Il fine è quello di evitare il deterioramento della proprietà di raffreddamento dell'idrogeno. A seconda delle esigenze possono essere forniti sia essiccanti, sia refrigerati.
- STATOR WINDING COOLING SYSTEM: è progettato per fornire acqua priva di ossigeno per evitare la corrosione nel sistema, è infatti sigillato e sotto una costante sovrappressione di idrogeno.
- HYDROGEN COOLING SYSTEM: è in grado di raffreddare il generatore riempiendolo di idrogeno, mantenendolo sotto pressione, verificando la purezza

del gas e evacuandolo. Per prevenire la formazione di miscele di gas esplosivi, l'aria nel generatore viene espulsa con CO₂ prima di riempirsi di idrogeno.

- TANK AND PRESSURE VESSEL: realizzati rispettando gli standard EN (PED), ASME (U - STAMP), SQL, non sono altro che serbatoi a pressione atmosferica o in pressione per diverse applicazioni.

La Flenco però non si limita a tali prodotti, una redditizia attività è infatti la fornitura di parti di ricambio per tali impianti che spesso richiede un alto grado di dettaglio.

Infine una particolare nota va fatta alle attività di stesura della manualistica e interventi in loco sia per la manutenzione straordinaria che per la formazione degli addetti.



Figura 2 Ubicazione degli impianti Flenco dal 2014 ad oggi

1.4 L'organizzazione aziendale

Uno dei principali fattori responsabili della competitività della azienda sul mercato è la struttura organizzativa.

Esistono dei modelli di organizzazione aziendali standard applicabili che sono utilizzati come punto di riferimento per imprese operanti in un medesimo settore economico.

È possibile individuare alcune caratteristiche dell'organizzazione aziendale comuni: la divisione del lavoro e il coordinamento.

L'organizzazione aziendale consente la divisione del lavoro e delle responsabilità in due o più centri di potere, ciascuno dei quali svolge le proprie attività specializzate in modo indipendente dalle altre componenti dell'azienda.

In Flenco ritroviamo 5 centri di potere:

- Commerciale: è il primo ad interfacciarsi con il cliente in quanto è responsabile dei preventivi ed offerte commerciali.
- Engineering: responsabile di ogni aspetto tecnico della commessa, a partire dalla progettazione e selezione componenti fino alla disegnazione dell'impianto.
- Expediting: responsabile degli acquisti, partendo dalle richieste di acquisto fino alla logistica.
- Amministrazione e Management: responsabile del coordinamento delle risorse aziendali, della strategia societaria e gestione finanziaria dalle fatture, fino alla gestione e redazione del bilancio.
- Produzione: responsabile appunto della produzione e assemblaggio.

Tali centri sono dislocati in strutture diverse, cioè le 5 sedi dell'azienda. Commerciale, Engineering, Expediting, Amministrazione e Management sono collocate nella sede di Avigliana (TO), "cervello" dell'azienda.

Le stesse mansioni sono svolte nella sede di Calenzano (FI), dove però manca il quarto centro di potere.

Le sedi di Trino V.se (VC) e Ptuj, in Slovenia, rappresentano invece il "braccio" dove si realizzano concretamente i prodotti Flenco.

Ultima, ma non per importanza, è la sede di Ningbo in Cina, un distaccamento abbastanza indipendente dalle sedi europee, ma di importanza strategica in quanto dà alla Flenco la possibilità di apparire su un palcoscenico estremamente importante.

2 La gestione commessa

Esistono molti metodi di classificazione della produzione, uno di questi si basa Wortmann, che divide gli impianti secondo il customer decoupling point, ovvero secondo il momento in cui la produzione passa da essere “su previsione” ad essere basata sull'ordine dei clienti. In tal senso si hanno impianti che producono:

- M.T.S. (Make to stock - Produci per il magazzino)
- A.T.O. (Assembly to order - Assembla sulla base dell'ordine)
- M.T.O. (Make to order - Produci sull'ordine)
- E.T.O. (Engineer to order - Progetta sulla base dell'ordine)

Nella categoria *Engineer to order* si colloca la gestione commessa, infatti la fabbricazione comincia solo dopo aver ricevuto l'ordine e la produzione non può iniziare finché l'ordine del committente non sia stato acquisito. Solo al momento della conferma dell'ordine sono attivate le operazioni di progettazione/ingegnerizzazione.

Qui si riconoscono i tipici elementi delle commesse singole, generalmente di elevato valore unitario. È da notare che in questo caso la progettazione entra a far parte integralmente del processo produttivo, e quindi i tempi di realizzazione possono essere anche molto lunghi^[1].

È importante fare una distinzione tra commesse a lungo termine e commesse a breve termine: le prime hanno durata anche pluriennale, mentre le seconde hanno durata che va tra i 6-12 mesi. Quelle che in genere sono commissionate alla Flenco sono a breve termine, questo significa che il delivery time rappresenta il nemico principale, infatti tale metodo di produzione in genere è una corsa contro il tempo e dove gli imprevisti sono all'ordine del giorno. Il tutto è spesso complicato dall'elevata partecipazione del cliente che lavora e supervisiona a stretto contatto con l'azienda committente.

La gestione del lavoro su commessa d'altronde non è facile, soprattutto perché bisogna non solo lavorare sul fronte interno (dipendenti e processi produttivi), ma anche su quello esterno, difatti la relazione con il richiedente assume un ruolo centrale. Non si lavora più esclusivamente per i ricavi dell'azienda, ma per soddisfare un preciso bisogno. Tuttavia, tale obiettivo non deve mettere in secondo piano i ricavi, per cui il lavoro su commessa diventa un esercizio di equilibrio fra produzione, risultati e guadagni.

Un altro tipo di classificazione interna, allineata al lavoro svolto in Flenco, si può fare considerando quanto intervenga nel progetto l'ufficio tecnico con la sua attività di ingegnerizzazione:

- Tipologia “Build to Print”: la fase di ingegnerizzazione è svolta principalmente dal cliente che fornisce non solo la lista di tutti i componenti da installare (Bill Of

Material), ma anche schemi funzionali ed una bozza di modello 3D da seguire nella definizione del layout finale. L'ufficio tecnico dovrà quindi supervisionare tale lavoro segnalando eventuali errori, oppure suggerire, in base alle proprie conoscenze o ad esperienze passate, eventuali migliorie da apportare. Tale attività va svolta a 360° sul materiale fornito, vengono infatti analizzate anche le specifiche tecniche che riportano le informazioni relative alle tubazioni, impianto elettrico, componenti principali, strumentazione, materiali da utilizzare e i rispettivi modelli. Il cliente si preoccupa di fornire anche una lista di fornitori spesso da rispettare in modo rigoroso.

- Tipologia "Build to Spec.": molto diversa dalla precedente tipologia, infatti in tale commessa il cliente fornisce soltanto il P&ID (schema funzionale dell'impianto) ed una serie di specifiche da rispettare rigorosamente. Da ciò ne deriva che i tecnici hanno molto più da fare rispetto alla BtP, motivo per cui in genere è affidata alle risorse esperte della Flenco. La lista dei fornitori non è da seguire così rigorosamente come nel caso precedente, inoltre sarà l'ufficio tecnico, in seguito ad una prima selezione fatta dal commerciale, a dover selezionare il prodotto giusto dal fornitore migliore. Altra sostanziale differenza è il lavoro di progettazione, molto più lungo e complesso in quanto il design dell'impianto va ideato partendo soltanto dal P&ID, vanno inoltre realizzate le messe in tavola, i piping sketch per l'assemblaggio e definite le tubazioni.
- Tipologia "Build to Spec. Atipica": ultima tipologia che rappresenta però la più complessa. La Flenco in questi casi viene coinvolta sin dal principio dovendosi confrontare con il cliente per realizzare anche P&ID. Il cliente che per motivi di inesperienza o per motivi di tempo si affida totalmente all'azienda che dovrà con esso definire anche le caratteristiche dei componenti principali. Tale commessa rientra nelle corde della Flenco grazie alla sua esperienza pluriennale che le ha permesso di acquisire un livello di conoscenza tale della materia da essere in grado di trovare soluzioni innovative e soddisfacenti anche per problematiche mai affrontate fino ad ora dal cliente.

2.1 Fasi di sviluppo della commessa

Al fine di ottenere degli ottimi risultati, lo sviluppo della commessa viene suddiviso in più fasi. Le fasi sono un insieme di attività correlate fra loro il cui completamento determina la conclusione del progetto. Tale suddivisione viene fatta perché le commesse possono risultare complesse e quindi richiedono molte competenze specifiche in ambiti diversi che sarebbe impossibile ritrovare in un'unica persona. Le fasi possono essere consecutive

oppure contemporanee, in entrambi i casi ognuna si conclude con la verifica del lavoro eseguito e dei risultati ottenuti al fine di determinare il livello di accettazione. In tal modo, se la fase si ritiene conclusa si passa alla successiva, viceversa, se la fase non si considera terminata, si valuta se è necessario un ulteriore lavoro o se sia il caso di bloccare la realizzazione del progetto.

Vi sono strutture organizzative che adottano regole per standardizzare tutti i progetti nei quali è molto importante l'integrazione delle diverse fasi.

Nella Flenco la commessa si articola di 5 fasi:

- preventivazione;
- ingegnerizzazione;
- disegnazione;
- acquisti;
- produzione.

Viene qui riportato uno schema di flusso che riassume come viene affrontata una commessa.

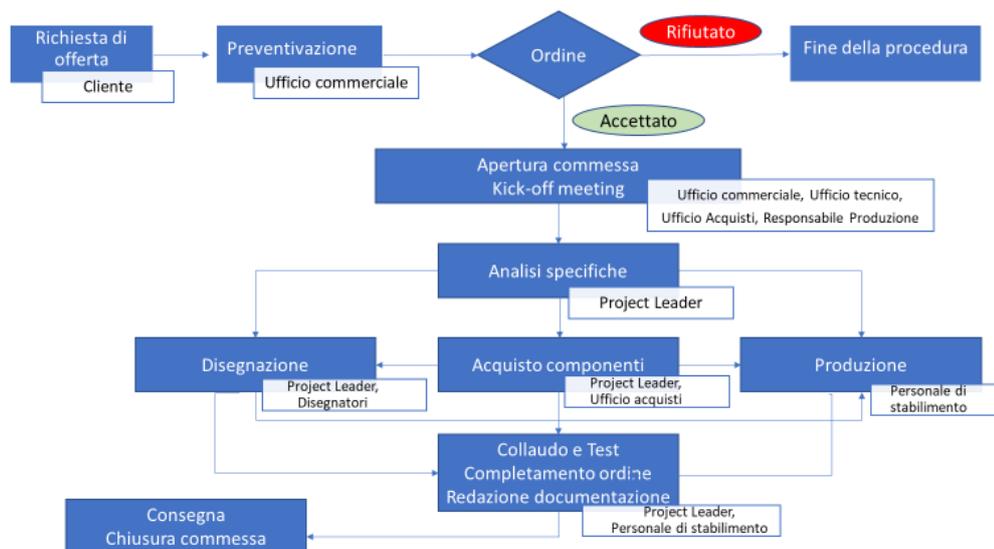


Figura 3 Schema di flusso delle fasi di una commessa

2.1.1 Ufficio commerciale: preventivazione

Il filo conduttore dell'intero flusso di gestione della commessa è sempre il budget, la cui vera essenza deriva dallo sforzo comune di definire obiettivi che sono raggiungibili solo se coordinati, e dalla consapevolezza che il funzionamento del complesso dipende dall'andamento di ogni sua componente.

La fase iniziale di una commessa è sicuramente la preventivazione che consiste nel formulare un preventivo al cliente incluso del tempo necessario per la consegna.

Da tale fase scaturiscono diversi flussi che coinvolgono a vario titolo e a più riprese il reparto tecnico e acquisti.

Il punto di partenza è la richiesta del preventivo che normalmente perviene da fonti diverse (cliente o potenziale tale, agente, segnalatore, ecc.).

Nella gestione di questa fase il ruolo di protagonista è svolto dall'ufficio commerciale la cui attività è estremamente importante ed allo stesso tempo delicata, infatti le aziende possono riscontrare delle problematiche che, se non affrontate in modo tempestivo ed efficiente, rischiano di compromettere l'intera commessa.

L'ufficio commerciale deve saper gestire in maniera integrata più tipologie di prodotto e in generale qualsiasi tipo di movimento o attività effettuata a fronte della commessa, ma allo stesso tempo saper valorizzare correttamente gli interventi tecnici o i ricarichi.

Una volta effettuato il preventivo sta al cliente decidere se confermare o rifiutare l'offerta, il tutto accompagnato da tempi di contrattazione che spesso possono essere anche molto lunghi.

Quando il cliente confermerà il preventivo allora verrà emesso l'ordine attraverso un documento ufficiale chiamato "Purchase Order". Qui sono racchiuse tutte le principali richieste del cliente che vanno dalla lista di componenti, con le rispettive certificazioni necessarie, informazioni sul sito di installazione, le specifiche a cui far riferimento per la realizzazione della commessa, le normative di riferimento, fino a volte anche alla BOM (Bill Of Material) dei componenti e la lista dei materiali da utilizzare.

2.1.2 Ufficio tecnico: ingegnerizzazione e disegno

Grazie alle competenze di tale ufficio la commessa comincia a prendere vita trasformandosi da un preventivo a qualcosa di concreto. Qui si portano a termine le fasi di ingegnerizzazione e disegno dell'impianto che spesso, superato un primo periodo di inquadramento della commessa in cui si selezionano i componenti principali, vengono svolte in contemporanea.

Necessita di un personale estremamente flessibile, viene infatti coinvolto in quasi tutte le fasi:

- preventivazione: il reparto commerciale in tale attività richiede consulenza ai tecnici in modo da poter selezionare ed ottenere, in maniera molto superficiale, una serie di offerte da parte dei fornitori che siano allineate alle richieste;
- acquisti: è l'ufficio tecnico ad avere l'ultima parola sull'acquisto, ma una volta presa tale decisione l'ordine passa in mano all'ufficio acquisti che continuamente

si interfaccia con i tecnici per chiarimenti e delucidazioni sul materiale acquistato, in modo tale che quest'ultimo rispetti le clausole richieste;

- produzione: piccoli e grossi problemi possono presentarsi in tale fase, l'ufficio tecnico viene anche qui consultato per capire la natura di tutto ciò e porvi rimedio. Il tecnico responsabile della commessa spesso partecipa attivamente a tale fase dirigendo le attività di assemblaggio, calibrazione e test del prodotto finale.

L'Ufficio tecnico ha competenze necessarie per comprendere le specifiche da rispettare per realizzare il progetto, infatti è qui che quest'ultime sono analizzate accuratamente in modo tale da procedere alla definitiva scelta dei fornitori. Tutte le attività in questa fase richiedono velocità di esecuzione in quanto, prima di poter acquistare gli items e produrre l'impianto, esso deve essere progettato.

Rispettando le specifiche, si effettua il dimensionamento delle componenti, oppure, nel caso tale lavoro sia già stato effettuato dal cliente, si effettua una verifica al fine di essere sicuri del funzionamento del prodotto finale.

Il lavoro di selezione è contemporaneo alla fase di disegnazione 3D, man mano infatti che si hanno a disposizione i componenti è possibile effettuare una bozza iniziale di impianto, necessario per capire le dimensioni effettive e il design.

Quando tutti i componenti sono stati definiti è possibile emettere il GA cioè il "General Arrangement", ovvero il disegno 3D finale del prodotto. Una volta emesso il GA definitivo la fase di disegnazione prosegue con la realizzazione delle messe in tavola che sono a volte richieste dal cliente, ma il loro scopo principale è di essere il "libretto di istruzioni" per il reparto di produzione.

Il lavoro dell'ufficio tecnico non finisce qui, esso infatti è coinvolto nella stesura della documentazione necessaria, tale compito non è da sottovalutare in quanto richiede tempo, precisione ed elevato grado di conoscenza della materia. Il cliente infatti esige datasheet, calcoli del dimensionamento, passaporti, manuali d'istruzioni e tanto altro che spesso richiedono estrema precisione nella loro realizzazione. Egli inoltre si riserva l'ultima parola per l'approvazione di tali documenti che sono, per tale motivo, caratterizzati da continue revisioni.

2.1.3 Reparto expediting: acquisti

Gli addetti di tale reparto hanno diverse responsabilità, infatti in fase di preventivo possono essere consultati dal commerciale per l'individuazione dei potenziali fornitori in modo da effettuare una prima scrematura delle offerte valutando, in base alle loro conoscenze, le migliori dal punto di vista qualità/prezzo.

L'addetto acquisti si occupa di pianificare gli ordini in base al fabbisogno di materiale e alle specifiche priorità delle commesse, coordinandosi con il Project Manager.

Sono loro ad effettuare l'ordine al fornitore, in seguito al ricevimento dell'RDA cioè la richiesta d'acquisto compilata dal settore tecnico, il fornitore quindi verrà contattato per effettuare formalmente l'ordine. Tale fase molto delicata richiede una verifica attenta affinché venga acquistato il componente richiesto, anche una sola lettera diversa nel codice indicativo del prodotto può causare diverse problematiche, anche gravi.

Il tutto si svolge effettuando continue operazioni di negoziazione dei termini di acquisto e delle condizioni della fornitura.

Al centro del lavoro del Buyer c'è quindi la relazione con i fornitori (nazionali ed internazionali): trattare e negoziare per acquisire beni e servizi al prezzo più competitivo, senza compromettere la qualità e rispettando il budget. In tale contesto quindi l'attività di scouting di nuovi fornitori è molto importante.

Si occupa di verificare il rispetto delle procedure concordate riguardanti pagamenti e qualità dei prodotti, cercando di ottimizzare le tempistiche di consegna.

Gestisce e registra la logistica in modo da poter fornire in qualsiasi momento il quadro della situazione alla produzione ed al PL.

Collabora con il reparto controllo qualità, e comunica ai fornitori eventuali reclami e resi. Tale ufficio deve avere capacità di analisi per prevedere l'andamento dei mercati e dei prezzi, conoscere a fondo le logiche operative aziendali per anticiparne le necessità, ma anche avere dimestichezza con la contrattualistica commerciale, le caratteristiche tecniche e produttive delle forniture da trattare.

Il Buyer analizza costantemente le informazioni provenienti dai reparti interni (produzione, area commerciale, logistica...), dai fornitori, dalla rete vendita e dal mercato (concorrenti, dati economici e finanziari...), e provvede, in base a quanto rilevato, all'eventuale modifica dei piani d'acquisto per future commesse.

2.1.4 Reparto produzione: assemblaggio e produzione

Nonostante sia l'ultima fase che caratterizza la commessa, spesso in Flenco avviene che le attività svolte in tale reparto comincino precedentemente al completamento delle mansioni dell'ufficio tecnico, in particolare una volta definito il GA cominciano le lavorazioni e l'assemblaggio del basamento.

Si parte dalle travi, che costituiscono lo scheletro, per poi passare alla costruzione dei supporti per i componenti che devono essere ben saldi sullo skid.

Una volta progettati dal Project Leader vengono poi realizzati tank, rundown tank e tutti gli altri eventuali serbatoi atmosferici necessari per la commessa.

Colonna portante della produzione sono sicuramente i saldatori: sono continuamente occupati in quanto la saldatura è una delle attività principali svolte in produzione dato che interviene in quasi tutte le attività. La Flenco infatti ha a disposizione parecchi saldatori e rilascia diversi certificati di conformità ormai necessari per qualsiasi tipo di lavorazione, ma necessari soprattutto per gli impianti che prevedono l'utilizzo di fluidi pericolosi ed in pressione.

Oltre alle lavorazioni dello skid e i serbatoi, una fase molto lunga è quella relativa all'assemblaggio delle tubazioni. Le linee sono composte sia da tubing, facilmente lavorabile, ma soprattutto da piping che in base al loro diametro possono coinvolgere per lo stesso tratto anche più personale, si pensi per esempio a tubazioni in acciaio inox molto pesanti.

Gli stabilimenti di produzione dislocati uno in Italia ed uno in Slovenia per motivi di logistica, effettuano anche attività di verniciatura e trattamenti superficiali necessari in quanto gli ambienti in cui sono destinati la maggior parte degli impianti sono estremamente aggressivi: dalla corrosione degli ambienti marini, alle estreme temperature che possono variare da -47 °C a +50 °C. Per tali motivi una pratica ben diffusa è l'utilizzo di sistemi antigelo e isolanti termici, che non solo proteggono i componenti dall'ambiente, ma anche il personale addetto all'impianto che potrebbe entrare in contatto con superfici pericolose (es. tubi entranti nello scambiatore di calore).

Ogni impianto inoltre necessita della strumentazione e la componentistica elettrica con relativa fase di cablaggio e calibrazione.

Infine, in zone ben definite della struttura, si effettuano i test non distruttivi e il collaudo. Sono fasi molto delicate e in particolare il collaudo viene generalmente effettuato con la presenza del cliente. Apparecchiature e banchi di prova presenti negli stabilimenti di produzione sono necessari per tali attività.

2.2 Il Project Leader

Friedrich Nietzsche diceva che *"Fare grandi cose è difficile, ma guidare grandi cose è ancor più difficile"*, una frase attualizzabile ai nostri contesti aziendali se pensiamo al ruolo del Project Leader.

Cuore pulsante dell'ufficio tecnico il PL è colui che segue la commessa dalla fase di preventivazione (quando viene consultato dal commerciale), nella fase di ingegnerizzazione e ne segue assemblaggio e test.

Deve essere flessibile, con spiccate doti organizzative, di pianificazione e decisionali, avere conoscenze trasversali e competenze comunicative.

La pianificazione implica dare una struttura alle attività, sia a breve che a lungo termine, in modo tale che siano coerenti con gli obiettivi di tempo e di costo del progetto, tenendo in considerazione anche i vincoli sulle risorse a disposizione.

L'abilità del PL sta nell'interpretare e raggiungere gli obiettivi reali del progetto dall'inizio alla fine, assicurandosi di soddisfare le aspettative del committente rispettando i tempi di consegna.

È colui quindi che prende decisione e, giuste o sbagliate che siano, se ne assume le responsabilità. Per tale motivo deve possedere conoscenze che coprono diversi ambiti, ma anche saper delegare dove ce ne fosse la necessità.

Nella gestione di un ciclo di produzione su commessa il Project Leader affronta un progetto dove il cliente assume un ruolo centrale, in quanto definisce spesso delle personalizzazioni e revisioni del prodotto in corso d'opera che richiedono delle vere e proprie riprogettazioni e un elevato livello di incertezza nel corso di tutto il progetto. Tale problematica fa sì che sia necessaria una spiccata flessibilità, intesa come capacità di adattamento, ma anche doti comunicative che gli permettano di confrontarsi non solo con gli altri reparti aziendali, ma anche con il cliente.

2.2.1 Il ruolo e le attività del PL in Flenco

Inizialmente in Flenco esistevano due figure tecniche:

1. Project Engineer (PE), era il vero responsabile tecnico del progetto e persona di riferimento in tale ambito per il cliente. Scelta dei componenti, ingegnerizzazione e documentazione erano le sue mansioni.
2. Project Manager (PM), era invece incaricato del management della commessa in tutto il suo ciclo vitale, fungendo da collante tra il PE e i vari reparti aziendali. La comunicazione con il cliente era limitata a questioni riguardanti extracosti e scadenze.

Adesso tali figure sono convogliate nel Project Leader che, nonostante sia consultato in fase di preventivo, prende il carico la commessa con il "Kick-off Meeting".

Come già intuibile dal nome tale riunione dà il via al progetto, per tale motivo è necessaria la presenza di un esponente di ogni ufficio che se ne occuperà. In genere il primo a prendere la parola è il commerciale che illustra il suo lavoro e le informazioni in suo possesso al team. Il PL, l'acquirente, il disegnatore, l'elettrico e il responsabile della produzione avendo a questo punto il quadro generale possono collaborare con il commerciale al fine di stilare il preventivo esecutivo detto "Purchase Order".

Oltre a tale documento viene definito un piano esecutivo detto PMT cioè "Production Manufacturing Tool" in cui sono esplicitate le date che segnano l'inizio e la fine di ogni

fase operativa, tra esse assume notevole importanza, per il lavoro del PE, la data di inizio dell'assemblaggio, quella del test e ovviamente quella di consegna.

Ultima attività è la stesura della Bill of Material (BOM), ovvero l'elenco di tutti i componenti, semilavorati e materiali necessari a realizzare l'impianto che a volte può essere fornita dal cliente stesso.

Terminato il meeting il Project Leader comincia la sua analisi accurata delle specifiche fornite dal cliente e del P&ID in modo tale da poter organizzare le sue attività.

Una volta acquisite tali conoscenze passa in rassegna le offerte dei componenti fornite dal commerciale e comincia un lavoro di correzione e allineamento con il fornitore in modo da ottenere l'offerta definitiva che soddisfi tutte le specifiche.

Tale attività si conclude con la richiesta di acquisto (RdA) e la compilazione della distinta del componente sul software gestionale: AS400. Grazie a tale attività può cominciare il lavoro di contrattazione con il fornitore ed emissione dell'ordine da parte dell'ufficio acquisti.

Man mano che i componenti sono definiti il PL fornisce i dati necessari al disegnatore che comincia, in parallelo all'attività di selezione da parte del PL, la disegno 3D dell'impianto. Nonostante non si occupi direttamente del disegno è comunque responsabilità del PL supervisionare e soprattutto fornire al disegnatore le informazioni sui componenti (es. dimensioni e peso dei vari elementi) e le direttive relative alla normativa di riferimento. Un esempio di informazioni che devono essere fornite, riguardanti la normativa di riferimento, è il tipo di collegamento utilizzato nelle tubazioni in ingresso al serbatoio di una Lube Oil: durante la mia esperienza in Flenco tale indicazione era stata omessa sul P&ID e quindi è stata mia premura accertarmi, consultando la normativa, che il collegamento dovesse essere di tipo flangiato, ed in seguito comunicare tale direttiva al disegnatore e richiedere una revisione del P&ID.

Conclusa la selezione il PL si dedica al censire e, in caso fosse necessario, alla stesura della documentazione necessaria: per ogni commessa deve essere soddisfatto il suo QCP ovvero il "Quality Control Plan" in cui vengono elencati tutti i certificati, le schede tecniche, manualistica e test richiesti per i componenti dell'impianto.

Terminata la fase di disegno può cominciare la produzione e assemblaggio dell'impianto in cui la figura del PL viene continuamente consultata per eventuali problemi.

A fine produzione l'impianto può presentarsi suddiviso in diversi moduli in modo da facilitarne la spedizione.

Rimane soltanto la fatturazione e la chiusura della commessa che avviene nel meeting finale in cui il team valuta l'andamento della stessa. Tale riunione è un utile strumento di feedback per l'ente commerciale che sfrutta le informazioni ricevute per migliorare future quotazioni.

Viene riportata in allegato la “Tabella delle responsabilità” della Flenco Fluid System focalizzata sul ruolo del Project Leader.

2.2.2 Strumenti e metodi del PL

Il ruolo del PL richiede organizzazione e pianificazione, ma allo stesso tempo è necessaria molta flessibilità e senso pratico.

L’esperienza in Flenco mi ha permesso di toccare con mano cosa significa tutto ciò ed acquisire gli strumenti e i metodi necessari per ricoprire tale carica.

Tali skills sono necessarie giornalmente in quanto è il PL ad organizzare e pianificare il proprio lavoro in base alle priorità. Quest’ultime però posso cambiare di ora in ora a causa dei più svariati motivi, quindi flessibilità e senso pratico permettono rispettivamente di adattarsi alle diverse situazioni e risolvere rapidamente, quando possibile, le problematiche.

Uno dei primi strumenti utilizzati è il “Piano della committenza”, in essa sono elencati tutti i componenti da acquistare per l’impianto. Il Project Leader, in base alla sua esperienza ed ai preventivi fatti dal commerciale, completerà tale tabella inserendo:

- i tempi di consegna degli elementi;
- gli ipotetici fornitori;
- la data di inizio assemblaggio.

Tale tabella restituirà al PL la settimana entro cui dovrà selezionare ed ordinare il componente in modo da non presentare ritardi dovuti ai tempi di consegna dei vari items. Fornendo le priorità in base al tempo di consegna permette quindi di definire un piano di azione, ma allo stesso tempo anche un quadro generale della situazione.

Item	Supplier	Tempo consegna	Data ultima per PO	limite di consegna per pre assembly
		[week]		
Steam turbine	DRESSER	32	09/02/2020	11/10/2020
Backpressure valve	DRESSER MASON EILAN	24	05/04/2020	11/10/2020
Pressure control valve	DRESSER MASON EILAN	24	05/04/2020	11/10/2020
Oil cooler	FUNKE	23	12/04/2020	11/10/2020
Oil cooler	FUNKE	23	12/04/2020	11/10/2020
AC motor for auxiliary LO pump	ABB	23	12/04/2020	11/10/2020
AC motor for main LO pump	ABB	23	12/04/2020	11/10/2020
Oil purifier	ALFA LAVAL	20	03/05/2020	11/10/2020
Manual valves	OPM	20	03/05/2020	11/10/2020
Differential pressure transmitter	EMERSON	17	24/05/2020	11/10/2020
Pressure transmitter	EMERSON	17	24/05/2020	11/10/2020
Differential pressure transmitter	EMERSON	17	24/05/2020	11/10/2020
Level switch	EMERSON	17	24/05/2020	11/10/2020
Level switch RDT	EMERSON	17	24/05/2020	11/10/2020
Mail LO pump	LEISTRITZ	16	31/05/2020	11/10/2020
Mail LO pump	LEISTRITZ	16	31/05/2020	11/10/2020
Auxiliary LO pump	LEISTRITZ	16	31/05/2020	11/10/2020
Duplex LO filter	BOLL&KIRCH	13	21/06/2020	11/10/2020
Emergency LO filter	BOLL&KIRCH	13	21/06/2020	11/10/2020
Oil mist	SOLBERG	12	28/06/2020	11/10/2020
Electric heater	ELMESS	12	28/06/2020	11/10/2020
Sight glass	fival	10	12/07/2020	11/10/2020
Double termocouple with transmitter	wika	10	12/07/2020	11/10/2020

Figura 4 Esempio di "Piano della committenza"

L'utilizzo di tabelle personalizzate risulta essere un ottimo strumento anche per la comunicazione, infatti la prima commessa seguita in Flenco esigeva che i manuali e i certificati di ogni componente fossero in russo. Tale richiesta ha reso necessario l'utilizzo di un consulente esterno che traducesse, lì dove fosse necessario, tale documentazione, ma allo stesso tempo che verificasse che le traduzioni eseguite dai fornitori fossero allineate con gli standard russi.

Per organizzare il lavoro del consulente ed avere un resoconto dell'andamento di tale attività è stata stilata una tabella che veniva periodicamente compilata da entrambe le parti.

Tale strumento, per quanto banale possa apparire, rappresenta una metodologia di lavoro ordinata ed organizzata che non è da sottovalutare, inoltre permette anche ad un esterno di avere velocemente un'idea della situazione.

Ovviamente come in ogni cosa l'abuso arreca danni: spesso creare tali tabelle richiede parecchio tempo, sta quindi al PL valutare quando quest'ultime siano veramente necessarie.

Date le richieste specifiche di ogni componente la fase di offerta del componente è molto delicata, per tale motivo prima di procedere con l'ordine è necessario preparare meticolosamente la distinta sul software utilizzato in Flenco: AS400.

Tale software, oltre che di natura gestionale, permette anche la comunicazione tra ufficio tecnico e acquisti, infatti la distinta caricata dal PL contiene ogni dettaglio richiesto per l'item ed è quindi necessaria all'acquirente per effettuare l'ordine.

```

* DESCRIZIONI AGGIUNTIVE *
LINGUA Italiano
Descrizioni Aggiuntive          I-Interna
MANUFACTURER: RONI              -
=====                         -
MODEL: DEEx-FP-5-2-400D-110    -
POWER: 5 kW                     -
MOUNTING: HORIZONTAL           -
SUPPLY: 400V-50HZ-3PH         -
MECHANICAL PROTECTION: IP66    -
EXECUTION: Ex-d IIC T6        -
TERMINAL BOX WITH ANTICONDENS. -
HEATER (230V/25W)             -
                               Segue...
descr. in lingua della merce:
F3=Esci   F17=Inizio   F18=Fine

```

Figura 5 Esempio di distinta compilata su AS400

Infine è lecito in tale capitolo accennare alla metodologia di catalogazione ed archiviazione in Flenco. Quest'ultima, collaudata su ogni commessa gestita dall'azienda, è ben definita ed omogenea per ogni progetto permettendo la facile consultazione da parte di ogni reparto aziendale.

3 La LUBE OIL

Le commesse seguite durante la mia esperienza in Flenco sono entrambe delle Lube Oil, pertanto in tale capitolo descriverò il funzionamento generico di tale impianto, per poi esporre nei capitoli successivi le peculiarità e le principali problematiche riscontrate. In generale una Lube Oil è una centralina che ha lo scopo di fornire l'olio lubrificante necessario al funzionamento di grandi macchine rotanti come turbine e compressori. Pompaggio, filtraggio, raffreddamento e controllo del fluido lubrificante sono messi in atto da tale impianto al fine di assicurare le giuste caratteristiche di portata, purezza, pressione e viscosità necessarie ai delicati cuscinetti idrodinamici montati sulle macchine.

3.1 Cuscinetti idrodinamici

Tale tipologia di cuscinetti è comunemente utilizzata su macchine rotanti ad elevate prestazioni in cui si hanno carichi e velocità elevate e che si contraddistinguono per condizioni di lavoro continuative atte alla produzione di energia elettrica, per l'estrazione di petrolio o per impieghi ausiliari.



Figura 6 Cuscinetti assiali modulari a pattini oscillanti

La lubrificazione idrodinamica (da cui deriva il nome “cuscinetti idrodinamici”) è quel fenomeno che crea nel sottile strato d’olio, il film d’olio, un campo di pressione in opposizione al carico applicato all’albero. Tale film ha un ruolo molto importante in

quanto consente la separazione delle superfici, in moto relativo tra loro, che contraddistinguono i cuscinetti idrodinamici.

Questi ultimi si dividono in due tipologie:

- radiale: carico applicato in direzione perpendicolare all'asse di rotazione;
- assiale: carico applicato lungo l'asse di rotazione.

In genere la prima tipologia è utilizzata nelle turbine ed i compressori dei cicli vapore e gas in impianti atti alla produzione di potenza elettrica, la seconda invece viene impiegata nella maggior parte degli impianti idroelettrici per sostenere il peso delle turbine e dei generatori.

I cuscinetti idrodinamici offrono vantaggi sia in termini di prestazioni, essendo l'attrito ridotto al minimo possibile, sia in termini di durezza ed affidabilità.

Tra gli svantaggi principali vi è il pericolo di rottura del film d'olio e successivo strisciamento delle superfici del cuscinetto causando un irrimediabile danno^[2].

Per ovviare a tale problema quindi le condizioni dell'olio devono essere sempre ottimali:

- temperatura: deve essere compreso in un certo range, motivo per cui nella Lube Oil è presente lo scambiatore;
- presenza di impurità: il grado di pulizia dell'olio non deve superare una determinata soglia, motivo per cui nella Lube Oil è presente il filtro;
- pressione: per garantire la trasmissione delle forze, è necessario mantenere lo strato di lubrificante in pressione, motivo per cui nella Lube Oil è presente la pompa.

3.2 I componenti di una Lube Oil

È sorretta ovviamente da un basamento che fa da supporto meccanico a tutti i componenti garantendo la solidità della struttura in opera e durante le fasi di trasporto.

Si procede con l'elenco di tutti gli elementi principali installati sullo skid:

- Serbatoio (tank): ha lo scopo di accumulare una certa quantità di olio necessario a garantire, con ampio margine di sicurezza, la continuità di utilizzo dell'impianto e quindi di fornitura di lubrificante anche in presenza di rotture e perdite nel circuito chiuso.
- Pompa: il componente fondamentale che garantisce la portata e la pressione richiesta. Data l'importanza dell'item si tende ad avere sempre una ridondanza nel numero in modo da essere sempre pronte al servizio. Sono previste, infatti, almeno 2 pompe gemelle che si alternano in modo tale da poter eseguire la manutenzione ordinaria e straordinaria senza fermare l'impianto. Esse in genere

sono alimentati da dei motori AC trifase alimentati direttamente dalla rete elettrica locale. Una variante a tale tipo di alimentazione è rappresentata dall'utilizzo di una turbina, come nel caso della Lube Oil seguita di NkNk.

Oltre alle due suddette pompe, nella maggior parte dei casi se ne prevede anche una terza, di dimensioni leggermente inferiori alle principali, azionata da un motore in corrente continua. Questo accorgimento permette di alimentare la pompa mediante un pacco batterie anche in caso di guasto o collasso della rete elettrica locale, garantendo così un apporto di olio minimo alla macchina sufficiente a garantirne lo spegnimento in sicurezza. Si ricorda infatti che l'interruzione di lubrificante ad una turbina che ha una velocità di rotazione compresa in genere tra i 3000 e i 3600 giri al minuto può avere delle conseguenze disastrose alla stessa danneggiando cuscinetti e altri elementi fondamentali al funzionamento. Questo naturalmente comporterebbe elevati costi di riparazione oltre ad un lungo periodo di inattività dell'impianto e quindi ingenti perdite economiche.

Le pompe genericamente utilizzate in questo genere di impianti sono principalmente di due tipologie: a vite, centrifughe.

Le prime sono delle pompe volumetriche che, una volta fissato il numero di giri, forniscono una portata pressoché costante qualsiasi sia la prevalenza richiesta dal circuito, le seconde invece sono contraddistinte da una curva caratteristica decrescente e non lineare.

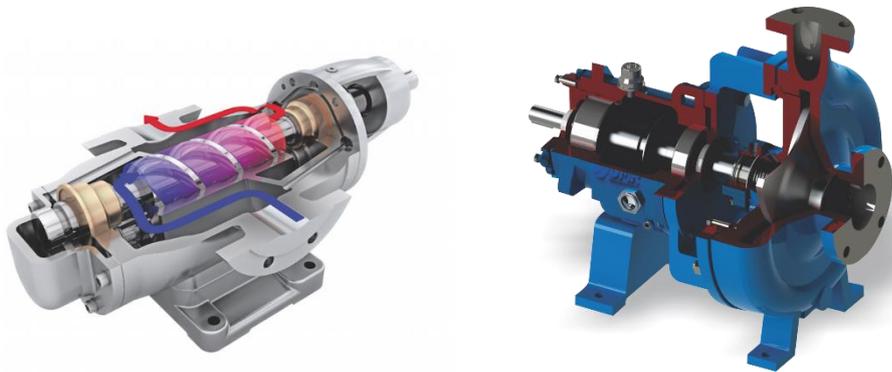


Figura 7 Una pompa a vite (sinistra) ed una centrifuga (destra)

- Cooler: Scambiatore di calore, in genere a fascio tubiero o a piastre, deve garantire che la temperatura dell'olio rimanga costante e pari a quella operativa. In genere questa temperatura "target" oscilla tra i 50 e i 60 °C, a seconda delle richieste del cliente, tuttavia, bisogna assicurare un range di variazione della stessa quanto più limitato possibile anche dopo ore di lavoro. L'olio che transita nel circuito e torna al serbatoio, infatti, tende a riscaldarsi grazie agli attriti con le

tubazioni e al contatto con superfici calde. Si rende quindi necessario ridurre la temperatura per non perdere le caratteristiche di viscosità necessarie al buon funzionamento dei cuscinetti.

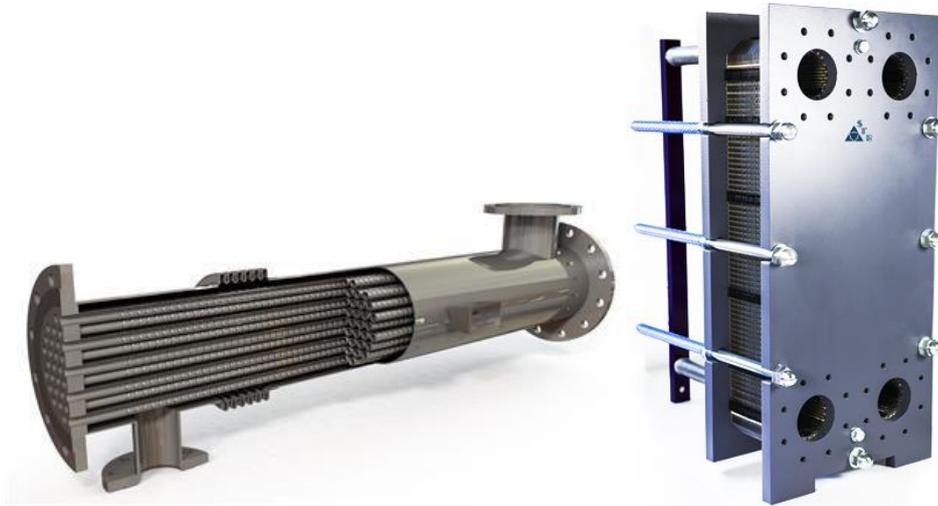


Figura 8 Scambiatore di calore a fascio tubiero (sinistra) ed a piastre (destra)

- Filtro: in genere viene predisposto un filtro in configurazione “Duplex”, ciò prevede la presenza di due corpi filtranti anch’essi usati in modo alternativo in modo tale da poter sostituire comodamente le cartucce filtranti di uno mentre l’altro è in funzione. La necessità di un olio sempre pulito ed esente da detriti risulta piuttosto intuitivo se si pensa alla natura dell’impianto. La presenza di impurità e pulviscolo, anche se di piccole dimensioni, potrebbe causare danneggiamenti alle parti in movimento ad alta velocità, provocare fenditure ed abrasioni alle superfici dei tubi e dei componenti costringendo il gestore dell’impianto alla precoce sostituzione, generare accumuli che nel tempo potrebbero ostacolare, se non impedire totalmente, il fluire dell’olio con tutte le problematiche conseguenziali al caso. In questo genere di applicazioni sono utilizzati filtri a cestello con cartucce filtranti perfettamente in grado di trattenere particelle aventi diametro superiore ai $10 \mu m$.



Figura 9 Filtro Duplex

- Valvola di Regolazione della Pressione: anche nota con l'acronimo PCV, essa permette di mantenere costante la pressione a valle della stessa in modo del tutto automatico e meccanico, senza l'ausilio di un sistema di controllo elettronico. Essa in genere viene posta in prossimità del "terminal point" dell'impianto, cioè dove l'impianto viene connesso all'utenza finale, in modo tale da garantire che l'olio uscente dall'impianto abbia esattamente la pressione desiderata. Questo genere di dispositivo presenta una membrana flessibile posta a formare una camera contenente del liquido di processo. Tale camera è messa in comunicazione con un punto a valle della valvola stessa mediante un piccolo tratto di tubing, potendo così ricevere un diretto segnale in pressione dal processo. La membrana è posta a contatto con una molla di contrasto in modo tale che una variazione della pressione all'interno della camera, comporti una variazione del precarico della molla che quindi offrirà una maggiore resistenza all'apertura dell'otturatore. Quindi è evidente che a parità di pressione in ingresso, il fluido riuscirà a far alzare più o meno l'otturatore in funzione del precarico della molla (quindi della pressione a valle) incontrando così più o meno resistenza nell'atto di attraversare la valvola, riducendo così la pressione della giusta quantità.



Figura 10 Valvola regolatrice della pressione

- Valvola regolatrice della temperatura: è una valvola a 3 vie che generalmente viene fatta lavorare in “mixing”, cioè miscelando la portata di olio a più bassa temperatura proveniente dal cooler con la portata più calda che by-passa lo scambiatore di calore, fino a raggiungere la temperatura di setting.

Il sistema di controllo di attuazione della valvola anche in questo caso è automatico. Esso può essere sia a controllo elettronico che agisce su segnale di un sensore di temperatura posizionato a valle della valvola, sia di natura puramente meccanica. Le valvole utilizzate per questa seconda soluzione, molto usate per il design molto semplice e perché non necessitano di un sistema di controllo elettronico, hanno all’interno del corpo valvola un sistema con un materiale ceroso molto sensibile agli sbalzi di temperatura. Grazie alla espansione e contrazione termica di questo particolare materiale che si riesce ad ottenere la forza necessaria ad attuare i leverismi interni della valvola che permettono una miscelazione quanto mai precisa.

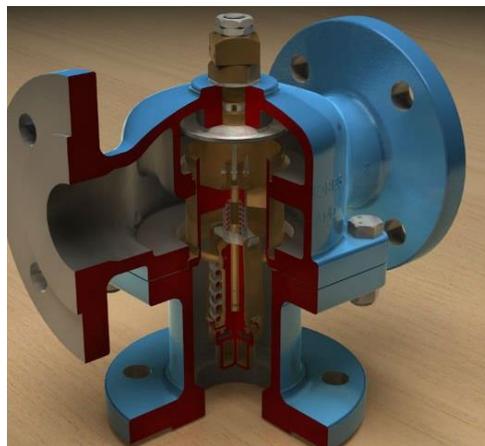


Figura 11 Valvola regolatrice della temperatura

Accumulatori idraulici: sono dei serbatoi composti da due camere separate da un diaframma flessibile. La prima camera è messa in diretta comunicazione con le tubazioni dove scorre il liquido di processo, in questo caso l'olio minerale; l'altra riempita di un gas, di solito azoto, in pressione che esercita quindi una forza sul fluido di processo controbilanciata dalla pressione presente sulla linea di mandata. Sono posti in prossimità del "terminal point" di outlet del sistema ed hanno principalmente due funzioni: la prima è quella di garantire una riserva di energia sotto forma di pressione ogni qual volta si verifica un breve transitorio, ad esempio quando una pompa si spegne ed entra in funzione la sua gemella, salvaguardando quindi la turbina da cali di pressione dell'olio. L'altra funzione principale è quella di "ammortizzatore" contribuendo in modo sostanziale a smussare i picchi di pressione ed i colpi d'ariete evitando, in questo modo, degli stress alla linea.



Figura 12 Accumulatore di tipo "Bladder"

- Valvola Sfiatrice: molto simile per costruzione alla valvola regolatrice di pressione, molto diversa però è la funzione e il punto di installazione. Essa in genere non è posta sulla linea principale ma su una sua derivazione ed ha la funzione di far ricircolare indietro verso il serbatoio una certa quantità di olio che è in eccesso.

L'utilizzo di questa valvola è limitato ai casi in cui si utilizzino pompe volumetriche alimentate da motori sprovvisti di inverter. Infatti, essendo in genere le pompe dimensionate per una portata leggermente superiore a quella richiesta nominalmente, e non potendo essere esse regolate in altra maniera, è opportuno far sì che la esattamente la giusta portata in eccesso sia rimandata al serbatoio.



Figura 13 Valvola sfioratrice

- Riscaldatore elettrico: generalmente consiste in un riscaldatore a resistenze, installato direttamente sul tank, che ha lo scopo di portare la temperatura dell'olio all'interno del serbatoio ad una soglia minima (per l'olio minerale in genere 10 °C) che consente l'accensione dell'impianti senza i rischi dovuti all'eccessiva viscosità dell'olio a basse temperature. Per le norme API va dimensionato per una potenza capace di riscaldare l'olio dalla temperatura minima ambientale alla temperatura minima consentita in un tempo massimo di 12 ore.

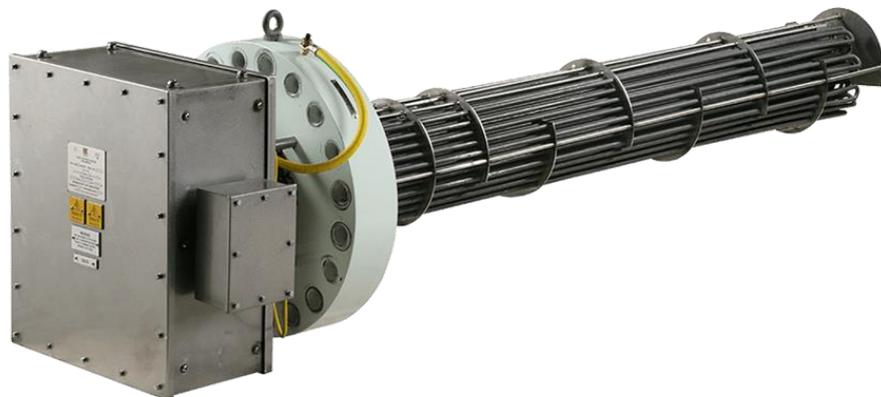


Figura 14 Riscaldatore

Ai fini di avere una panoramica di una Lube Oil viene riportato un tipico disegno che mostra le interconnessioni tra le apparecchiature di un processo, il sistema delle tubazioni di interconnessione e la strumentazione utilizzata per il controllo del processo stesso^{[3][4]}.

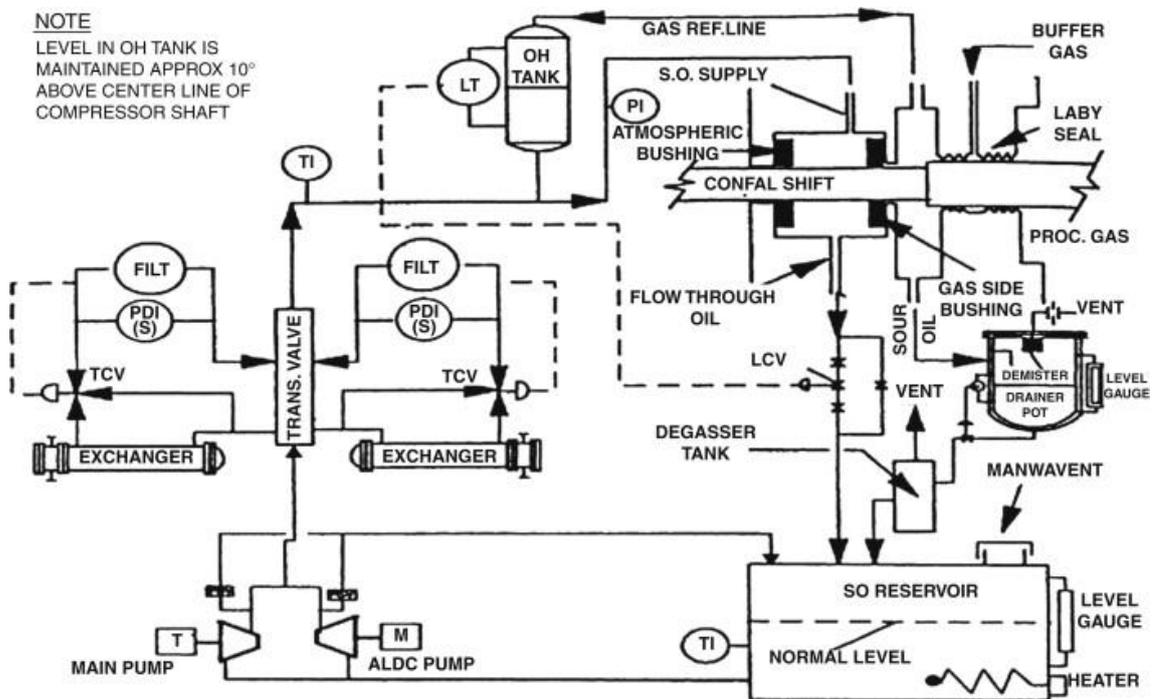


Figura 15 Esempio di P&ID di una Lube Oil

4 La LUBE OIL di San Roque

Una delle due commesse seguite in Flenco è la 104184 che consiste nella progettazione, realizzazione e messa in opera di una Lube Oil Unit.

Tale impianto ausiliario utilizza come fluido operativo ISO VG 32, cioè l'olio proveniente da un compressore multistadio azionato da un motore di circa 1 MW e collegato tramite un riduttore.

La Flenco è riuscita a strappare alle concorrenti la realizzazione di tale impianto, battendole sia in termini di prezzo che sul tempo di consegna, convincendo in tal modo la società "Dresser-Rand" ad affidarsi ad essa.

La DR è una società che fa parte del gruppo "Siemens" che è stata incaricata a sua volta di fornire parte dell'impianto che la "Amec Foster Wheeler" dovrà realizzare per "Cepsa". Quest'ultima è la "Compañía Española de Petróleos", cioè una compagnia petrolifera spagnola, presente anche in Algeria, Canada, Colombia, Marocco, Brasile e Panama.

Tale impianto è parte di una raffineria di petrolio situata sulla costa Nord della baia di Gibilterra, nella zona industriale di Guadarranque, tra Puente Mayorga e il fiume Guadarranque, nel comune di San Roque, Cadice, Spagna. È la più grande raffineria della penisola iberica, con una capacità di lavorazione giornaliera del greggio di 240.000 barili al giorno: occupa 150 acri e ha una capacità di raffinazione di 12 milioni di tonnellate all'anno^[5].



Figura 16 Raffineria CEPSA, San Roque

4.1 Scope of Supply

Lo scopo della fornitura è l'ingegnerizzazione, la disegnazione e la produzione dell'impianto in maniera quasi del tutto completa ed esaustiva. Nello specifico le principali mansioni sono state:

- Studiare il Design dell'impianto: nonostante non siano presenti particolari vincoli di spazio ed ingombro tale fase è necessaria per ottimizzare le dimensioni, limitando così i costi dovuti al basamento, senza mai trascurare la necessità di avere una struttura solida e resistente ad agenti atmosferici di ogni genere, anche dopo anni di funzionamento.
- Selezione ed acquisto dei componenti principali: ovvero ricercare tra i fornitori indicati la migliore soluzione in termini di costo che rispetti tutte le specifiche richieste dal cliente.
- Selezione ed Approvvigionamento dei materiali: reperire dal mercato le materie prime di costruzione, le tubazioni, per il collegamento degli strumenti, il trasporto e l'ancoraggio.
- Produzione: terminata la fase di ingegnerizzazione e di acquisto di tutti i componenti necessari si passa alla fabbricazione e assemblaggio dell'impianto che deve essere spedito pronto all'utilizzo.
- Collaudo: tutte le procedure di test e di collaudo per garantire il funzionamento di ogni singolo particolare dell'impianto sono stati effettuati nello stabilimento produttivo in Slovenia. Le procedure di collaudo da seguire sono state ideate da Flenco ed approvate in seguito dal cliente.
- Redazione della documentazione: compresa nelle richieste del cliente è la stesura di importanti documenti e manuali che assicurano il corretto utilizzo e l'ottimale manutenzione della Lube Oil.

4.2 Le specifiche dell'impianto

Tutte le richieste del cliente sono espresse e racchiuse nelle specifiche tecniche. Tali documenti, come nel nostro caso, sono spesso redatte dal cliente principale (Cepsa) e poi catalogate e sintetizzate da eventuali intermediari (Dresser-Rand ed in seguito Flenco) per pervenire al fornitore finale. Ne usufruiscono gli uffici commerciali per la corretta preventivazione del prodotto, giungono in un secondo momento all'ufficio tecnico che le analizza scrupolosamente.

Per San Roque ci sono state fornite informazioni riguardanti:

- Sito di installazione: l'impianto è destinato alla Spagna ubicato in una zona costiera e posizionato esternamente. Sono quindi riportate le temperature massime e minime relative sia al sito che allo stoccaggio, l'umidità e la quantità massima di Decibel ammessi. Viene inoltre evidenziato che ci sono delle specifiche di riferimento da considerare per il vento e terremoto.

Site Conditions

Country	SPAIN		
Localization	<input type="checkbox"/> Indoor	<input checked="" type="checkbox"/> Outdoor	
Installation	<input type="checkbox"/> Offshore	<input checked="" type="checkbox"/> Onshore	
Storage temperature (°C)	Min 4	Max 38	
Transport temperature (°C)	Min 4	Max 38	
Site Ambient temperature (°C)	Min 4	Max 38	
Site conditions	<input type="checkbox"/> Tropical	<input type="checkbox"/> Winter	<input checked="" type="checkbox"/> Coastal
Unusual conditions (Yes/No)	Yes, Marine Environment (onshore close to sea side)		
Max Noise (dBA)	85 dbA at 1 meter		
Humidity (%)	70		
Elevation (m)	0		
Design wind (m/s)	refer FEED-BD-1401GB13A-KR-M-001 "BASIC ENGINEERING DESIGN CRITERIA" CRITERIA".		
Design snow/roof load (kg/m ²)	N/A		
Earthquake (m/s ²)	refer FEED-BD-1401GB13A-KR-M-001 "BASIC ENGINEERING DESIGN CRITERIA" CRITERIA".		

Figura 17 Estratto della "Main Specification": Site Conditions

- Schema di funzionamento e dati di processo del fluido principale: tutte informazioni particolarmente preziose e racchiuse nel P&ID.
- Dati di processo delle utenze: ai fini del corretto funzionamento di tutti i componenti sono stati forniti i dati relativi ad aria compressa, azoto, fluido di raffreddamento (in questo caso acqua) ed utenza elettrica.

Utilities

	Min / Normal / Max / Design
P_Air (Kg/cm ² g)	5 / 5.5 / 8 / 10
T_Air (°C)	4 / 28 / 38 / 50
P_N2 (barg)	5.5 / 5.5 / 14 / 14
T_N2 (°C)	20 / 20 / 85 / 85
P_Cooling medium (barg)	4.50
T_Cooling Medium INLET (°C)	32
Cooling medium	Water
AC supply : U (V) / F (Hz) / Nb phases	400 / 50 / 3
AC supply : U (V) / F (Hz) / Nb phases	230 / 50 / 3
DC supply (V)	Control 24, Shutdown 24, Solenoids 24

Figura 18 Estratto della "Main Specification": Utilities

- Documentazione, certificati e manuali: nel nostro caso è necessario fornire tutto in inglese, con l'eccezione per manuali e targhette da tradurre anche in spagnolo. Vengono inoltre elencati tutti i certificati necessari.

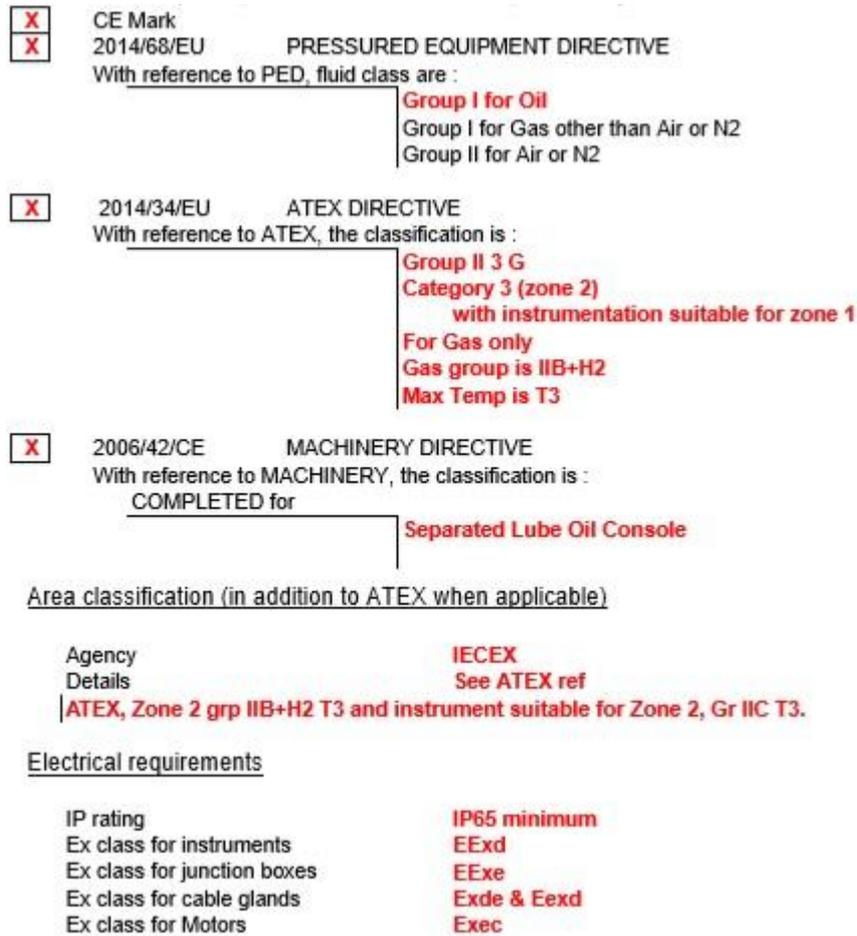


Figura 19 Estratto della "Main Specification": Certifications required

- Fornitori: ogni componente ha una lista di fornitori imposti che deve essere seguita rigorosamente, se non in particolari e ben motivate eccezioni che devono essere accettate dal cliente.

Filter (Oil)	Indufil/Hydac/Pall	OME	Fienco/Oeltechnik/Sai/SPX flow
Accumulator	Hydac/Oeltechnik	Actuator	Emerson/Flowserve
Control valves	Emerson/Arca/Flowserve/Metso	Pump	Flowserve/Sulzer/KSB
Junction Box	Bartec/Stahl	Motor	ABB/Siemens/Weg
Pressure Instrument	Emerson/Honeywell/Wika	Heater	Exheat/Eltron

Figura 20 Estratto della "Main Specification": Suppliers list

Tutto ciò sono estratti della "Main Specification", cioè una specifica in cui sono racchiuse tutte le informazioni principali. Tale documento fornisce in linea di massima le esigenze del cliente, ma in fase di ingegnerizzazione tale documento non basta, infatti il cliente

fornisce una vasta quantità di specifiche che toccano qualsiasi ambito della commessa. Per rendere un'idea sui numeri faccio l'esempio di San Roque dove ci sono più di un centinaio di specifiche dedicate.

4.3 Le peculiarità

Come precedentemente accennato tale impianto è localizzato in una località marittima, posizionato esternamente, ciò lo rende esposto all'ambiente marino fortemente corrosivo. Tale motivazione, unita alla necessità di evitare qualsiasi rottura o perdita di liquidi pericolosi dall'impianto che avrebbero un forte impatto ambientale a causa della vicinanza del mare, implica l'utilizzo di un grado di sicurezza estremamente elevato.

Questo si traduce in una ridondanza di componenti, superflui in altre circostanze, ma anche in normative costruttive e certificazioni che ha reso la selezione degli items particolarmente critica.

Per fare chiarezza sulla questione procediamo con ordine provando a spiegare cosa, in termini di componenti, significa seguire un grado di sicurezza così elevato.

Tralasciando la doppia pompa, di cui una operativa e una di emergenza, comunemente utilizzate in una Lube Oil unit, è importante soffermarci sulla presenza di un accumulatore e un rundown tank: entrambi hanno la funzione di compensare le eventuali mancanze di flusso causate dal malfunzionamento o transitorio delle pompe. È importante inoltre sottolineare che, anche se l'impianto è stato dimensionato seguendo le normative API 614, la pressione di esercizio delle pompe è di gran lunga superiore a quella necessaria all'utenza. Al fine infatti di assicurare 1,4 bar all'utenza è stata imposta una pressione operativa della pompa di 10 bar che risulta sovradimensionata se considerate le perdite di carico dell'impianto, ed al limite della normativa citata precedentemente.

Tutto ciò è accompagnato dall'impiego di un gran numero di strumenti e l'installazione di un pulsante di spegnimento manuale di emergenza su ogni motore, entrambe misure fortemente cautelative.

Ciò che però ha reso difficile la selezione dei componenti sono stati i certificati, le normative e le specifiche che dovevano soddisfare ogni componente:

- API 614
- PED (marchio CE)
- ASME VII (U-Stamp)
- NACE
- ATEX
- PMI
- Materiale: 316L SS

Queste specifiche incidono sui parametri costruttivi ed esigono autorizzazioni e certificazioni spesso non possedute dai fornitori che, per soddisfarle, erano costretti a rivolgersi a loro volta a sub-fornitori che causando ingenti extra-costi, ed allontanandosi dal budget prefissato.

Uno dei punti cruciali di tale commessa è stato quindi la ricerca del fornitore adatto.

4.3.1 Certificazioni e test

L'intero impianto doveva essere dimensionato rispettando la normativa API 614, dove "API" è l'acronimo di "American Petroleum Institute", cioè la principale organizzazione professionale statunitense nel campo dell'ingegneria petrolchimica e chimica.

Il "614" invece è il numero identificativo della normativa che racchiude una serie di indicazioni tecniche per la Lube Oil. Tale normativa è concepita per migliorare l'efficienza e l'economia degli impianti, soddisfare le esigenze legali e normative, e proteggere la salute e l'ambiente^[6].

La "Direttiva Attrezzature in Pressione", comunemente detta PED (Pressure Equipment Directive), è una direttiva di prodotto (2014/68/UE) emanata dalla Comunità Europea; segue la preesistente direttiva 97/23/CE del 29 maggio 1997 per il ravvicinamento alle legislazioni degli Stati membri in materia di attrezzature in pressione^[7].

Essa disciplina la progettazione, la costruzione, l'equipaggiamento e l'installazione in sicurezza di attrezzature in pressione.

Rientrano nel campo di applicabilità della direttiva ad esempio le tubazioni, le valvole idrauliche e recipienti soggetti ad una pressione relativa maggiore di 0,5 bar, escluse le macchine.

Le apparecchiature in pressione, con pressione uguale o inferiore a 0,5 bar sono quindi comunque escluse dalla applicazione della normativa, se invece superano il limite imposto occorre valutare se queste rientrano o no nel campo di applicazione della norma. Nel caso rientrano, le attrezzature devono soddisfare i requisiti essenziali enunciati nell'Allegato I della Direttiva e devono poi riportare la marcatura CE, seguita dal numero di notifica dell'Organismo Notificato.

La PED impone ai fornitori di identificare il livello di pericolosità dell'apparecchiatura costruita. Essi sono tenuti a riconoscere i pericoli dovuti alla pressione e quindi a progettare e costruire l'apparecchiatura tenendo conto di tale analisi. Il livello di pericolosità è legato al concetto di energia immagazzinata nell'apparecchiatura.

L'energia immagazzinata è valutata sulla base dei seguenti parametri:

- dimensioni dell'apparecchiatura (volume V in litri nel caso di recipienti, diametro DN in mm nel caso di tubazioni);

- pressione massima ammissibile (PS): pressione massima in bar per la quale l'attrezzatura è progettata, secondo specifica del fabbricante;
- temperatura minima/massima ammissibile (TS): temperature minime/massime per le quali l'attrezzatura è stata progettata, secondo specifica dal fabbricante;
- fluido: gas, liquidi, vapori allo stato puro o loro miscele; si distinguono in:
 - fluidi di gruppo 1: pericolosi, rientrano in questo gruppo i fluidi:
 - fluidi del gruppo 2: non pericolosi, fanno parte di questo gruppo tutti quelli che non rientrano nel gruppo 1.
- condizioni di esercizio e installazione.

L'Allegato II della Direttiva prevede che in funzione della tipologia dell'attrezzatura in pressione (tubazione, recipiente, accessori), del gruppo di appartenenza del fluido (fluido pericoloso o non), dello stato fisico del fluido (gas, liquido) e del risultato del calcolo $PS \times V$ (nel caso di recipienti) e $PS \times DN$ (nel caso di tubazioni) esistono 9 tabelle attraverso le quali è possibile definire la categoria di rischio (I, II, III, IV) del componente, dell'attrezzatura o dell'insieme^[8].

Il codice ASME (American Society of Mechanical Engineering) invece è lo standard di riferimento per i produttori di attrezzature in pressione. La certificazione ASME è necessaria in contesti internazionali in quanto permette ai costruttori un riconoscimento dei propri sistemi di gestione qualità/produzione. È necessaria, come nel nostro caso, quando il prodotto è destinato all'esportazione, infatti è un requisito fondamentale per il mercato americano, canadese e quello di altri 113 paesi in tutto il mondo. Vedere il simbolo "U" su un prodotto, quindi il marchio U-Stamp, garantisce che soddisfi l'ultima edizione del Codice, affermando che il prodotto sia progettato e fabbricato secondo gli standard ASME sezione VIII divisione 1^[9].

Altra certificazione necessaria è la ATEX il cui nome proviene da "ATmosphères ed EXplosive". Raggruppa due direttive dell'Unione europea:

- la *2014/34/UE* per la regolamentazione di apparecchiature destinate all'impiego in zone a rischio di esplosione; la direttiva si rivolge ai costruttori di attrezzature destinate all'impiego in aree con atmosfere potenzialmente esplosive e si manifesta con l'obbligo di certificazione di questi prodotti;
- la *99/92/CE* per la sicurezza e la salute dei lavoratori in atmosfere esplosive; si applica negli ambienti a rischio di esplosione, dove impianti ed attrezzature certificate sono messe in esercizio ed è quindi rivolta agli utilizzatori.

Nel caso della Lube Oil di San Roque la specifica ATEX richiedeva per l'olio il Gruppo II 3G Categoria 3 (Zona 2) con proroga per la strumentazione a Zona 1, mentre per il gas (nel nostro caso Azoto) il Gruppo IIB+H2 con temperatura massima T3.

Ma cerchiamo di spiegare cosa significa tutto ciò: la direttiva distingue il rischio effettuando una classificazione del fluido assegnando un "Gruppo", definito a seconda del prodotto esplosivo, ed una "Classe", definita a seconda della temperatura di accensione.

La classificazione in "Zona" è relativa al pericolo di esplosione per presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili che secondo lo schema "IEC zone system" si dividono in:

- Zona 0: area in cui è presente, in maniera permanente o per lunghi periodi, un'atmosfera esplosiva, cioè una miscela di aria e di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapore o nebbia. La presenza è superiore alle 1000 ore all'anno.
- Zona 1: area in cui durante le normali attività è probabile la formazione di un'atmosfera esplosiva. La presenza rientra nell'intervallo 10-1000 ore/anno.
- Zona 2: Area in cui durante le normali attività non è probabile la formazione di un'atmosfera esplosiva e, qualora si verifici, sia unicamente di breve durata. La presenza è inferiore alle 10 ore/anno^[10].

A causa dell'ambiente marino è inoltre richiesta la certificazione NACE, acronimo di "National Association of Corrosion Engineers" e cioè un istituto internazionale (noto anche come NII) che fornisce certificazioni che aiutano a promuovere la sicurezza pubblica e proteggere l'ambiente, riducendo al contempo l'impatto economico/ambientale della corrosione.

La NACE è stata fondata nel 1943 per l'industria del controllo della corrosione. Il loro quartier generale si trova a Houston, in Texas, e l'obiettivo principale dell'organizzazione sono la protezione catodica, i rivestimenti per l'industria, i test di corrosione, la selezione dei materiali e l'ispezione.

La NACE pubblica la rivista "Materials Performance" e la rivista "Corrosion" in cui descrive prassi standard, metodi di prova e standard sui requisiti dei materiali per l'uso da parte dell'industria e di altre società di corrosione. I comitati permanenti rivedono e aggiornano periodicamente gli standard ogni cinque anni^[11].

Il PMI (Positive Material Identification) viene utilizzato per analizzare e identificare la qualità del materiale e la composizione della lega.

È un metodo rapido e non distruttivo, viene eseguito su una vasta gamma di componenti e risorse fornendo un'analisi chimica semi-quantitativa.

È parte integrante della gestione della produzione e dell'integrità delle risorse in molti settori, tra cui petrolio e gas, energia, chimica, farmaceutica, nucleare ed aerospaziale.

Il PMI può prevenire potenziali guasti del prodotto durante la produzione, infatti l'ispezione pre-servizio e in servizio di componenti e saldature critiche con PMI possono prevenire guasti e le sue conseguenze costose.

Viene eseguito utilizzando una delle due tecniche seguenti:

- Analizzatore di fluorescenza a raggi X (XRF): questo è il metodo più comune grazie alla portabilità delle apparecchiature. Il dispositivo esegue la scansione del materiale metallico e identifica i suoi elementi chiave. Tuttavia, non è in grado di rilevare il carbonio e alcuni elementi più leggeri, inoltre non è adatto all'identificazione di materiali in acciaio al carbonio puro.
- Spettroscopia di emissione ottica (OES): questo metodo è in grado di rilevare quasi tutti i tipi di elementi, inclusi carbonio, acciaio al carbonio ed elementi più leggeri. Sebbene non portatile come gli analizzatori XRF, l'apparecchiatura può essere trasportata in siti e utilizzata ad alte quote con adeguate modalità di sollevamento^[12].

Anche la scelta del materiale utilizzato discende dalle condizioni ambientali del sito, infatti l'acciaio 316L, grazie al ridotto contenuto di carbonio, è particolarmente resistente ad attacchi di tipo corrosivo. Al fine quindi di preservarne la purezza e integrità nel tempo tutti i componenti dell'impianto, compreso tubazioni e flange, sono state acquistate in acciaio inox.

Il 316L è uno dei più utilizzati acciai inossidabili austenitici (con percentuali di cromo intorno al 17%, di nichel 9% con l'aggiunta del 1,5% di Molibdeno) anche perché facilmente saldabile, il che lo rende perfetto per le nostre applicazioni dove l'utilizzo di questa pratica è molto estesa. La "L" sta a segnalare una particolare composizione "Low Carbon" ovvero con bassissimo contenuto di carbonio, inferiore allo 0,03%.

La presenza del carbonio in acciai INOX è alquanto deleteria data la sua particolare affinità con il cromo che causa la precipitazione di carburi di cromo. Questa precipitazione avviene al bordo dei grani austenitici essendo le zone più "attive" a causa delle instabilità e delle imperfezioni presenti.

Si genera così un impoverimento locale di cromo che non è più presente in alta percentuale in soluzione solida, ma precipita nei carburi facendo sì che venga meno il meccanismo della passivazione. La scelta del 316L è proprio stata fatta per evitare il fenomeno precedentemente descritto che è spesso causa di rotture anche catastrofiche per distacco dei grani ed innesco di pericolose cricche di fatica

4.4 Contributo alla fase di dimensionamento dell'impianto

Uno delle fasi di cui mi sono occupato durante la fase di ingegnerizzazione dell'impianto è il dimensionamento dei componenti.

Tale attività è il motivo per cui la scelta definitiva dei componenti è affidata al PL, egli infatti ha le capacità e le conoscenze per affrontare dimensionamenti o verifiche di essi. È lecito quindi riportare alcuni esempi di tale attività.

4.4.1 Dimensionamento Heater

Come è possibile notare dall'estratto del P&ID della commessa nell'impianto è previsto un Heater.

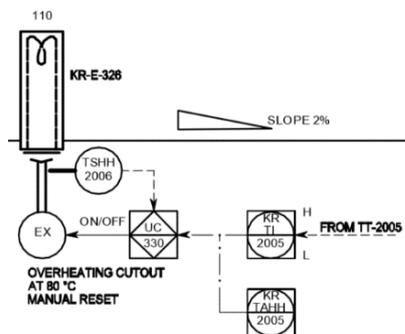


Figura 21 Estratto P&ID San Roque: Heater

Tale componente è inserito all'interno del serbatoio principale dell'impianto allo scopo di riscaldare l'olio contenuto in esso, di conseguenza il dimensionamento del riscaldatore è strettamente legato alla quantità di olio presente del tank. Dato che entrambi ricadevano nello scopo di fornitura, le specifiche fornite dal cliente non includevano il calcolo della potenza dell'heater.

Al fine di rispettare la normativa API 614 il riscaldatore deve essere in grado di fornire una quantità di calore tale da portare l'olio da una temperatura iniziale di 0 °C ad una finale di 21 °C in 12 ore, che corrisponde alla condizione necessaria per l'avviamento delle pompe. Il tank contiene, in tale fase statica, 3500 litri di olio e si trova in un ambiente dove la temperatura esterna può oscillare tra 0 °C e 40 °C.

Per ovvi motivi il dimensionamento è avvenuto considerando la condizione peggiore in cui l'ambiente esterno è a 0 °C, che quindi richiede una potenza maggiore dell'heater.

Dai dati climatici annualmente registrati, San Roque risulta una zona ventilata, in particolare a febbraio in cui è presente un vento medio di 19 km/h. Per il sistema è stata

quindi considerata una condizione di convezione forzata su tutte le pareti laterali del tank, trascurando le perdite di calore della base superiore ed inferiore.

È stato seguito un procedimento iterativo in cui viene ipotizzata la potenza del riscaldatore per verificare che la temperatura finale, dopo 12 ore, sia quella attesa di 21 °C. Per il calcolo della temperatura è stata sfruttata la seguente relazione:

$$T_f = T_i + \frac{[\Delta t \times (P_H - P_{los})]}{C_p \times 1000 \times m}$$

Dove:

- T_f è la temperatura finale calcolata dopo l'intervallo di tempo Δt ;
- T_i è la temperatura iniziale;
- P_H è la potenza dell'heater (ipotizzata);
- P_l è la potenza persa;
- C_p è il calore specifico dell'olio;
- m è la massa dell'olio.

Per il calcolo della potenza persa è stato calcolato il coefficiente di scambio convettivo "HTC" nella condizione in cui risulta essere massimo, cioè con una temperatura del tank di 21°C (il nostro obiettivo) ed una temperatura ambiente di 0 °C. Con la media di tali temperature sono stati estratti dalle tabelle delle proprietà termofisiche dell'aria i valori necessari al calcolo del numero di Reynolds al fine di valutare il regime del flusso:

$$Re = \frac{w \times D_{id}}{\nu}$$

dove:

- w è la velocità del vento;
- ν è la viscosità cinematica;
- D_{id} è il diametro idraulico calcolato come: $\frac{4 \times \text{Superficie laterale}}{\text{Perimetro}}$;

risulta un numero di Reynolds pari a $4,45 \times 10^5$ e quindi un moto turbolento.

DITEC	PROPRIETÀ TERMOFISICHE DELL'ARIA (p = 1 bar)	TAB. 10
-------	--	---------

t	ρ	c _p	β x 10 ³	k x 10 ³	μ x 10 ⁶	ν x 10 ⁷	α x 10 ⁷	Pr
°C	kg/m ³	kJ/kg K	1/K	W/mK	kg/sm	m ² /s	m ² /s	
-200	5.106	1.186	17.24	6.886	4.997	9.786	11.37	0.8606
-180	3.851	1.071	11.83	8.775	6.623	17.20	21.27	0.8086
-160	3.126	1.036	9.293	10.64	7.994	25.58	32.86	0.7784
-140	2.639	1.010	7.726	12.47	9.294	35.22	46.77	0.7530
-120	2.287	1.014	6.657	14.26	10.55	46.14	61.50	0.7502
-100	2.019	1.011	5.852	16.02	11.77	58.29	78.51	0.7423
-80	1.807	1.009	5.227	17.74	12.94	71.59	97.30	0.7357
-60	1.636	1.007	4.725	19.41	14.07	85.98	117.8	0.7301
-40	1.495	1.007	4.313	21.04	15.16	101.4	139.7	0.7258
-30	1.433	1.007	4.133	21.84	15.70	109.5	151.3	0.7236
-20	1.377	1.007	3.968	22.63	16.22	117.8	163.3	0.7215
-10	1.324	1.006	3.815	23.41	16.74	126.4	175.7	0.7196
0	1.275	1.006	3.674	24.18	17.24	135.2	188.3	0.7179
10	1.230	1.007	3.543	24.94	17.74	144.2	201.4	0.7163

Figura 22 Proprietà termofisiche dell'aria

In virtù del regime turbolento per il numero di Nusselt vale:

$$Nu = 0,037 \times Re^{4/5} \times Pr^{1/3}$$

Con tale valore è stato quindi valutato l'HTC:

$$HTC = \frac{k \times Nu}{D_{id}}$$

dove k è la conducibilità termica dell'aria.

I valori ed i risultati ottenuti sono sintetizzati nella seguente tabella:

T _p [°C]	21,00
T _a [°C]	0
T _m [°C]	10,50
k [W/mK]	24,94*10 ⁻³
ν [m ² /s]	1,44*10 ⁻⁵
Pr	71,63 *10 ⁻²
w [km/h]	19,00
P [m]	5,75
S [m ²]	1,75
D _{id} [m]	1,22
Re	4,46*10 ⁵
Nu	1094,04
HTC [W/m ² K]	22,41

Figura 23 Dati e risultati utilizzati per l'HTC

A questo punto quindi è stato possibile calcolare potenza persa:

$$P_{los} = (T_f - T_i) \times S_{lat.Tot} \times HTC$$

Quindi ipotizzando la potenza dell'heater e con i dati contenuti nella tabella sottostante, è stata calcolata la temperatura finale per ogni intervallo di tempo Δt , che a sua volta rappresentava la temperatura iniziale dell'intervallo successivo.

Cp [kJ/kgK]	1,84
Δt [s]	60,00
ρ [kg/m ³]	880,00
m [kg]	3080,00
S _{lat.Tot} [m ²]	7,00

Figura 24 Dati per il dimensionamento dell'heater

Dopo qualche interazione, di cui ne vediamo gli andamenti nel grafico sottostante, si è giunti al risultato desiderato:

Ti [°C]	0
Tf [°C]	22,24
P _H [kW]	5,00

Figura 25 Risultati dimensionamento heater

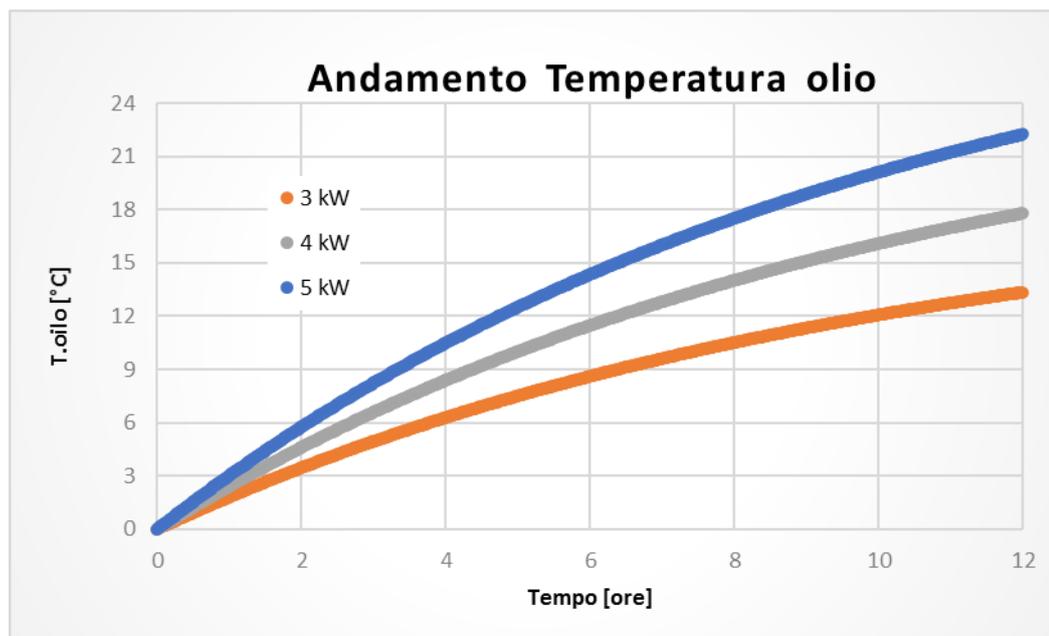


Figura 26 Andamento della temperatura dell'olio in funzione del tempo

Dopo 12 ore quindi è stata raggiunta, con un po' di margine, la temperatura desiderata. Tale valore di T_f conferma che l'ipotesi di utilizzare un ΔT di 21 °C per il calcolo dell'HTC è valida.

Bisogna sottolineare che tale ipotesi genera un sovradimensionamento del riscaldatore, in quanto considerare costante l'HTC è una valutazione errata a fronte della sua dipendenza dal ΔT . Nonostante ciò tale sovrastima della potenza è stata necessaria per far fronte alle perdite di calore attraverso la base inferiore e superiore del tank trascurate, ma anche alle possibili oscillazioni del voltaggio nell'heater.

4.4.2 Settaggio Pressure control valve e Pressure safety valve

Nell'impianto sono presenti diverse valvole tra cui ritroviamo le PCV (pressure control valve) e PSV (pressure safety valve). Tali componenti sono importanti perché fungono da controllo e sicurezza per linea olio determinandone il funzionamento. Il loro settaggio infatti è molto importante ed influenza molti items principali.

Il cliente, insieme alla prima versione del P&ID, ci ha fornito anche un settaggio delle PCV e PSV.

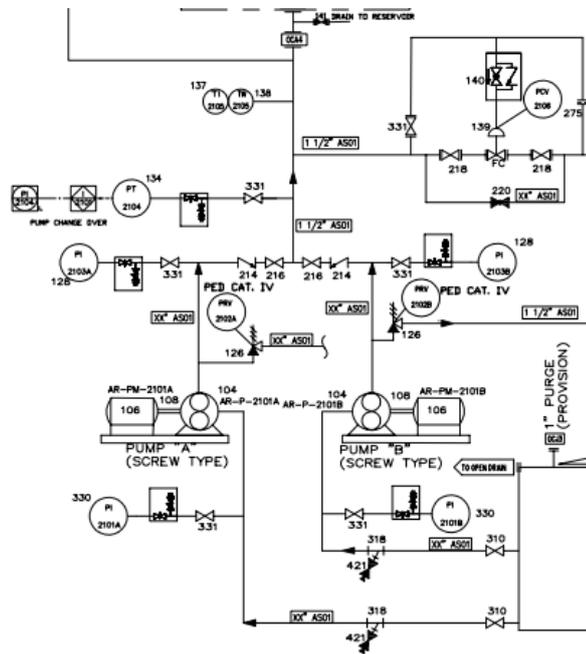


Figura 27 P&ID-revisione A

Il tutto ovviamente era stato dimensionato rispettando la classe di linea che prevedeva delle tubazioni in acciaio al carbonio (Killed Carbon Steel) che sopportano la pressione di settaggio delle valvole di sicurezza, infatti anche a 100 °C il pipe reggeva una pressione di 18 bar.

Segue un estratto della classe di linea.

CEPSA PIPE CLASSES						Page 3 of 9
MATERIAL	KILLED CARBON STEEL					A
RATING	01 = 150#	03 = 300#	06 = 600#	09 = 900#	15 = 1500#	25 = 2500#
CA	0 = 1.5 mm	2 = 3 mm	4 = 4.5 mm	5 = 6 mm		

DESIGN CONDITIONS														
CLASS				DESIGN TEMPERATURE (°C)										
				T min	Min to 38	100	150	200	250	300	325	350	375	400
Mater	Rating	CA	Range	DESIGN PRESSURE (kg/cm ²)										
01	0	A	-29	20	18	16.1	14	12.3	10.4	9.4	8.5	7.5	6.6	5.6

Figura 28 Estratto della classe di linea (carbon steel)

In seguito al dimensionamento della pompa si è passati a quello del motore: considerando una temperatura dell'olio di 10 °C ed una pressione pari al 10% in più della set pressure delle PSV si ottiene la massima potenza necessaria alla pompa e di conseguenza viene selezionato il motore, che in questo caso aveva una potenza di 7,5 kW. Successivamente è stata emessa una revisione B del P&ID che prevedeva, a fronte dell'ambiente corrosivo, come materiale delle tubazioni acciaio inox (Stainless steel 316L).

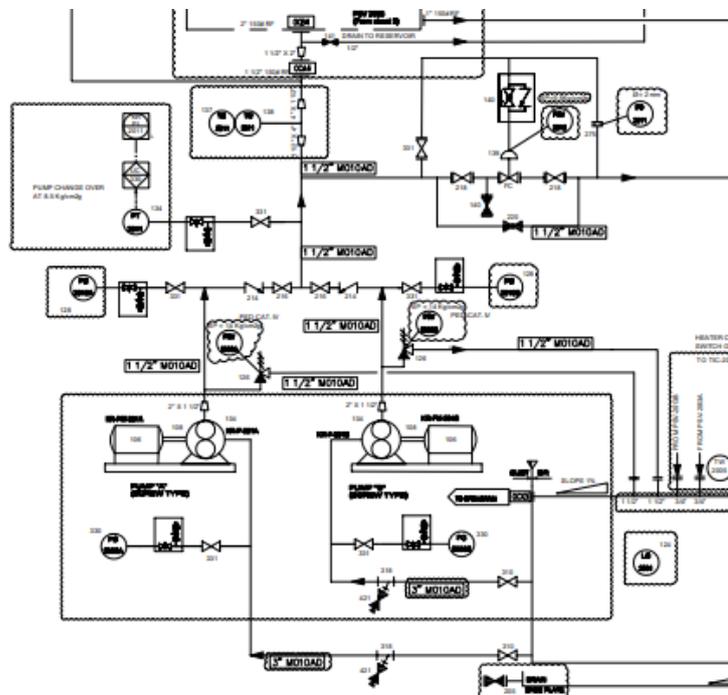


Figura 29 P&ID-revisione B

Nella nuova versione il settaggio delle PSV e delle PCV è stato aumentato, per tal motivo il motore precedentemente previsto non soddisfaceva i requisiti dell'impianto in quanto sottodimensionato, è stato infatti necessario modificare il set della pompa che ha portato alla luce un deficit di potenza del motore e per tale motivo ne è stato poi acquistato uno più potente di 11 kW.

Tale revisione però non era allineata con i limiti dell'impianto, in particolare superava la soglia massima di pressione ammessa per quel tipo di tubazione.

Come è possibile notare dal datasheet dello scambiatore il fluido operativo all'entrata dello scambiatore è alla temperatura di 61,39 °C.

Address		Proposal No. RA 1120	
Plant Location	SAN ROQUE REFINERY	Date	18/11/2019 Rev 5
Service of Unit	LUBE OIL COOLER	Item No.	KR-E-327A/B
Size	212,75 x 1829 mm	Type	AEW Horizontal
Surf/Unit (Gross/Eff)	5,108 / 5,019 m2	Shell/Unit	1
		Connected In	1 Parallel 1 Series
		Surf/Shell (Gross/Eff)	5,108 / 5,019 m2
PERFORMANCE OF ONE UNIT			
Fluid Allocation		Shell Side	Tube Side
Fluid Name		OIL VG 32	WATER
Fluid Quantity, Total	1000-kg/hr [lpm]	6,7320 [132]	13,000 [216]
Vapor (In/Out)			
Liquid		6,7320	13,000
Steam			
Water			13,000
Noncondensables			
Temperature (In/Out)	C	61,39	49,00
Specific Gravity		0,8414	0,8501
Viscosity	cP	11,964	18,812
Molecular Weight			

Figura 30 Estratto del datasheet dello scambiatore

La pressione massima dell'impianto, dettata dalla pressione di settaggio delle PSV di 14 bar, risultava quindi superiore al limite supportabile dall'acciaio inox indicato dalla classe di linea che prevedeva un massimo di 13,5 bar alla temperatura di 100 °C.

Interpolando i valori contenuti nella classe di linea sottostante risulta una pressione massima ammissibile per una temperatura di 61,39 °C di 13,73 bar.

CEPSA PIPE CLASSES						Page 2 of 4
MATERIAL	316L STAINLESS STEEL					M
RATING	01 = 150#	03 = 300#	06 = 600#	09 = 900#	15 = 1500#	25 = 2500#
CA	0 = 1,5 mm	2 = 3 mm	4 = 4,5 mm	5 = 6 mm		

DESIGN CONDITIONS															
CLASS				DESIGN TEMPERATURE (°C)											
				-29 to 38	50	100	150	200	250	300	325	350	375	400	425
Mater	Rating	CA	Range	DESIGN PRESSURE (kg/cm²)											
M	01	0	A	13.8	13.8	13.5	12.2	11.4	10.7	10.2	9.4	8.5	7.5	6.6	5.6
	03	0	A	31.7	31.7	31.7	31.6	29.6	27.7	26.1	25.4	24.9	24.4	23.9	23.5
			B	40	40	35.4	32	29.7	28	26.6	26	25.5	25.2	24.7	24.3
	01	2	A	16.2	15.6	13.5	12.2	11.4	10.7	10.2	9.4	8.5	7.5	6.6	5.6
			A	31.1	31.1	31.1	31.1	29.1	27.2	25.6	25	24.5	24	23.5	23.1

Figura 31 Estratto classe di linea (stainless steel)

Per tale motivo è stata presentata al cliente una soluzione che prevedeva una nuova configurazione delle valvole al fine di garantire il corretto funzionamento della macchina. Si è cercato di soddisfare il cliente non variando di molto la pressione da lui indicata ponendoci ad un valore che rappresentava un compromesso tra la classe di linea e, come indicato dalle API 614, superiore almeno al 25% alla pressione operativa delle pompe. La proposta fatta è stata quella di utilizzare una pressione di settaggio delle PSV di 13,5 bar. Quest'ultima è stata accettata e di conseguenza è stata emessa una nuova revisione del P&ID che però, a differenza della precedente, ha avuto poco impatto sul dimensionamento degli items principali dato che le loro caratteristiche erano in grado di soddisfare i requisiti della nuova configurazione.

4.5 Fase di acquisto e selezione dei componenti

Per i motivi precedentemente citati tale fase è stata sicuramente la più critica della commessa. Ad aggravare la situazione sono state inoltre le ulteriori richieste effettuate dal cliente in fase di ingegnerizzazione che hanno portato a problematiche relative al budget preventivato ed al delivery time. Tali aspetti li affronterò in maniera accurata successivamente, in tale capitolo tratterò un esempio di selezione ed acquisto di un elemento principale che ha richiesto una particolare attenzione: il motore.

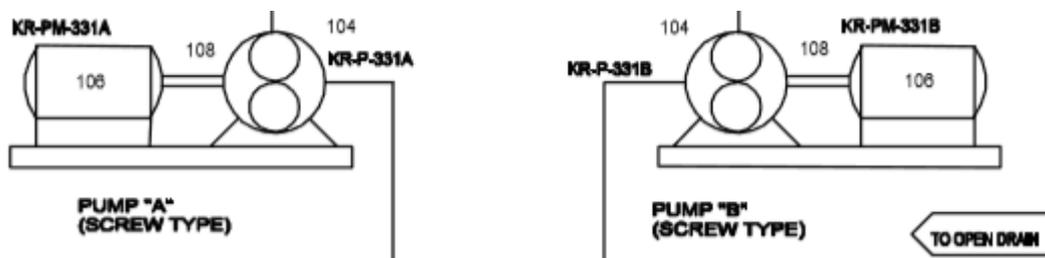


Figura 32 Estratto P&ID (motori e pompe)

Come è possibile osservare dal P&ID per l'impianto sono necessari due motori, uno per la pompa principale e uno per quella ausiliaria. Rappresentano un esempio di ridondanza di items presente ai fini di sopperire a eventuali guasti o necessari per non arrestare l'impianto nella fase di manutenzione, infatti i due sono uguali.

In genere i motori non sono degli elementi critici per questo tipo di impianti in quanto le potenze richieste non sono mai particolarmente elevate, solitamente si ricade in prodotti altamente standardizzati. Nonostante tutto ciò sono comunque presenti una lunga lista di caratteristiche da rispettare, per rendere l'idea allego un estratto della specifica.

CONSTRUCTION	6	Manufacturer:	as per sub supplier list	
	7	Model:	By Manufacturer	
	8	Technology/Type:	Induction	
	9	Frame Material:	Carbon Steel	
ELECTRICAL	10	Voltage:	400	VAC
	11	Frequency:	50	Hz
	12	Phase:	3	
	13	Rated Power:	By Manufacturer	kW
	14	Rated Current (In):	By Manufacturer	A
	15	Starting Current:	By Manufacturer	A
	16	Operation:	DOL	
	17	Stator Winding Connection:	By Manufacturer	
BASIC DATA	18	Emergency Class (acc. To IEC 60034-6):	IE3	
	19	Efficiency:	By Manufacturer	%
	20	Max Ambient Temperature:	40	°C
	21	Temperature Class	B	
	22	Insulation Class	F	
	23	Cooling Method (Acc to EN 60034-6):	IC411	
	24	Speed:	By Manufacturer	RPM
	25	Rotation (Seen on Drive End)	Both	
	26	Mounting:	Horizontal	
	27	IP rating:	55	
	28	Noise:	85 dBA	
	29	Duty	S1	
	30	Weight	By Manufacturer	kg

Figura 33 Estratto della specifica del motore

Nella fase di preventivazione sono state inviate ai fornitori imposti dal cliente il materiale necessario per consentirgli di stilare un'offerta: le specifiche tecniche complete dei i dati (evidenziati nell'immagine) derivati da un primo dimensionamento effettuato internamente da Flenco.

Come precedentemente esplicitato, ai fini di soddisfare le richieste della pompa, i primi motori presentavano una potenza di 7,5 kW. In seguito alle nuove esigenze, frutto della revisione della pressione di impianto, tali motori risultavano sottodimensionati, per tale motivo è stata quindi scelta la classe superiore che presentava una potenza di 11 kW.

Tale revisione è avvenuta a valle del preventivo esecutivo in cui era stato offerto un motore con un costo inferiore. La principale ripercussione è stata l'aumento del prezzo che sforava il budget previsto. I possibili scenari erano quindi due: chiedere al cliente di pagare gli extra-costi, oppure ricercare un fornitore che rientrasse nel budget. Anche se il primo scenario rappresentava la soluzione più semplice, si è optato, al fine evitare ripercussioni economiche per il cliente, di richiedere offerte ad altri fornitori. La ricerca, che ha visto una collaborazione con l'ufficio acquisti in quanto più esperti nell'abito, si è conclusa con un produttore che però non era incluso nella "Sub-supplier list".

Tale lista è frutto di accordi stilati tra Cepsa e Dresser-Rand, quindi va rigorosamente rispettata in quanto i fornitori in essa compresi sono considerati validi ed affidabili.

Nonostante la motivazione degli extra-costi, convincere il cliente non è stato facile in quanto è stato necessario verificare che il nuovo motore rispettasse non solo tutte le specifiche in possesso di Flenco, ma anche ulteriori caratteristiche che il fornitore assicura precedentemente al cliente nella fase in cui viene redatta la "Sub-supplier list".

Solo dopo la conferma da parte del produttore selezionato di tali “extra specification”, che ritroviamo di seguito, è stato possibile confermare l’ordine.

EXTRA SPECIFICATION	SUPPLIER'S RESPONSE
Suitable for DOL starting	✓
Maximum starting current including tolerance 800%	✓
Include a PTC sensor per winding	✓
Include a space heater	✓
Include an auxiliary terminal box for connection of space heater and PTCs	✓
Include SPM holes at the front and back to allow positioning a vibration meter	✓
Main and auxiliary terminal boxes IP 55 and Exe (Ex 'eb')	Motors certified as “Ex de”
Main terminal box rotatable	✓
Minimum Insulation shall be class B	✓
Maximum Temperature rise shall be 80°C acc. UNE 20113 for ambient temp 40°C	✓
Roller bearings, grease lubricated	Not required
Noise according IEC 60034-9	✓
Vibration level Grade A (for shaft height ≤280) or Grade B (for shaft height >280) acc. IEC-60034-14	✓
Surface treatment C3 acc. ISO 12944:2	✓
CE marking	✓
Main terminal box suitable for a short-circuit current of 30 kA	Not applicable

Figura 34 Extra specification del motore

4.6 Budget e Delivery Time

Le continue richieste e revisioni da parte del cliente effettuate durante la fase di ingegnerizzazione, unite alla discordanza di alcune specifiche tecniche, hanno avuto un impatto non trascurabile sia sugli extra-costi che sul tempo di consegna della Lube Oil. Elencare tutto ciò sarebbe prolisso e non renderebbe l’idea dell’effettivo impatto sulla commessa, per tale motivo ho effettuato un’analisi dei costi in modo da avere il quadro generale della situazione. Nella seguente tabella sono stati confrontati i preventivi con gli esecutivi: in rosso sono evidenziate i componenti che hanno causato perdita ed in verde quelli che hanno generato un guadagno

CLASSE D'ACQUISTO	PREVENTIVO [€]	QUNTITA'	COSTO UNITARIO [€]	COSTO TOTALE [€]	GUADAGNO/PERDITA [€]
PO-Produtine	37500	1	45000	45000	-7500
AC - Accumulatore	9300	1	16275	16275	-6975
AS - Aspiratore vapori	27000	1	28250	28250	-1250
FI - Filtri	6463	1	6100	6100	363
MO - Motori	4000	2	3000	6000	-2000
PO - Pompe varie/generiche	7700	2	3700	7400	300
RS - Riscaldatori	1340	1	1782	1782	-442
SC - Scambiatori di calore	28000	2	8900	17800	10200
SV - Valvole di sicurezza	4652	2	2326	4652	0
SV - Valvole di sicurezza	2326	1	2326	2326	0
SV - Valvole di sicurezza	2326	1	2900	2900	-574
SV - Valvole di sicurezza	1840	4	805	3220	-1380
SV - Valvole di sicurezza	4760	2	2326	4652	108
VS - Valvole regolatrici di pressione	4240	1	4730	4730	-490
VS - Valvole regolatrici di pressione	3740	1	4230	4230	-490
VS - Valvole regolatrici di pressione	770	1	2300	2300	-1530
VT - Valvole regolatrici di temperatura	3760	1	4500	4500	-740
BA - Basamento	7500	1	10000	10000	-2500
CI - Coibentazione	5000	1	2800	2800	2200
SB - Carpenteria Serbatoio	8000	1	5400	5400	2600
TR - Trattamenti superficiali	3500	0	0	0	3500
CE - Cavi elettrici e cable glands	10000	1	9000	9000	1000
VA - Valvole manuali/generiche	9000	36	500	18000	-9000
ST-Strumentazione	16000	1	18000	18000	-2000
TB - Tubazioni Piping	4500	1	1000	1000	3500
TOTALE PREVENTIVATO [€]			GUADAGNO/PERDITA TOTALE [€]		
213217			-13100		

Figura 35 Analisi costi: scenario 1

Preservare la fiducia che il cliente ha nei confronti dell'azienda assicura soddisfazione per il lavoro svolto ed un futuro accordo commerciale. Per tale motivo è opportuno trovare soluzioni che evitino, quando possibile, di reclamare extra-costi al cliente.

Questo scenario però ha spesso influito sul delivery time in quanto è stato necessario ricercare il fornitore che rientrasse nel budget ed intrattenere con esso lunghe trattative commerciali.

Il punto di partenza era un bilancio in perdita di circa 13.000 €, ma in seguito ad un'accurata ricerca ed un lavoro di riprogettazione, approvate in un meeting con il cliente, sono state trovate delle soluzioni:

- nuovo fornitore per il motore;
- riprogettazione del basamento: i calcoli strutturali effettuati hanno mostrato un coefficiente di sicurezza allineato con gli standard aziendali anche dopo aver effettuato un lavoro di alleggerimento dei supporti e del basamento, inoltre è stata ridotta la larghezza dello stesso portando esternamente allo skid la linea dell'acqua dello scambiatore di calore;
- nuovo materiale per l'accumulatore: si è passati dal costoso stainless steel al più economico carbon steel, assicurando però di proteggere il componente dall'ambiente aggressivo effettuando un trattamento superficiale anticorrosione.

Di seguito il nuovo scenario dove, evidenziato in giallo, si nota l'effetto e l'efficacia di tali interventi, infatti la perdita è stata colmata consentendo anche un margine di guadagno dignitoso.

CLASSE D'ACQUISTO	PREVENTIVO [€]	QUNTITA'	COSTO UNITARIO [€]	COSTO TOTALE [€]	GUADAGNO/PERDITA [€]
PO-Produtture	37500	1	40000	40000	-2500
AC - Accumulatore	9300	1	5500	5500	3800
AS - Aspiratore vapori	27000	1	28250	28250	-1250
FI - Filtri	6463	1	6100	6100	363
MO - Motori	4000	2	1800	3600	400
PO - Pompe varie/generiche	7700	2	3700	7400	300
RS - Riscaldatori	1340	1	1782	1782	-442
SC - Scambiatori di calore	28000	2	8900	17800	10200
SV - Valvole di sicurezza	4652	2	2326	4652	0
SV - Valvole di sicurezza	2326	1	2326	2326	0
SV - Valvole di sicurezza	2326	1	2900	2900	-574
SV - Valvole di sicurezza	1840	4	805	3220	-1380
SV - Valvole di sicurezza	4760	2	2326	4652	108
VS - Valvole regolatrici di pressione	4240	1	4730	4730	-490
VS - Valvole regolatrici di pressione	3740	1	4230	4230	-490
VS - Valvole regolatrici di pressione	770	1	2300	2300	-1530
VT - Valvole regolatrici di temperatura	3760	1	4500	4500	-740
BA - Basamento	7500	1	7000	7000	500
CI - Coibentazione	5000	1	2800	2800	2200
SB - Carpenteria Serbatoio	8000	1	5400	5400	2600
TR - Trattamenti superficiali	3500	1	1000	1000	2500
CE - Cavi elettrici e cable glands	10000	1	9000	9000	1000
VA - Valvole manuali/generiche	9000	36	500	18000	-9000
ST-Strumentazione	16000	1	18000	18000	-2000
TB - Tubazioni Piping	4500	1	1000	1000	3500
TOTALE PREVENTIVATO [€]				213217	7075
				GUADAGNO/PERDITA TOTALE [€]	7075

Figura 36 Analisi costi: scenario 2

Di seguito un confronto degli scenari dove si nota che nello scenario 1 è necessario un ulteriore 6% di extra-costi oltre all'intero budget preventivato, mentre nello scenario 2 c'è un guadagno del 3%.

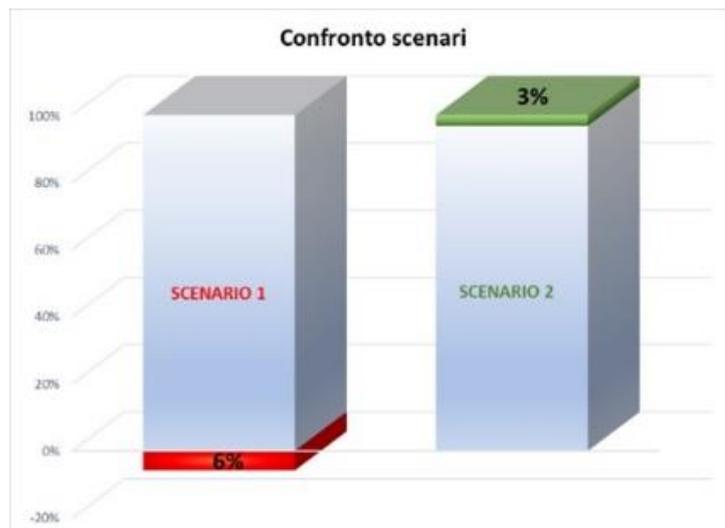


Figura 37 Confronto scenari

Anche se dal punto di vista economico la questione è stata risolta, a pagarne le conseguenze è stato il tempo di consegna. Dovendo effettuare nuovi ordini, o modificare quelli in corso, è stato necessario posticipare la data di consegna di 4 settimane.

Una volta avuto il consenso del cliente la prassi prevede di emettere un nuovo “Material procurement list” in cui viene dettagliato lo stato di avanzamento degli ordini. È stata in seguito aggiornata la pianificazione delle attività e stilato il relativo “Diagramma di Gantt” in cui vengono rappresentate le fasi in modo incrementale.



Figura 38 Diagramma di Gantt in seguito alle modifiche del Delivery time

4.7 Il Design

Una volta inquadrato l'impianto in termini di componenti principali, in particolare le loro dimensioni, pervenute quando la fase di offerta era quasi completamente allineata alle specifiche del cliente, è stato emesso un "General Arrangement" preliminare.

Considerando gli ingombri degli items e grazie all'esperienza del tecnico disegnatore, il GA preliminare era abbastanza allineato a quello che sarebbe stato quello definitivo.

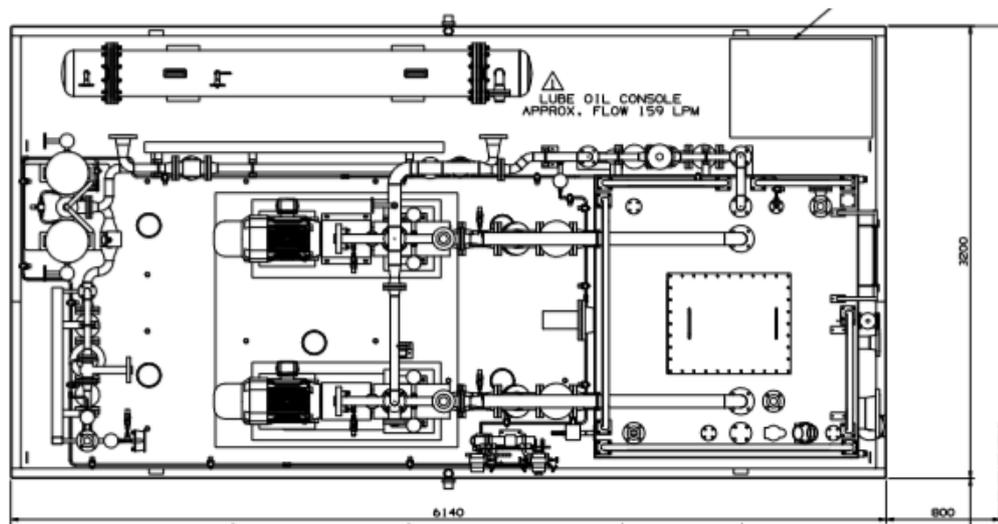


Figura 39 GA preliminare

In seguito a tale attività preliminare in cui la disegnazione è affidata quasi interamente al tecnico, si procede alla seconda fase in cui, collaborando con il disegnatore, è stato ottimizzato l'impianto. Frutto di tale lavoro è stato un design che rappresenta un compromesso tra la solidità strutturale, funzionalità ai fini manutentivi ed operativi e costi di produzione, senza mai trascurare la sicurezza.

Il filo conduttore è sempre il budget, è stato infatti necessario ragionare sulle migliori combinazioni delle tubazioni, flange e raccorderia che permetteva il minor utilizzo di materiale possibile. La stessa linea è stata usata per lo studio e progettazione dei supporti, in modo tale da evitare ridondanze e sprechi.

Tutto ciò non deve però far perdere di vista l'obiettivo di ottenere un design funzionale che permetta all'operatore libertà di movimento in fase di manutenzione, ma che garantisca anche un'ottima visibilità di tutte le spie e della strumentazione. A tal proposito è stato realizzato un camminamento centrato rispetto allo skid che garantisce l'accessibilità a tutti i componenti. È possibile infatti raggiungere facilmente il filtro per effettuare il cambio delle cartucce, azionare tutte le valvole manuali, leggere con cura gli

indicatori della strumentazione e arrivare comodamente ad essi, ma consente anche di smontare qualsiasi componente che lo necessita.

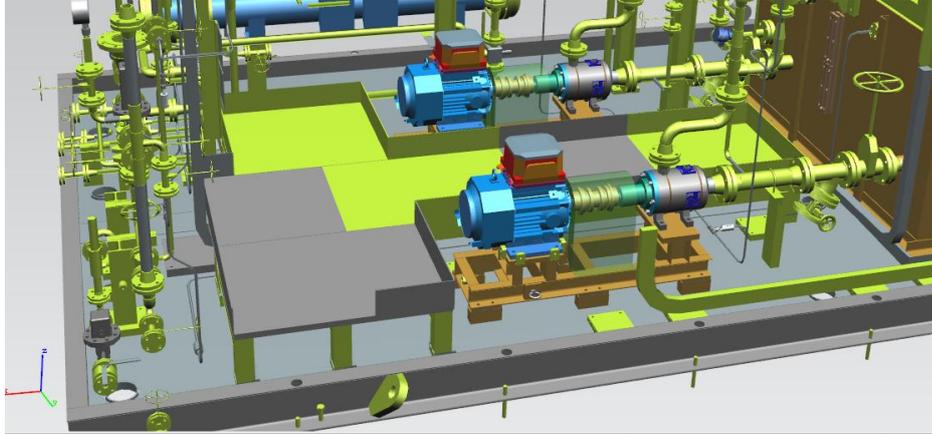


Figura 40 Particolare della LO: camminamento

Il design dell'impianto è stato realizzato assicurando sempre la sicurezza dell'operatore che andrà ad agire su di esso. Sin dall'inizio sono stati apportati una serie di accorgimenti per evitare ogni possibile infortunio:

- nei punti di passaggio non sono stati installati ostacoli che potrebbero causare cadute accidentali;
- sono stati eliminati o spostati tutti i componenti posizionati in alto contro cui gli operatori potevano urtare;
- la passerella è stata realizzata in modo da evitare scivolamenti, munita di parapetti da normativa e sono stati realizzati scalini che garantiscono la facile accessibilità ad essa;
- realizzato un valido sistema di illuminazione.

Oltre a queste norme base si prevedono una serie di componenti aggiuntivi per migliorare ancora di più le condizioni, come ad esempio le "Spray Shield", coperture installate attorno a tutte le connessioni flangiate per salvaguardare il personale in caso di improvvisa perdita di fluido ad alta pressione.

Ovviamente la struttura deve essere solida in modo tale da garantire la stabilità di ogni componente. Ne deriva quindi un design del basamento e dei supporti frutto non solo del buon senso, ma anche di una verifica che ne provi la solidità. Di seguito viene riportato il complessivo dell'impianto.

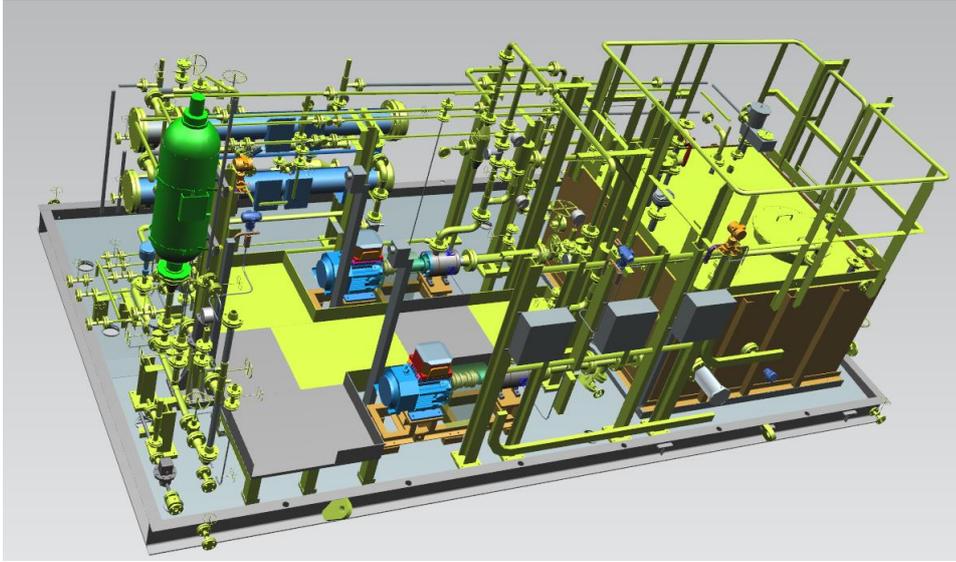


Figura 41 GA San Roque (1)

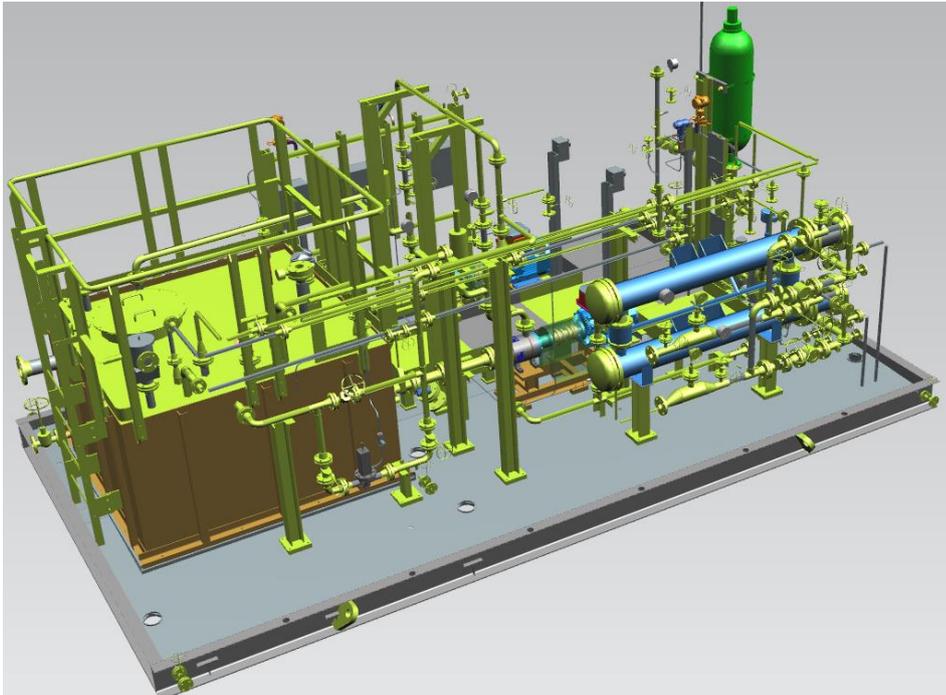


Figura 42 GA San Roque (2)

5 La LUBE OIL di NkNk

Le prime commesse seguite nella mia esperienza in Flenco sono state le 103861/62.

Sono entrambe cronologicamente precedenti al progetto San Roque, ma ho ritenuto parlarne successivamente in quanto la mia collaborazione è avvenuta in una fase terminale del progetto.

La “PJSC Nizhnekamskneftekhim” è una delle più grandi aziende petrolchimiche in Europa, leader nella produzione di gomme sintetiche e materie plastiche nella Federazione Russa. La società fa parte del gruppo TAIF e le principali strutture produttive si trovano nella città di Nizhnekamsk, Repubblica del Tatarstan, proprio dove saranno ubicate le due Lube Oil prodotte da Flenco.

La gamma di prodotti in uscita comprende oltre 120 articoli. I principali prodotti sono:

- gomma sintetica per usi generici e speciali;
- materie plastiche: polistirene, polipropilene, polietilene e plastica ABS;
- monomeri per produrre gomme e materie plastiche;
- altri prodotti petrolchimici (ossido di etilene, ossido di propilene, alfa-olefine, tensioattivi, ecc.)

Le vendite nel mercato interno russo e le esportazioni nel mercato internazionale sono approssimativamente alla pari e le principali destinazioni di esportazione sono per Europa, Asia e Medio Oriente^[13].

NkNk ha firmato un contratto di ingegneria e approvvigionamento con “Linde” per l’intero impianto di cui “Siemens” fornirà compressori e turbine.

L’olio utilizzato dalle turbine e dai compressori centrifughi tri-stadio saranno il fluido operativo delle due Lube oil commissionate da “Siemens” a Flenco.



Figura 43 Impianto Nizhnekamsk

5.1 Le specifiche dell'impianto

Trattare lo scopo di fornitura non avrebbe senso in quanto, anche se le commesse presentano impianti differenti, il lavoro operato dalla Flenco verterà sugli stessi punti di San Roque.

Anche in questo caso tutte le richieste del cliente sono espresse e racchiuse nelle specifiche tecniche. La documentazione varia da cliente a cliente, in questo caso sia Linde che Siemens hanno fornito molte più specifiche e con un maggiore grado di dettaglio rispetto alla commessa precedentemente trattata. Tutto ciò è frutto non solo della maggiore rilevanza economica delle Lube oil, ma anche dalla politica aziendale del cliente. Le utenze, cioè i compressori e le turbine, che gli impianti Flenco alimenteranno hanno delle potenze alquanto rilevanti: la Lube Oil 103861 è collegata alla turbina e al compressore del crack gas, mentre la Lube Oil 103862 è collegata a due gruppi, formati da compressore e turbina, alimentati però uno da etilene e uno da propilene.

Crack Gas	Oil flow	Pressure	Heat loss	Emergency oil flow	Pressure
	[l/min]	[barg]	[kW]	[l/min]	[barg]
Lube oil LP compressor	120	2,5	65	54	0,5
Lube oil MP compressor	144	2,5	78	65	0,5
Lube oil HP compressor	67	2,5	31	30	0,5
Lube oil turbine	360	2,5	138	162	0,5
Control oil turbine	293	8,5	-	-	-
				-	-
total (consumption)	984	-	312	311	-

Figura 44 Utenze Lube Oil: Cracked gas

Ethylene & Propylene	Oil flow [l/min]	Pressure [barg]	Heat loss [kW]	Emergency oil flow [l/min]	Pressure [barg]
Lube oil Ethylene compressor	275	2,5	163	123	0,5
Lube oil Ethylene turbine	305	2,5	136	137	0,5
Lube oil Propylene compressor	123	2,5	81	62	0,5
Lube oil Propylene turbine	254	2,5	48	114	0,5
Control oil Ethylene turbine	177	8,5	-	-	-
Control oil Propylene turbine	123	8,5	-	-	-
total (consumption)	1291	-	428	436	-

Figura 45 Utenze Lube Oil: Ethylene & Propylene

Per quanto riguarda il resto delle informazioni:

Sito di installazione: l'impianto è destinato alla Russia, ubicato in una zona nell'entroterra e posizionato internamente ad un capannone. Sono quindi riportate le temperature massime e minime relative sia al sito che allo stoccaggio, le quali rappresentano uno delle problematiche principali.

• Site location = Nizhnekamsk, Tatarstan			
○ oil unit location = indoor, shelter		min temperature	5°C
○		max temperature	40°C
○		design temperature	-20°C
○ Installation altitude =			208m
○ climatic zone =			
○ unusual conditions =		dust	
○ air pressure =		min. / max.:	98,658 / 102,658kPa
• Instrument air:			
○ min. / norm. / max. / design pressure :	5,0 / 5,0 / - / 10,0 barg		
○ norm. / design temperature :	ambient / -47°C, 65°C		

Figura 46 Estratto della "Main specification": Site informations

- Schema di funzionamento, dati di processo e caratteristiche del fluido principale: tutte informazioni particolarmente preziose e racchiuse nel P&ID.

Oil type:	ISO VG 46
Min ambient temperature (C°)	5
Minimum for mechanical & metallurgical design (C°)	-20
Max ambient temperature (C°)	40
Min. start-up temperature (°C)	10 (oil unit)
Min. start-up temperature (°C)	35 (compressor)
Normal supply temperature (°C)	45
Min. pressure trip (barg)	1,3
Min. pressure alarm (barg)	1,8
Normal lube oil header pressure (barg)	2,5
Normal control oil header pressure (barg)	8,5
Normal emergency oil header pressure (barg)	0,5
Min. pressure trip (barg) (outlet oil unit)	2,8
Min. pressure alarm (barg) (outlet oil unit)	3,3
Normal lube oil pressure (barg) (outlet oil unit)	4

Figura 47 Estratto della "Main specification": caratteristiche operative

- Dati di processo delle utenze.
- Componenti: per ogni item principale sono stati forniti in maniera sintetica le principali caratteristiche e i dati necessari per il loro dimensionamento. Ne segue l'esempio del filtro.

Lube oil filter	
<input checked="" type="checkbox"/> As per attached data sheets and supplements as listed below and as per customer specification:	
Double oil filter in accordance with ASME VIII, Div. 1, with U-Stamp; with continuous flow transfer valve	
• Filtration quality	: 10 µm nominal $\beta_{10} \geq 10$ (filtration quality 90% for 10µm)
• Filter body / cartridges	: stainless steel / fibre glass
• Pressure drop clean	: 0,35bar
• Pressure drop dirty	: 1,0bar
• Manufacturer:	refer to subvendor lists

Figura 48 Estratto della "Main specification": caratteristiche filtro

- Documentazione, certificati, manuali e passaporti: in questo caso è necessario fornire il tutto sia in inglese che in russo.
- Lista fornitori accettati.

Nonostante una "Main Specification" molto più dettagliata, anche in questo caso il cliente ha fornito molteplici documenti specifici atti al corretto sviluppo della commessa.

5.2 Peculiarità

Tale impianto presenta delle soluzioni atipiche, sia per il sistema di alimentazione della pompa che per il sistema di sicurezza.

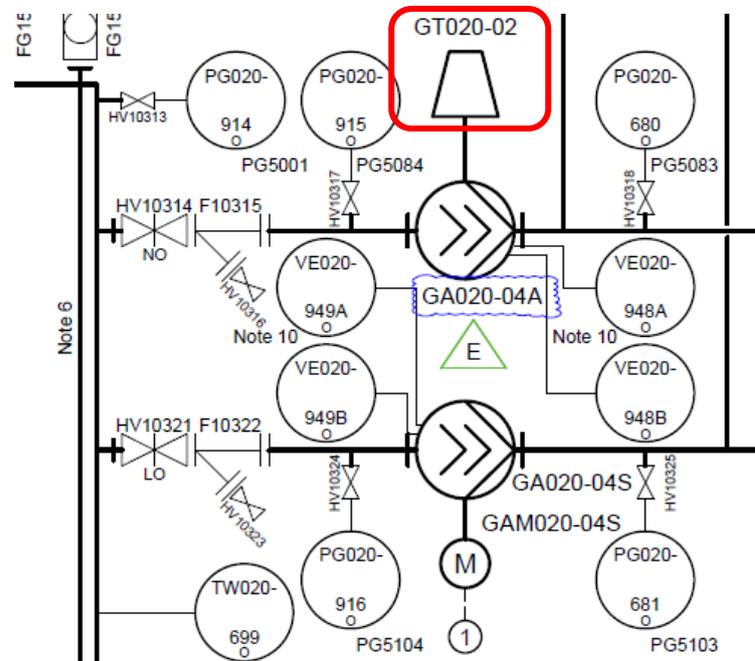


Figura 49 Estratto P&ID: sistema di alimentazione e pompe

Come è possibile notare dall'estratto del P&ID il sistema di alimentazione della pompa principale è rappresentato da una turbina. Tale soluzione è poco utilizzata in quanto i costi di una turbina a vapore sono nettamente maggiori di quelli di un motore di pari potenza, sia in termini di investimento iniziale, che in termini di manutenzione.

I vantaggi di tale scelta sono da ritrovare nella continuità che assicura una turbina rispetto al motore, infatti, quando si ha del vapore inutilizzato, lo si sfrutta per la macchina motrice. In uno scenario dove si ha a disposizione gratuitamente il vapore, l'investimento di una turbina può essere ammortizzato se confrontato all'utilizzo di un motore che necessita di energia elettrica per funzionare.

Lo contraddistingue dall'impianto di San Roque anche la presenza, oltre quella di emergenza, di una pompa ausiliaria, che con una linea dedicata bypassa lo scambiatore di calore assicurando la pressione minima dell'olio alle utenze. Allacciandosi alla questione sicurezza è necessario sottolineare la presenza di due rundown tank installati a 5 m dal basamento dimensionati per soddisfare la portata delle utenze per ben 5 s, a differenza dei classici 4 s approvati dalle API 614.

Anche per NkNk il sito di installazione ha creato non poche complicazioni a causa della sua posizione geografica. La temperatura minima di stoccaggio del luogo è di -47 °C,

questo significa che tutti i componenti devono resistere ed essere certificati per tale temperatura. La ricerca del fornitore anche in questo caso è stata critica ed il grado di collaborazione richiestogli è stato molto elevato in quanto ogni componente necessita di un passaporto tecnico, che rispetti la vigente normativa russa, per essere ammesso nel Paese. Tale normativa è nota come GOST, che corrisponde all'abbreviazione di "Gosudarstvennyj Standart" ("Standard di Stato" in russo).

Al fine di proteggere la salute pubblica ed assicurare la sicurezza e qualità dei prodotti importati è stata emessa tale normativa la quale prevede che gran parte dei prodotti destinati ai mercati interni della federazione russa necessitano di certificazione. I prodotti soggetti al regime certificativo ed auto certificativo devono essere dotati di:

- [certificato di conformità GOST R obbligatorio](#);
- dichiarazione di conformità GOST R;
- [certificato di conformità al Regolamento tecnico russo](#);
- [dichiarazione di conformità al Regolamento tecnico russo](#)^[14].

Segue uno schema che riassume la prassi necessaria per l'esportazione di un prodotto in Russia rispettando la normativa GOST

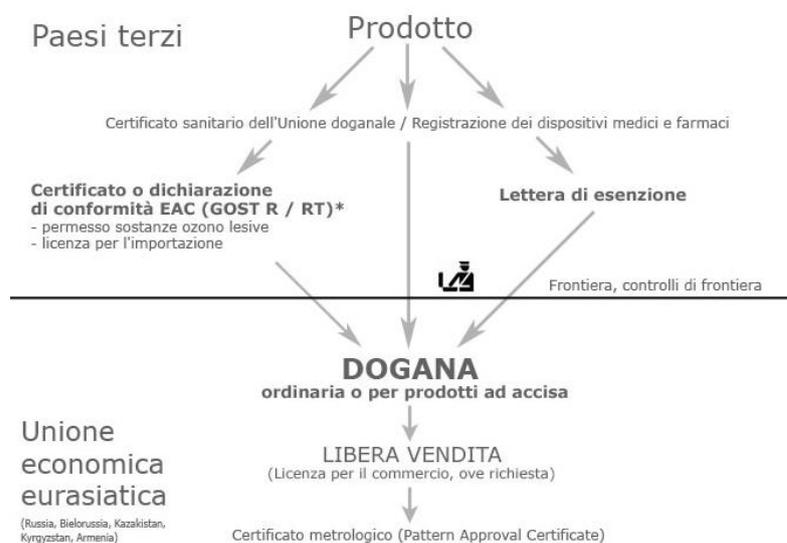


Figura 50 Procedura per l'esportazione in Russia

5.3 Contributo alla fase di dimensionamento: PSV e verifica Superimposed Back Pressure

In tale impianto mi sono dedicato al dimensionamento delle Pressure Control Valve, note anche come PSV. Le valvole di controllo svolgono una funzione chiave nel controllo delle prestazioni assicurando il buon funzionamento degli impianti e dei sistemi di processo. Le prestazioni delle valvole di controllo possono avere un effetto drammatico sull'efficienza operativa, sulla redditività globale e sui costi del ciclo di vita degli impianti. Una valvola di controllo di dimensioni adeguate può fornire significativi vantaggi come aumentare la disponibilità del processo, ridurre la variabilità del processo, ridurre i costi di manutenzione ed aumentare la vita delle valvole stesse. Pertanto, è necessario prestare particolare attenzione al dimensionamento corretto delle valvole di controllo del sistema.

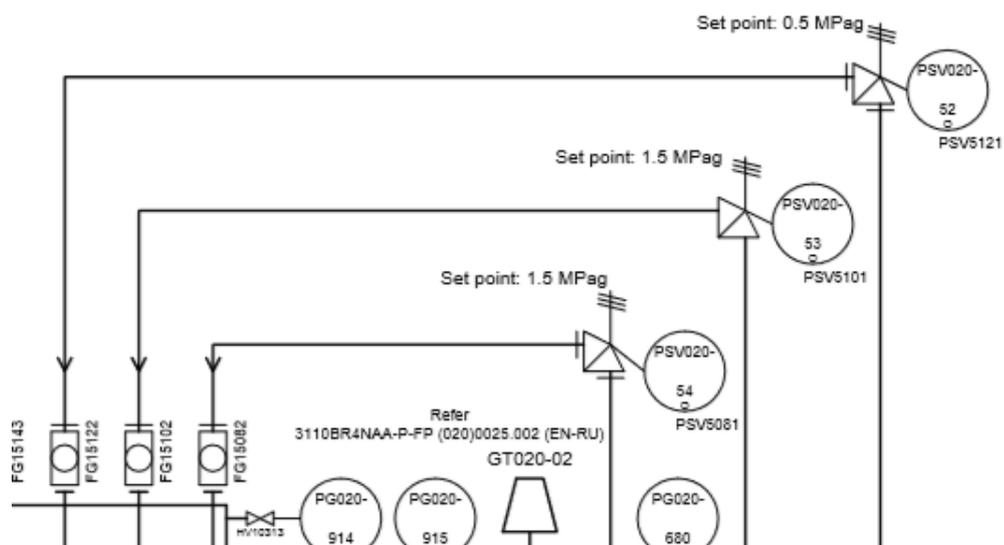


Figura 51 Estratto P&ID: PSV

Come è possibile notare dall'estratto del P&ID della Lube Oil 103861 (Cracked Gas) sono presenti tre PSV: PSV020-54, PSV020-53 e PSV020-52, rispettivamente responsabili della linea della pompa principale, quella ausiliaria e quella di emergenza.

Le procedure di dimensionamento di tali valvole di controllo si basano su metodi matematici accettati dalla normativa GOST richiesta da cliente, in particolare la GOST 12.2.085-2002.

La progettazione delle valvole prevede un dispositivo per il controllo della funzionalità della stessa in condizioni di lavoro che la costringa ad aprirsi. L'apertura forzata deve essere settata ad una pressione pari all'80% della pressione di regolazione.

Quando le valvole sono in funzione, è consentito superare la pressione non più del 25% del valore di progetto.

Al fine di rispettare tali caratteristiche è necessario dimensionare accuratamente la minima area di passaggio del fluido nella valvola.

Per farlo è stata sfruttata la seguente relazione^[15]:

$$F = \frac{G}{5,03 \times \alpha_2 \times \sqrt{P_1 - P_2 \times \rho}}$$

dove:

- F è l'area della sezione trasversale della valvola;
- α_2 è il coefficiente di flusso corrispondente all'area F per i liquidi;
- ρ è la densità di vapore, gas o liquido a monte della valvola (determinato da tabelle o diagrammi di stato);
- P_1 è la più alta pressione a monte della valvola (Relieving pressure);
- P_2 è la massima sovrappressione a valle della valvola (Backpressure);
- G è capacità della valvola in termini di portata;
- 5,03 è un coefficiente di correzione relativo alle unità di misura;

Di seguito sono riportati i valori ed i risultati ottenuti:

	PSV020-52	PSV020-53/54	PSV030-52	PSV030-53/54
G [kg/h]	23355	77331	33735	91344
α_2	0,45	0,45	0,45	0,45
P_1 [Mpag]	0,58	1,73	0,58	1,73
P_2 [Mpag]	0	0	0	0
ρ [kg/m³]	865	865	865	865
F [mm²]	458,83	879,67	662,76	1039,07

Figura 52 Risultati dimensionamento PSV

Ottenuta la minima sezione di passaggio F che soddisfa la portata richiesta, è stata selezionata la valvola tenendo conto:

- delle richieste del cliente, hanno influito principalmente sulle dimensioni della flangia della valvola;
- della normativa standard di riferimento del fornitore (DIN EN ISO 4126-7 for Liquid).

Di seguito le dimensioni delle valvole selezionate dove A_0 è l'effettiva area di passaggio:

	PSV020-52	PSV020-53/54	PSV030-52	PSV030-53/54
DN	20	40	65	80
PN	40	40	16	16
A_0 [mm ²]	1075,21	1075,21	1075,21	1661,90

Figura 53 Dimensioni PSV

Per essere più chiari vediamo uno spaccato della valvola:

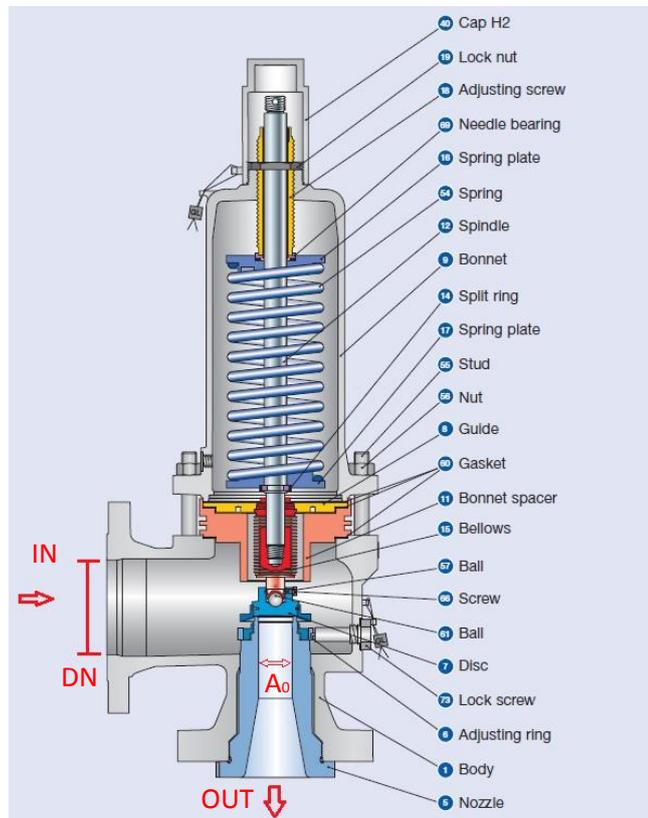


Figura 54 Sezione di una PSV

Una volta scelte le valvole è stato necessario effettuare la verifica della “Superimposed Back Pressure”, cioè la pressione che si viene a creare all’uscita della valvola di sicurezza. Essa dipende dalla portata del fluido scaricato e dalla linea di scarico, in particolare dal diametro della tubazione, dalla sua lunghezza e dalla presenza di eventuali curve o silenziatori.

Una eccessiva Superimposed Back Pressure porta al malfunzionamento della valvola, per tale motivo va calcolata e verificato che tale caduta di pressione non superi il 3% della set pressure dell’apparecchio^[16].

Nel percorso che va dalla PSV al tank sono state considerate:

- perdite di carico distribuite;
- perdite di carico concentrate;
- salto geodetico;
- pressione nel tank.

Il calcolo delle perdite di carico distribuite è stato fatto utilizzando la formula di Darcy:

$$\Delta P_{Dist} = \lambda \frac{L}{D} \left(\frac{w^2}{2g} \right)$$

dove:

- L è la lunghezza della tubazione;
- D è il diametro della tubazione;
- w è la velocità del fluido;
- g è l'accelerazione di gravità;
- λ è il fattore di attrito che, essendo in regime laminare, è calcolato come: $\lambda = \frac{64}{Re}$.

Tali valutazioni sono state effettuate nella fase critica di avviamento in cui, a causa della variazione di temperatura, è presente una variazione di viscosità.

Per le perdite di carico concentrate si è fatto ricorso ad apposito abaco riportato di seguito:

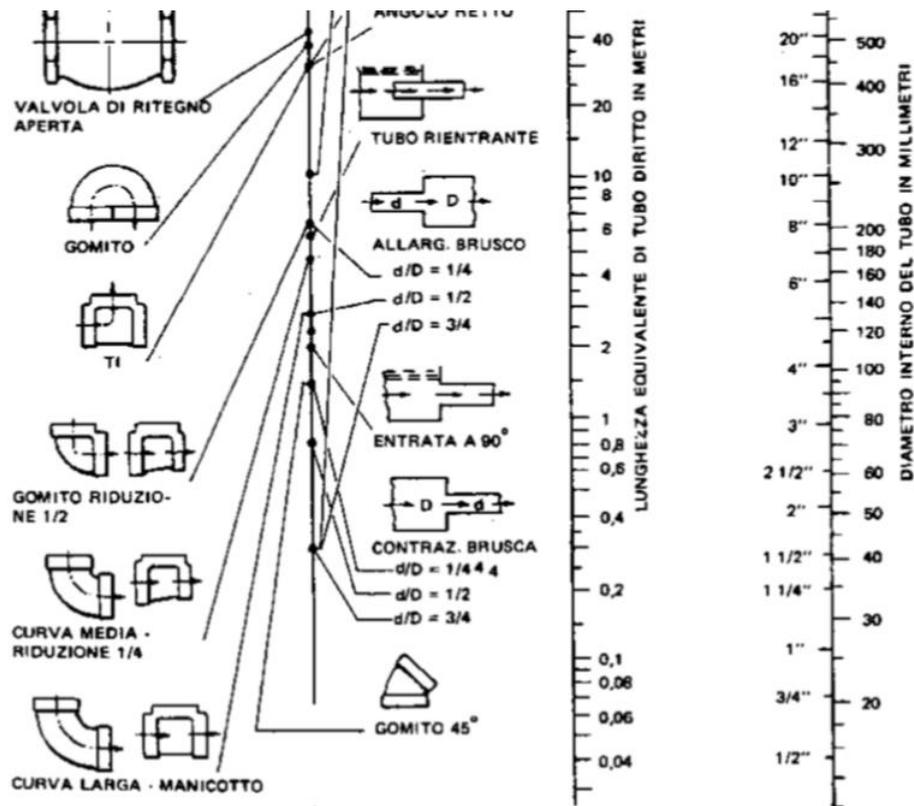


Figura 55 Abaco perdite di carico concentrate

Da tale abaco è stata ricavata la lunghezza equivalente tramite la quale risalire alle perdite di carico concentrate considerandole come distribuite. La tubazione che va dalla valvola al tank prevede curve, contrazioni (legati alla spia visiva) e allargamenti (legati alla spia visiva ed a variazioni del diametro della tubazione):

	D_{int} [mm]	N. Curve	L_{eq} Curve [m]	N. Allarg.	L_{eq} Allarg. [m]	N. Contr.	L_{eq} Contr. [m]	L_{eq-Tot} [m]
PSV020-52	83	3	2,8	2	1,6	1	0,9	12,5
PSV020-53	102	4	3,4	2	2,0	1	1,0	18,6
PSV020-54	102	3	3,4	2	2,0	1	1,0	15,2
PSV030-52	83	3	2,8	2	1,6	1	0,9	12,5
PSV030-53	102	4	3,4	2	2,0	1	1,0	18,6
PSV030-54	102	3	3,4	2	2,0	1	1,0	15,2

Figura 56 Tabella riassuntiva lunghezza equivalente

Di seguito viene riportato un estratto del GA contenente il percorso che va dalle PSV al tank.

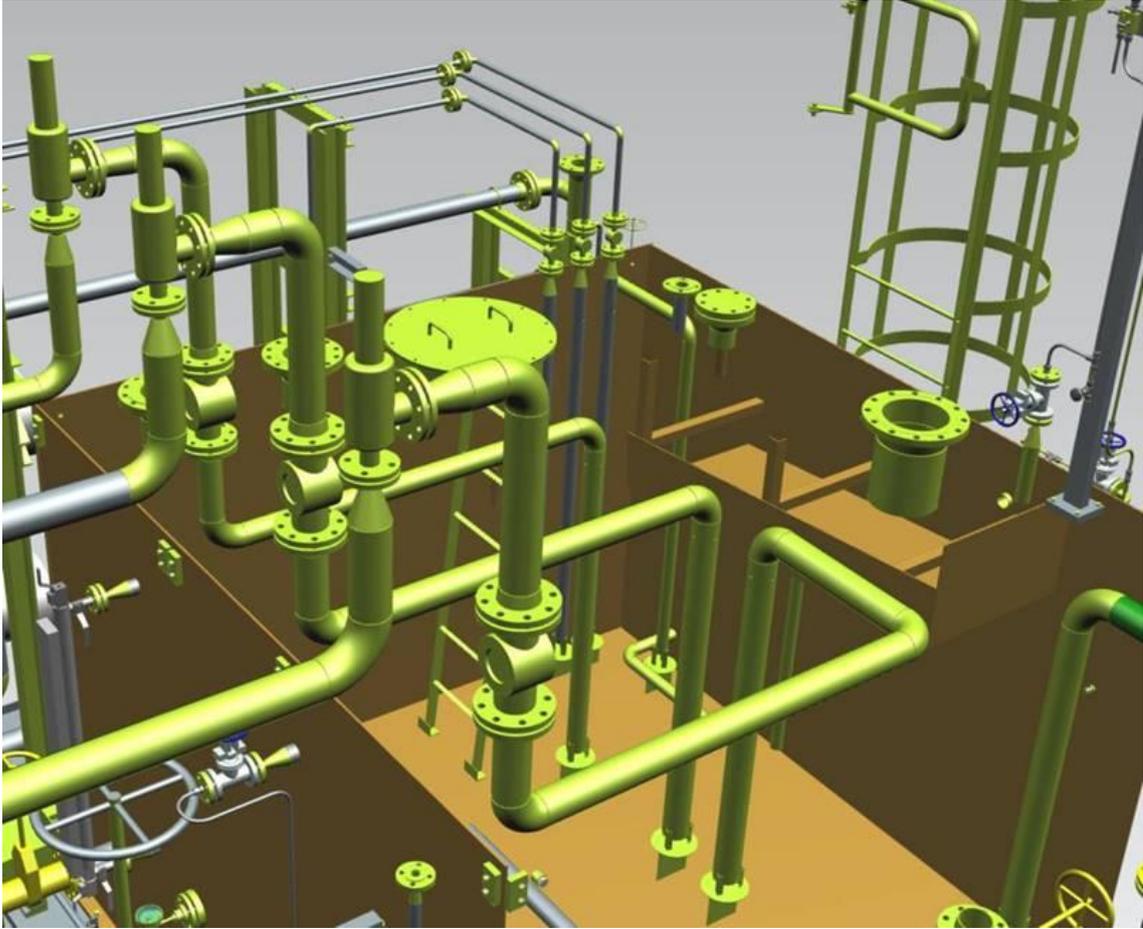


Figura 57 Estratto GA: Percorso PSV-Tank

Per il salto geodetico è stata utilizzata la seguente relazione:

$$\Delta P_G = g \times \rho \times \Delta H \times 10^{-6}$$

dove:

- g è l'accelerazione di gravità;
- ρ è la densità dell'olio;
- ΔH è la variazione di altezza
- 10^{-6} è un fattore correttivo relativo alle unità di misura.

Infine è stata considerata anche la massima sovrappressione che può essere presente nel tank.

La verifica finale effettuata è stata:

$$\Delta P_{TOT} = \Delta P_{Dist} + \Delta P_{Conc} + P_{max,Tank} - \Delta P_G < P_{set,3\%}$$

I dati ed i risultati ottenuti sono riportati nelle seguenti tabelle:

DATI [ISO VG 46]	PSV020-52	PSV020-53	PSV020-54	PSV030-52	PSV030-53	PSV030-54
Portata [l/min]	438	1489	1520	655	1756	1800
ρ [kg/m ³]	875	875	875	875	875	875
D_{int} [mm]	83	102	102	83	102	102
L_{tubo} [m]	6	6	6	6	6	6
ΔH [m]	2.237	2.237	2.237	2.237	2.237	2.237
w [m/s]	1.35	3.04	3.1	2.02	3.58	3.67

Figura 58 Dati utilizzati per il calcolo delle perdite di carico

Valvola	T[°C]	Visc. [cst]	Re	ΔP_{dist} [MPa]	ΔP_{conc} [MPa]	ΔP_G [MPa]	$P_{max.Tank}$ [Mpa]	ΔP_{TOT} [MPa]	$P_{set,3\%}$ [MPa]	
PSV020-52	10	250	448	0,009	0,020	0,019	0,007	0,017	0,045	Verificato
	20	146	767	0,005	0,011	0,019	0,007	0,005	0,045	Verificato
PSV020-53	10	250	1239	0,014	0,044	0,019	0,007	0,045	0,075	Verificato
	20	146	2122	0,008	0,025	0,019	0,007	0,021	0,075	Verificato
PSV020-54	10	250	1265	0,014	0,036	0,019	0,007	0,039	0,075	Verificato
	20	146	2166	0,008	0,021	0,019	0,007	0,017	0,075	Verificato
PSV030-52	10	250	670	0,014	0,029	0,019	0,007	0,031	0,045	Verificato
	20	146	1147	0,008	0,017	0,019	0,007	0,013	0,045	Verificato
PSV030-53	10	250	1461	0,017	0,051	0,019	0,007	0,056	0,075	Verificato
	20	146	2502	0,010	0,030	0,019	0,007	0,028	0,075	Verificato
PSV030-54	10	250	1498	0,017	0,043	0,019	0,007	0,048	0,075	Verificato
	20	146	2565	0,010	0,025	0,019	0,007	0,023	0,075	Verificato

Figura 59 Risultati della verifica delle perdite di carico

5.4 Fase di acquisto e selezione dei componenti

Come in quasi tutte le Lube Oil è presente un Oil Mist Eliminator, cioè un componente dove è presente un elemento filtrante il cui scopo è ripulire i vapori presenti nel tank.

Data l'infiammabilità di tali fluidi è previsto l'utilizzo di un Flame Arrestor, cioè un dispositivo che impedisce la trasmissione della fiamma all'interno dei tubi, evitando così incendi o detonazioni maggiori.

Nella Lube Oil di NkNk è stato uno dei componenti di cui mi sono occupato le cui specifiche presentano delle atipicità rispetto alle generiche commesse Flenco.

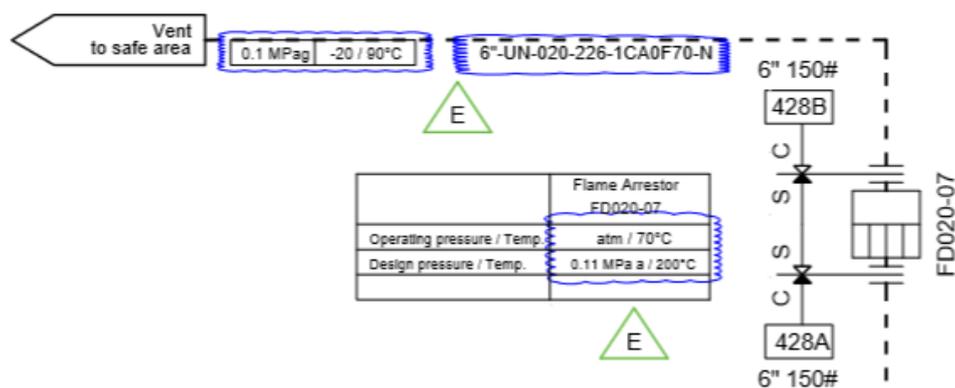


Figura 60 Estratto P&ID: Flame arrester

Il P&ID mostra che tale dispositivo deve essere collegato all'area di sicurezza, la richiesta, anche se non del tutto insolita, influenza la tipologia del Flame Arrester la cui scelta dipende da diversi fattori.

Una qualsiasi miscela infiammabile di vapore o gas che entra in contatto con una fonte di accensione sviluppa un fronte di fiamma. Se un fronte di fiamma si sta propagando a una velocità inferiore alla velocità del suono nel vapore, è noto come deflagrazione. Un fronte di fiamma che si propaga con un'onda d'urto alla velocità del suono nel vapore è noto come detonazione (stabile).

Una detonazione sovrapiotata è un fronte di fiamma che si propaga ad una velocità superiore alla velocità del suono nel vapore. Una tale detonazione sovrapiotata è un fenomeno di breve durata e di solito si verifica quando il fronte di fiamma sta passando da una deflagrazione ad alta velocità (vicino alla velocità del suono) a una detonazione.

Una deflagrazione può svilupparsi nell'atmosfera come una deflagrazione non confinata, o in un'area chiusa, tipicamente un sistema di tubazioni, come una deflagrazione confinata. Detonazioni e detonazioni overdrive sono più comunemente riscontrate in sistemi di tubazioni chiusi.

Una deflagrazione non confinata provoca velocità della fiamma relativamente basse e praticamente nessun aumento di pressione. Una deflagrazione limitata (ad es. accensione in un tratto di tubo) inizia a bassa velocità e pressione, man mano che la parte anteriore della fiamma si propaga nel tubo, la sua velocità e la relativa pressione aumentano. In condotte lunghe o complicate (curve multiple) la fiamma accelera fino a quando non passa attraverso uno stato di detonazione sovrapiotato in una detonazione stabile.

Il grafico che segue esplicita in modo chiaro quello detto finora mostrando come la scelta del rompi fiamma sia influenzata dalla lunghezza della tubazione e dalla tipologia di fluido da cui deriva la velocità di avanzamento del fronte di fiamma^[17].

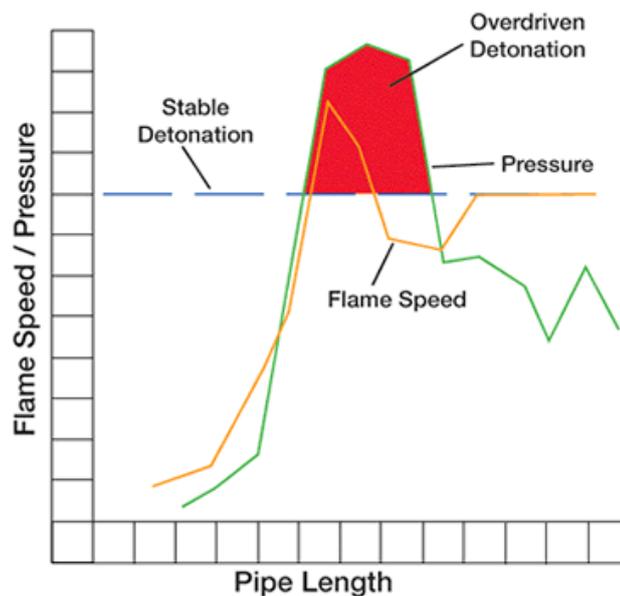


Figura 61 Grafico della velocità del fronte di fiamma in funzione della lunghezza del tubo

A causa della distanza della zona di sicurezza e del fluido è stata utilizzata una delle tipologie più costose data la loro complessità, cioè un Flame Arrestor contro le detonazioni (overdriven detonation), montato lungo la linea e di tipo bidirezionale dato che la fiamma può provenire da entrambe le direzioni.

5.5 Test Procedure

Il cliente finale è stato particolarmente esigente per quanto riguarda la documentazione. Emblema è sicuramente la “Test Procedure” revisionata più volte finché non è stata raggiunta la “perfezione” richiesta.

Tale documento descrive le procedure da seguire nella fase di test funzionale, il quale è eseguito rispettando la normativa API 614, 5° edizione.

Le attività di ogni fase sono ben dettagliate ed alla fine sono presenti delle tabelle dove devono essere riportati i risultati. Lo scopo del test è verificare:

- assenza di stress nelle apparecchiature;
- pulizia del sistema secondo lo standard API, parte 1, allegato D3;
- assenza di perdite in condizioni operative normali;
- corretto funzionamento dell'apparecchiatura.

La prima parte documento dettaglia la fase di preparazione al test, viene dunque richiesto di controllare il corretto posizionamento di tutti i componenti e degli strumenti, che i loro accoppiamenti non generino stress con i tubi e di verificarne la pulizia.

In tale fase è quindi necessario preparare la Lube Oil al funzionamento riempiendo il serbatoio di olio, installare le cartucce nel filtro, controllare che l'impianto rispetti il P&ID e lubrificare manualmente le pompe. Per il test preliminare l'unità viene lasciata in funzione a bassa pressione sotto costante monitoraggio per almeno 30 minuti.

Una particolare appendice è stata dedicata al tipo di olio utilizzato, infatti l'olio sarà ISO VG 32 anche se l'unità è stata progettata per ISO VG 46. È stato quindi necessario analizzare l'andamento della viscosità cinematica in funzione della temperatura delle due tipologie di fluido, in modo da ottenere le giuste condizioni operative usando ISO VG 32.

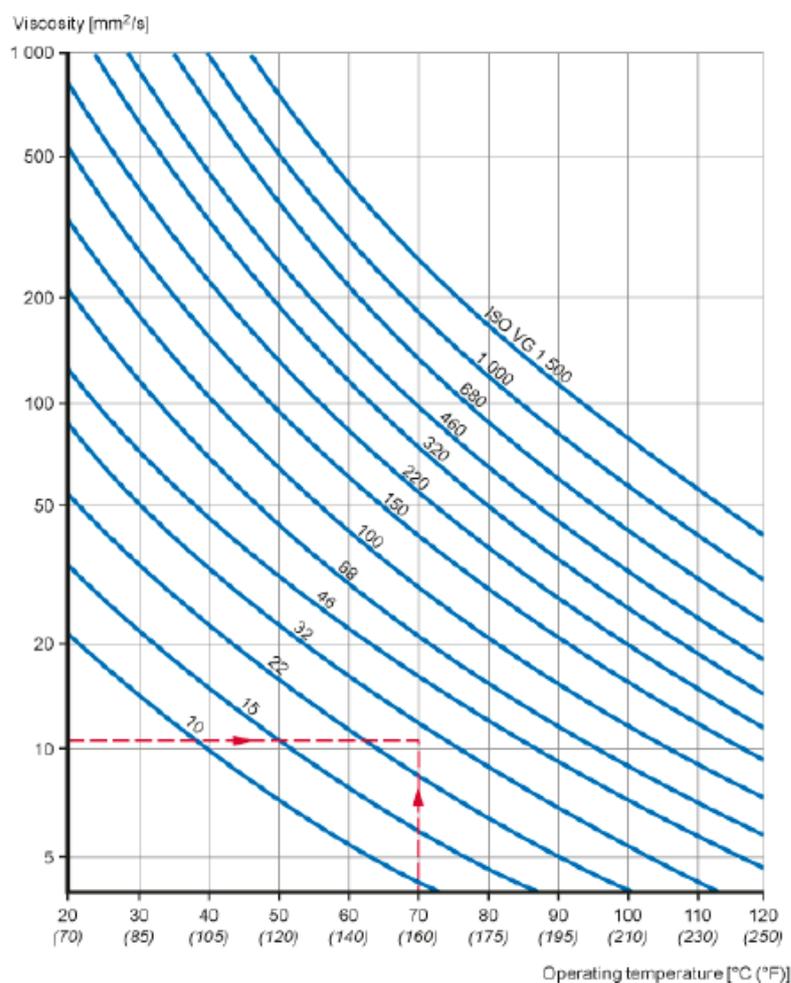


Figura 62 Andamento della viscosità cinematica in funzione della temperatura

Il risultato ottenuto è racchiuso nella seguente tabella comparativa in modo da ottenere la viscosità desiderata calibrando opportunamente la temperatura:

Temperature ISO VG 46	Dynamic viscosity [mm ² /s]	Equivalent temperature ISO VG 32
[°C]		[°C]
10	250.0	3
20	146.1	13
30	73.0	23
40	46.0	32
45	37.2	37
50	28.3	42
60	21.1	52
70	14.4	61
80	11.0	70
90	8.5	80
100	6.8	90

Figura 63 Confronto ISO VG 46/32

La seconda parte riguarda la procedura di lavaggio la quale deve seguire la sezione dedicata nell'API 614. Viene in essa riportata la durata della procedura e le operazioni da seguire come la sostituzione dei filtri, il lavaggio di entrambe le linee di bypass dei filtri, oppure il martellamento dei tubi durante il lavaggio. In tale fase viene monitorato il grado di pulizia e verificato che rientri nei limiti. Infine, dopo il lavaggio e prima dell'inizio del test delle prestazioni, va verificato che tutte le valvole manuali siano nella posizione di apertura/chiusura corretta in base al P&ID.

La terza parte contiene il test funzionale necessario per verificare il funzionamento effettivo della macchina. Sono precisate le temperature da utilizzare, la durata minima di flussaggio per ogni pompa, come e quando eseguire la regolazione di ogni valvola al fine di ottenere la pressione e la portata desiderata alle utenze. Importante in tale fase è la registrazione dei valori funzionali in apposite tabelle contenute nella Test Procedure, di seguito alcuni esempi:

Measure at least once:							NOTES
GA020-02 motor/pump vibration (mm/s)	X:						6 mm/s RMS (150mm peak to peak unfiltered)
	Y:						
	Z:						
Oil temperature	°C						
GA020-02 pump motor absorbed current (Ampere)	L1:						Pay attention to cross relation between ISO VG46 and ISO VG 32 oil
	L2:						
	L3:						
Measurement of noise around the machine							
GA020-02 pump capacity measured by flow meters at terminal point, with PCV020-683 closed							
GA020-02 pump motor absorbed current during pump capacity test (Ampere)	L1:						
	L2:						

Figura 64 Esempio 1: tabella Test Procedure

	h	h	h	h
	AFTER 0'	AFTER 20'	AFTER 40'	AFTER 60'
Main oil pump GA020-02 Discharge Pressure (kPaG) at PG020-688				
Main oil pump GA020-02 flow (m3/h) to point TP388 (LO GB020-01)				
Main oil pump GA020-02 pressure (kPaG) to point TP388 (LO GB020-01)				
Main oil pump GA020-02 temperature (°C) to TP388 (LO GB020-01)				
Main oil pump GA020-02 flow (m3/h) to point TP389 (CO for GT020- 01)				
Main oil pump GA020-02 pressure (kPaG) to point TP389 (CO for GT020- 01)				
Main oil pump GA020-02 temperature (°C) to TP389 (CO for GT020- 01)				
Delta P across filter FD020-03 (kPaG) at PDIT 020-696				

Figura 65 Esempio 2: tabella Test Procedure

Vanno quindi eseguite le misurazioni del livello sonoro di cui ne sono precisati distanza di rilevamento dai componenti e livelli da rispettare, verificare e registrare la potenza assorbita dai motori e la pressione dell'impianto. Vengono, in quanto rigorose, specificate le procedure da seguire quando si passa dal testare una pompa all'altra.

Nella parte finale vengono elencate le procedure da seguire una volta terminato il test. In tale fase bisogna arrestare tutte le apparecchiature, disconnettere le utenze, verificare la pulizia rimuovendo il fluido operativo.

5.6 Il Design

Le Lube Oil di NkNk presentano un design molto simile tra loro, esistono solo piccole differenze causate dalle diverse dimensioni di alcuni componenti.

Nonostante siano impianti moto più grandi della Lube Oil di San Roque, la logica per il design è simile, in particolare viene condivisa l'idea del camminamento centrale e della linea dell'acqua dello scambiatore fuori dallo skid, rispettivamente per il facile raggiungimento di ogni componente e per ridurre i costi di realizzazione del basamento.

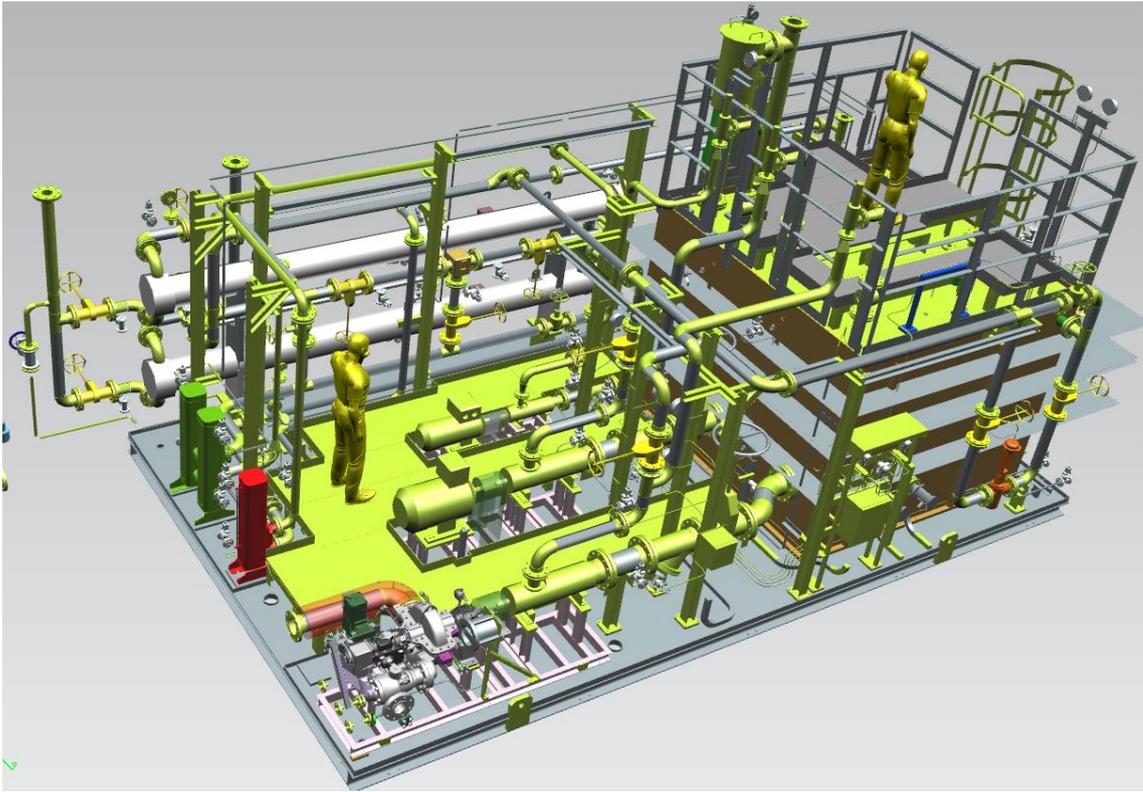


Figura 66 GA Lube Oil NkNk

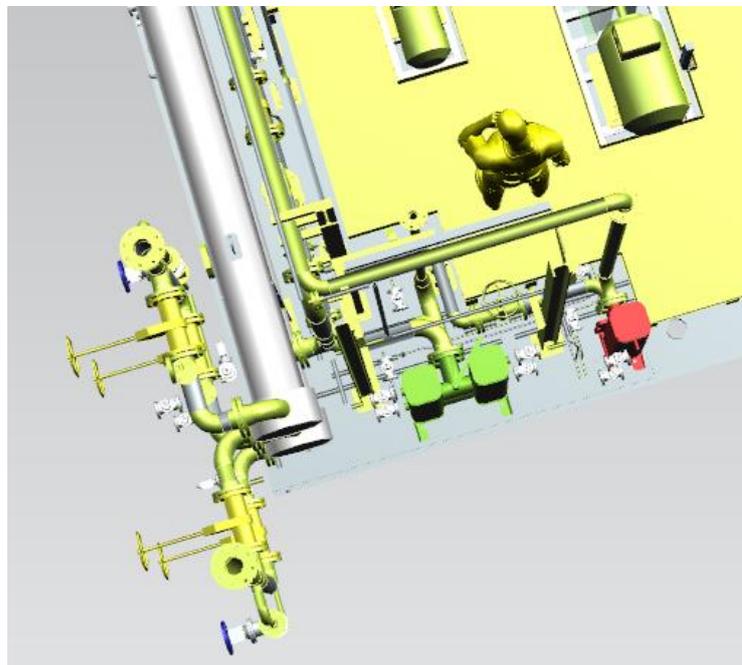


Figura 67 Estratto GA: Linea acqua scambiatore

5.6.1 Verifiche strutturali

Il design finale è stato approvato solo in seguito all'esito positivo dei calcoli strutturali. Tale verifica risulta molto importante nella fase di trasporto e posizionamento dell'impianto in cui è necessario il sollevamento dello stesso. Già in fase di progettazione sono previsti dei punti di sollevamento ben precisi ed in particolare si fa in modo che in tali punti il basamento sia particolarmente solido e stabile.

La verifica è stata effettuata, sia per il basamento che per il tank, con il metodo degli elementi finiti, in particolare, utilizzando un fattore di sollevamento "K" pari a 2.

Si è constatato che le sollecitazioni calcolate, applicando Von Mises, non abbiano superato la resistenza di snervamento del materiale.

I valori utilizzati sono contenuti nella seguente tabella:

	Baseplate	Tank
Characteristics	S355	S.Steel – A304
Young Modulus, E (@ -47°)	215000 MPa	210000 MPa
Poisson Coefficient, ν	0.29	0.29
Density, ρ	7850 kg/m ³	7850 kg/m ³
Yield strength, Re (@ -47°)	370 MPa	305 MPa
Yield strength, Re (@ ambient)	355 MPa	290 MPa
Ultimate tensile strength, Rm	470 MPa	500 MPa

Figura 68 Dati verifica strutturale

Quindi viene calcolato il coefficiente di sicurezza "SF":

$$SF = \frac{Re}{\sigma_{ym}}$$

Viene di seguito riporta una tabella contenente i risultati della verifica dal quale si evince che il coefficiente di sicurezza rispetta, anche se ai limiti per il tank, i parametri aziendali:

	BASEPLATE	TANK
σ_{ym} [MPa]	281	256
Re [MPa]	370	305
SF	1.32	1.19

Figura 69 Risultati verifica strutturale

Come è possibile vedere le maggiori tensioni si hanno nella zona di sollevamento.

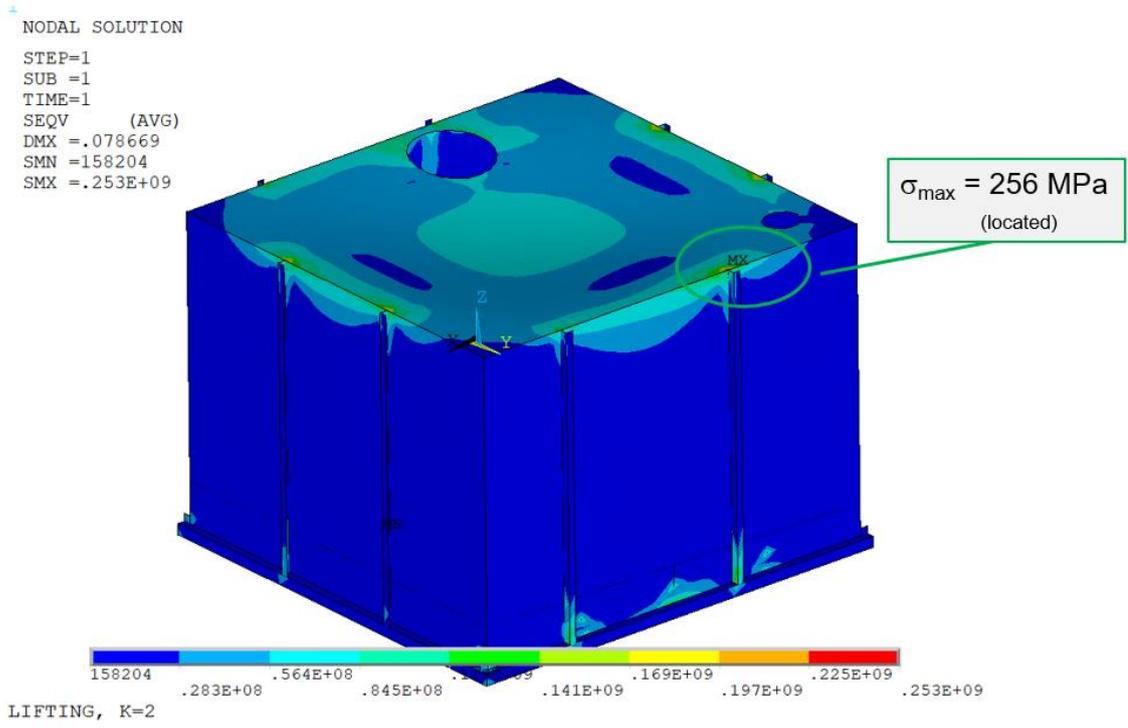


Figura 70 Distribuzione delle tensioni (tank)

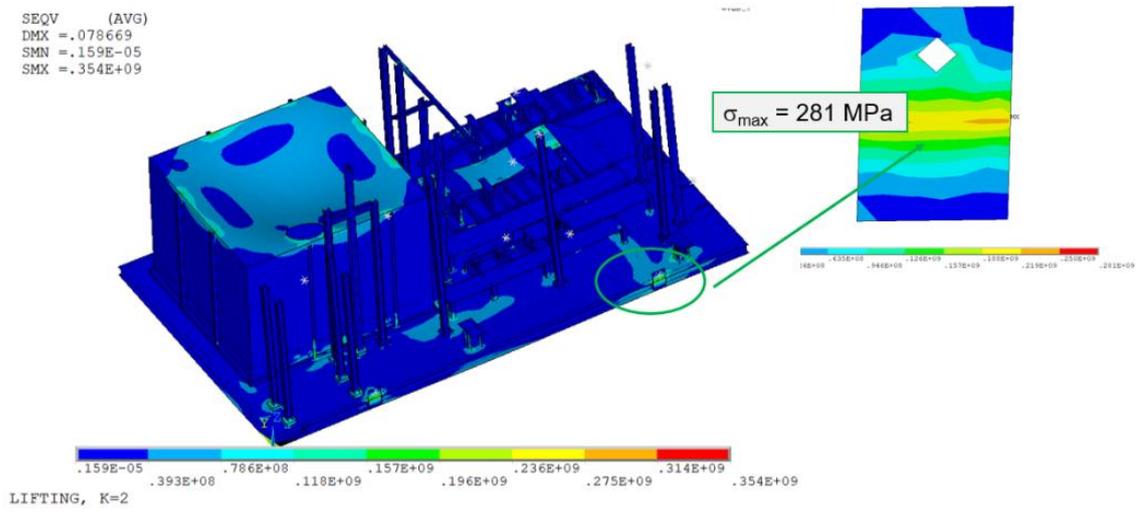


Figura 71 Distribuzione delle tensioni (impianto)

5.6.2 Problematica design: valvole scambiatore

Come è possibile notare dal P&ID i due scambiatori di calore prevedono un gruppo di valvole accoppiate con comando simultaneo e riduttore a volantino.

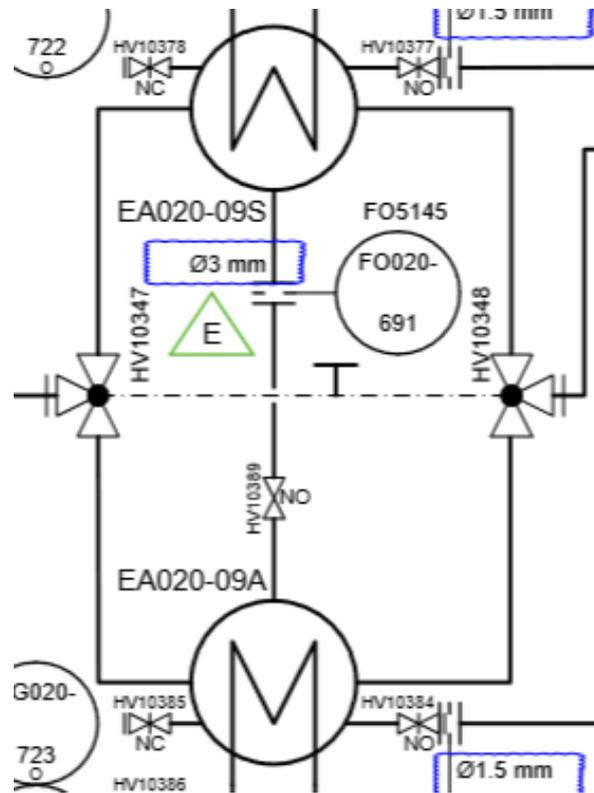


Figura 72 Estratto P&ID: scambiatori di calore

La prassi di selezione del fornitore è stata quella standard ed alla fine è stato selezionato il miglior compromesso qualità prezzo.

Ad un mese di distanza dall'evasione dell'ordine sono stati inviati i disegni definitivi che presentavano un disallineamento delle valvole, mai precedentemente indicato, ed un'asimmetria rispetto alla posizione della terza via.

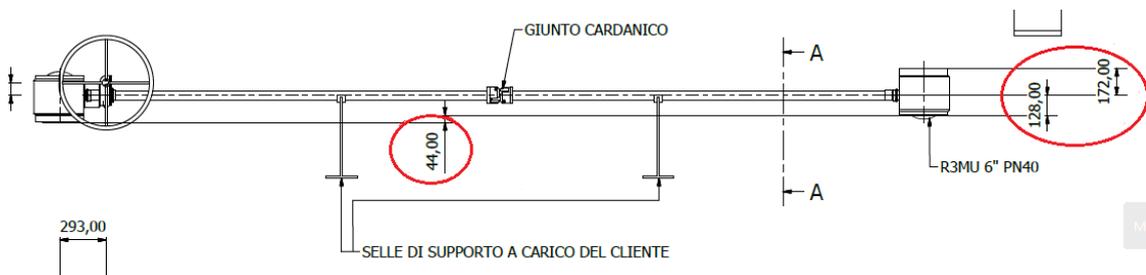


Figura 73 Gruppo di valvole accoppiate con comando simultaneo (configurazione iniziale)

In questa configurazione il montaggio di tale gruppo non era possibile in quanto il giunto avrebbe dovuto attraversare delle piastre, che fungevano da supporto per gli scambiatori e di geometria non modificabile, i cui fori sono allineati. Inoltre, la connessione flangiata delle valvole era stata progettata e realizzata considerando le valvole allineate.

Per porre rimedio a tale problematica si è deciso di agire sull'asta rettilinea inserendo un doppio giunto cardanico in maniera da poter far lavorare le due valvole nella posizione prevista originariamente. I due giunti saranno quindi collegati da un'asta inclinata che compenserà il disallineamento in modo da consentire il passaggio nella piastra forata. Per il disassamento delle flange della terza via invece, avendo ancora qualche margine di manovra, si è deciso di modificare il piping adattandolo.

Nella seguente figura è possibile osservare la configurazione finale.

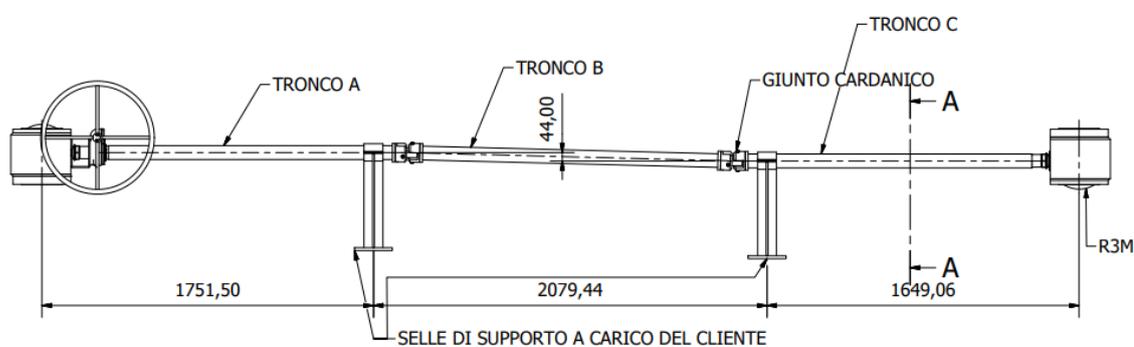


Figura 74 Gruppo di valvole accoppiate con comando simultaneo (configurazione finale)

6 Conclusioni

Terminato il periodo in azienda, le Lube Oil di NkNk hanno entrambe superato i test e, anche se la parte di documentazione non è ancora completa, sono state entrambe spedite al cliente. Il progetto San Roque invece è ancora in fase di assemblaggio nella sede slovena, ma è possibile affermare che la maggior parte del lavoro necessario al completamento della commessa è stato svolto con successo.

L'obiettivo del lavoro di tesi è stato quello di presentare il ruolo del Project Leader nello sviluppo di una commessa, come il suo contributo risulta essere fondamentale per ottenere validi risultati. È stato posto in evidenza come le attività che svolge non si limitino alla fase di ingegnerizzazione, bensì interessino tutto lo sviluppo del progetto, dalla fase di preventivazione, fino a quella di test e collaudo.

La necessità di risolvere giornalmente nuove problematiche, di qualsiasi entità esse siano, rende inevitabile lo sviluppo di una personale metodologia per affrontare la gestione della commessa, organizzando e riclassificando le priorità al fine di raggiungere il risultato finale.

Il bagaglio culturale frutto degli studi del corso di laurea in ingegneria meccanica ha permesso di comprendere molti metodi risolutivi delle problematiche che si affrontano durante una commessa, proponendo nuove e più efficienti metodologie risolutive.

Apportare piccole migliorie ai procedimenti di dimensionamento, come nel caso dell'heater, e di verifica del corretto funzionamento dei componenti, come nel caso delle PSV, ha contribuito all'evoluzione del knowhow aziendale.

Le stesse problematiche in termini di certificazioni affrontate per le due commesse seguite hanno generato un precedente a cui poter far riferimento in futuro.

È stata posta l'attenzione sull'importanza, in una realtà medio/piccola come la Flenco, della gestione dei rapporti con i clienti ed i fornitori. Perseguire giornalmente la missione aziendale di soddisfare pienamente la clientela, evitando per esempio gli extra-costi di San Roque, si è rivelato impegnativo e dispendioso in termini di tempo, ma estremamente necessario per il futuro della Flenco nel difficile settore dell'Oil&Gas.

Osservando con occhio critico tale strategia aziendale è stato possibile cogliere anche gli aspetti negativi, in particolare, come nel caso di NkNk, la possibilità di emettere continue revisioni del progetto da parte del cliente. Tale libertà di azione genera in alcuni casi un approccio superficiale e non indispensabile al progetto, trascurando problematiche principali. Un'aspirazione futura sarebbe quindi limitare, per quanto possibile, il numero di revisioni che il cliente può emettere, in modo da affrontare in modo definitivo le problematiche quando si presentano.

Allegati

Tabella delle Responsabilità del Project Leader

	RUOLO	PL	PL senior
ORDER ACQUISITION			
(bis) AVANPROGETTO (Tech Proposal)		C	C
Verifica probabilità PO; eventuale richiesta per creazione di team commessa		I	I
revisioni (eventuali)		C	C
Attribuzione job number e richiesta per creazione di team commessa		I	I
Riunione Apertura commessa (kick off meeting)		C	C
Conferma PO		C	C
FAST TRACK - Richiesta disegni ai fornitori e relativa analisi item critici		C	R
FAST TRACK - DISTINTA item critici e RdA		R	C
PO a fornitore per item critici		I	I
PIANIFICAZIONE COMMESSA TEMPI/COSTI			
preventivo esecutivo (MESA)		C	R
Gantt di commessa (MESA)		C	R
ORDER EXECUTION			
Analisi delle specifiche della commessa		R	C
Richiesta disegni ai fornitori e relativa analisi item critici		R	I
DISTINTA item critici e verifica eventuale presenza a magazzino		R	I
Verifica soluzioni alternative per riduzione tempi e costi		R	C
RdA componenti		R	I
Definizione piani qualità (ITP sia per fornitori che per commessa)		R	C
Preparazione capitolato (tempi e costi) per designazione, attività di BOM piping, ecc., calcoli; definizione dei dati di input e dei deliverables		R	C
Preparazione capitolato (tempi e costi) per ing. elettrostrumentale, attività di BOM, ecc., definizione dei dati di input e dei deliverables		R	C
Preparazione capitolato (tempi e costi) per la produzione, scopo delle attività; dettagliare quali siano i documenti che la produzione deve produrre insieme con HW (Packing List, etc.)		R	C
Distribuzione disegni e altri dati input ai disegnatori		R	I
Raccolta dati carichi lavoro dwg / elect / calc		C	R
Internal design review per inizio attività designazione		I	I
Modello 3D		A	I
Stesura disegni costruttivi e isometrici		I	I
Preparazione distinte con formati condivisi per successiva transcodifica in AS400		I	I
Approvazione finale e Transcodifica per caricamento in AS400		R	I
RdA per pipe, tubing e parti elettriche		R	I
Verifica disponibilità a magazzino		C	I
Verifica rispetto tempi concordati per emissione disegni, distinte ed RdA		C	C
Segnalare eventuali impatti economici, temporali e qualitativi rispetto all'esecuzione tecnica del progetto.		C	R
Compilazione tracking tool durante esecuzione tecnica per possibili cost adders e/o feedback a commerciale		R	C
Stesura documentazione tecnica (IOM, SPL, Preservations...)		R	C
Gestione documentazione tecnica su portali Flenco e Cliente (caricamento dati, aggiornamento revisioni)		R	I
Update Gantt di commessa: verifica programmazione ingegneria (compatibilità PMT\progetto)		C	C
Definizione e gestione eventuali impatti economici, temporali e qualitativi rispetto all'esecuzione tecnica del progetto		C	R
Incontri di avanzamento commessa con team per aggiornamento periodico al cliente e/o attività interne		R	C
LEGENDA			
"R" - significa che la persona o il ruolo è Responsabile dell'attività o della sua esecuzione.			
"A" - significa che la persona (o ruolo) Approva l'attività .			
"C" - significa che la persona (o ruolo) viene Consultata in merito all'attività. Ciò implica che c'è un Confronto/Supporto .			
"I" - significa che la persona o il ruolo viene solo Informata sull'attività.			

RUOLO	PL	PL senior
ORDER EXECUTION (Procurement/Logistic)		
Corrispondenza offerta con budget	C	C
Scostamento valore acquisto RDA rispetto al budget	C	C
Controllo valori actual su preventivo esecutivo	C	C
Verifica criticità consegne con expediting	I	C
PO release and /or warehouse availability booking	I	I
PO supplier confirmation CHECK \ End of purchasing process	I	I
Expediting	I	I
Logistic	I	I
VNCR management (suppliers side)	I	I
Fees for late delivery	I	I
Suppliers qualifications / status of suppliers (good, offenders...)	I	I
Notification for witness test at sub supplier	C	C
Gestione eventuali ispezioni presenziate fornitori	C	C
ORDER EXECUTION Manufacturing		
Factory's job opening and workshop phases organization	I	I
Incoming Materials	I	I
Emissione PMT; integrazione con MESA	C	C
Controllo periodico informazioni su PMT rispetto ad esigenze progetto	I	I
Controllo stato avanzamento fabbricazione in base a esigenze di progetto	I	I
Supporto tecnico alla produzione	R	C
Supporto tecnico in fase di test	R	C
Stesura protocollo di Test / presenziati in stabilimento	R	C
Registrazione eventuali modifiche cliente con relativi impatti (modification tracking tool/opportunities)	R	C
Verifica disponibilità del release for shipment da parte del cliente (o qualità interna)	R	C
Verifica stato del progetto all'export	R	C
Verifica completamento fornitura	R	C
Emissione extra costi	C	C
Gestione e Andamento commesse		
Raccolta tracking tool per cost adders e impatti temporali (ing, prod, acq)	C	R
Negoziare con cliente per PO amend (costi\tempi)	I	I
Progress Report verso cliente	R	C
Avanzamento commesse e costi a finire	C	C
Tabellone avanzamento commesse e riunione mensile	I	I
CHIUSURA COMMESSA		
verifica possibili costi ancora da sostenere su commessa dopo export\fatturazione	R	C
comunicazione a controllo di gestione per aggiornamento AS400	C	C
Incontro di chiusura commessa	C	C
AFTER SALES		
PROBLEMI CON CLIENTE SUL PROGETTO	R	C
WARRANTY MATTERS	C	C
LEGENDA		
"R" - significa che la persona o il ruolo è Responsabile dell'attività o della sua esecuzione.		
"A" - significa che la persona (o ruolo) Approva l'attività .		
"C" - significa che la persona (o ruolo) viene Consultata in merito all'attività. Ciò implica che c'è un Confronto/Supporto .		
"I" - significa che la persona o il ruolo viene solo Informata sull'attività.		

Bibliografia e Sitografia

- [1] C. Wortmann, Chapter: "A classification scheme for master production schedule", in Efficiency of Manufacturing Systems, C. Berg, D. French and B. Wilson (eds) New York, Plenum Press 198)
- [2] <https://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/163487/T23179-194.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [3] Heinz P. Bloch , Claire Soares , in Turboexpanders e Process Applications , 2001
- [4] Buone pratiche di fabbricazione. Linee guida AFI, Tecniche Nuove, 2006, ISBN 88-481-1988-3.
- [5] <https://en.wikipedia.org/wiki/Cepsa>
- [6] <https://www.api.org/>
- [7] DIRETTIVA 97/23/CE DEL PARLAMENTO E EUROPEO.
- [8] https://it.wikipedia.org/wiki/Direttiva_apparecchi_a_pressione#cite_note-:0-1
- [9] https://it.wikipedia.org/wiki/American_Society_of_Mechanical_Engineers
- [10] https://ec.europa.eu/growth/sectors/mechanical-engineering/atex_en
- [11] <https://naceinstitute.org/home>
- [12] <https://www.intertek.com/non-destructive-testing/materials-testing/positive-material-identification-pmi/>
- [13] <https://www.nknh.ru/en/>
- [14] <http://www.rustandard.com/it/certificazione-gost-r.html>
- [15] <http://docs.cntd.ru/document/1200030652>
- [16] API 520 Part II, 7.3.4
- [17] <https://www.theprocesspiping.com/introduction-to-flame-arrestor/>