

# POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Meccanica, Aerospaziale, dell'Autoveicolo e della produzione

Corso di Laurea Magistrale

In Ingegneria Meccanica

## Tesi di Laurea Magistrale

La gestione della documentazione EAC e l'informatizzazione della commessa

Il caso Arctic LNG e il software aziendale di Flenco Fluid System



Relatore

Prof. Maurizio Schenone

Candidato

Luca Bouvier

Anno Accademico 2020/2021

## Sommario

<b>1</b>	<b>Introduzione .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Flenco Fluid System.....</b>	<b>5</b>
2.1	Introduzione .....	5
2.2	Storia dell'azienda .....	6
2.3	Il gruppo ILMED .....	7
2.4	Divisione interna FLENCO .....	9
2.5	Le modalità di lavoro .....	10
2.5.1	Le fasi della commessa .....	11
2.5.2	Il ruolo del PL .....	14
<b>3</b>	<b>Progetto Arctic LNG .....</b>	<b>16</b>
3.1	Il controllo del processo .....	19
3.1.1	Le valvole di sicurezza .....	23
3.1.2	Le PSV pilotate di Arctic LNG .....	28
3.2	La documentazione .....	31
3.3	Il meccanismo di certificazione russa .....	33
3.4	Un caso specifico: i TP del serbatoio dell'olio e delle tubazioni .....	37
3.4.1	TP Oil Tank .....	39
3.4.2	TP Piping .....	43
<b>4</b>	<b>ESApró.....</b>	<b>49</b>
4.1	Introduzione .....	49
4.2	Le basi comuni .....	51
4.3	ESApró P&ID .....	52
4.3.1	Da fare prima di iniziare .....	53
4.3.2	Il disegno vero e proprio .....	56
4.3.3	I meccanismi di controllo .....	58
4.3.4	I problemi nel primo utilizzo .....	60
4.3.5	Conclusioni .....	62
4.4	ESApró 3DP .....	63
4.4.1	Introduzione .....	63
4.4.2	Da fare prima di iniziare .....	64
4.4.3	Il disegno vero e proprio .....	65
4.4.4	Apparecchiature e strutture .....	69
4.4.5	I meccanismi di controllo .....	70
4.4.6	Collegamento tra P&ID e modello 3D .....	73
4.4.7	Messe in tavola .....	75
4.4.8	I problemi nel primo utilizzo .....	76

4.4.9	Conclusioni.....	83
4.5	ESApró ISOmetrics.....	84
4.5.1	Da fare prima di iniziare .....	86
4.5.2	Il disegno vero e proprio .....	90
4.5.3	I problemi nel primo utilizzo .....	94
4.5.4	Conclusioni.....	96
4.6	ESApró Instrumentation.....	96
4.6.1	Le operazioni da eseguire .....	97
4.6.2	I problemi nel primo utilizzo .....	99
4.6.3	Conclusioni.....	101
4.7	Il verdetto circa il nuovo software .....	102
<b>5</b>	<b>Allegati.....</b>	<b>104</b>
5.1	Elenchi dei Regolamenti Tecnici EAC.....	104
5.1.1	TR CU 010/2011.....	104
5.1.2	TR CU 004/2011.....	107
5.1.3	TR CU 020/2011.....	108
5.1.4	TR EAEU 043/2017.....	109
5.2	Datasheet modello ISA (International Society of Automation) .....	110
<b>6</b>	<b>Bibliografia e Sitografia .....</b>	<b>112</b>

# 1 Introduzione

La seguente Tesi tratta lo svolgimento del Tirocinio curricolare e il lavoro svolto nell'azienda FLENCO Fluid System (chiamata nel testo anche Flenco o FFS per semplicità), da Luglio 2020 a marzo 2021.

Nello specifico il lavoro è stato svolto in affiancamento ai Project Leader (PL) dell'ufficio tecnico, e si è basato su due argomenti principali: il cambio del programma di CAD all'interno dell'azienda, da Siemens NX a ESApro, e il termine di una commessa iniziata nel 2019 e destinata ad una piattaforma di distribuzione del gas naturale collocata nel nord della Russia.

Per quanto riguarda il primo argomento, il programma di disegno, questo ha promesso fin da subito dei benefici legati ad un flusso di lavoro più snello ed efficiente, capace di mettere in comunicazione i progettisti meccanici, incaricati della parte di disegno, e i Project Leader incaricati invece di gestire e supervisionare la commessa, oltre che di acquistare i componenti. L'analisi compiuta cerca di mettere in luce sia i pregi che i difetti del software, riportando i vantaggi riscontrati e i problemi nei quali l'azienda è incorsa durante il primo suo utilizzo.

Sulla commessa Arctic LNG, destinata alla Russia, si analizzeranno invece le modalità di realizzazione dei documenti necessari per l'esportazione, in particolare dei Passaporti Tecnici, raccontando delle difficoltà incontrate e di come sia stato possibile superare alcune difficoltà, dovute in egual misura alle stringenti richieste del cliente e ad una scarsa conoscenza iniziale delle procedure da adottare per consentire il superamento della dogana.

Questo testo sarà, dunque, una sorta di resoconto del lavoro svolto, che cercherà di porre l'attenzione di volta in volta su aspetti che hanno generato dei problemi e sui metodi adottati per cercare di risolverli. Alcune volte ciò è stato possibile modificando in corso d'opera il lavoro o ricominciandolo completamente, altre si è dovuto modificare il metodo adottato. Altre ancora, come si vedrà, è stato invece necessario adeguarsi ad una situazione non ottimale in quanto unica a disposizione.



## 2 Flenco Fluid System

### 2.1 Introduzione

La Flenco Fluid System S.r.l. è un'azienda che da oltre 30 anni si occupa della costruzione di sistemi ausiliari negli ambiti Oil & Gas, Chimico, Petrochimico ed Energetico. Questi sistemi ausiliari, solitamente assemblati su strutture metalliche e sempre più diffusi per via della loro praticità di progettazione e realizzazione, sono detti skid. Essi sono composti da tutti i componenti che il cliente ritiene necessario installare, e possono essere molto diversi tra loro per dimensione e complessità. I componenti possono essere, oltre chiaramente ai tubi di collegamento, pompe, motori, filtri, scambiatori di calore, valvole, strumenti di misura e quant'altro sia necessario al processo.

Alcuni tra i sistemi che l'azienda realizza più comunemente sono:

- Lube Oil Systems: apparecchi cioè capaci di trattare refrigerando e filtrando l'olio necessario alla lubrificazione di macchine rotative, come turbine o compressori. Possono includere o meno il serbatoio dell'olio stesso;
- Lifting Systems: impianti capaci di mettere in pressione l'olio al fine di tenere sollevato l'albero delle turbine durante i transitori di accensione e spegnimento;
- Gas Seal Panels: sistemi utilizzati per mettere in pressione e trasportare il gas di tenuta per macchinari in pressione. Sono utilizzati soprattutto nella fase di avviamento dei grossi compressori rotativi;
- Fuel Systems: sistemi utilizzati per alimentare le turbine con combustibile liquido o gassoso, nella corretta portata e pressione;
- Full Packaging: sistemi comprendenti non solo gli ausiliari ma anche la macchina, compressore il più delle volte, che devono asservire;
- Pressure vessels: contenitori adatti a sopportare diverse pressioni superiori all'ambiente, a seconda dell'utilizzo, uniti ai sistemi di regolazione e controllo necessari.

Poiché l'azienda lavora per commesse quasi sempre diverse, quello sopracitato è un elenco comprendente solo alcune delle realizzazioni svolte negli anni. Inoltre è necessario specificare che, anche a parità di destinazione, ogni skid realizzato è diverso dai precedenti e presenta problemi diversi da superare durante tutte le fasi della realizzazione. Nonostante si realizzino a volte macchine simili le differenze tra di esse sono comunque importanti e richiedono tempo e studio per non commettere errori: dalle condizioni dell'ambiente esterno alla taglia, dalla normativa nazionale al fornitore dei componenti diverso, è sempre necessario operare qualche modifica per adattare al meglio il progetto alla situazione.

Come accennato in precedenza, l'utilizzo degli skid nell'industria petrolchimica è particolarmente diffuso e sta ottenendo sempre maggiore successo: questi permettono di realizzare stabilimenti anche molto complessi dividendo il carico di lavoro e le competenze tra un certo numero di aziende, ognuna specializzata in modo particolare in un campo. In questo modo è più facile garantire la qualità

dell'impianto finale, che sarà costituito dai componenti principali (solitamente turbine o compressori) ai quali si connettono tutti gli skid con gli accessori. Il sistema non è quindi molto diverso da quello dei mattoncini LEGO, che da soli hanno poca utilità e sono molto specifici ma uniti insieme agli altri realizzano l'intera costruzione.

La realizzazione e la scelta dei macchinari da installare è solitamente guidata dalle specifiche che il cliente fornisce durante le prime fasi del lavoro: il documento (o la serie di documenti) denominato "Main Spec" fornisce le principali e l'elenco di tutti gli altri documenti cui fare riferimento: dalle normative che bisogna rispettare, differenti da Stato a Stato alle classi di tubazione, dalle specifiche elettriche a quelle dell'ambiente in cui verrà installata la macchina. A partire da queste specifiche e da un documento chiamato Piping and Instrumentation Diagram (o P&ID), cioè lo schema unifilare dell'impianto, si procede prima alla realizzazione o modifica, se già fornito, del General Arrangement (GA, la serie di tavole rappresentanti il modello tridimensionale dello skid completo) e da quello alla realizzazione del sistema.

La Flenco, quindi, non compie il lavoro di progettazione e dimensionamento dell'impianto che è solitamente compito del cliente, ma ha comunque la responsabilità di realizzare i costruttivi e di supervisionare tutti i documenti per notificare eventuali errori, e per suggerire al cliente delle modifiche volte a migliorare l'affidabilità del progetto. Deve inoltre, completata la costruzione, realizzare i test necessari a validare l'intero progetto: dai test non distruttivi, come gli esami radiografici o coi liquidi penetranti eseguiti sulle saldature, fino ai Factory Acceptance Test (FAT) da compiersi per testare la macchina nelle condizioni limite.

Vi è dunque la cura del progetto dalle prime fasi, durante le quali il cliente sta ancora delineando con precisione gli schemi da adottare, fino alla consegna in sito del macchinario terminato e di tutta la documentazione correlata. Quest'ultima, è doveroso sottolinearlo, non è solo parte integrante delle richieste del cliente e quindi è contrattualmente scopo di fornitura, ma è anche garanzia necessaria per provare il rispetto della legislazione in vigore e dunque mettere al riparo da problemi in situazioni di dubbio. Inoltre è necessario garantire un certo numero di anni, a seconda delle richieste delineate in fase di ordine, di garanzia e assistenza in sito.

## 2.2 Storia dell'azienda

La Flenco Fluid System nasce nel 1988 con il nome di FLuid ENgineering COmpany (FLENCO), cioè come società di ingegneria specializzata nella fluidodinamica. Inizialmente la parte di officina oggi presente non esisteva, in quanto la società si occupava principalmente della progettazione dei sistemi senza però realizzarli fisicamente.

Nel 1996, però, in seguito all'acquisizione della Veelcont S.p.A, si iniziò a produrre in quello che tutt'ora è uno degli stabilimenti di proprietà dell'azienda, a Trino Vercellese (VC).

Grazie anche al fervore del mercato energetico, nei quattro anni successivi vennero acquistate succursali in Messico, per supportare il mercato sudamericano e in Slovenia, la Flenco d.o.o.

La sede messicana iniziò qualche anno dopo a produrre, nel 2007, per far fronte a carichi di lavoro sempre maggiori nelle altre sedi di produzione.

Nel 2004 venne avviata inoltre un'attività parallela in Cina, a Ningbo, nella provincia dello Zhejiang. Si tratta di una società facente parte del gruppo ma comunque autonoma sia per quanto riguarda l'acquisizione di nuovi progetti che per la realizzazione degli stessi, molto utile per rafforzare sempre più la presenza di Flenco nel mercato asiatico non solo con l'acquisizione e lo sviluppo di nuovi progetti, ma anche con la gestione delle parti di ricambio da destinare al mercato orientale.

In seguito ad alcune vicissitudini di natura economica, nel 2012 la società divenne parte del Gruppo Ilmed, già attivo nel campo della logistica e forte di una divisione industriale con competenze legate al trattamento dell'aria e dell'acqua. In seguito alla cessione al gruppo le succursali estere, eccetto quella slovena, vennero vendute ridimensionando quindi l'azienda.

Dal 2012 ad oggi, per rafforzare il rapporto con Nuovo Pignone, azienda di fondazione italiana ceduta dapprima a General Electric e ora di proprietà Baker&Hughes, è stata acquisita una sede di progetto sita a Calenzano (Fi), nella quale si sviluppano quasi esclusivamente commesse per il cliente.

Oggi l'azienda conta due poli ingegneristici e due officine per la costruzione delle macchine. Le sedi della progettazione sono Avigliana (TO), dove è presente anche la direzione e Calenzano (FI). Le sedi produttive sono invece quella storica, a Trino e quella più moderna in Slovenia, a Ptuj.

## 2.3 Il gruppo ILMED

Come già citato, la Flenco Fluid System fa parte del GRUPPO ILMED, un gruppo industriale con sede ad Avigliana formatosi all'inizio del 1900 nel settore del legno, e sviluppatosi nel settore logistico a partire dagli anni '60. Dagli anni '80 in poi iniziò infine l'ingrandimento con l'acquisizione di diverse aziende di natura ingegneristica industriale e di riparazione automobilistica e servizi.

Oggi il gruppo conta più di 1000 dipendenti tra le sedi in Europa e in Oriente, ed è composto da una divisione industriale e da una divisione servizi, che racchiudono al loro interno le diverse aziende.



Figura 2.1. – Le aziende nel Gruppo Ilmed

La divisione industriale è composta, oltre che da Flenco Fluid System, dalle seguenti aziende:

- Ilmed Impianti, specializzata nella progettazione e costruzione di torri evaporative per l'acqua dei processi industriali;
- Ilmed Ventilazione industriale, specializzata nella realizzazione di ventilatori assiali, principalmente per il settore energetico e quello chimico-petrochimico.

La divisione servizi include invece le seguenti aziende:

- Ilmed Logistics, che offre servizi di consulenza nell'ambito della catena di distribuzione e della gestione aziendale. Si occupa di diversi aspetti della logistica industriale, dall'analisi economica a quella di flussi interni ed esterni di materiali, fino all'implementazione di sistemi di trasporto e impianti dedicati;
- Ilmed Immobiliare, dedicata alla costruzione e vendita di edifici industriali e commerciali;
- Car Clinic, specializzata nel servizio al privato di riparazione della carrozzeria e degli interni automobilistici;
- Istituto Sant'Anna, centro educativo che offre formazione universitaria nell'ambito linguistico, artistico e delle scienze umane.

Vi è inoltre la partecipazione azionaria in Solbian, azienda che si occupa di sviluppo e costruzione di innovativi pannelli fotovoltaici dotati di una propria flessibilità. Nati per essere utilizzati sulle barche a vela, questi moduli si sono diffusi in ambiti diversi quali mobilità elettrica, tende per campeggio ed emergenza, attività all'aperto ed edilizia integrata.

Si tratta quindi di una realtà dalle discrete dimensioni, all'interno della quale diverse aziende possono usufruire delle conoscenze altrui e collaborare nell'ottica di un miglioramento continuo.

## 2.4 Divisione interna FLENCO

Come già enunciato in precedenza, Flenco si occupa di commesse per clienti attivi nel settore dell'Energia, sia a livello di generazione che di estrazione dei combustibili, e parallelamente nell'industria chimica e dei fluidi tecnici. I clienti di Flenco sono solitamente grosse aziende del settore del calibro di General Electric, Siemens, Siad o Nuovo Pignone, i quali, di solito, sono a loro volta i fornitori di multinazionali attive nei settori sopracitati. I componenti realizzati sono spesso parte di impianti di dimensioni molto più importanti, quali centrali elettriche impianti di estrazione o impianti, più genericamente, che trattano fluidi industriali. La collaborazione ormai consolidata con General Electric, ad esempio, prevede la realizzazione ad hoc dei macchinari che servono alla lubrificazione dei cuscinetti e all'alimentazione del carburante (il più dei casi gas naturale) per asservire le turbine che GE stessa produce e commercializza.

I macchinari realizzati sono diversi da una commessa alla successiva e possono anche includere impianti separati, che svolgono compiti diversi ma sono montati sullo stesso telaio. È il caso dei Lube Oil & Lifting Systems, che a partire da due serbatoi separati, si occupano l'uno di fornire l'olio lubrificante ai cuscinetti (elaborando quindi portate elevate a pressioni ridotte) e l'altro l'olio idraulico necessario al sollevamento della turbina durante le fasi di accensione e spegnimento (quindi elaborando portate ridotte ma a pressioni elevate).

Per la realizzazione di commesse di questo tipo, come è facile intuire, è necessario un gran numero di persone che svolgono compiti ben diversi tra loro. Le principali funzioni aziendali sono riconducibili a:

- Ufficio Commerciale: si occupa dell'acquisizione della commessa. Ha il compito di dialogare con il cliente nelle prime fasi per formulare il preventivo, valutando i possibili costi e i margini di guadagno;
- Ufficio Tecnico: si occupa della parte ingegneristica ed è composto dai Project Leader, dai Disegnatori Meccanici e dal reparto elettrico. Segue la commessa dal principio fino alla posa in opera e deve emanare i documenti necessari alla sua realizzazione e completamento;
- Ufficio Acquisti: è quello incaricato di emanare le richieste d'ordine e di organizzare le spedizioni, sia dei componenti verso l'officina che dello skid finito verso il punto di installazione;
- Amministrazione: si occupa della gestione dei pagamenti, dei bilanci, delle risorse umane e dell'organizzazione informatica interna;
- Produzione: è la parte relativa all'officina, che si occupa nello specifico della costruzione e della qualità del prodotto finale.

Come già anticipato, questo lavoro tratta di quanto svolto durante il periodo trascorso a contatto con l'Ufficio Tecnico, dove si esegue il lavoro di progettazione vera e propria e di gestione della commessa. Qui sono presenti i Project Leader (PL) assieme ai Progettisti Meccanici, che si occupano principalmente del disegno e al reparto elettrico. L'organizzazione interna prevede dunque un discreto numero di PL suddivisi in due Piattaforme (tre se si conta anche l'ufficio di Calenzano) che si occupano contemporaneamente di più commesse ciascuna, raggruppandole per classi omogenee.

Le piattaforme hanno quindi lo scopo di riunire un certo numero di persone a lavorare su commesse simili tra loro nel tempo, legate per quanto possibile agli stessi clienti, in modo da instaurare rapporti stretti con i team di sviluppo dei clienti stessi e conoscere sia loro che le loro modalità di lavoro. Ogni piattaforma ha un capo, solitamente un PL Senior, che serve a coordinare le diverse commesse, al di sopra del quale è il Technical Execution Manager, responsabile dell'area ingegneria.

La figura del PL è un ibrido tra quella del Project Engineer e quella del Project Manager, occupandosi sia di aspetti tecnici di natura ingegneristica (per quanto gli aspetti puramente legati alla produzione siano appannaggio dell'officina e del Production Engineer), sia della gestione dal punto di vista economico (occupandosi della scelta e dell'acquisto dei principali componenti) che gestionale, organizzando il lavoro delle diverse persone che insieme costituiscono il progetto. Ha inoltre lo scopo di coordinare il lavoro dei progettisti elettrici e meccanici, mettendoli in comunicazione con il cliente e supervisionando il rispetto delle specifiche e delle normative.

## 2.5 Le modalità di lavoro

Come già anticipato, Flenco lavora attraverso il meccanismo delle commesse, che in genere vengono assegnate dai clienti attraverso dei bandi in cui l'azienda capace di offrire il prezzo più vantaggioso nel rispetto delle specifiche vince. Nel caso di impianti dalle dimensioni importanti, dove il numero di skid è molto elevato, si può assistere all'acquisizione da parte della stessa azienda di diversi di essi. È il caso del progetto denominato ARCTIC 2 LNG, impianto di estrazione di gas naturale collocato nella penisola dello Yamal e formato da 3 piattaforme gemelle, per il quale FFS ha ottenuto la realizzazione di una serie di skid Lube Oil e di altrettanti Seal Gas Panel. In questa occasione, per semplicità interna di gestione e per poter far fronte a date di consegna diverse, è stata creata una commessa per ciascuno per un totale di 18 macchinari.

Le commesse acquisite da FFS e nelle quali è particolarmente competitiva sono solitamente di due tipologie: build to print e build to spec.

Le prime, build to print, prevedono la realizzazione di macchinari seguendo precisamente gli schemi progettuali forniti dal cliente che quindi fornisce il P&ID, i disegni isometrici e tutte le specifiche necessarie all'acquisto dei componenti e degli strumenti. Vi sono inoltre dei vincoli sui fornitori presso i quali acquistare e sui marchi da scegliere per l'acquisto di parti sensibili, che in alcuni casi sono persino i clienti stessi. Dunque, per questo tipo di commessa l'apporto dell'ingegneria non è particolarmente importante, limitandosi al ruolo di supervisione dei documenti forniti per riconoscere per tempo eventuali errori, ma comunque rappresenta un componente fondamentale a far comunicare il cliente con l'officina e gli acquisti.

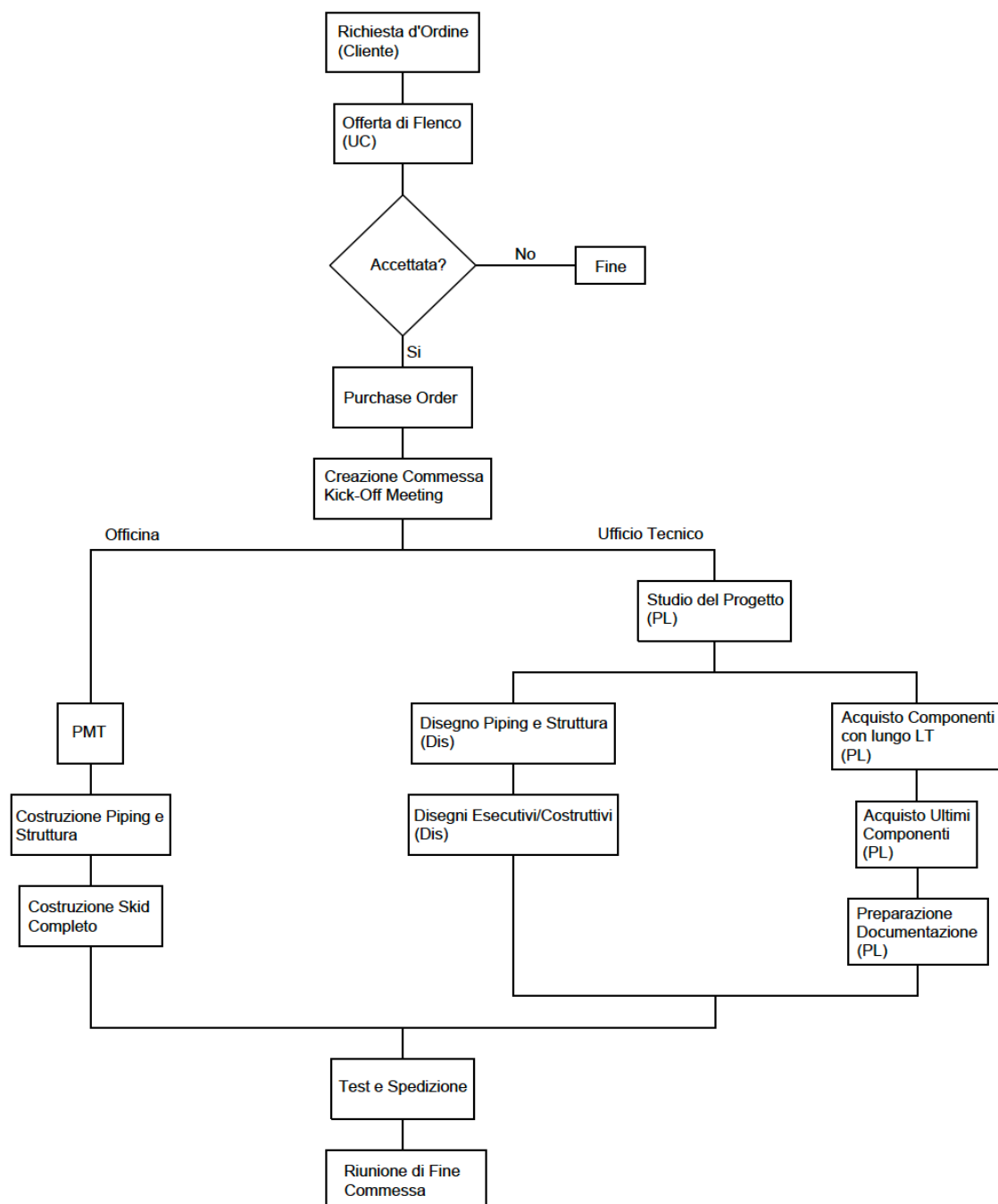
Le commesse build to spec, invece, vedono un apporto ingegneristico maggiore in quanto il cliente fornisce, come documento esecutivo, solamente il P&ID, chiedendo però il rispetto di apposite specifiche e delle normative in vigore nello stato di installazione. In questo caso, quindi, Flenco è libera di creare l'impianto come le è più congeniale, potendo scegliere liberamente i fornitori e realizzando internamente i modelli 3D per la costruzione. È la modalità di lavoro in cui effettivamente l'ingegneria

ha spazio per esprimere le sue competenze, dialogando costantemente sia con l'ingegneria del cliente che con chi realizza la macchina, per trovare le migliori soluzioni nel rispetto delle richieste e nella riduzione, ove possibile, dei costi di produzione,

Ovviamente questi due tipi di lavoro sono gli estremi, nel mezzo dei quali si collocano le reali commesse acquisite dall'azienda. In alcuni casi, ad esempio, i fornitori da scegliere sono suddivisi in base all'importanza del componente e sono più o meno vincolati: è comune infatti che i clienti impongano la scelta di specifici fornitori per i componenti principali, limitando così la scelta dei prodotti da acquistare e richiedendo uno sforzo notevole per ottenere il risultato migliore. Qua l'abilità del Project Leader nel suo continuo confronto con il cliente può portare a scelte che vanno oltre il rigoroso rispetto delle specifiche, proponendo delle deroghe che permettono la reciproca convenienza sia a Flenco che al cliente stesso. In altri casi, invece, le libertà vengono meno perché il cliente ritiene giusto essere maggiormente rigoroso, portando però ad azioni corrette ma senza essere quanto di meglio (qualitativamente o economicamente) possa essere offerto. Dunque il lavoro dell'azienda è, anche, quello di mediare, cercando di avere buoni contatti tra i fornitori più prestigiosi per avere prodotti affidabili, e mantenendo nel tempo dei rapporti di collaborazione coi clienti in modo da ottenere sempre maggiore libertà. In questo bisogna ricordare come il supporto successivo all'installazione sia importante quanto la costruzione stessa del macchinario, permettendo proprio di stringere rapporti di collaborazione e di fiducia superando insieme i problemi che si propongono.

### *2.5.1 Le fasi della commessa*

Il meccanismo di svolgimento delle commesse, per quanto mai uguale ai precedenti, segue in genere lo schema riportato in figura 2.2.



*Figura .2.2 – Il flusso del lavoro alla commessa in Flenco*

Dunque, come si nota, l’inizio è la richiesta da parte del cliente di svolgere un determinato lavoro. Di solito la richiesta non è fatta ad una specifica azienda come Flenco, ma attraverso un meccanismo di bandi o di aste online si attribuisce la commessa al migliore offerente. In questa fase il principale attore è l’ufficio commerciale (UC nello schema), che ha il compito di formulare un’offerta preventiva tenendo conto, sulla base dello storico aziendale, di tutte le spese che si dovranno affrontare durante lo svolgimento, considerando sia il margine per eventuali errori sia l’utile che effettivamente rimarrà in azienda.



È un compito particolarmente complicato, poiché richiede di fornire un risultato in tempi brevi, conoscendo lo storico delle commesse di quel tipo e stimando i costi futuri anche sulla base dell'inflazione. Bisogna avere in mente quali son tutti i pezzi che compongono il prodotto da fornire, in termini di componenti fisici, di forza lavoro e di documentazione.

Se in effetti il costo della componentistica è stimabile, conoscendo il passato e avendo un'idea dell'andamento del mercato e dell'inflazione, sia la forza lavoro che la documentazione sono meno intuibili. La prima comprende sia il lavoro dell'officina, inteso come costruzione fisica della macchina, che il costo del personale di ufficio incaricato di seguire la commessa: disegnatori meccanici, ingegneri, progettisti elettrici, responsabili degli acquisti e addetti del commerciale, tutte figure il cui tempo deve essere conteggiato a priori senza conoscere dei dettagli i problemi che potrebbero nascere. Allo stesso modo la documentazione, che include non solo i manuali che Flenco stessa produce ma anche le certificazioni che bisogna acquistare dai fornitori e i manuali dei singoli componenti, costituisce una parte piuttosto importante del lavoro e se non valutata attentamente rischia di richiedere più sforzo di quanto preventivato.

Dunque, il compito dell'ufficio commerciale è cruciale nel flusso di lavoro aziendale, poiché eventuali errori di valutazione possono avere effetti negativi che si ripercuotono su tutta la commessa e danneggiare gravemente l'azienda. Un'offerta troppo alta, infatti, porta difficilmente alla vittoria della gara e dunque non consente di eseguire il lavoro. Sicuramente se si riuscisse a vincere, in questo caso, l'azienda avrebbe abbastanza margine da poter lavorare con tranquillità, ma si tratta di casi poco frequenti causati il più delle volte da errori di valutazione di aziende rivali. Un'offerta troppo bassa, invece, rientrerà più facilmente tra quelle selezionate dal cliente e permetterà quindi di vincere la gara. Però, ovviamente, il budget a disposizione sia per l'acquisto dei componenti che per il pagamento dei lavori sarà minore, obbligando i responsabili della scelta e dell'acquisto dei pezzi a compiere scelte per salvaguardare il budget.

Nel caso in cui, quindi, l'offerta dell'ufficio commerciale si riveli corretta e si vinca la gara, si procede con la formulazione ufficiale dell'ordine (PO, Purchase Order) e con la creazione vera e propria della commessa e del team di commessa, composto da Project Manager, Project Leader, Production Engineer, disegnatore, elettrico e responsabile degli acquisti. A questo punto si organizza una riunione di inizio lavori, detta Kick-Off Meeting, in cui il team di Flenco incontra quello del cliente per conoscere i dettagli del lavoro. In questa fase la documentazione e le specifiche vengono rese note e si ha tempo per eventuali chiarimenti prima di iniziare a tutti gli effetti la parte di progetto. Da questo punto in poi diverse persone lavoreranno in contemporanea ai vari aspetti della commessa, per seguire i disegni, gli ordini del materiale e la costruzione fisica della macchina.

In particolare l'ufficio tecnico, una volta esaminate con cura le specifiche, inizia il disegno del basamento, serbatoi e della rete di tubi, in modo da fornire la struttura per installare il resto dei componenti. Intanto i PL si occupano della scelta e dell'acquisto dei componenti, a partire da quelli critici (pompe, scambiatori, filtri) fino a quelli più facili da reperire, come le valvole manuali e gli strumenti. È un lavoro che prevede la valutazione delle specifiche e la richiesta ai fornitori di un'offerta, in modo da poter scegliere la più vantaggiosa, decidendo in maniera consona i valori di settaggio e taratura di valvole automatiche e strumenti di misura. Man mano che la commessa prende forma si

procede alla stesura progressiva dell'elenco di tutto il materiale impiegato, detto Bill of Material (BOM) che serve come riepilogo e per finalizzare gli ordini. Terminato il disegno della parte dedicata al fluido è il turno del reparto elettrico, che traccia i percorsi dei cavi e colloca le centraline di controllo. Tutte queste fasi, benché spiegate rapidamente, richiedono mesi di lavoro poiché nel frattempo è necessario condividere quanto realizzato con il cliente in modo da ottenere l'approvazione, oppure per seguire modifiche eseguite in corso d'opera che richiedono la revisione dei documenti.

Nel frattempo, dopo la prima fase di delineamento del progetto da parte dell'ufficio tecnico, si tiene una riunione preliminare tra il personale tecnico e quello di produzione che ha come risultato il PMT (Production Manufacturing Tool), cioè il programma della produzione, che indica le date previste di inizio e fine delle diverse fasi della produzione, comunemente legate al piping (che viene realizzato a terra e installato sulla macchina in un secondo momento), alla costruzione dei serbatoi, e all'assemblaggio finale. Quest'ultimo prevede che il piping venga connesso alle apparecchiature, alcune acquistate altre realizzate in casa, e che gli strumenti e gli accessori vengano installati, cablati e configurati. È quindi importante che UT e officina si coordinino per fare sì che quanto acquistato dai progettisti arrivi in tempo per il suo montaggio, senza che si creino rallentamenti e senza che il materiale arrivi con troppo anticipo e sia di intralcio nel magazzino.

Una volta terminata la costruzione è necessario eseguire le verifiche in modo da poter garantire che la macchina soddisfi gli standard richiesti. I primi test che si compiono sono quelli non distruttivi sulle saldature, attraverso ultrasuoni, liquidi penetranti o raggi X. La percentuale del cordone di saldatura che deve essere verificata varia a seconda della commessa e del cliente e delle sue specifiche, andando dal circa 50% fino al 100% del cordone stesso. In seguito, si compiono dei test atti a verificare la tenuta dei serbatoi, che a seconda dell'impiego dello stesso prevedono sovrappressioni più o meno importanti, e per ultimo si esegue il FAT, Factory Acceptance Test. Si tratta di un test della macchina nel suo insieme, monitorando sia situazioni di lavoro standard sia spingendo oltre le condizioni di progetto determinati parametri. Tutti questi test sono eseguiti seguendo le relative Test Procedures, ovvero l'elenco delle azioni da compiere passo a passo per svolgere correttamente le verifiche. Questi prevedono i parametri da modificare in ogni fase, gli strumenti di cui verificare le letture, le valvole da aprire e chiudere e ogni altro aspetto che può costituire criticità o è utile monitorare. Una volta terminati i test e compilati i report la macchina è pronta per essere imballata, eventualmente smontando alcune parti critiche, e spedita al sito designato dal cliente.

### *2.5.2 Il ruolo del PL*

In tutto questo elenco di azioni che i diversi uffici coinvolti devono svolgere, è interessante notare come il PL sia quasi sempre una figura presente. Analizzando in sequenza le fasi sopracitate, è presente fin dall'inizio a coadiuvare le fasi di avaprogetto assieme al commerciale; difatti, così come è indispensabile la conoscenza economica in modo da essere al passo del mercato (al giorno d'oggi particolarmente agguerrito), del cambio monetario e dello storico delle quotazioni dei fornitori, è utile avere un consiglio sull'effettivo svolgimento della commessa da chi tecnicamente dovrà seguirla e ne ha già viste altre in passato.

Successivamente, durante il kick-off meeting, è compito del PL analizzare l'insieme delle specifiche e via via durante il progetto assicurarsi che vengano rispettate. Dalla riunione conoscitiva in poi è suo compito intrattenere i rapporti con il reparto ingegneria del cliente, fornendogli continuamente informazioni circa quanto già realizzato e sul programma delle azioni future. Inoltre ha il compito di coordinare, anche per quanto riguarda le tempistiche, le azioni dei progettisti meccanici, elettrici e dell'ufficio acquisti, fungendo da supervisore per i primi e fornendo gli input necessari ai secondi. Questo in quanto, come è naturale immaginare, non tutti i progettisti possono iniziare il loro lavoro nello stesso momento ma è necessario seguire una scaletta ben precisa, iniziando dal basamento, seguito dalle apparecchiature e tubi, dagli accessori, e infine dai componenti elettrici.

Se durante la costruzione vera e propria, in officina, è il Production Engineer che gestisce la commessa, è di nuovo il PL a occuparsi della fase di test realizzando i documenti che riportano la procedura, seguendone lo svolgimento e preparando le relazioni finali. Infine, dovendo emettere un gran numero di documenti per ogni commessa, è compito del Project Leader raccogliere le informazioni e prepararla. Una volta completato il lavoro, sia per quanto riguarda il macchinario che la documentazione, è infine buona norma organizzare una riunione di fine commessa detta issue log. Questa ha lo scopo di ripercorrere tutte le azioni compiute ed evidenziare sia i problemi riscontrati che le modalità di risoluzione degli stessi. In questo modo si può sviluppare nei progettisti una sempre maggiore capacità di gestire situazioni difficili, fornendo esempi concreti di azioni correttive, evidenziando inoltre i punti positivi sui quali continuare a lavorare.

Per terminare, la figura del PL è quindi quella di un responsabile che, avendo seguito la commessa fin dalle fasi iniziali, ne conosce molti dei dettagli ed è in grado di analizzarla criticamente, ponendo rimedio alle difficoltà che si manifestano nel percorso.

### 3 Progetto Arctic LNG

Uno dei primi progetti di Flenco ai quali ho dovuto contribuire è il lavoro nel progetto Arctic LNG 2, riguardante la costruzione di 3 piattaforme gemelle per il trattamento e la liquefazione del gas naturale collocate sulla costa della penisola dello Yamal, nella parte settentrionale della Russia. Si tratta di un progetto sviluppato da Novatek, uno dei leader russi nell'ambito estrattivo del gas naturale, che ha appaltato ad alcuni protagonisti del settore la costruzione e lo sviluppo delle principali tecnologie. Tra questi troviamo Linde, che ha competenze nel processo e nella liquefazione del gas, e Technip FMC, leader nella realizzazione di impianti in mare dedicati all'energia.

Viste le dimensioni dell'impianto e la mole di lavoro necessaria al coordinamento generale, è facile immaginare come mai sia stato scelto di realizzare un gran numero di moduli separati (skid) da unire successivamente per formare le piattaforme intere. Per questo proposito Technip e Linde si sono serviti di pochi fornitori molto affermati nel settore, i quali a loro volta hanno incaricato diverse aziende di realizzare nella pratica i pezzi. Dunque, a Flenco, l'ordine non è arrivato direttamente da Technip o Novatek ma bensì da Siemens Energy, divisione energetica dell'azienda e con quest'ultima è stato svolto il lavoro di coordinamento generale per svolgere al meglio il compito.

L'impianto di liquefazione Arctic LNG 2 è, come anticipato, formato da 3 piattaforme del tipo GBS, cioè Gravity Based Structure, che rimangono ancorate al suolo del mare per via del peso che insiste sulla superficie. Queste piattaforme, collegate alla terra ferma e quindi al resto dell'impianto di estrazione, hanno lo scopo tramite raffreddamento e leggera compressione di liquefare e in seguito stoccare il gas naturale, permettendo inoltre l'attracco e il carico delle navi (LNG carrier) che trasportano verso i siti di distribuzione il prodotto. Ognuna delle 3 piattaforme, dalla dimensione complessiva di 325x152 m in pianta per 30.2 m di altezza, sarà in grado di produrre 6,6 mtpa (million tonnes per annum, milioni di tonnellate all'anno) di gas naturale.

La tecnologia impiegata nell'impianto è in gran parte fornita da Linde, sia per quanto riguarda la liquefazione vera e propria (con la tecnologia MFC, Mixed Fluid Cascade) che per quanto riguarda la generazione di energia attraverso turbine a gas. La tecnologia MFC prevede la liquefazione del gas mediante 3 raffreddamenti in sequenza, impiegando come refrigerante un mix di metano, etano, propano e azoto in rapporti diversi nei 3 stadi.

- Il primo stadio, detto di Pre Cooling, serve per portare il gas a temperature prossime alla liquefazione ed impiega allo scopo uno scambiatore misto con piastre e palette, chiamato PFHE. Questo alterna le piastre che dividono i due fluidi con superfici palettate, in modo da aumentare lo scambio termico anche in condizioni di basse differenze di temperatura tra i due.
- Il secondo e il terzo stadio, utilizzati per la condensazione e il sottoraffreddamento, sono invece realizzati tramite scambiatori CWHE, Coil Wound Heat Exchanger, che prevedono avvolgimenti a spirale in controcorrente dei tubi contenenti i liquidi.

In questo modo è possibile, in maniera efficiente, liquefare e sottoraffreddare il gas naturale, portandolo al di sotto dei -160 °C, in modo da mantenerlo liquido a pressioni di poco superiori

all'atmosferica. La liquefazione è il metodo più impiegato per trasportare il gas naturale, in quanto la riduzione del volume specifico è tale da permettere di stoccare in serbatoi, ovviamente isolati, grandi quantità di liquido. Per l'impiego come combustibile, dunque, è necessario a valle della rete di distribuzione un impianto di rigassificazione che lo riporta allo stato naturale.

Per quanto riguarda l'aspetto energetico, sia la corrente elettrica che l'energia necessaria al movimento dei compressori per il refrigerante è generata attraverso turbine di derivazione aeronautica. In questo tipo di impianti, solitamente, la prassi è quella di alimentare le turbine con il gas che evapora all'interno dei serbatoi. L'evaporazione del liquido raffreddato a gas, infatti, è pressoché inevitabile per via della grande differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno dei serbatoi, quindi al posto di sovradimensionare i refrigeratori per liquefare nuovamente quanto fuoriesce dagli sfiati è più conveniente dirottare verso le turbine il gas necessario alla produzione di energia e limitare in questo modo il dispendio energetico. Naturalmente, però, è necessario effettuare alcuni trattamenti prima di immettere il gas nel circuito del bruciatore, tra cui alcune compressioni per arrivare alla corretta pressione di alimentazione. In ogni unità di Arctic LNG i compressori volti a questo scopo sono due: il BOG Compressor, che esegue la prima compressione sul Boil Off Gas e il FGB Compressor (Feed Gas Booster), che porta alla pressione desiderata il gas. Entrambe le macchine, essendo rotative, hanno la necessità di essere monitorate e lubrificate adeguatamente, per permettere regolazioni e preservare i macchinari.

È in questo settore che si inserisce Flenco, fornendo due tipi di moduli utilizzati proprio per questi scopi: nove unità di lubrificazione e nove pannelli gas. Le prime, dette Lube Oil Unit (LOU), sono composte da un grosso serbatoio che agisce anche da struttura portante inferiore, al di sopra del quale sono collocate le pompe (in numero di 3, due per l'uso comune e una per le emergenze), gli scambiatori di calore (due, in modo da poter commutare ed eseguire la manutenzione), i filtri (uno per il funzionamento ordinario e uno per le emergenze), le valvole di sicurezza che permettono di scaricare l'olio nel serbatoio in caso di sovrappressioni, gli strumenti di misura e tutti i componenti che servono a convogliare, regolare e deviare il fluido nel suo percorso verso il compressore. È inoltre presente un'unità detta Oil Mist Eliminator (OME) che ha lo scopo di aspirare e filtrare i vapori che entrano nella camera e che sono formati principalmente da acqua e olio, separando i due componenti ed espellendo l'acqua rimettendo invece in circolo l'olio.

Si tratta di macchine che devono elaborare grandi portate di olio (ISO VG32) innalzandone di poco la pressione, come è tipico di macchine il cui scopo è lubrificare e refrigerare. Come si può notare è posta grande attenzione nella sicurezza complessiva dell'impianto, sia per quanto riguarda la continuità di funzionamento raggiunta con l'installazione di linee di emergenza alimentate da generatori autonomi (solitamente in corrente continua), sia per quanto riguarda le sovrappressioni dovute alle più disparate cause, che potrebbero essere dannose per l'impianto e pericolose per la sicurezza degli operatori.

È proprio per questo motivo che in impianti del genere sono sempre presenti valvole automatiche chiamate PSV (pressure safety valve) o PRV (pressure relief valve) che si aprono ogni volta che la pressione supera una certa soglia, e sono presenti parecchi strumenti di misura che monitorano continuamente i parametri critici. Alcuni di essi servono in effetti per lo svolgimento ottimale del processo, monitorando ad esempio la pressione nell'iniezione del carburante o il livello dei serbatoi,

altri servono invece a far scattare spie e allarmi in modo da poter agire di conseguenza o, in casi estremi, evacuare l'impianto per tempo.

Il secondo tipo di skid fornito da Flenco, invece, è denominato Seal Gas Panel (SGP). Questo tipo di modulo ha lo scopo di monitorare e regolare i flussi che vanno verso i compressori, sia per quanto riguarda il cosiddetto Seal Gas che il Flare Gas. Il primo è impiegato come aiuto alle tenute meccaniche: trattandosi di compressori assiali multistadio, per garantire la tenuta delle guarnizioni man mano che la pressione aumenta si dirotta solitamente parte del gas compresso proveniente dagli stadi successivi verso le tenute di quelli precedenti, in modo da diminuire la differenza di pressione tra l'interno e l'esterno del compressore, aumentando quindi l'efficacia delle tenute stesse. Questo gas ha però la necessità di essere ulteriormente filtrato, tramite il pannello gas, per rimuovere piccoli residui quali particelle di olio o fini polveri metalliche, prima di essere rimpiiegato correttamente. Inoltre, nel transitorio di avvio della macchina la pressione è uniforme in tutti gli stadi, non permettendo quindi l'impiego del flusso proveniente da quelli successivi. In questa situazione il SGP permette di prelevare il gas sigillante da appositi compressori, solitamente centrifughi e alimentati separatamente, in modo da garantire un avvio ottimale della macchina. Per ultimo, poiché il gas sigillante proveniente dagli stadi successivi è lo stesso impiegato nell'alimentazione della turbina, ed è dunque infiammabile, è necessario liberarsene in sicurezza: questo deve quindi essere dirottato (dal SGP appunto) e in seguito smaltito tramite combustione attraverso dispositivi detti flare (torcia/fiaccola), in modo da non costituire un pericolo per il resto del sistema. Dunque, il pannello gas può essere descritto come una grossa scatola contenente tubi, valvole, filtri e strumenti di misura che servono a garantire il corretto funzionamento del compressore, in situazioni di normale funzionamento, di avvio e di eventuale pericolo.

Ad aumentare la difficoltà tecnica costituita dalla realizzazione di macchine del genere, che già in condizioni operative normali devono garantire elevati standard sia legati all'affidabilità che alla sicurezza, l'impiego delle stesse nelle condizioni ambiente del progetto Arctic LNG ha costituito una sfida ulteriore legata alle condizioni ambientali. Il luogo di installazione, trattandosi della zona nord-occidentale della Siberia, è infatti soggetto a forti raffiche di vento unite a temperature che possono raggiungere i -52 °C. È facile immaginare come per il lavoro in queste condizioni siano necessari particolari accorgimenti volti a preservare la vita della macchina, che da progetto deve essere di almeno 25 anni.

Poiché Flenco si è occupata dei soli skid, collocando dove richiesto i bocchelli di collegamento al resto dell'impianto ma senza doversi preoccupare dei tubi tra due moduli vicini, la soluzione adottata è stata quella di rinchiudere ogni macchinario in un modulo isolante, sia termico che acustico, installando in seguito appositi riscaldatori elettrici attivati da termostati. Di questi riscaldatori si possono riconoscere due diverse declinazioni: quelli per l'enclosure in sé e quelli per il serbatoio di olio lubrificante, impiegati per non permetterne il congelamento. I primi sono null'altro che delle resistenze elettriche, racchiuse all'interno di una gabbia metallica di sicurezza e forniti di una ventola per movimentare correttamente l'aria calda. Quelli per il serbatoio, elettrici anche loro, sono invece sprovvisti della ventola ma corredati di tenute e guarnizioni in quanto studiati per essere immersi all'interno dell'olio.

Inoltre, per garantire la corretta aerazione del modulo, sulle pareti sono ricavate alcune aperture che, in caso di necessità, si aprono e chiudono per permettere l'ingresso di aria dall'esterno. Come già detto tutte queste azioni sono monitorate tramite termostati connessi (trasmissione 4-20 mA con il protocollo HART) e gestite tramite controllori PLC. Nel caso in cui le temperature scendessero al di sotto delle soglie impostate i riscaldatori verrebbero attivati, se invece salissero troppo sarebbero le grate di ventilazioni ad aprirsi.

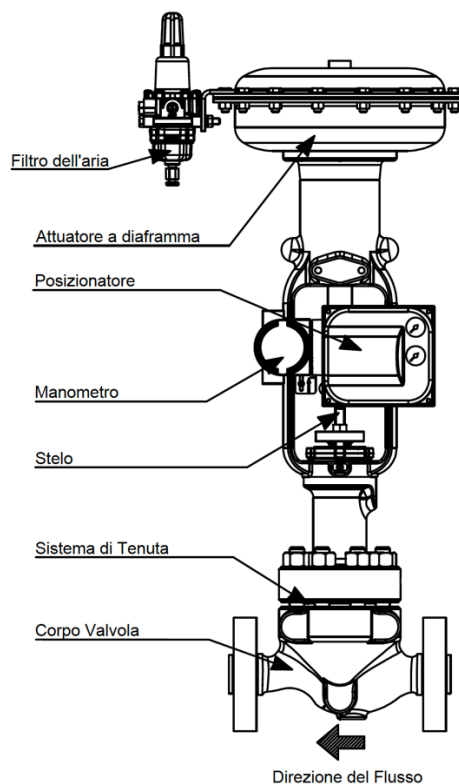
Il problema maggiore legato al maltempo e alle cattive condizioni ambientali è però forse legato allo stato di fermo dei componenti che si potrebbe verificare in caso di lunghi periodi di inattività dell'impianto. Per questo motivo è necessario attuare alcune procedure definite comunemente "preservation", che i produttori stessi delle apparecchiature rendono note, in modo da garantirne il corretto funzionamento dopo lunghi periodi di sosta. Queste procedure sono ovviamente diverse da un componente all'altro e prevedono di svuotare completamente l'impianto riempiendolo in seguito di gas inerte (solitamente azoto), di allentare la tensione sulle piastre degli scambiatori e di azionare a mano periodicamente tutti gli alberi rotanti di pompe, motori e valvole, ingrassando i cuscinetti e rimpiazzando di tanto in tanto le guarnizioni. Procedendo di frequente a questo tipo di azionamento manuale e non avendo il circuito pieno di liquido che potenzialmente è soggetto a congelamento, non è necessario mantenere attivi i riscaldatori ed è quindi possibile superare le temperature soglia imposte durante l'utilizzo.

### 3.1 Il controllo del processo

Come si è potuto notare dalla descrizione generale dell'impianto appena letta, i macchinari devono lavorare in condizioni estreme e nonostante questo è necessario che funzionino al meglio per periodi di tempo piuttosto lunghi. Per questo motivo durante la progettazione si scelgono materiali e meccanismi di azione affidabili e costruiti appositamente per operare in tali condizioni, in modo da garantire affidabilità nel tempo (si ricorda che la durata di progetto dell'impianto, stimata e previa corretta manutenzione, è di 25 anni) e allo stesso modo non mettere in pericolo la salute di chi dovrà lavorare a contatto con i macchinari. Nonostante, però, le accortezze progettuali adottate, è possibile che accadano degli imprevisti di sorta, per cui si renda necessaria l'installazione di componenti dedicati specificatamente alla sicurezza, come le PSV, Pressure Safety Valve. È infatti importante, soprattutto se si parla di macchine che lavorano con fluidi potenzialmente pericolosi o esplosivi, prevedere alcune linee di difesa "ultime" che possano entrare in funzione qualora i meccanismi di regolazione falliscano nel loro compito.

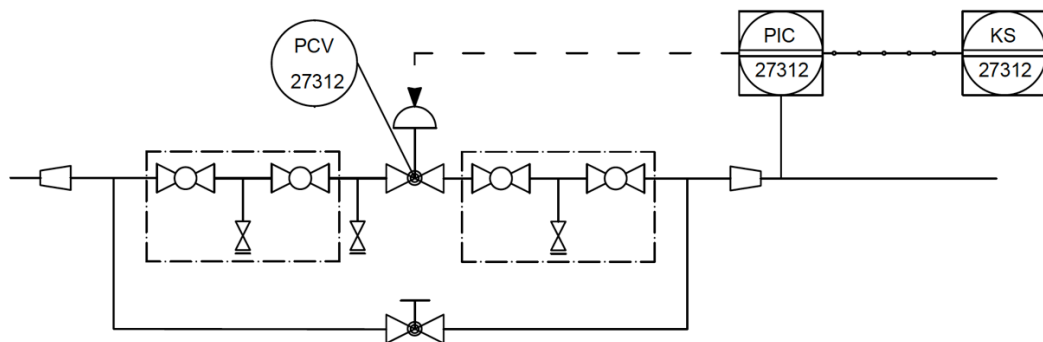
Gli impianti creati da Flenco per le piattaforme di Arctic sono, in sostanza, dei macchinari che devono prelevare del fluido, sia esso olio lubrificante o gas di diversa natura e, in seguito ad alcuni trattamenti, inviarlo verso un utilizzatore. Per questo scopo è ovviamente necessario operare un controllo della pressione in uscita (cioè alla mandata dello skid verso l'utilizzatore), per fare sì che sia corretta e non subisca degli sbalzi, i quali potrebbero influenzare le attività a valle. Il controllo della pressione è eseguito in alcuni casi dal compressore o dalla pompa stessi, tipicamente nel caso di macchine

centrifughe, oppure da valvole denominate PCV, Pressure Control Valve, nel caso di macchine volumetriche. Le PCV, che possono essere di forma e dimensione molto diversa tra loro a seconda del tipo di impiego cui sono destinate, negli impianti del settore energetico sono generalmente formate da un corpo valvola, da un attuatore e da un posizionatore. Il corpo valvola, sovente un pezzo di fusione, è quello che permette il passaggio del fluido di processo e ne regola la portata grazie al movimento dell'otturatore, che può aprire e chiudere l'orifizio di passaggio cambiando la sua posizione. Sul corpo sono presenti le guarnizioni e le flange per connettere la valvola al processo, e quelle che isolano il corpo e fanno sì che non vi siano perdite verso l'ambiente esterno dal lato dell'attuatore. A comandare il movimento dell'otturatore è lo stelo, l'elemento di connessione tra il corpo e l'attuatore vero e proprio, guidato proprio dal meccanismo di attuazione. Gli attuatori impiegati nel progetto di cui si sta parlando sono tutti del tipo pneumatico (ovvero funzionano tramite dell'aria in pressione), ma a seconda dell'applicazione possono essere usati anche attuatori di tipo meccanico o oleodinamico. Per comandare l'attuatore è infine impiegato il posizionatore, che "legge" la posizione dello stelo e la confronta con il segnale di regolazione proveniente da un controllore, inviando infine il segnale pneumatico all'attuatore. Dunque, il sistema è strutturato in modo da leggere i valori di portata e pressione in un certo punto della linea, e di agire aprendo o chiudendo la valvola in modo da ottenere la corretta perdita di carico e gestire l'uscita. Si ottiene così un sistema capace di regolare, ovvero offrire una gamma di possibilità intermedie tra il completamente aperto e il completamente chiuso, che è invece compito delle valvole cosiddette ON-OFF.



*Figura 3.1 - Esempio di valvola PCV con gli accessori che servono per il funzionamento*

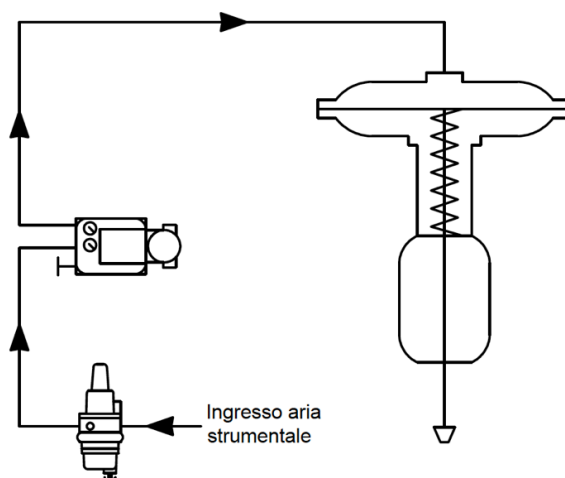




*Figura 3.2 - Configurazione tipica di una PCV del progetto Arctic LNG*

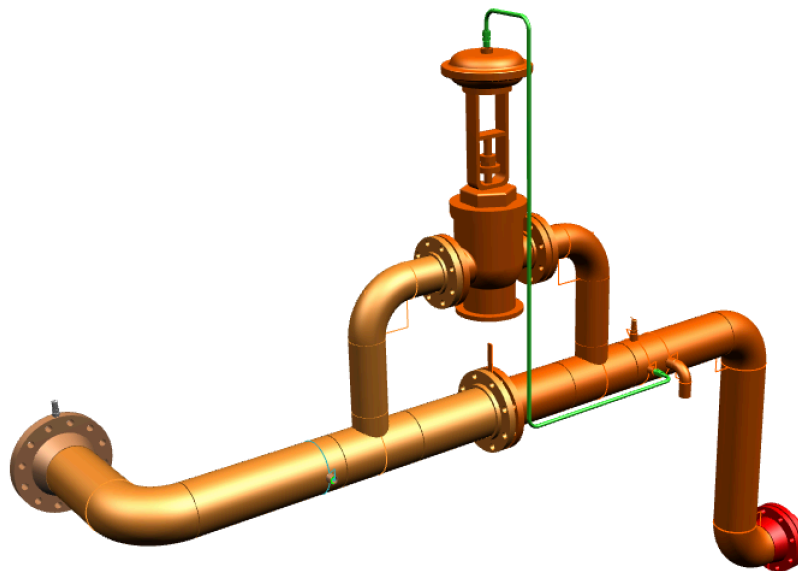
Le figure 3.1 e 3.2 mostrano una tipica valvola di controllo impiegata nel progetto Arctic LNG per il controllo del gas nel Seal Gas Panel e la configurazione della linea all'interno della quale la valvola è inserita. Tipicamente, nell'ambito specifico del progetto, le PCV sono state impiegate assieme a una coppia di Double Block and Bleed (DBB, nella figura 3.2 riquadrate dalla linea tratto-punto) impiegate per isolare la valvola nel caso di manutenzione e affiancate da una linea di bypass con valvola manuale normalmente chiusa. Il sensore di pressione (PIC) e il controllore logico (KS) sulla destra sono responsabili del comando dell'attuatore, dialogando tra di loro tramite una comunicazione seriale e con la valvola tramite segnale elettrico.

L'immagine della valvola, invece, permette di notare il corpo isolato dal resto dei componenti attraverso un sistema di tenuta che è utile per non disperdere nell'ambiente circostante il fluido di processo. Il sistema di comando della valvola prevede, in un locale separato dallo skid, una riserva di aria compressa e un sistema che ne permette la distribuzione in tutto l'impianto. Ogni valvola è infine dotata di un filtro-regolatore, che porta la pressione dell'aria di servizio ad un valore adatto a muovere il diaframma elastico contenuto nella parte superiore, così da generare il movimento dello stelo. Il posizionatore, come si può notare dalla figura 3.3, è installato sullo stelo stesso ed è posto nel mezzo del percorso che va dal filtro all'attuatore.



*Figura 3.3 - Percorso compiuto dall'aria strumentale nell'opera di movimento dell'attuatore*

Dunque, questo tipo di sistema è impiegato nella regolazione delle normali condizioni di funzionamento, per fare fronte a necessità variabili dell'utente. In alcuni casi, quando la portata da fornire subisce degli sbalzi ma non giunge mai a zero, è impiegata una soluzione che prevede una PCV posizionata in parallelo ad un orifizio calibrato. Quest'ultimo è nient'altro che un disco forato al centro, dal diametro attentamente calcolato, che serve per imporre una perdita di carico garantendo comunque il passaggio di una portata minima. L'unione dei dispositivi fa quindi sì che l'orifizio sia attraversato in ogni momento dalla minima portata che è richiesta dall'utenza e la valvola di controllo, invece, regoli la sua apertura per sostenere le fluttuazioni. Il motivo della scelta di questo sistema è principalmente di natura economica, in quanto le valvole di controllo sono molto costose e il loro costo cresce molto rapidamente all'aumentare della dimensione, mentre gli orifizi sono dei semplici dischi forati e fissati tra due flange e in molti casi sono le aziende come Flenco che le producono in autonomia.



*Figura 3.4 - Valvola di controllo posizionata in parallelo ad un orifizio calibrato. Si può notare, in questo caso, che la pressione agente sul diaframma sia quella del tratto di valle della tubazione*

Dunque, le PCV sono impiegate durante le condizioni di normale funzionamento per monitorare e regolare il flusso sulla base delle utenze a valle. Come si è detto in precedenza, però, molte delle pompe impiegate sono di tipo volumetrico, spesso a viti, e non hanno quindi la possibilità di essere regolate se non attraverso modifiche della velocità di rotazione che il motore elettrico, sprovvisto di alternatore, non permette. Poiché, però, l'utilizzatore potrebbe richiedere una portata nulla, è utile prevedere una linea di ritorno capace di aprirsi qualora la PCV alla mandata sia completamente chiusa, così da non permettere rischiosi innalzamenti della pressione che potrebbero danneggiare i componenti o, peggio, i tecnici dell'impianto. Ancora una volta, queste linee di ritorno sono gestite da PCV regolate in modo da aprirsi correttamente e riportare nel serbatoio il fluido di processo tramite linee dedicate.

### 3.1.1 *Le valvole di sicurezza*

Quelle trattate in precedenza, nonostante siano valvole impiegate per evitare repentini innalzamenti della pressione all'interno dei condotti, sono comunque studiate per essere parte delle normali condizioni di funzionamento dell'impianto, e non di condizioni particolari che possono portare a pericoli per i tecnici o per l'impianto stesso. Per queste situazioni, invece, è comune adoperare le già citate PSV, Pressure Safety Valve o le PRV, Pressure Relief Valve. Si tratta ancora una volta di valvole rientranti nella categoria delle automatiche, cioè operanti senza un comando esterno dato dall'uomo, che hanno lo scopo di aprirsi per favorire il deflusso verso un serbatoio o l'atmosfera qualora la pressione nei condotti superi una soglia critica. La differenza sostanziale tra le due è dettata dalle modalità di apertura dell'otturatore, rapida e pressochè immediata nel caso delle prime (PSV), proporzionale all'incremento di pressione nel caso delle seconde (PRV). Questa differenza fa sì che le PSV siano preferite nel trattamento di fluidi gassosi, comprimibili, mentre le PRV siano impiegate tendenzialmente per fluidi incomprimibili. Tuttavia, nonostante le differenze tra le due tipologie è comune impiegare lo stesso nome per indicarle entrambe, per via di abitudini aziendali o della squadra di progetto, ricordando che, in ogni caso, lo scopo della loro installazione è il medesimo. È inoltre interessante notare che esistono dei dispositivi, detti "Safety Relief Valve", che possono funzionare in entrambe le maniere a seconda del tipo di installazione. In questa trattazione, comunque, si guarderà con maggiore attenzione l'impiego con fluidi comprimibili, cercando di richiamare a quanto realizzato per il Seal Gas Panel del progetto Arctic LNG.

Questo tipo di valvole, come tipicamente accade nei sistemi di sicurezza, è progettato per essere semplice e completamente autonomo, basando il proprio funzionamento su meccanismi di natura meccanica e non dipendenti da sistemi elettronici. Infatti, questi ultimi, pur essendo molto precisi e rapidi nell'azione, ed avendo costi in molti casi inferiori rispetto agli analoghi meccanici, non garantiscono il funzionamento in ogni situazione ma sono per loro natura più delicati e soggetti a cali di prestazioni, essendo influenzati pesantemente dall'usura, dalle intemperie e, ovviamente, da eventuali blackout. Proprio per quest'ultima ragione, infatti, anche tutte le valvole di controllo hanno una posizione definita di "fail", legata cioè a malfunzionamenti di tipo tendenzialmente elettrico, che portano l'otturatore in una posizione di sicurezza. Ad esempio, quindi, le valvole di controllo che si utilizzano alla mandata possono essere del tipo "fail open", in modo da non interrompere completamente il flusso verso l'utilizzatore e limitare gli innalzamenti della pressione a monte della valvola stessa, ma chiaramente è una questione delicata che deve essere valutata di volta in volta.

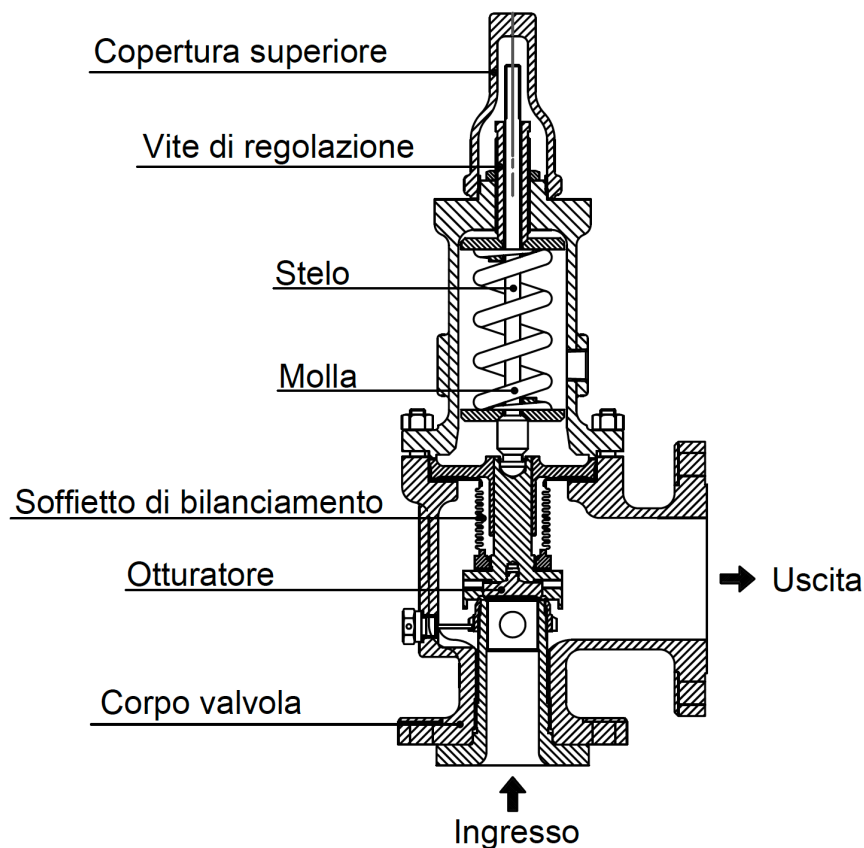


Figura 3.5 - Sezione di una valvola automatica di sicurezza

Dunque, le valvole di sicurezza servono per aprirsi autonomamente qualora si superi una pressione nel condotto principale detta “di set”, valutata come potenzialmente pericolosa ma in ogni caso inferiore alla massima consentita dalle tubazioni e dai componenti ad essa collegati. Il funzionamento dipende da un equilibrio di forze ed quindi legato ad un disco (l’otturatore) tenuto in posizione da una molla, sul quale il fluido di processo esercita una pressione che se supera quella di soglia provoca l’apertura dell’otturatore e il conseguente scarico del fluido verso il serbatoio. Il movimento è quindi influenzato dalle pressioni a monte e a valle della valvola e dalla taratura della molla (si vedano la figura 3.6 e l’equazione 3.1 ad illustrazione del semplice equilibrio).

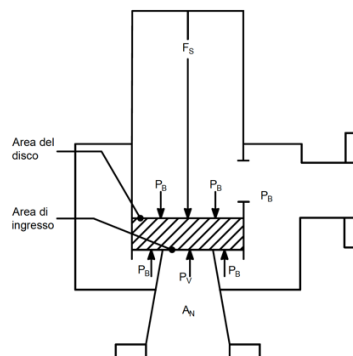
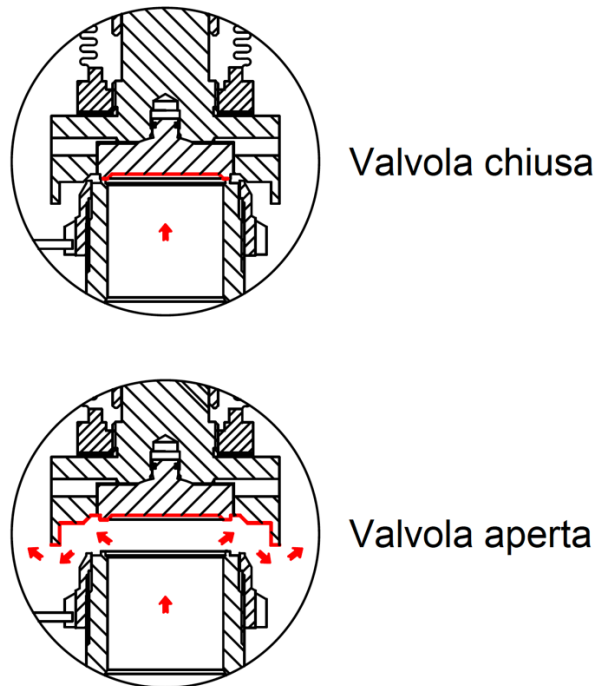


Figura 3.6 - Rappresentazione schematica delle forze in gioco a valvola chiusa

$$P_V A_N = F_S + P_B A_N$$

*Equazione 3.1 - Equazione di bilancio delle forze cui è sottoposto il disco a valvola chiusa*

Per quanto riguarda l'ambiente di valle, verso il quale avviene lo scarico, questo è solitamente l'ambiente esterno o se si tratta di gas pregiati o pericolosi (come in alcuni casi del progetto Arctic, ricordando che nel SGP viene elaborato anche del metano) un serbatoio atmosferico o a pressione molto più bassa rispetto alla linea principale. Per quanto riguarda la molla, invece, questa è regolabile attraverso una vite posta nella parte superiore del "bonnet", cioè della copertura metallica della valvola, che permette di comprimere in maniera adeguata le spire della molla in modo da ottenerne la rigidità corretta. In totale, quindi, l'apertura della valvola si ha quando la pressione del fluido di processo supera la somma tra la pressione del fluido nella linea di espulsione e quella esercitata dalla molla. A questo punto, dunque, l'orifizio si apre e comincia il deflusso di scarico.

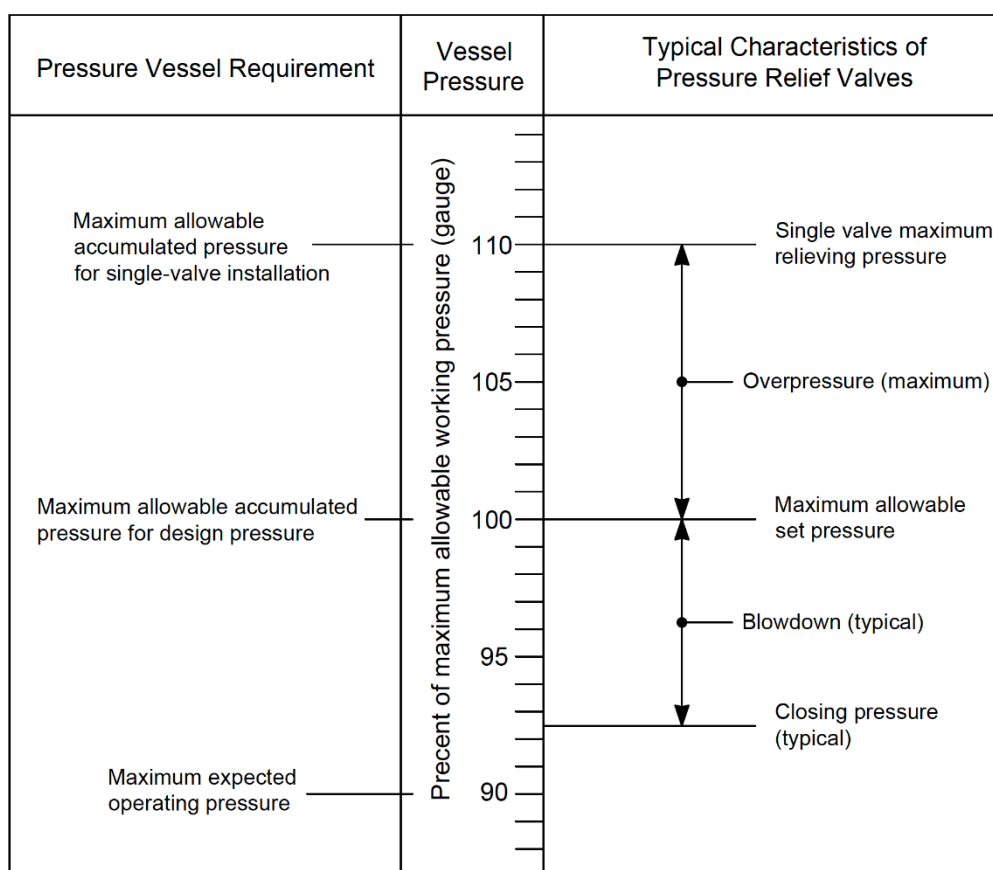


*Figura 3.7 - Dettaglio dell'otturatore. Si notano, in rosso, le aree sulle quali la pressione del fluido esercitata prima e dopo l'apertura*

La figura 3.5 mostra la sezione di una tipica valvola di sicurezza. Si possono notare le principali parti che la compongono, che in maniera non diversa dalle valvole di controllo sono il corpo, l'otturatore e lo stelo che vincola l'otturatore stesso alla molla di attuazione. È interessante notare come è disegnato l'otturatore (si noti il dettaglio in figura 3.7), comunemente chiamato disco, il quale mostra al fluido principale una sezione dalla dimensione inferiore quando la valvola è chiusa e una superiore appena si apre. Questo serve per un motivo legato alla forza di apertura della valvola, data ovviamente dal prodotto della pressione presente nel condotto di processo per la superficie del disco sulla quale è esercitata.

Quando la valvola inizia ad aprirsi, infatti, è possibile che la pressione nel condotto di monte diminuisca per via dello scarico e, appena tornata al di sotto del valore di soglia, porti alla chiusura dell'orifizio e quindi ad un nuovo innalzamento critico con conseguente riapertura, in un circolo che si potrebbe ripetere più e più volte fino all'arresto della causa di sovrappressione. Dunque, per mantenere aperta la valvola, il disco viene realizzato in modo da rendere più facile il suo mantenimento nella posizione sollevata, sagomandolo accuratamente e offrendo al fluido una superficie maggiore sulla quale insistere una volta aperto. La superficie maggiore fa sì che, una volta aperto, l'otturatore sia spinto con maggiore forza (e quindi velocità, ottenendo un effetto denominato pop-up, cioè l'apertura pressoché immediata) e sia mantenuto più saldamente in posizione.

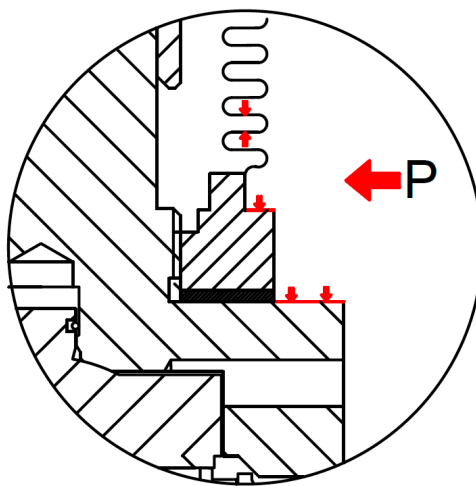
Da questa caratteristica costruttiva nasce inoltre l'effetto denominato blowdown: si tratta della differenza tra la pressione di set, cioè quella alla quale la valvola si apre, e quella reale di chiusura, inferiore al set point di circa il suo 5%, derivante dal fatto che la forza necessaria a mantenere sollevato il disco è inferiore a quella che serve per sollevarlo inizialmente. Si può notare, per maggiore chiarezza, la figura 3.8 che mostra i principali valori di pressione nell'impianto in relazione al movimento dell'otturatore.



*Figura 3.8 - Estratto della normativa API 520 che mostra alcune delle pressioni rilevanti nell'impiego di valvole di sicurezza*

Dalla figura 3.8 (estratta dalla normativa API 520) si possono dunque evincere i principali valori di pressione illustrati in precedenza. La maximum allowable working pressure (MAWP) è la massima pressione che è premessa all'interno del condotto, per cui il valore massimo di set della valvola le è corrispondente. Qualora la valvola si apra, però, è ammessa una overpressure (sovrappressione, valutata rispetto al set) fino ad arrivare al 110% della MAWP (questo valore è dettato dalle API, ma a seconda della normativa di riferimento o delle specifiche richieste dal cliente può subire leggere variazioni). In chiusura, infine, si ottiene sempre l'effetto di blowdown dovuto alla superficie esposta del disco.

Sempre dal disegno in figura 3.5, è inoltre possibile osservare il soffietto di bilanciamento (bellow), costituito da una membrana elastica che ha il compito di mitigare l'effetto della back pressure. Come già detto, infatti, la valvola basa il suo funzionamento sull'equilibrio tra le forze esercitate sul disco, quelle di apertura date dal fluido di processo e quelle di chiusura della molla e della pressione nel condotto di scarico. Quest'ultima è, appunto, detta back pressure, ed è a sua volta costituita dalla superimposed back pressure e dalla built-up back pressure. La prima è dipendente dall'istante in cui la valvola di sicurezza deve entrare in funzione e tiene conto sia della pressione dell'ambiente esterno (in molti casi a pressione pressoché atmosferica), sia dalla linea di scarico che, se condivisa con altre valvole, ne può subire gli effetti. La seconda, invece, dipende dalla valvola stessa che, nel momento in cui si apre, provoca la variazione della pressione a valle di sé stessa. Dunque, la back pressure, è un fattore che non è controllabile e può essere variabile nel tempo, dipendendo da un gran numero di cause e da parti diverse della linea, ed è quindi un possibile motivo di non funzionamento del dispositivo.



*Figura 3.9 - Dettaglio del soffietto di bilanciamento. Si noti, in rosso, l'area sulla quale agisce la back pressure inferiore a quella offerta superiormente dal disco*

Dunque, per limitare questo effetto negativo, si adoperano alcuni dispositivi che servono a bilanciare il disco, facendo sì che la back pressure abbia meno incidenza su uno dei suoi lati. Uno di questi dispositivi è proprio il soffietto di bilanciamento: si tratta di un soffietto metallico posizionato attorno allo stelo che separa la parte esterna, soggetta alla back pressure, con la parte interna a pressione

inferiore. In questo modo la corona circolare sulla parte superiore del disco, che è soggetta alla pressione del fluido, diviene più piccola riducendo così anche la forza di chiusura che si svilupperebbe.

La conformazione del soffiutto, realizzato piegando più volte una lamina metallica, è tale da permettere il suo movimento assiale in modo da seguire l'alzata del disco, e allo stesso modo fa sì che le forze sui suoi lati si bilancino senza creare effetti negativi (si veda, a riguardo, la figura 3.9). Un ulteriore effetto positivo legato all'installazione del bellow è dovuto alla protezione dello stelo che esso offre qualora il fluido di processo fosse corrosivo, rendendo più semplice la manutenzione e permettendo di cambiare un componente economico e non tutto lo stelo. Per verificare la tenuta del soffiutto, infine, è spesso presente nella parte superiore del corpo un foro di ventilazione. In questo modo è possibile identificare le perdite e porvi rimedio tempestivamente.

### 3.1.2 Le PSV pilotate di Arctic LNG

Come detto in precedenza, in questo capitolo si cercherà di approfondire l'impiego delle valvole di sicurezza nell'ambito del Seal Gas Panel impiegato in Arctic LNG. Di queste, infatti, alcune sono del tipo tradizionale descritto in precedenza, mentre altre funzionano in maniera leggermente diversa: presentano un pilotaggio. Le PSV pilotate sono dei dispositivi in cui la valvola principale è combinata con una valvola di sicurezza supplementare, che serve per gestirne il movimento.

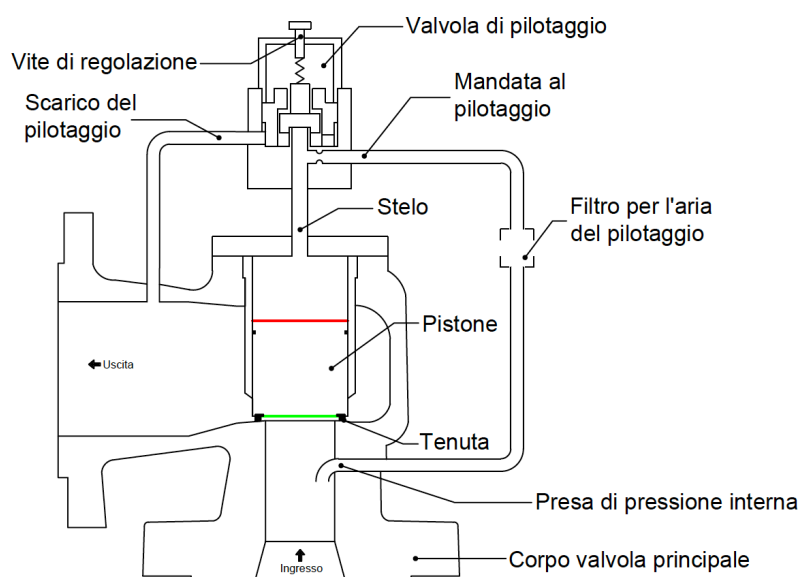


Figura 3.10 - Rappresentazione schematica della valvola e del pilotaggio.

*Si notino, in rosso e in verde, le differenti aree che il pistone offre al fluido di processo*

Come si può osservare dalla figura 3.10, si possono riconoscere due parti separate: il corpo valvola vero e proprio e il pilotaggio. Il primo è tenuto chiuso da un pistone, sottoposto alla pressione di processo su entrambe le facce piane, che ancora una volta si apre grazie alle differenti forze alle quali è sottoposto. Il pistone è disegnato in modo che la sua area inferiore sia più piccola rispetto a quella superiore, per cui in condizioni normali, avendo la stessa pressione su entrambi i lati, è la forza di



chiusura a risultare predominante tenendo saldamente chiuso l'otturatore. Questa situazione si crea spillando una parte del fluido e convogliandola attraverso prima il pilotaggio e, infine, il corpo valvola stesso sul lato superiore del pistone. Lo scopo del pilotaggio, invece, è proprio quello di scaricare la pressione nella camera superiore in modo da rendere predominante la forza di apertura, operando in maniera analoga alle valvole di sicurezza comuni di cui si è parlato in precedenza. Dunque, il fluido di processo agisce su di un disco tenuto in posizione da una molla tarata, che permette l'apertura quando si supera il valore di set e, di conseguenza, apre la valvola principale.

Un sistema di questo genere, per quando possa risultare maggiormente complicato, presenta alcuni vantaggi che portano la valvola ad essere preferita in determinate situazioni. Innanzitutto, la presenza del pilotaggio limita l'effetto della back pressure, temuto impiegando PSV tradizionali, permettendo quindi un valore di set più vicino a quello operativo della linea senza dover trascurare l'efficacia del dispositivo. Inoltre, a differenza delle PSV tradizionali, la forza di chiusura aumenta all'aumentare della pressione per via delle diverse aree sulle quali agisce, riducendo sensibilmente le perdite alle quali le valvole tradizionali sono soggette man mano che ci si avvicina al set point.

Inoltre, a parità di area di passaggio, una valvola pilotata risulta meno ingombrante rispetto a una tradizionale: questo è determinato sia dalla dimensione della valvola pilota, che seppur dimensionata per sostenere pressioni di processo analoghe, deve consentire il transito del solo flusso di pilotaggio, ridotto, e quindi può essere meno ingombrante. Infine, la suddivisione in due parti che non necessitano di essere vicine in quanto il loro collegamento avviene tramite tubazioni, permette di posizionare la valvola sulla linea principale e il pilotaggio in un luogo più distante, fino ad alcuni metri, senza subire grosse perdite di prestazione. Questo è senza dubbio un vantaggio che chi si occupa di skid ha bene in mente, essendo questo tipo di macchinari per loro natura molto influenzati dagli ingombri dei componenti. Allo stesso modo, la possibilità di poter spostare e orientare il pilotaggio, che è la parte più soggetta a danneggiamenti, permette di avvicinarlo al bordo dello skid o alle zone di manutenzione, favorendo quindi quest'ultima.

Per contro, tuttavia, il sistema appena descritto risente in modo piuttosto pesante della qualità del fluido che si trova a dover elaborare: la dimensione ridotta del pilotaggio, infatti, porta lo stesso ad intasarsi di frequente nel caso in cui il fluido non fosse completamente pulito, compromettendo così il funzionamento del dispositivo e aumentando l'usura delle parti bagnate. I fornitori sono quindi soliti richiedere maggiore pulizia e frequenti manutenzioni, che vista la criticità del dispositivo possono comportare anche il fermo completo dell'impianto o della macchina. Inoltre, sia per via dei componenti da sostituire che per la maggiore precisione con cui sono realizzati, questo tipo di valvola è solitamente più costoso, portando quindi alla sua scelta solo qualora fosse assolutamente necessario adoperarla o le specifiche del cliente ne facessero esplicita richiesta.

Proprio in una situazione del genere, dunque, si è trovata Flenco nella delineazione della componentistica da impiegare in Arctic LNG: le specifiche del cliente, seppur dettagliate, hanno lasciato almeno inizialmente un po' di libertà al fornitore, che unita alla poca conoscenza della squadra di progetto Flenco nel settore dei dispositivi pilotati, ha portato all'acquisto di valvole del tipo tradizionale equipaggiate quando necessario con il soffiello di bilanciamento.

La soluzione, inizialmente accettata, ha fatto sì che il progetto potesse proseguire aggiungendo tutta la componentistica richiesta, fino però ad un controllo maggiormente accurato delle specifiche e, soprattutto, delle caratteristiche del processo che avevano portato alla scelta. Come già detto, infatti, le valvole tradizionali sono in condizioni di malfunzionamento qualora la differenza tra la pressione di set e quella normale di funzionamento del processo siano prossime. La pressione di set è solitamente imposta dai limiti strutturali dei componenti installati sulla linea, per fare sì che non si raggiungano mai pressioni potenzialmente pericolose. Poiché in progetti del genere la componentistica è soggetta ad una certa variazione sia per via dei fornitori, che non sempre possono garantire il rispetto completo delle specifiche, sia per via di modifiche al processo vero e proprio, è comune che i valori massimi ammissibili dai componenti si discostino da quelli richiesti per entità più o meno grandi. Nella maggior parte dei casi, in realtà, la prassi è quella di scegliere delle apparecchiature più sicure del necessario, così da evitare potenziali problemi, ma le caratteristiche cui si deve guardare sono molteplici e alcune volte è necessario giungere a un compromesso.

Dunque, nel ricontrollare la scelta delle valvole acquistate una volta determinati tutti i componenti, il cliente ha notato che in alcune situazioni raggiunto un pilotaggio sarebbe stato necessario. La richiesta, quindi, seppur avanzata fin dal principio definendo chiaramente quali fossero le condizioni nelle quali impiegare l'uno o l'altro mezzo di protezione, è stata mossa al seguito di modifiche delle condizioni operative che hanno innalzato il valore operativo della pressione, o ridotto quello massimo ammissibile dai componenti. In ogni caso, però, alcune valvole già acquistate non sarebbero più state in linea con le specifiche e, dunque, sarebbero state da sostituire completamente.

Flenco ha quindi deciso di iniziare un processo di deviazione delle specifiche, confrontandosi sia con il fornitore che con Siemens, per verificare innanzitutto la sicurezza del sistema e parallelamente cercare di mantenere quanto già acquistato senza dover ripetere l'ordine. Nel particolare, alcuni dei principali punti che secondo specifiche avrebbero richiesto una valvola pilotata sono i seguenti:

- Pressione operativa uguale o superiore al 50% della set pressure (rapporto  $OP/SP > 50\%$ ): un problema già evidenziato delle valvole tradizionali è proprio la difficoltà di funzionamento qualora condizione di set e operativa siano vicine. La soglia del 50%, però, è stata giudicata dal fornitore troppo bassa e in accordo con il cliente è stata innalzata a circa il 70%;
- Back pressure variabile e superiore al 10% della pressione di set: questa richiesta nasce dal problema del bilanciamento già illustrato, ma per via del soffierto installato attorno allo stelo, il corretto funzionamento è stato garantito fino al 50%;
- Elevata accuratezza e silenziosità: si tratta in alcune situazioni di un fattore rilevante in quanto l'apertura e il deflusso sono eventi piuttosto rumorosi. Il produttore, però, ha garantito che entrambe le valvole fossero allineate alle normative in vigore e si muovessero su simili livelli di rumorosità;

In aggiunta alle motivazioni sopra riportate, legate alle specifiche fornite dal cliente, è stato inoltre fatto notare che nel pilotaggio sono presenti alcune guarnizioni, precisamente degli O-Ring, realizzati in FKM per via delle sue buone caratteristiche di resistenza alla corrosione, ma inadatti a tollerare le temperature estreme della Russia, con minime a  $-52^{\circ}\text{C}$ .

Dunque, sulla base delle ragioni sopraelencate e fornite dal produttore della valvola, per tutte le valvole con rapporto OP/SP inferiore a 0,7 è stato possibile deviare dalle specifiche installando dispositivi tradizionali equipaggiati con il soffiello di bilanciamento, garantendo in ogni caso il funzionamento in sicurezza qualora fosse stato necessario. Per i valori superiori, più critici, è stato invece necessario installare le pilotate adeguandole però al funzionamento a basse temperature.

La condizione di temperatura estremamente bassa (-52°C) è una condizione che raramente verrà raggiunta dai componenti dell'impianto: tutti i macchinari sono infatti inseriti all'interno di un enclosure riscaldato e coibentato e, durante il funzionamento, sono attraversate dal fluido a temperatura di 20°C o superiore. Nel caso di fermo impianto, però, il riscaldamento non è attivo e le linee vengono svuotate per essere riempite di gas inerte, e poco a poco la temperatura si uniforma a quella esterna: è quindi nel momento della ripartenza che, potenzialmente, le guarnizioni in FKM potrebbero non garantire la tenuta necessaria e generare delle perdite. Dunque, a soluzione del problema, si è provveduto a tracciare termicamente le valvole, applicando sul corpo un cavo dall'elevata resistenza elettrica capace di riscaldarsi se attraversato da corrente, in modo da poterle portare ad una temperatura adeguata.

Da questo breve riassunto si può comprendere quanto l'attenzione ai dettagli forniti dalle specifiche sia in molti casi cruciale, al fine di evitare situazioni in cui i componenti sono acquistati ma inadatti al loro impiego, sia dal punto di vista della mera richiesta del cliente che, punto più importante, dal punto di vista della sicurezza.

## 3.2 La documentazione

Dal momento del mio arrivo in azienda, dunque, oltre all'osservazione delle ultime battute circa la questione delle PSV con pilotaggio, ho contribuito alla realizzazione dei documenti da consegnare a completamento del lavoro. Il lavoro di progettazione vera e propria era infatti quasi del tutto terminato, avendo già anche consegnate alcune macchine, ma non per questo si era raggiunto il termine della commessa. Come già accennato in precedenza, infatti, assieme alla macchina vera e propria è sempre necessario fornire dei documenti di corredo. I più comuni, che sempre devono essere consegnati sono:

- IOM, manuale d'uso e manutenzione: si tratta dell'insieme dei manuali redatti dai fornitori per i singoli componenti e di quello realizzato da Flenco per l'assieme nella sua interezza;
- Preservation Procedure: è l'insieme dei comportamenti da adottare durante fermi prolungati dell'impianto, per preservarne la vita;
- Start/Stop Procedure: è la procedura da adottare per eseguire correttamente la messa in opera e il fermo dell'impianto;
- Datasheets: è l'insieme delle caratteristiche dei pezzi principali dell'impianto. Qua sono riportati i dati legati al fluido per cui è progettato ogni componente, il valore di set dei diversi parametri, il materiale di cui è fatto e ogni informazione utile a riconoscere univocamente il pezzo ed eventualmente acquistarne uno di ricambio;

- Disegni: sono i disegni dimensionali e gli spaccati dei singoli componenti;
- Calcoli: sono i calcoli serviti nel dimensionamento delle apparecchiature, impiegati ad esempio per dimensionare lo scambiatore o scegliere la velocità di rotazione delle pompe. Rientrano in questa categoria anche i calcoli strutturali, solitamente eseguiti con tecniche FEM, realizzati per la verifica dei serbatoi e delle strutture;
- Test Reports: sono i risultati dei test eseguiti durante e al termine della costruzione. Comprendono l'analisi delle saldature, i test idraulici e i FAT, Factory Acceptance Test;
- Certificati: sono i documenti che provano il rispetto delle normative in vigore nel paese di costruzione e in quello di destinazione. Per quanto riguarda i componenti che Flenco acquista è necessario durante la formulazione dell'ordine specificare quali certificazioni siano necessarie in modo da poterle acquistare. Infatti, nonostante il componente sia sempre lo stesso, l'acquisto del certificato è sempre un extra da richiedere separatamente.

In molte delle commesse, inoltre, è richiesto specificatamente di allegare tutta la documentazione in più di una lingua. Solitamente quella standard è l'inglese (e non l'italiano, nemmeno per ordini che rimangono in Italia), ma a seconda della destinazione finale può essere richiesta una seconda o terza lingua.

Alcuni di questi documenti, inoltre, richiedono non solo di essere stilati ma anche di essere approvati in seguito ad attente revisioni, attraverso timbri e firme, dal cliente. Solitamente si tratta dei documenti contrattuali, che è necessario fornire perché proposto così nel contratto firmato a inizio commessa.

Per quanto riguarda il progetto Arctic LNG, bisogna inoltre aggiungere un documento particolare necessario per l'esportazione in Russia: il Passaporto Tecnico (o TP, Technical Passport). Si tratta di un lungo documento, anzi di un insieme di documenti, che racchiudono diverse informazioni e certificano tutti i singoli componenti secondo le normative della comunità eurasiatica, permettendone dunque il passaggio attraverso la dogana. Nello specifico, secondo le richieste del cliente finale Technip, ogni passaporto ha dovuto essere realizzato seguendo un modello specifico, diverso a seconda del tipo di componente in questione. Dunque, per quanto impaginato allo stesso modo, il TP di un filtro risulterà diverso da quello di un serbatoio, e diverso ancora da quello di una valvola. Come suddivisione generale, però, ogni passaporto è composto da più parti: nella prima sono contenute informazioni circa la posizione e il TAG, cioè "nome e cognome" del componente, per poterlo identificare all'interno dell'intero impianto. Nella seconda parte sono presenti informazioni generali risultanti dal dimensionamento, come pressione e temperatura di progetto, minima e massima. La terza parte contiene lo storico delle operazioni di manutenzione eseguite (ovviamente questa parte è bianca appena il componente è prodotto e nel tempo si riempie) e i dati circa le certificazioni valide, la quinta contiene gli allegati richiesti. Questi sono, per la maggior parte, quelli sopra elencati, ponendo particolare cura nell'approvazione da parte del cliente di quanto sia contrattuale e premurandosi di inserire copie dei certificati validi.

### 3.3 Il meccanismo di certificazione russa

Da quanto esposto in precedenza, si può notare come gran parte del lavoro sia quello che comunemente si svolge per qualsiasi commessa, accumulando sempre gli stessi documenti. Tra questi, però, è necessario porre una particolare attenzione alle certificazioni valide nella Comunità Eurasiatica, che garantiscono il rispetto dei regolamenti tecnici in vigore.

Tali documenti sono ottenibili mediante dei test che, a seconda dei casi e del tipo di certificazione richiesta, implicano l'invio a laboratori specializzati di campioni dei pezzi o visite in stabilimento da parte di ispettori governativi.

Nello specifico è possibile ottenere una "Dichiarazione" oppure un "Certificato". Per la prima è sufficiente fornire all'Ente certificatore i risultati di specifici test eseguiti dalla casa madre e difficilmente vi è la necessità della visita ispettoriale. Per la seconda, invece, serve che una persona incaricata esegua i test o visiti lo stabilimento. I due documenti hanno la stessa forza giuridica, ma differiscono circa la responsabilità che è dell'Ente Certificatore nel caso del Certificato e del produttore nel caso della Dichiarazione. Sono i regolamenti tecnici a specificare in quali casi sia richiesta l'una o l'altra, ma in virtù della maggiore rigidità dei controlli per ottenere un Certificato, questo è sempre utilizzabile anche nel caso in cui fosse richiesta solamente la Dichiarazione.

Le certificazioni sono inoltre conseguibili in due differenti maniere: per lotto e seriale. La certificazione per lotto è relativa a ben specifici numeri seriali, che devono essere analizzati da un ispettore e che passeranno la frontiera nello stesso momento, e dura per tutta la vita utile dei componenti. È solitamente il tipo di certificazione che si impiega per piccoli numeri o necessità una tantum, poiché nel caso in cui si dovesse aggiungere anche un solo pezzo alla fornitura sarebbe necessario ripetere l'intero iter certificativo. La certificazione seriale, invece, prevede che tutti i pezzi prodotti in un arco temporale di 5 anni a partire dalla data del certificato risultino idonei all'importazione in Russia. In questo caso la visita dell'ispettore nello stabilimento è obbligatoria e la procedura è più severa, ma permette di produrre quanto necessario durante il periodo di validità.

Come anticipato la certificazione è relativa al rispetto di specifici regolamenti tecnici, che coprono i diversi ambiti produttivi a partire dai giocattoli fino ad arrivare ai componenti impiantistici, denominati TR CU (Technical Regulation of Customs Union). All'interno di ogni regolamento è presente una parte che chiarifica quali componenti debbano esservi soggetti, specificando inoltre se è sufficiente una dichiarazione o serva una vera e propria certificazione. In seguito si può trovare una lista contenente i Regolamenti Tecnici più comunemente impiegati nell'industria energetica, sui quali Flenco ha dovuto far affidamento nella costruzione degli skid.

- TR CU 010/2011, sulla sicurezza delle macchine e attrezzature. Elenca i requisiti minimi nella progettazione, costruzione, installazione, stoccaggio e dimissione di macchinari di vario tipo. A richiedere un Certificato, tra le varie categorie, sono le macchine per la lavorazione del legname, quelle adibite al sollevamento, le macchine agricole e zootecniche, le attrezzature da scavo ed estrazione ed altre. Tra le macchine cui invece può bastare una Dichiarazione sono invece presenti turbine, compressori e gran parte degli apparati ausiliari, tra i quali quelli

realizzati da Flenco. L'Allegato n°5.1.1 presenta l'elenco di quali componenti ricadano sotto la certificazione e quali sotto la dichiarazione;

- TR CU 012/2011, sulla sicurezza delle attrezzature operanti in atmosfere potenzialmente esplosive. È l'equivalente del certificato ATEX europeo e permette la marcatura EAC Ex del prodotto. Si applica alle apparecchiature elettriche e non che sono destinate a impieghi più o meno continuativi (a seconda del grado di protezione e quindi della certificazione necessaria) in ambienti pericolosi perché in presenza di gas, vapori nebbie o polveri infiammabili. È richiesto necessariamente un Certificato, che comprende quindi l'intervento di un ispettore e di un centro per test abilitato;
- TR CU 004/2011, sulla sicurezza delle apparecchiature in bassa tensione. Qua rientrano le apparecchiature che lavorano tra 50 V e 1000 V in corrente alternata o tra 75 V e 1500 V in corrente continua. L'allegato al regolamento elenca tutti i dispositivi per cui è necessario un Certificato, tra cui troviamo gli elettrodomestici (e, in generale, gran parte delle apparecchiature elettriche presenti nelle abitazioni), gli interruttori di sicurezza e gli apparecchi di distribuzione della corrente elettrica. Tutti i componenti elettrici che non sono inclusi nell'elenco, come i pannelli di controllo e i motori impiegati da Flenco, hanno la necessità della semplice dichiarazione. L'Allegato n°5.1.2 presenta l'elenco completo dei dispositivi soggetti a Certificato;
- TR CU 020/2011, sulla compatibilità elettromagnetica dei dispositivi tecnici. Si applica a componenti elettrici ed elettronici che possono creare o subire interferenze di tipo elettromagnetico. Nel caso di Flenco è tipico degli strumenti di misura dotati di sistemi che trasmettono i dati, ma si applica anche a quadri elettrici e apparecchiature domestiche. L'Allegato n°5.1.3 presenta l'elenco di ciò che è soggetto a Certificazione, per quanto non incluso è sufficiente la Dichiarazione;
- TR CU 032/2013, sulla sicurezza delle apparecchiature in alta pressione. Riguarda le apparecchiature che possono superare durante l'impiego la pressione indicativa di 0,05 MPa, variabile a seconda del volume e della dimensione, ed è l'equivalente della direttiva europea PED. Si applica quindi a serbatoi, caldaie, tubazioni, valvole, dispositivi di indicazione, protezione e sicurezza, classificati sulla base della dimensione e della condizione operativa in quattro categorie. Le categorie 1 e 2 necessitano solamente della Dichiarazione, mentre per le categorie 3 e 4, più grandi e potenzialmente pericolose, è necessario il Certificato. Le apparecchiature di sicurezza, invece, richiedono sempre il Certificato;
- TR EAEU 043/2017, sui requisiti per la sicurezza antincendio e i dispositivi di spegnimento. Riguarda sia la prevenzione degli incendi, analizzando le cause sprigionanti, che i dispositivi antincendio e le sostanze estinguenti da impiegare. Inoltre tratta dei dispositivi di protezione individuale e delle apparecchiature di rilevazione, quali sensori di fumo e sirene di segnalazione. L'Allegato n°5.1.4 riporta gli ambiti nei quali è necessario seguire questo regolamento tecnico e ottenere la Certificazione.

Dunque, a partire dai sopracitati regolamenti tecnici per ogni componente è necessario comprendere quali di essi è necessario applicare, considerando anche la possibilità di doverne applicare più di uno

allo stesso pezzo. Ad esempio, uno strumento di misura applicato su un tratto di tubo ad elevata pressione è soggetto sia al TR CU 032/2013 (relativo alle apparecchiature in pressione), sia ai TR CU 004/2011 e TR CU 020/2011 (relativi alle apparecchiature elettriche). Una volta ottenuta la certificazione, infine, è possibile applicare il marchio EAC (EurAsiatic Conformity Mark).

Un altro aspetto normativo da tenere in considerazione è legato alla certificazione degli strumenti di misura. Questi, infatti, oltre alla conformità rispetto ai regolamenti tecnici richiedono anche due altri documenti: il Pattern Approval Certificate (PAC) e la Poverka (o poverka certificate). Il primo è un'approvazione legata al tipo di strumento, valido cioè non per un singolo numero seriale ma per un insieme di strumenti dello stesso modello, tipo e configurazione, e certifica che lo strumento è consono all'utilizzo nella comunità doganale avendone soddisfatto i requisiti. Il PAC è rilasciato assieme ad alcuni allegati che specificano il campo di applicazione dello strumento, il possibile luogo di impiego, la tolleranza sulla misura effettuata e il possibile intervallo di calibrazione. Quest'ultimo valore è sempre utile specificarlo in quanto anche in fase di acquisto viene solitamente compiuta la distinzione tra il range effettivo dello strumento, cioè quanto compreso tra il massimo e il minimo valore rilevabile e il range di calibrazione, che invece è deciso da chi studia il processo da monitorare ed è quindi personalizzabile. Il poverka, invece, è il certificato che prova la bontà della calibrazione e permette dunque l'omologazione dei singoli strumenti. L'ottenimento di questo certificato è necessario per la messa in opera dell'impianto, ma può non essere presente nel momento in cui lo strumento attraversa la dogana a patto che le corrette operazioni di verifica siano eseguite prima del primo utilizzo della macchina. In quanto certificato relativo alla calibrazione degli strumenti, è necessario rinnovare la verifica (secondo le istruzioni dettate dalla Metodika Poverka) ad intervalli regolari che possono arrivare fino a 5 anni, eseguendo i test ove possibile in laboratori specializzati e autorizzati dal Rosstandard (l'ente metrologico russo) o in loco tramite ispettori federali.

Per riuscire a comprendere quali siano le corrette modalità di realizzazione dei diversi certificati richiesti per l'esportazione molte aziende sono solite affidarsi ad agenzie specializzate, in grado di seguire il processo dall'inizio alla fine fornendo il corretto supporto sia a livello informativo che pratico di creazione e correzione delle bozze. Questo anche perché ogni certificazione è ottenibile solamente da una personalità giuridica registrata presso l'Unione Doganale Eurasiatica, per cui aziende piccole come Flenco che non hanno succursali o sedi in quei paesi, non possono legalmente evadere le richieste. In realtà, però, Flenco per lo specifico progetto Arctic LNG ha dovuto certificare solamente un componente per ogni macchina (per un totale, quindi, di 18 passaporti); il serbatoio delle 9 unità LOU e le tubazioni dei 9 SGP. Tutti gli altri componenti, acquistati da diversi fornitori, sono infatti stati certificati dagli stessi secondo le modalità richieste ed è stato semplicemente allegato all'insieme del passaporto il documento corrispondente.

Dunque, da quanto si è appena letto, è lecito immaginare che la mole di lavoro per consegnare tutti i passaporti non sia stata, almeno per Flenco, particolarmente elevata. Purtroppo, però, il ruolo di intermediario tra i fornitori dei componenti ed il cliente ha obbligato più persone a dedicarsi completamente alla questione per diversi mesi facendo sì che la consegna della documentazione finisse ben più tardi rispetto alla consegna effettiva delle macchine. Il processo, indicativamente, prevedeva la realizzazione dei passaporti da parte dei fornitori ed il loro invio a Flenco, che avrebbe

dovuto semplicemente consegnarli a Siemens e da lì a TechnipFMC per l'approvazione, come mostrato in Figura 3.11. Per mantenere una traccia dei progressi sono state create, all'inizio del lavoro, alcune tabelle riepilogative contenenti i documenti via via sottoposti alla correzione da parte del cliente, tra cui quella denominata Certification Dossier e contenente i certificati di conformità con le relative date di scadenza. Il cliente finale, però, si è rivelato particolarmente intransigente nel rispetto del modello fornito, richiedendo più e più volte delle modifiche e rigettando, rimandando indietro attraverso i passaggi inversi, il documento. Ogni passaggio di mano, per via dei differenti fusi orari tra l'Europa e l'India (sede di Siemens che si è occupata della documentazione) e della necessità di verificare le correzioni per non creare confusione, richiedeva ogni volta alcuni giorni, da sommarsi a quelli necessari per la revisione (da parte del fornitore) e per la correzione (da parte del cliente) dei documenti. Inoltre, in questo processo, alcune delle richieste del cliente che non potevano essere soddisfatte venivano rigettate attraverso dei controcommenti da parte del fornitore, richiedendo in più occasione dei meeting di chiarimento.

Per questo motivo, dopo alcuni casi di revisioni rigettate più e più volte si è scelto di procedere chiedendo ai fornitori non la completezza dei passaporti revisionati, ma la semplice realizzazione di un documento per ciascun modello di componente. In questo modo il tempo della correzione da parte del cliente si è accorciato, sveltendo il processo di andata-ritorno fino alla completa approvazione di un passaporto per modello di componente. Una volta ottenuta l'approvazione, infine, è stato possibile procedere con la creazione di tutti i passaporti, centinaia, copiando quelli approvati ed eseguendo le modifiche in funzione di diversi numeri di Tag.

Un'altra condizione che ha portato considerevoli ritardi nella consegna della documentazione è relativa alle revisioni dei documenti contrattuali, primo tra tutti il P&ID, da parte dei clienti. Alcune di queste revisioni, eseguite in fasi avanzate dei lavori, hanno modificato seppur minimamente la struttura dell'impianto con l'aggiunta o la modifica di alcune valvole o dei loro numeri di Tag. Questo, oltre ad avere ripercussioni sia sui calcoli eseguiti nella progettazione, ha portato alla necessità di modificare gran parte delle targhette applicate sui macchinari, alcuni di essi già persino spediti al cliente e presenti nella sua officina. Poiché però ogni passaporto indica con molta chiarezza il numero di Tag e il relativo numero seriale, è stato necessario domandare ai fornitori di modificare i documenti già emessi, nonostante cambiamenti di questo tipo non risultassero nel loro scopo di fornitura. Questo ha suscitato due tipi di reazione diversi: alcuni fornitori hanno accettato di compiere le modifiche, gratuitamente, ma facendo slittare in secondo piano il lavoro, altri hanno invece proposto quotazioni richiedendo un pagamento per eseguire la modifica. Entrambe le risposte ricevute hanno avuto, purtroppo, lo stesso effetto negativo sulla durata della commessa.



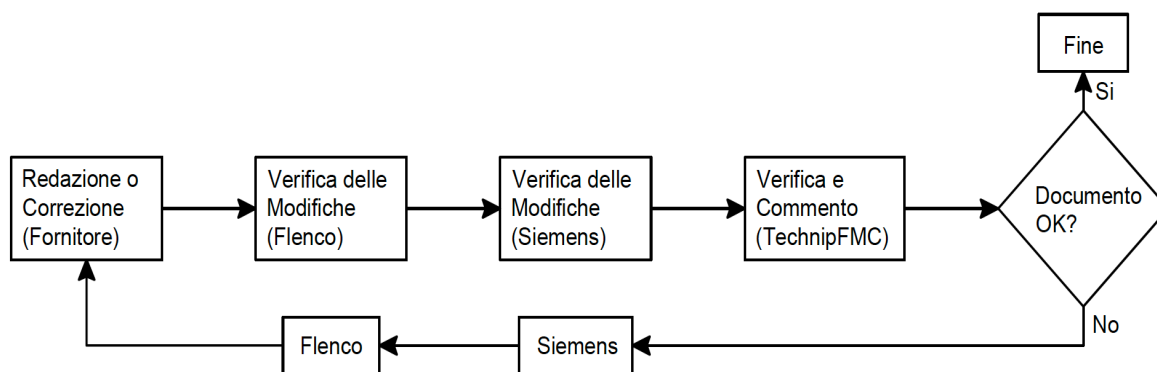


Figura 3.11 – Il meccanismo di creazione e revisione dei Passaporti Tecnici

### 3.4 Un caso specifico: i TP del serbatoio dell'olio e delle tubazioni

Come detto in precedenza, Flenco ha dovuto sviluppare per conto proprio il passaporto di due componenti dei sistemi: quello per il sistema di tubazioni del pannello gas (SGP) e quello per il serbatoio di olio della LOU. Nello sviluppo dei due, per garantire il rispetto dei corretti regolamenti una società di consulenza tedesca, Alpha Consulting, ha affiancato il lavoro eseguendo gran parte di quanto riguardasse la compilazione dei moduli e del passaporto stesso. Avendo seguito da vicino il processo, questo capitolo tratterà dei passi principali compiuti partendo dalla consegna dei primi dati fino all'approvazione definitiva dei documenti completi, processo che ha richiesto complessivamente circa quattro mesi durante i quali alcune revisioni successive sono state inviate al cliente per l'approvazione, e corrette sulla base dei commenti ricevuti. A questo tempo bisogna inoltre sommare quello necessario alla copia dei documenti, in quanto alla società esterna è stata affidata la creazione di un singolo passaporto per tipologia di componente, riservando a Flenco l'incombenza di duplicarlo per tutte le unità gemelle modificando però i dati specifici di ogni singola macchina. Dunque, avendo due tipi di macchinari (LOU e SGP) suddivisi entrambi in unità legate al Boil Off Gas e unità legate al Feed Gas Booster ma differenti per poche piccole caratteristiche, si è scelto di acquistare solamente due passaporti e di modificare in seguito i numeri di Tag e alcune misure internamente.

Dunque, terminate le fasi di contrattazione e delineata la timeline dei lavori, alla società di consulenza sono subito stati inviati i primi dati per iniziare, in parallelo, la compilazione del passaporto e la registrazione del documento di conformità. Quest'ultimo, dovendo essere realizzato per un lotto di prodotti, ha richiesto informazioni specifiche non solo circa i due componenti di cui Alpha avrebbe dovuto realizzare il passaporto ma riguardo ciascuna delle unità da spedire in Russia. Per quanto riguarda il serbatoio, questo ha richiesto la conformità al regolamento tecnico TR CU 010/2011, relativo alla sicurezza delle macchine, mentre per le tubazioni è stato necessario garantire la conformità al TR CU 032/2013, relativo alle attrezzature sotto pressione. Entrambi i documenti rientrano tra quelli per cui è necessario preventivamente fornire una Justification of Safety. La JoS prevede l'analisi dei rischi legati al funzionamento della macchina, sia per quanto riguarda danneggiamenti alla macchina stessa, sia per quanto riguarda eventuali danni all'ambiente circostante.

o agli operatori. Richiede inoltre che questi vengano elencati e, ove possibile, sia indicata la possibile causa scatenante e il metodo di risoluzione, come riportato nell'esempio di Tabella 3.1.

RISK	CAUSE	CONSEQUENCES	MEASURES APPLIED FOR THE ELIMINATION, REDUCTION OR RISK CONTROL		
			SOLUTIONS ADOPTED TO ELIMINATE THE RISK	ADOPTED SOLUTIONS TO REDUCE THE RISK	
				PROTECTION MEASURES	WARNINGS FOR USE
Variation of the minimum / maximum pressure beyond the design value	Operating anomalies, non-functioning control equipment	Failure of the piping and its components. Leaking fluid contained.		Installation by the user of a sufficient and efficient security system, control and regulation	See the instruction manual for installation, operation and maintenance
Loads due to own weight	Loads due to own weight	Deformation of the piping and failure of the supports	In the design calculations, the weight of the pipe and the fluid contained both in operating and test conditions were taken into account		
Movement, transport and installation	Bumps, falls and accidental errors	Damage to the appliance which could compromise safety		Use of suitable anchors and lifting supports	See the instruction manual for installation, operation and maintenance
Fluid leakage from flanged joints	Inadequate tightening, wear or incorrect choice of sealing gaskets	Possible damage to property and people		Periodic check and tightening of the linkage, periodic check and replacement of the gaskets	See the instruction manual for installation, operation and maintenance
Corrosion / wear	Thinning thicknesses	Failure of the piping and / or its components. Leaking fluid contained.		Construction material appropriate to the nature of the fluid under operating conditions	Periodically check the thickness of the members and welds
Lack of internal inspection means	Impossible to verify the state of wear of the pipes such as to guarantee their safe use	Failure of the piping and / or its components. Leaking fluid contained. Possible damage to property and people		The user must prepare an adequate program to periodically check the state of wear of the pipe.	See the instruction manual for installation, operation and maintenance

*Tabella 3.1 – Estratto di una Justification of Safety*

Si può notare come siano presenti voci a coprire una vasta gamma di possibili problemi, generati da errori durante le manovre di normale funzionamento, da mancata manutenzione per lungo tempo o da eventuali carenze progettuali o costruttive.

Come da richieste della società di consulenza, assieme alla JoS è stato necessario fornire gli schemi costruttivi dell'impianto, i dati relativi alle condizioni di lavoro, i risultati dei test eseguiti e le informazioni circa i numeri seriali da impiegare. Per quanto riguarda i test eseguiti, per entrambi i tipi di unità sono state svolte prove con liquido penetrante, prove a raggi X sulle saldature e prove

idrauliche di tenuta. Infine, forniti tutti i dati all'Ente Certificatore in Russia, è stato possibile ottenere la Dichiarazione di Conformità per entrambe le tipologie di macchina.

Una volta completato il lavoro di certificazione si è potuto procedere con la compilazione del passaporto vero e proprio, che come anticipato include al suo interno gran parte della documentazione creata per il componente e ne permette la raccolta in maniera formale e rigorosa. Come già anticipato il cliente finale, TechnipFMC, ha specificato durante la finalizzazione dell'ordine la necessità di seguire un modello ben definito per ogni passaporto, in modo da avere strutture uguali nella forma (ricordiamo che Flenco non è l'unico fornitore del progetto completo) e contenenti, per ogni famiglia di componenti, le informazioni più utili alla loro caratterizzazione. Dunque, per quanto riguarda il serbatoio dell'olio è stato necessario seguire il template relativo ai "non pressure vessel", riguardante serbatoi la cui pressione non eccedesse gli 0,5 bar relativi, mentre per le tubazioni quello del "piping".

In seguito, saranno trattati i due passaporti separatamente, evidenziando quali sono state le principali difficoltà nel completare i documenti durante i circa quattro mesi di svolgimento del lavoro.

### **3.4.1 TP Oil Tank**

Il primo passaporto al quale Flenco ha iniziato a lavorare è quello del serbatoio di olio lubrificante delle unità Lube Oil, soggetto a TR CU 010/2011 e rientrante tra i componenti che richiedono solamente una dichiarazione di conformità (e non, quindi, una certificazione). Dunque, per poter ottenere il documento, non è stato necessario far compiere le verifiche sul campo ad un funzionario dell'Unione Doganale ma è stato sufficiente fornire i report dei test e delle fasi dello sviluppo alla società di consulenza e attendere il loro risultato.

Per quanto riguarda il passaporto vero e proprio, il template prevedeva nella prima pagina informazioni necessarie ad individuare univocamente il serbatoio all'interno dell'impianto, quali nome, unità sulla quale è installato, numero seriale del produttore e TAG Number. Per quanto riguarda il numero seriale si è deciso di impiegare il numero relativo alla specifica commessa, in quanto Flenco solitamente non assegna né applica sulle targhette i numeri seriali ai componenti che produce se non al sistema completo.

Per quanto riguarda i TAG, invece, può essere interessante aprire una parentesi circa la numerazione impiegata in tutto il complesso: ogni componente ha infatti univocamente attribuito un codice alfanumerico composto da 3 numeri, seguiti da alcune lettere loro volta seguite da altri 3 numeri, come ad esempio 134-T-101, che deriva solitamente dalla stesura del P&ID. I primi 3 valori indicano il tipo di unità sulla quale il componente è installato: le unità FGB, 3 in tutto, sono contraddistinte da 115, 215 e 315, mentre le BOG (in totale 6) sono assegnate a 134, 234 e 334. Le lettere servono per indicare la tipologia del componente secondo delle sigle che il più delle richiamano l'iniziale del loro nome, come nel caso di "T" per Tank, "PDT" per Pressure Differential Transmitter, "TI" per Temperature Indicator e così via. In questo modo riconoscere il componente direttamente dal TAG diventa maggiormente intuitivo senza la necessità di affidarsi ad una legenda. Chiaramente vi sono alcune eccezioni, come per il gruppo valvola-regolatore impiegato negli azionamenti pneumatici delle valvole di controllo e denominato "KV", ma in ogni caso il lavoro mnemonico è ridotto solamente a

poche sigle non riconducibili a termini noti. L'ultima parte del codice, infine, serve per riconoscere lo specifico componente all'interno delle unità. Si tratta quindi di un numero che non è ripetuto all'interno dello stesso P&ID ma che solitamente è identico muovendosi da un'unità ad un'altra. Come si può notare, le tre cifre impiegate come prefisso per il TAG sono 3 diverse sia per le unità FGB che per le BOG, nonostante queste ultime siano in totale 6. Dunque queste ultime hanno lo stesso prefisso a due a due, e per permettere la distinzione dei componenti è stato scelto di impiegare come discriminante la prima cifra del numero terminale, che può assumere il valore 1 oppure 2, come si può notare nella Tabella 3.2 che riassume la designazione specifica dei serbatoi. Si può inoltre notare come questa designazione interessi l'intero assieme delle macchine che servono per uno scopo simile (quindi il trattamento del Boil Off Gas o del Feed Gas Booster) e non, invece, singole macchine uguali come i Seal Gas Panel o le Lube Oil Units.

Unità	TAG N°
LOU FGB 1	115-T-101
LOU FGB 2	215-T-101
LOU FGB 3	315-T-101
LOU BOG 1	134-T-101
LOU BOG 2	134-T-201
LOU BOG 3	234-T-101
LOU BOG 4	234-T-201
LOU BOG 5	334-T-101
LOU BOG 6	334-T-201

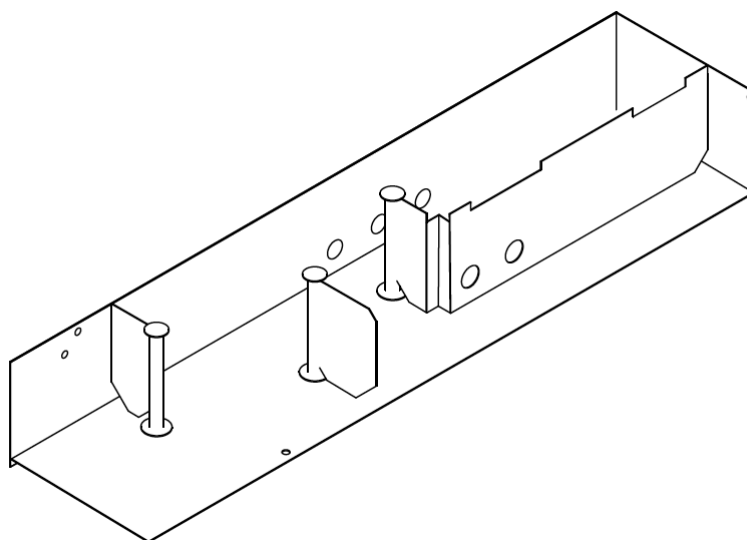
*Tabella 3.2 – Nomenclatura impiegata nel progetto per i serbatoi dell'olio*

In seguito alla pagina di introduzione e a quella di indice è presente la sezione 1, contenente informazioni generali sul produttore del componente (in questo caso Flenco) e sulle località di produzione e di installazione, assieme ad una piccola tabella che riassume i dati di registrazione della dichiarazione di conformità presente in copia nella parte finale del documento.

La sezione 2 presenta il riassunto dei dati principali riguardanti il serbatoio, le condizioni di impiego e i test eseguiti. Sono infatti richieste le pressioni e le temperature di design della struttura, il tipo di fluido contenuto e la capacità, gli ingombri, le pressioni e le temperature cui il serbatoio è stato testato e gli anni d'esercizio definiti durante le fasi progettuali. Si tratta di dati legati alle condizioni di impiego del serbatoio, che deve resistere fino a -52°C e che essendo atmosferico è testato semplicemente per quanto riguarda le perdite applicando una sovrappressione nulla. Il serbatoio è progettato per contenere olio lubrificante (ISO VG 32) in un volume superiore ai 9,77 m<sup>3</sup> dettati dal P&ID. In questa sezione si è dunque scelto di inserire i valori dimensionali presenti nel P&ID, che costituiscono i vincoli contrattuali, aggiungendo però in appendice i disegni costruttivi contenenti gli ingombri esatti che comprendono le sporgenze, gli sbalzi, i bocchelli e lo strato di isolamento. Al fine di poter giustificare

ogni valore, non solo i disegni ma anche gli esiti dei test sono presenti nella parte terminale del Passaporto, in alcuni casi contenendo anche il CODE 3. Si tratta di un apposito timbro applicato dal cliente sui documenti contrattuali, in seguito a revisioni e analisi di ogni documento, che ne approva sia il contenuto che il formato, rendendolo di fatto ufficiale.

Nelle sezioni 3 e 4 sono presenti dei dati riguardanti i materiali che compongono ogni singolo pezzo del serbatoio e le normative impiegate durante la realizzazione. Tra di essi troviamo principalmente le lamiere in acciaio AISI 316L che compongono la struttura, tagliate e saldate tra loro seguendo i disegni costruttivi e secondo quanto prescritto dalle ASME. A queste bisogna però unire gli spezzoni di tubo e le flange che servono per connettere le linee, i supporti ai quali imbullonare le apparecchiature e coi quali fissare le tubazioni, le botole di accesso per consentire le ispezioni e gli elementi a cui vincolare le cinghie e le catene necessarie per la movimentazione e il trasporto dell'intera unità. Sono inoltre presenti alcuni pilastri e setti separatori nella parte interna del serbatoio, anch'essi in AISI 316L, che hanno lo scopo di sostenere quanto collocato in superficie e di separare l'aspirazione delle pompe dall'arrivo dell'olio nella camera, favorendo al contempo il rimescolamento e il flusso di vapore verso l'Oil Mist Eliminator. Per quest'ultimo scopo è interessante notare come i setti non siano continui ma, nella parte superiore, abbiano delle sporgenze che servono a fissarli tramite saldatura al tetto come si vede in Figura 3.12. Questo serve, come già detto, per favorire il flusso del vapore verso l'OME, ma anche per ottimizzare la lunghezza delle saldature che secondo normative API non possono essere interrotte ma devono essere continue e richiudersi su loro stesse. In questo modo è possibile, garantendo ovviamente un'adeguata resistenza meccanica, impiegare meno tempo nel realizzare le connessioni.



*Figura 3.12 – Dettaglio del serbatoio: è possibile notare i setti interni discontinui nella parte superiore*

La sezione 5 riporta alcuni dati circa i test eseguiti, come il codice identificativo del test e la data di esecuzione. I test che sono stati eseguiti servono ovviamente per garantire la tenuta del serbatoio nelle condizioni limite, verificando se i componenti e le lavorazioni sono state eseguite correttamente. Dunque si tratta di controlli visivi atti a misurare il rispetto delle dimensioni con le adeguate tolleranze,

di test non distruttivi eseguiti tramite liquidi penetranti per controllare la bontà delle saldature e di test idraulici, durante i quali il serbatoio è riempito di acqua e esaminato accuratamente alla ricerca di eventuali perdite.

In seguito sono presenti l'elenco della documentazione tecnica allegata al passaporto ed il certificato di qualità, nel quale sono riportate le firme di chi ha supervisionato il processo di realizzazione del serbatoio e si fa garante del rispetto delle specifiche e delle normative di riferimento. Infine sono collocati gli allegati, che come già anticipato servono anche per verificare che i dati inseriti in precedenza corrispondano al vero e siano attendibili. È quindi fornito col template un elenco dei documenti richiesti che è necessario inserire o che bisogna giustificare in caso di omissione, ma è possibile aggiungere altro nel caso fosse necessario o esplicitamente richiesto dal cliente durante le revisioni. Gli allegati esplicitamente richiesti per i "Non Pressure Vessels" sono:

- General drawings with main vessel dimensions: si tratta dei disegni costruttivi, che racchiudono la dimensione delle piastre di acciaio e della componentistica montata, e che sono stati impiegati come riferimento in officina durante la costruzione;
- Strength calculation notes: è il report dei calcoli eseguiti in fase di dimensionamento della struttura, utili per simulare situazioni limite prima di iniziare la costruzione vera e propria. Flenco ha scelto di far eseguire il test ad elementi finiti (FEM) ad un'azienda esterna che ha fornito il report allegato;
- Installation and operation manual, including procedures for winter start (stop) of vessel: si tratta delle istruzioni da seguire durante l'uso e nell'eseguire la manutenzione, l'installazione in sito e l'eventuale stoccaggio. Durante il processo di revisione è stato esplicitamente richiesto dal cliente un documento relativo alla procedura di start/stop, che però non è stato inserito in quanto priva di significato per un serbatoio statico, e avendo già inserito nella preservation procedure tutte le azioni da compiere sulla macchina in caso di fermo e ripartenza;
- Copy of manufacturer nameplate: pressochè ogni componente installato sulla macchina presenta una targhetta riportante alcune informazioni quali il TAG, il numero seriale, i principali dati di funzionamento e le marcature EAC o Ex, che deve essere riportata anche all'interno del Passaporto. Il serbatoio, però, è considerabile anche parte della struttura e come tale presenta solamente la targhetta dell'intera unità e non una specifica (quest'ultima, oltretutto, non richiesta in fase di offerta iniziale), per cui assieme agli specialisti del cliente è stato deciso di non inserire alcun documento in questa sezione;
- Copy of Conformity Certificate: in questa sezione è stato necessario inserire la dichiarazione di conformità (nonostante il titolo parli di certificato) relativo al rispetto del TR CU 010/2011, ottenuto durante il processo di stesura del Passaporto grazie all'aiuto della società esterna di consulenza. Come già detto questo documento è unico per ciascuna unità prodotta da Flenco, per cui comparirà su tutti i passaporti dei serbatoi indistintamente;
- Conservation certificate: questo certificato serve per garantire che la conservazione del componente nel periodo compreso tra la fine della fabbricazione e l'inizio del suo montaggio sull'unità è stata eseguita in maniera adeguata senza provocare potenziali danni. Poiché, però, il serbatoio è stato costruito immediatamente prima dell'inizio della fase di montaggio finale

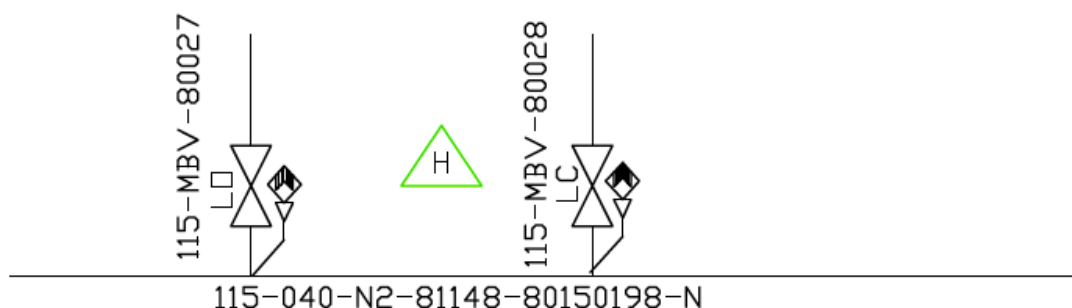
e che una volta completata l'unità questa è stata spedita al cliente, anche in questo caso è stato possibile lasciare vuoto lo spazio del passaporto includendo solamente la dicitura "conservation was not carried out by manufacturer".

Come si può notare, quindi, il processo di creazione del Passaporto ha richiesto principalmente informazioni facilmente reperibili da Flenco, ma ha portato tuttavia ad un certo ritardo delle consegne per via dei commenti del cliente, che in certi casi sono arrivati diverse settimane dopo l'emissione del documento e per via di alcuni dati relativi ai test eseguiti, svolti nell'officina in Slovenia, che non erano ancora stati emessi e hanno dovuto aspettare i tempi burocratici. Inoltre è stato necessario attendere a lungo le traduzioni in lingua russa di parte della documentazione prodotta, in quanto inizialmente soltanto i documenti contrattuali erano stati tradotti mentre quelli utili alla costruzione erano solo presenti in lingua inglese. Tuttavia, in seguito a commenti del cliente, è stato necessario completare la traduzione per ogni documento inserito nel Passaporto, anche se non contrattuale. Inoltre, come già detto, alcune questioni hanno richiesto dei meeting specifici tra Flenco e Technip in quanto Siemens, occupandosi principalmente di fare da tramite, non è stata in grado di fornire adeguate risposte.

### **3.4.2 TP Piping**

Il secondo Passaporto che Flenco ha dovuto preparare è quello del Piping, cioè delle tubazioni, di alcune linee del Seal Gas Panel. Come già detto il pannello gas racchiude al suo interno linee che trasportano gas diversi, dal gas sigillante a quello da espellere tramite il flare, fino all'aria strumentale impiegata nella movimentazione delle valvole. Di queste linee buona parte rientra nei criteri secondo i quali per il TR CU 032/2013 è necessaria la dichiarazione (categorie di apparecchiature 1 e 2) e di conseguenza un Passaporto. Si è quindi scelto, dietro consiglio dell'agenzia di consulenza, di preparare un Passaporto per ciascuno dei pannelli gas unendo al suo interno le informazioni di tutte le linee interessate dall'unità, al posto che crearne uno per linea rischiando di aumentare a dismisura il numero di documenti. Questa soluzione, inizialmente valutata come migliore, ha portato dopo alcune revisioni a delle profonde modifiche in quanto non completamente in linea con le richieste iniziali, come si vedrà in seguito.

Come nel caso precedente, anche questo passaporto è stato sviluppato secondo un template di riferimento fornito dal cliente, simile agli altri in modo da aumentarne la comprensibilità. La prima pagina, dunque, è servita per individuare le tubazioni all'interno dell'impianto, indicandone il nome (Seal Gas Panel Pipeline) e i numeri di linea di riferimento. Questi ultimi, proprio come i numeri di TAG, servono per denominare una linea in maniera univoca e, sovente, contengono al loro interno alcune informazioni come il diametro del condotto, il fluido trasportato e a volte un'idea circa il servizio svolto. Nel caso in Figura 3.13, ad esempio, la linea appartiene ad una delle unità FGB (prefisso 115), ha diametro nominale DN40 e trasporta azoto.



*Figura 3.13 – Esempio di una sigla di linea*

Di nuovo, come nel caso precedente, la seconda parte è stata dedicata ad alcune informazioni generali circa le condizioni operative e di prova di ciascuna linea. Avendo creato un solo Passaporto per linee diverse, è stato necessario suddividere alcuni dei campi per inserirvi informazioni diverse e relative alle linee del metano, a quella dell'azoto e a quella dell'aria strumentale. Si tratta di tubazioni che hanno caratteristiche diverse tra loro in quanto studiate per scopi differenti, le cui pressioni operative variano tra poco più di 1 MPa<sub>g</sub> se si tratta la linea del flare a circa 12 MPa<sub>g</sub> per la linea primaria del gas sigillante.

La sezione successiva tratta lo spessore, il diametro e la lunghezza dei tratti rettilinei di tubo presenti nelle linee. Quando si è trattato, quindi, di linee con più tratti saldati tra loro e contenenti nel mezzo delle valvole, dei Tee o delle curve, è stato necessario inserire i dati di ciascuno degli spezzoni in maniera separata. Al seguito di questa sezione sono state infine richieste informazioni riguardanti il luogo e le date in cui sono stati eseguiti i lavori di taglio e, successivamente, saldatura.

Le sezioni successive hanno richiesto invece l'elenco di ogni singolo componente impiegato nella linea, comprensivo nuovamente dei tratti rettilinei ma con l'aggiunta degli accessori quali le flange (che con sé portano la bulloneria e le guarnizioni), le curve, i Tee e i riduttori. Per ciascun componente, senza escludere nemmeno i bulloni, è stato quindi necessario inserire la descrizione, il numero, il materiale e la normativa cui fanno riferimento. Inoltre, a seconda del componente informazioni più specifiche hanno richiesto di essere indicate, quali l'apertura delle curve, il rating delle flange e il tipo di filettatura degli elementi.

Dopo aver elencato i componenti e le loro caratteristiche è stato infine necessario trattare dei test eseguiti: ogni saldatura è stata infatti esaminata in officina attraverso metodi radiografici, durante i quali solo i collegamenti completamente privi di difetti sono stati accettati, mentre le linee intere hanno subito una prova idraulica per la quale sono state riempite con acqua ad una pressione superiore a quella di design per verificare che fossero esenti da perdite. Quest'ultimo test è stato eseguito, come prescritto dalle procedure del cliente, attraverso dell'acqua e non del gas, nonostante sia questo che, in opera, dovranno contenere. Come si può notare quello dei test è un tema ricorrente nel Passaporto, poiché lo si ritrova anche nella procedura che serve per ottenere le certificazioni per l'esportazione, ed è ovviamente importante in quanto la sicurezza dell'impianto e degli operatori ad esso dedicati dipende dall'affidabilità di ogni sua parte.



Come ultimi elementi precedenti agli allegati vi sono il certificato in cui i responsabili della qualità (Flenco, in questo caso) garantiscono il prodotto e se ne assumono eventuali responsabilità nel caso si incorresse in problemi di sorta, e alcune pagine che servono ad annotare gli interventi di manutenzione e controllo eseguiti sui componenti dal momento della messa in opera, in cui vi è lo spazio per segnare il tipo di operazione e l'operatore che l'ha compiuta.

Infine, a chiudere il Passaporto, sono presenti nuovamente gli allegati che servono a completare le informazioni richieste e premettono il controllo di quelle riassuntive scritte in precedenza. Quelli esplicitamente richiesti dal template sono:

- Certificate of conformity: in questo caso, poiché si tratta di categoria 1 e 2 per il TR CU 032/2013, è stato sufficiente preparare una dichiarazione. Come per il serbatoio, è stato registrato un solo documento che racchiude i piping di tutte le unità da importare in Russia e che quindi sarà lo stesso per tutti i Passaporti;
- Drawings: sono i disegni che permettono l'identificazione delle tubature all'interno delle unità e che forniscono un riferimento a chi consulta il Passaporto. Come si vedrà in seguito, in questa sezione inizialmente sono stati inclusi solamente gli sketch costruttivi, ma dopo un confronto col cliente è stato necessario aggiungere anche il P&ID;
- Nondestructive testing protocol: è la descrizione della procedura seguita nel compiere i test, in questo caso idraulici e radiografici. Per completezza, in questa sezione si è scelto di inserire anche i risultati di tali test, comunque già riassunti nelle sezioni precedenti;
- Regulation for winter start-up (shutdown) and leak testing of pipelines located outdoors or in unheated rooms and operated under pressure: anche in questo caso, trattandosi di linee di piping collocate all'interno di coperture la cui temperatura è controllata, le procedure di start/stop non sono state inserite perché prive di significato e potenzialmente incluse in quelle dell'unità completa.

Per quanto riguarda le difficoltà incontrate durante la stesura del documento, come già anticipato, queste sono derivate per la maggior parte dall'aver scelto di compilare tutti i Passaporti impiegando come riferimento gli sketch costruttivi, creati da Flenco e utilizzati solo come disegni interni all'azienda. Gli sketch, per via del loro impiego, hanno la caratteristica di rappresentare parti limitate della rete in modo che siano visualizzate comodamente da chi dovrà eseguire il lavoro in officina, mostrando le dimensioni e il dettaglio dei componenti ma senza curarsi delle formalità legate alla nomenclatura (ovvero senza mostrare il codice della linea ma solo un riferimento interno a Flenco, che è l'unico utile a chi dovrà costruire). Dunque, rappresentano alcuni spool collegati tra loro (uno spool è un tratto della rete compreso tra due flange successive), in modo che i collegamenti siano chiari e che il montaggio possa essere agevolato. Però non è detto che ogni sketch corrisponda ad una linea, in quanto alcuni di essi sono semplicemente parte di linee molto lunghe oppure sono l'incrocio di più linee in un collettore, come si può notare in Figura 3.14 e Figura 3.15.

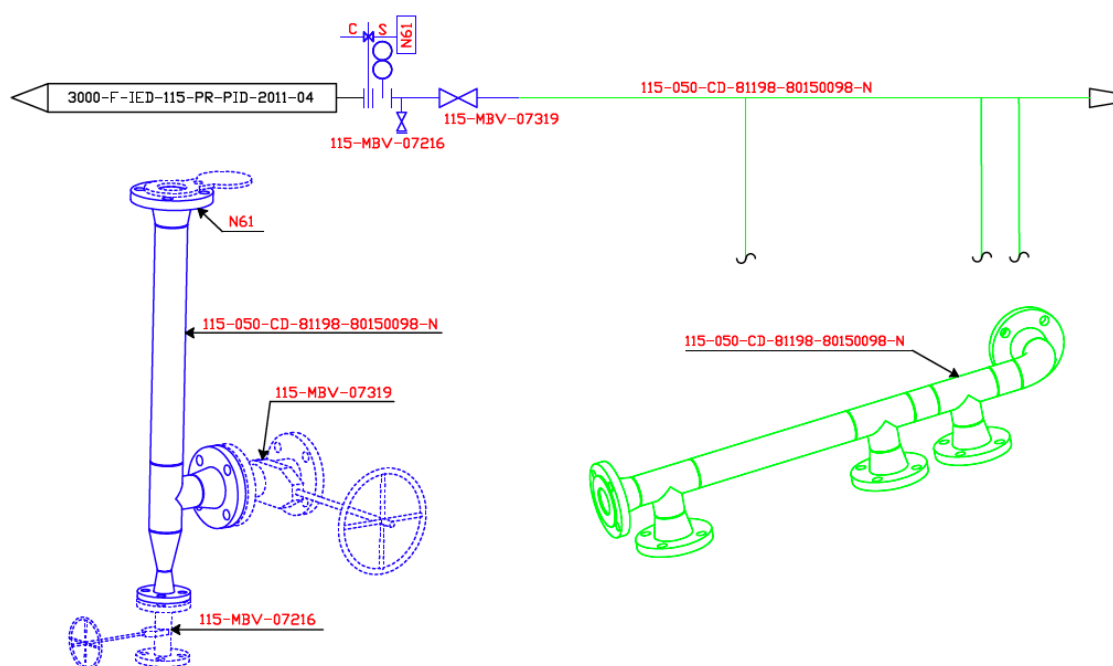


Figura 3.14 – Esempio in cui a una linea corrispondono due sketch separati

Dunque, durante la compilazione del Passaporto, le tabelle riassuntive sono state compilate creando una voce separata per ciascuno sketch (in numero molto superiori alle linee) senza però fare riferimento ad un documento ufficiale approvato e presente nelle mani del cliente, come ad esempio il P&ID. Questo ha però portato il revisore a non comprendere quali fossero i tratti indicati e, quindi, a rigettare il Passaporto. Flenco ha dunque dovuto rimettere mano sul documento in modo da renderlo comprensibile attraverso l'uso congiunto degli sketch e del P&ID, unendo cioè le informazioni contenute nei costruttivi con quelle presenti nello schema d'impianto ufficiale.

Il compito si è tradotto nella pratica dovendo controllare quali linee interessassero ogni pagina dello sketch ed aggiungendole nella rispettiva riga del Passaporto, come si può notare nella Figura 3.16 che mostra parte della tabella relativa agli spezzoni di tubo, creando quindi delle tabelle più lunghe e complesse rispetto a quanto previsto inizialmente. Inoltre, nella sezione degli allegati relativa ai "Drawings" è stato necessario includere entrambi i documenti, per evitare successive incomprensioni. Per svolgere tale lavoro è stato utile consultare anche il disegno 3D realizzato dai progettisti meccanici, sul quale erano stati evidenziati i nomi degli sketch e che ha reso più semplice, avendo la possibilità di navigare e nascondere dettagli superflui, l'individuazione degli spool all'interno della rete.

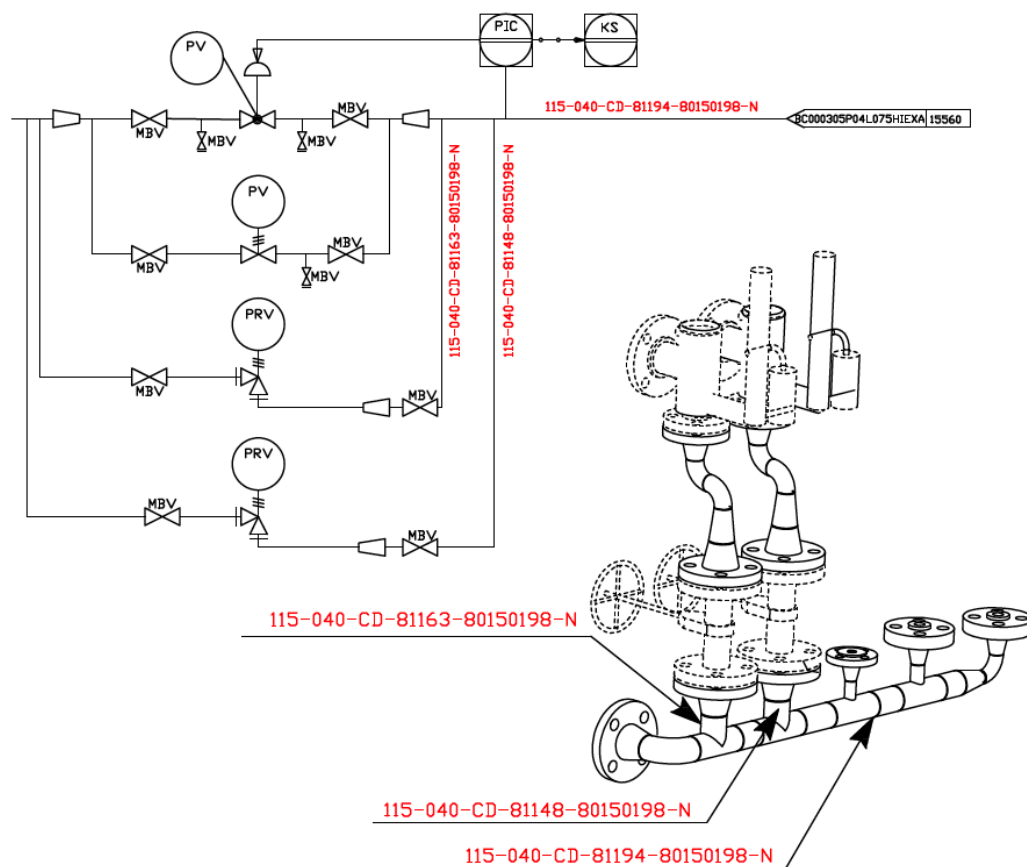


Figura 3.15 – Esempio in cui a uno sketch corrispondono 3 linee separate

Come si può notare da questo breve resoconto, quindi, la compilazione del Passaporto relativo al Piping è stata lievemente meno lineare rispetto a quella del serbatoio per via di un errore iniziale circa la valutazione dei documenti da prendere a riferimento, che ha portato a importanti modifiche del layout. Questo errore, unito nuovamente alla lentezza del cliente nel fornire risposte su quando prodotto, ha fatto sì che sia Flenco che l'agenzia di consulenza impiegassero più di quattro mesi per riuscire a fornire un risultato accettabile. Quest'ultima, dal canto suo, è stata preziosa nel fornire aiuto circa gli aspetti puramente burocratici e legati alla forma e alle certificazioni, ma si è rivelata meno forte per quanto riguarda gli aspetti tecnici legati all'impianto obbligando più volte Flenco a correggere errori prima di sottoporre i documenti alle correzioni del cliente.

Per concludere, quindi, si può affermare che l'aspetto burocratico sia qualcosa da considerare attentamente fin dal principio, alla stregua di quello tecnico, per non rischiare di completare la macchina ma non poterla consegnare a causa di mancate certificazioni. Si tratta di un altro aspetto della progettazione che non è completamente slegato da quello tecnico, ma anzi ne è dipendente sia per quanto riguarda i tempi che per quanto riguarda le informazioni vere e proprie, e che se svolto in parallelo diviene più semplice e pratico da gestire.

2.

**СВЕДЕНИЯ ОБ УЧАСТКАХ ТРУБОПРОВОДА  
DATA ON PIPELINE SECTIONS**

№ участка Sr.No.	Наименование участков трубопроводов или обозначение по схеме Name of pipeline sections or designation in accordance with the scheme	Наружный диаметр и толщина стенки трубы, мм Outer diameter and wall thickness, mm	<u>Протяженность</u> участков трубопроводов, м. Length of pipeline section, m.
115-040-CD-81163-80150198-N 115-040-CD-81148-80150198-N 115-040-CD-81194-80150198-N Flare_Line_102 _ (чертеж/drawing 19.039.10 стр./page 09/10) Факельная линия 102_ / Flare line 102			
-Flare_ Line_102	Труба бесшовная. Поз. 12 Seamless pipe. Pos. 12	48.3 x 3.68	0,052
-Flare_ Line_102	Труба бесшовная. Поз. 13 Seamless pipe. Pos. 13	48.3 x 3.68	0,080
-Flare_ Line_102	Труба бесшовная. Поз. 14	48.3 x 3.68	0,063
-Flare_ Line_102	Труба бесшовная. Поз.15 Seamless pipe. Pos. 15	48.3 x 3.68	0,050

*Figura 3.16 – Estratto dalla versione definitiva del Passaporto Tecnico.*

*Si notano le sigle delle linee comprese all'interno dello sketch denominato "Flare\_Line\_102"*

## 4 ESApro

### 4.1 Introduzione

Come già accennato in precedenza, questo lavoro di tesi tratterà i dettagli relativi al cambio dei programmi utilizzati nella gestione delle commesse da parte dell'azienda, in particolare del passaggio da un modellatore 3D di tipo meccanico, Siemens NX, ad uno sviluppato appositamente per l'impiantistica industriale e integrato con sistemi di gestione, ESApro. Cambiamenti di questo genere sono molto delicati in aziende che, negli anni, si sono affermate grazie alle competenze dei singoli dipendenti crescendo con loro e grazie a loro, poiché prevedono delle modifiche profonde nelle modalità di svolgimento del lavoro. Si tratta di cambiare non solo il programma, ma il modo di pensare, di organizzare il lavoro e di dialogare con i clienti che negli anni si è delineato, dovendo ricominciare da capo sotto molti aspetti.

Nello specifico le divisioni più interessate dal cambiamento sono quella dei Disegnatori Meccanici e quella dei Project Leader: i primi, come già detto, interessati dal passaggio da NX a ESApro e i secondi, invece, dall'utilizzo principalmente di Excel per la compilazione dei datasheets alla creazione degli stessi tramite un applicativo interno a ESApro.

Il programma in questione, che è stato oggetto di studio per un lungo periodo al fine di completare questo lavoro, è un applicativo sviluppato da ESAin s.r.l., azienda italiana specializzata nei software di progettazione dell'impiantistica industriale. La famiglia di software ESApro comprende diversi programmi al suo interno, ognuno creato con l'intento di poter dialogare al meglio con gli altri al fine di poter seguire tutte le fasi della commessa con un unico database in maniera organica.

I programmi, quindi, spaziano dalla gestione del P&ID al disegno dell'impianto, dalla verifica delle sollecitazioni della struttura alla compilazione dei datasheets da consegnare al cliente. Nello specifico, quelli acquistati da Flenco sono:

- ESApro GDB: programma di creazione e gestione dei database utilizzati nel disegno e nella compilazione dei datasheet;
- ESApro P&ID: programma capace di disegnare un P&ID intelligente, semplificando e rendendo automatici alcuni dei controlli svolti solitamente a mano;
- ESApro 3D Piping: programma di disegno 3D dotato di implementazioni che permettono la stesura delle linee in maniera rapida ed efficace;
- ESApro Isometrics: programma capace di generare e editare gli sketch isometrici impiegati in officina per la costruzione dei macchinari;
- ESApro Instrumentation: applicativo capace di accedere al database comune che permette di compilare in maniera semi automatica i datasheet, e di creare elenchi dei componenti da acquistare.
- ESApro CableTay: programma sviluppato per disegnare la parte elettrica, legata a canaline e cavi che si snodano lungo l'impianto.

La parte prettamente di disegno dei sopracitati software è stata programmata su base AutoCAD, inclusi insieme alla suite di software, e poiché è stato necessario acquistare anche un CAD meccanico per rispondere a specifiche necessità, è stato scelto un altro programma di casa Autodesk, Inventor. Come si può notare, dunque, si è davanti a un certo numero di programmi che servono a svolgere compiti diversi, ma che per la maggior parte sono sviluppati a partire da una base comune. E quindi è stato possibile per gli sviluppatori mantenere un layout simile tra i diversi applicativi, utilizzando un ribbon, cioè una barra degli strumenti fissa, personalizzato per ogni compito e integrato nello stesso modo dei ribbon preimpostati di AutoCAD.

Poiché si tratta, comunque, di una serie di programmi nati per lavorare in sinergia, molte similitudini tra di essi si possono vedere nei disegni a cui corrispondono i comandi, che sono simili se svolgono azioni simili tra un applicativo e l'altro, in modo da permettere al disegnatore di muoversi senza difficoltà tra i vari ambienti: il comando per muovere le linee, ad esempio, serve per compiere azioni ben diverse nel P&ID e nel modello 3D nonostante le modifiche che apporta abbiano significato simile, dunque ha lo stesso simbolo ed è collocato nella stessa posizione. Allo stesso modo, per i comandi che agiscono non solo nel programma specifico ma in tutta la commessa (principalmente i collegamenti verso il database comune e verso le impostazioni generali), si impiega sempre la stessa parte del ribbon in modo da mantenere la continuità desiderata.

Oltre a quelli elencati prima e acquistati da Flenco, ESAin produce altri software per il settore dell'impiantistica industriale che servono per seguire le diverse fasi del progetto. Alcuni di essi servono per disegnare parti molto specifiche, come i supporti e le lamiere, per completare il 3D di tutti gli elementi non propriamente di piping, altri servono nelle fasi di progetto, come ESApro Head Loss ed ESApro Analysis Interface. Il primo calcola le perdite di carico di ogni tratto, aiutando la scelta delle pompe e il dimensionamento della rete, il secondo esegue invece un'analisi direttamente sul 3D circa lo stress subito dalle tubazioni e i supporti, in modo da verificare gli spessori ed eventualmente correggere i punti soggetti a sforzi troppo elevati.

Un altro ancora, ESApro MTO, può essere utile prima della progettazione esecutiva del piping, durante la fase di preventivo. Il software serve per calcolare indicativamente la quantità e la tipologia (seguendo, ad esempio, le classi di linea) di tubazioni che dovranno essere inserite nell'impianto, partendo solitamente dal P&ID, in modo da poter restituire dei valori che, uniti ai preventivi dei fornitori o allo storico aziendale, aiutano l'ufficio commerciale a preparare delle offerte verosimili. Ovviamente, poiché il P&ID non ha alcuna indicazione circa la lunghezza delle tubazioni, questi valori saranno indicativi ed affinabili tramite delle regole personalizzabili che l'utente può inserire. Il numero dei componenti discreti sarà invece corretto e terrà conto anche di tutti i materiali di fissaggio (qualora non siano inclusi nel componente stesso, in maniera quindi dipendente dalle modalità di fornitura del produttore), rendendo più veloce la preparazione del preventivo.

## 4.2 Le basi comuni

La base e il principale punto di forza dell'applicativo ESApro è un database condiviso tra i diversi programmi, comprendente tutti i componenti che devono far parte della macchina: a partire dal tubo ai componenti di linea, dai filtri agli scambiatori, fino alle travi e ai supporti che formano la struttura. Il database viene creato all'inizio di ogni commessa attraverso GDB e durante lo svolgimento della stessa viene riempito con ogni informazione utile allo svolgimento del lavoro completo: inizialmente è quindi sufficiente inserire pochi dati, tra cui i disegni dei componenti e alcune caratteristiche quali il materiale, il rating e i diametri utili, in modo da poter procedere alla stesura del P&ID.

Man mano che si procede, però, le informazioni aumentano fino a permettere, quantomeno in via teorica, l'utilizzo della suite di programmi per portare completamente a termine la commessa, salvo che per le questioni legate all'acquisto dei materiali. Il database è dunque una sorta di calderone relativo alla commessa, contenente gran parte delle informazioni, da quelle generali a quelle più specifiche, dal quale ogni programma può prendere quanto gli serve e nel quale può inserire le informazioni che ha, così da avere la massima condivisione tra tutti coloro che lavorano al progetto.

Una delle caratteristiche più interessanti del database è data dalla possibilità di esportarlo e di inviarlo, tramite i comuni strumenti di condivisione, a fornitori e aziende che eseguono parte della commessa come sub-fornitori. In questo modo si dà la possibilità a chiunque abbia ESApro di lavorare con gli stessi disegni e nella completa integrazione, riducendo il rischio di errore e lo scambio continuo di e-mail con documenti che possono essere persi o non tracciati.

La generazione di un nuovo database è inizialmente un lavoro lungo e ripetitivo nel quale è particolarmente facile commettere errori: si tratta infatti della mera creazione e modifica di tabelle in cui inserire i dati di ogni componente (si veda, ad esempio, la Figura 4.1), per ogni tipo di diametro, classe e normativa applicata, e in molti casi fornitore. È però un lavoro che, nel caso si lavori sempre nella stessa maniera, dovrebbe essere svolto una volta sola appena acquisito il software, per poi essere usato per ogni commessa applicando di volta in volta solamente piccole modifiche.

Italiano Inglese Terza lingua Quarta lingua Quinta lingua

Descrizione: GUARNIZIONE A SPIRALE 150#

Descrizione estesa:

Finire: RF

Finire: RF

Finire:

Finire:

Norma: ASME B16.20

Rating: 150 LB

Materiale: W.M. 304L+GRAPHITE/O.R.M. CS/L.R.M. 304L

Materiale interno:

Costruzione:

Rivestimento:

Costruttore:

Modello:

Note: FLENCO

Per costruzione

Inserisci	DN (inch)	Spessore Guarnizione	Denominazione	Peso	Codice parte
►	15 - 1/2"	3.50	RF R9		
►	20 3/4"	3.50	RF R9		
►	25 1"	3.50	RF R9		
►	32 1 1/4"	3.50	RF R9		
►	40 1 1/2"	3.50	RF R9		
►	50 2"	3.50	RF R9		
►	65 2 1/2"	3.50	RF R9		
►	80 3"	3.50	RF R9		
►	90 3 1/2"	3.50	RF R9		
►	100 4"	3.50	RF R9		
►	125 5"	3.50	RF R9		
►	150 6"	3.50	RF R9		
►	200 8"	3.50	RF R9		
►	250 10"	3.50	RF R9		
►	300 12"	3.50	RF R9		
►	350 14"	3.50	RF R9		
►	400 16"	3.50	RF R9		
►	450 18"	3.50	RF R9		
►	500 20"	3.50	RF R9		
►	600 24"	3.50	RF R9		

Figura 4.1 - Esempio di tabella che contiene le informazioni sulle guarnizioni a spirale secondo norma, materiale e rating specifici. È necessario creare una tabella per ciascuna variazione di questi parametri

Purtroppo, però, Flenco è un'azienda che lavora con clienti diversi in tutto il mondo e non ha la "forza" di imporre il proprio database a clienti del calibro di Siemens Energy o General Electric. Questi sono soliti utilizzare i propri standard di riferimento e difficilmente si aprono a cambi proposti dai fornitori. Per questo motivo, quindi, appena acquisito il software è stato necessario creare un gran numero di diversi database, ciascuno personalizzato, in modo da soddisfare i requisiti che solitamente ciascuno di questi clienti richiede. Così a inizio commessa sarebbe stato sufficiente scegliere il database giusto, già modellato sulle specifiche abituali del cliente, e compiere solo minime modifiche prima di iniziare effettivamente la parte di progettazione.

### 4.3 ESapro P&ID

Una volta creato il database specifico per la commessa da svolgere è possibile iniziare a lavorare sul P&ID, il documento cioè che presenta lo schema unifilare dell'impianto (o della parte di impianto) che si deve realizzare. Il programma di ESAin specifico permette di, almeno nella teoria, compiere i passaggi in una sequenza ideale per non commettere errori e seguire in maniera rigorosa il processo di stesura della rete. Inoltre possiede alcuni controlli volti a prevenire eventuali errori che è possibile commettere durante il disegno delle linee, prevedendo la comparsa di messaggi di avvertimento a schermo in modo da notificare, quasi sempre senza però bloccare completamente, azioni dubbie che potrebbero compromettere il lavoro. In questo modo il progettista può sapere in ogni momento se le azioni compiute sono lecite o possono avere delle ripercussioni sugli sviluppi successivi, ma ha in ogni caso la possibilità di andare avanti.



Come però detto, questo tipo di controllo è possibile solo se il programma è stato impostato ottimamente, a partire dal database, e se il progettista ha seguito rigorosamente il flusso di lavoro previsto dagli sviluppatori e valutato come ideale. Nel caso in cui, invece, queste condizioni non fossero verificate, si corre il rischio di utilizzare uno strumento che non notifica alcun errore e permette azioni non corrette ai fini del progetto. Questo tipo di inconvenienti, come si può immaginare, è tipico di coloro che hanno da poco iniziato ad utilizzare il programma e sono quindi ancora abituati a lavorare in maniere diverse, seppur minimamente, rispetto a quelle previste.

#### *4.3.1 Da fare prima di iniziare*

L'ordine delle azioni, dunque, che si è condotti a seguire, inizia con la definizione delle classi di linea, ovvero l'insieme dei componenti che è possibile montare insieme senza incorrere in problemi, solitamente fornito dal cliente. Per linea, stendendo un P&ID, si intende "un oggetto con forma unifilare, dal nome univoco, che ha un inizio e una fine". È a partire da questa definizione, come si vedrà, che il programma compie le verifiche sul disegno e genera gli eventuali messaggi di avvertimento fino ad arrivare, in casi che ritiene inaccettabili, a impedire l'azione del progettista. Per quanti riguarda le classi, invece, si può dire che sono l'insieme di componenti che è ammissibile utilizzare in un certo campo. Si definisce cioè, per ogni diametro, il materiale del tubo e di ogni componente, dalle curve ai filtri, passando per giunti, valvole e quant'altro. Sono inoltre definiti il rating (cioè un'indicazione sulle pressioni ammissibili in funzione della temperatura), la schedula ed eventuali informazioni circa trattamenti specifici o controlli da eseguire sulle connessioni. La definizione delle classi di linea è un metodo semplice per assicurarsi che i componenti installati siano congruenti tra di loro, evitando così punti troppo deboli a rischio di rottura e allo stesso tempo non imponendo l'impiego di pezzi sovradimensionati e quindi inutilmente costosi. Come si vedrà in maniera più dettagliata in seguito, il programma riconosce le linee come collegamenti logici tra due punti, prima che come linee grafiche nel disegno. In questo modo è possibile compiere alcune modifiche senza perdere i controlli che vengono eseguiti in modo autonomo durante il lavoro.

La creazione delle classi è, di nuovo, da svolgersi nell'ambiente database citato in precedenza. Per cominciare si definisce una nuova classe e, a partire dal materiale e dai diametri ammissibili del tubo, si associano le valvole, i filtri, gli orifici, le flange e tutti i componenti necessari. Ognuno di essi porta con sé le informazioni utili alla stesura del P&ID, e potrà essere arricchito quando necessario con quello che serve per il disegno 3D o per la compilazione dei datasheets. Ad esempio, la bulloneria delle flange non è interessante nella fase di designazione del P&ID ma diviene indispensabile una volta creato il 3D, quando bisogna compilare gli elenchi del materiale necessario alla costruzione della macchina. Allo stesso modo i dati dei settaggi degli strumenti di misura interessano lo strumentista e non il disegnatore, per cui sarà suo compito inserirli una volta definito con precisione lo strumento da adoperare. In questo modo è anche possibile che più figure lavorino contemporaneamente sulla stessa commessa, secondo il loro ruolo e le loro competenze, da una parte compilando il database e dall'altra disegnando, senza però interferire con il lavoro degli altri.

Assieme alla definizione delle linee e con il fine di rendere più rapida la stesura del P&ID, il programma richiede anche di associare ad ogni componente un simbolo rappresentativo (alcuni di essi rappresentati in Figura 4.2). La possibilità di personalizzare i simboli è molto alta, in modo da poter rappresentare in maniera differente non solo componenti appartenenti a famiglie diverse, ma anche componenti tra loro uguali a meno del tipo di connessione con la rete, che è di solito una flangia, un collegamento filettato o una saldatura. La procedura da seguire serve per creare (o modificare) un blocco dinamico di AutoCad, ma è stata resa guidata dagli sviluppatori del programma in modo che anche chi non possiede le conoscenze necessarie alla manipolazione di questo tipo di blocco possa compiere l'azione. Il blocco dinamico, dunque, ha la possibilità di essere scalato in base alle dimensioni del disegno e possiede dei punti notevoli che lo rendono in grado di "tagliare" la linea all'interno della quale viene inserito senza però interromperla. In questo modo la connessione logica tra l'inizio e la fine è preservata, ma graficamente il componente è presente.

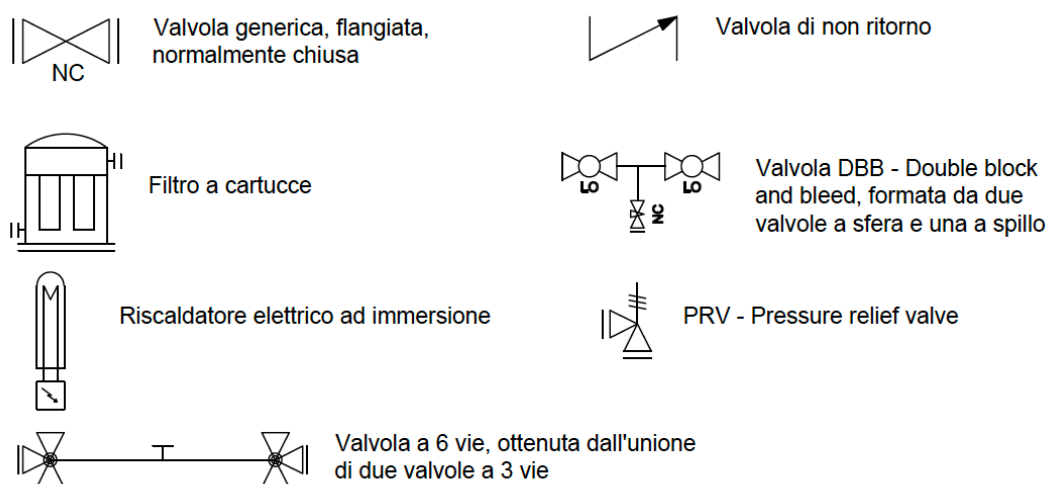


Figura 4.2 - Alcuni simboli che si trovano tipicamente su P&ID impiantistici

Oltre ovviamente ai componenti che si installano lungo la linea, è necessario definire quelli che ne stanno ai capi: le apparecchiature. Queste sono solitamente serbatoi, filtri, pompe o compressori e scambiatori di calore. Anche per questa famiglia il programma mette a disposizione un certo quantitativo di simboli già pronti, completi di scheda per le specifiche capace di interagire con gli altri applicativi del pacchetto per poter muovere le informazioni in maniera più semplice. Dunque è possibile indicare negli spazi appositi le potenze dei motori, le portate di fluido, le capacità, le informazioni circa le certificazioni per ambienti sensibili e pericolosi, e le connessioni verso il resto dell'impianto. In questo modo anche le apparecchiature diventano interattive, e selezionando le linee che iniziano o finiscono su di esse verranno visualizzate le informazioni relative al FROM e al TO della linea stessa (si veda ad esempio la figura 4.3). Come però già detto in precedenza, i simboli forniti in partenza come blocchi dinamici non sono purtroppo sufficientemente vari e adatti alla necessità di seguire clienti diversi. È quindi necessario di volta in volta introdurre il disegno specifico fornito dal

cliente e seguire la procedura che permette di farlo divenire un'apparecchiatura vera e propria percepita come tale dal programma.

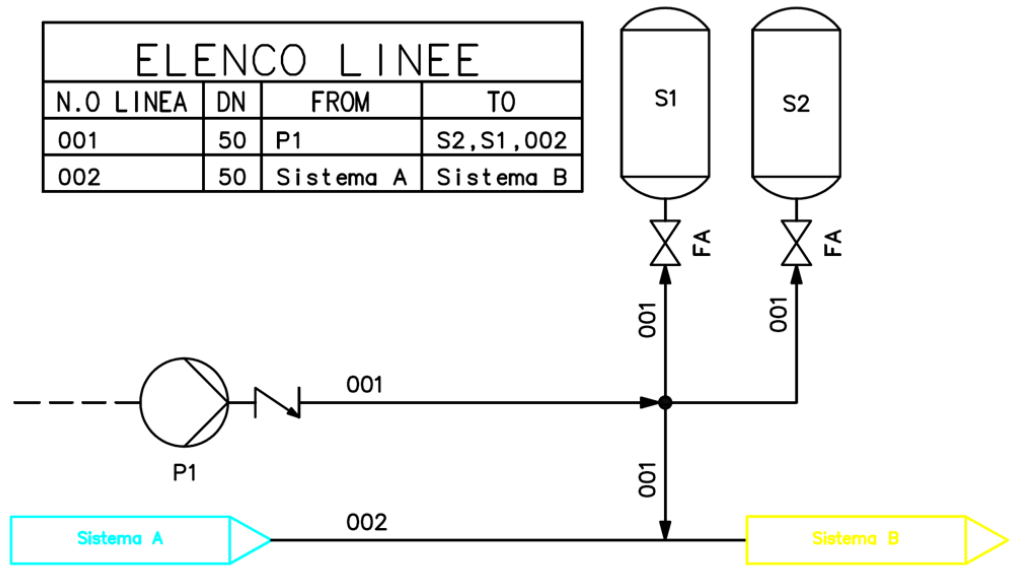


Figura 4.3 - Esempio di linee con le indicazioni logiche di FROM e TO

Per quanto riguarda simbologia e nomenclatura può essere utile aprire una breve parentesi circa KKS e ISA, due metodi differenti che servono a riconoscere i componenti di un impianto. Il primo consiste in una serie di regole che servono per scegliere la nomenclatura dei componenti in modo che la sigla contenga informazioni sull'impianto e sulla posizione all'interno di esso del componente specifico, impiegando un codice alfanumerico: ad esempio, il prefisso "MAV" indica componenti installati a supporto di una macchina (lettera M), nello specifico una turbina a gas (lettera A), all'interno dell'impianto di lubrificazione (lettera V). La ISA, invece, è la International Society of Automation, che ha creato nel tempo delle norme per regolamentare la classificazione e il disegno dei componenti nel P&ID. Secondo queste regole, ad esempio, gli strumenti devono essere rappresentati come l'esempio in Figura 4.4.

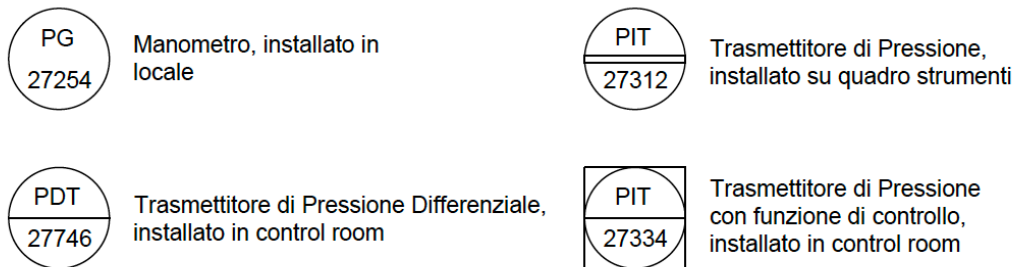


Figura 4.4 - Esempio di simbologia ISA applicata a strumenti di misura

La circonferenza indica lo strumento effettivo di misura (TE, ad esempio, è la termocoppia), che può essere inscritta all'interno di un quadrato se munita di display e capace di eseguire alcune funzioni di controllo, tipica degli strumenti moderni comunemente dotati di microprocessore. La linea orizzontale indica invece il tipo di montaggio: se non è presente lo strumento è collocato direttamente sulla tubazione, se è singola rappresenta una sala di controllo, se è doppia un quadro strumenti locale.

#### *4.3.2 Il disegno vero e proprio*

Una volta definite le classi di linea e associato il file alla commessa di riferimento, infine, si può iniziare il disegno. Dapprima è consigliato posizionare le apparecchiature, cioè pompe, filtri, serbatoi e quant'altro, e tra di essi in seguito è possibile stendere le linee in modo da creare la rete.

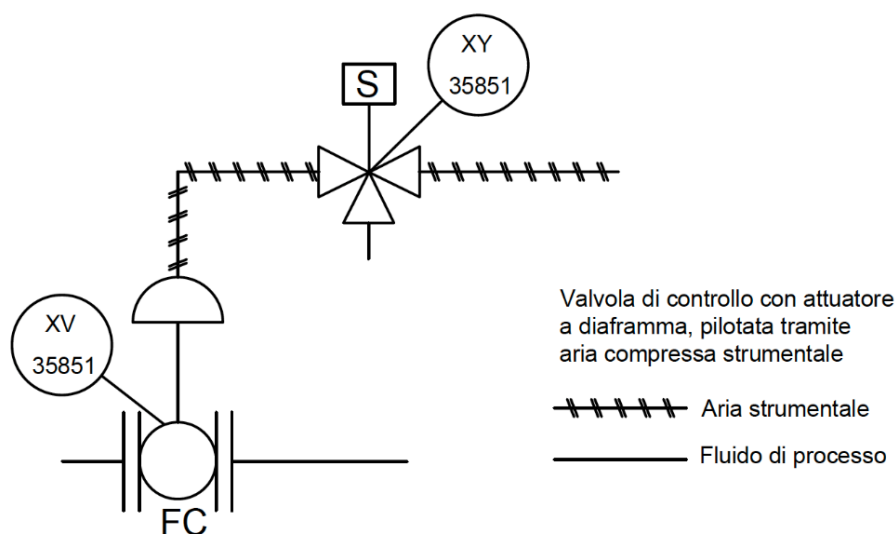
Il software è impostato in modo da obbligare la scelta della classe di linea e la sua numerazione prima ancora di disegnare la stessa, così da creare via via un elenco di tutte le linee presenti nel disegno che, assieme alle altre informazioni, può finire nel database ed essere accessibile dai diversi programmi. Il processo di nomenclatura della rete è quindi piuttosto rigoroso e lo è volutamente, in quanto serve per impedire che si creino delle linee duplicate, ovvero linee diverse che condividono lo stesso nome. Queste ultime, infatti, possono creare non pochi problemi nelle fasi successive, dal disegno 3D alla generazione degli sketch, fino alla costruzione fisica della macchina

Tracciata la linea è infine possibile popolarla dei componenti necessari, come i filtri, le valvole, i flow-glass e gli strumenti. È in questo momento che si inizia a comprendere l'utilità del database faticosamente costruito in precedenza: avendo già inserito in ogni classe di linea i componenti adeguati, il software è in grado di suggerire quelli con il diametro e il rating corretti risparmiando la scrematura iniziale al progettista. In questa fase è inoltre possibile abilitare la siglatura automatica in modo che sia il programma ad indicare in autonomia il tag dei componenti sul disegno, eventualmente scegliendo il corretto progressivo da applicarvi al fondo.

In seguito ai componenti di linea possono essere inserite le valvole strumentali (tipicamente quelle che controllano la pressione e la temperatura) e, a volte anche associati a queste ultime, gli strumenti di misura e trasmissione dati. Le valvole strumentali, a differenza di quelle manuali (tra cui troviamo quelle a sfera, a globo, a farfalla, le non-ritorno e le saracinesche), sono in effetti considerate componenti esterni alla linea e come tali non sono soggette alle classi. Bisogna quindi prestare la dovuta attenzione alla loro scelta in quanto il software non possiede meccanismi di controllo e verifica degli errori, e permette ad esempio di installare valvole strumentali dal diametro diverso da quello della linea senza emettere messaggi di alcun tipo. Poiché le valvole di questo tipo possono essere particolarmente diverse tra loro a seconda della funzione da compiere, solitamente vengono rappresentati in maniera schematica i principali componenti: il corpo valvola, l'attuatore e il pilotaggio. In questo modo si ha una varietà di combinazioni sufficiente a soddisfare le necessità del progettista e a racchiudere i casi possibili.

Come anticipato, in questa fase si inseriscono anche i sensori e apparecchi necessari a monitorare i diversi parametri del processo. Questi hanno sempre una parte montata in locale, il sensore vero e proprio, e una parte che invece può essere o meno sul condotto e che serve a visualizzare la variabile

Esiste inoltre la possibilità di combinare valvole strumentali e strumenti di misura: è il caso delle regolatrici di pressione che, attraverso la misurazione della pressione a monte e a valle delle stesse, regolano la loro apertura e con essa le pressioni e la portata. Dunque si tratta della coordinazione di una valvola strumentale, dell'attuatore che ne permette il movimento e della componente logica a monte, di natura elettrica o meccanica, che ne permette l'azione. In maniera analoga è possibile indicare valvole comandate pneumaticamente di tipo ON-OFF, come nella Figura 4.5, che rappresenta l'insieme di una valvola a sfera, dell'attuatore che ne muove l'otturatore e della valvola a solenoide che apre e chiude il flusso di aria compressa di comando.



*Figura 4.5 - Esempio di valvola di controllo pilotata*

57

confondere frecce che hanno la stessa provenienza. L'operazione di disegnare il rimando è fatta solitamente a mano, disegnando prima la freccia e inserendovi poi le informazioni all'interno di una casella di testo, e rimanda il più delle volte a disegni che sono presenti nello stesso file .dwg.

Il programma non è invece capace di gestire più di una pagina all'interno dello stesso .dwg, quindi è sempre necessario crearne più di uno avendo oltretutto la cura di nominarlo in maniera corretta per evitare la confusione. Questo può sembrare uno svantaggio nel caso in cui serva organizzare un gran numero di file diversi, ma nasce per offrire la possibilità a più disegnatori di lavorare in contemporanea sulla stessa commessa senza intralciare il lavoro degli altri. Ad ogni modo il programma è in grado di gestire in maniera autonoma i diversi file, offrendo per il problema dei rimandi 2 soluzioni: il rimando a sistemi esterni, cioè file che non appartengono al disegnatore del P&ID ma che fanno comunque parte del macchinario o del suo insieme (ad esempio i collegamenti dello skid con il resto dell'impianto), e il rimando a disegni esterni, cioè altri disegni della stessa commessa contenuti in .dwg diversi. Il secondo è il caso spiegato inizialmente, più frequente, e vede la freccia crearsi e riempirsi automaticamente con informazioni necessarie al rimando stesso. Inoltre, nel caso in cui si modificasse il verso del fluido all'interno della linea o si spostasse da un file ad un altro la linea richiamata, la direzione della freccia e l'etichetta si aggiornerebbero in autonomia.

La stesura del P&ID, dunque, richiede la conoscenza nello specifico dell'impianto che si vuole realizzare. Non si tratta solamente di un mero schema unifilare, ma illustra nello specifico i componenti da inserire e le loro interazioni reciproche. I componenti indicati sono scelti in base ai calcoli di dimensionamento eseguiti ed è sempre necessario mantenere la consistenza tra i dati della linea e quelli dei componenti su di essa applicati. Il P&ID è quindi il modo più rapido, nelle mani di una persona esperta, di comprendere il funzionamento dell'impianto.

### **4.3.3 I meccanismi di controllo**

Come anticipato in precedenza, il software di casa ESAin offre un certo numero di controlli, più o meno automatici, che aiutano il progettista nella stesura del documento riducendone gli errori. Il vantaggio dell'utilizzo di un software studiato apposta per la stesura dei P&ID, in effetti, risiede proprio nella conoscenza degli sviluppatori di come questi documenti debbano essere composti e di come nelle aziende alcuni errori capitino più spesso di altri. Dunque, sulla base di quest'esperienza, sono stati implementati sistemi di controllo e meccaniche adeguate, per impedire certe azioni o quantomeno avvertire l'utente del possibile errore.

Uno dei primi controlli coi quali si viene a contatto è il meccanismo di impedimento alla duplicazione delle linee: come detto, secondo il software una linea è "un oggetto con forma unifilare, dal nome univoco, che ha un inizio e una fine". Il nome della linea è il codice alfanumerico che serve a distinguerla dalle altre linee, ed è solitamente composto da un prefisso uguale per ogni linea del P&ID (o della commessa), dal diametro del tubo e da un progressivo finale. Quest'ultimo è determinato in maniera autonoma quando la linea viene creata, senza doverlo scrivere a mano, ma nel caso in cui servisse può essere modificato. Proprio durante la sua modifica, quindi, è possibile che si utilizzi lo stesso valore per più linee diverse: il programma farà allora comparire un avviso, a far notare come quel numero sia già

in uso, ma lasciando comunque la libertà di proseguire nel caso in cui fosse necessario. Si deve però ricordare, che avendo duplicato una linea, il conteggio finale dei materiali necessari alla costruzione sarà influenzato da questa scelta, e la creazione degli sketch isometrici potrà non essere in grado autonomamente di suddividere l'impianto nelle giuste parti. È però possibile risolvere, per alcuni casi specifici, questo problema: nel caso infatti in cui il nome ripetuto lo fosse a causa di una diramazione della linea principale in più linee derivate, può essere applicato un ulteriore numero relativo alla diramazione stessa, in coda al codice alfanumerico. Nel caso in cui, invece, si trattassero più fluidi diversi nello stesso P&ID e la numerazione delle linee lo prevedesse, si può inserire nel codice anche il nome del fluido o una sua sigla.

Un altro dei controlli disponibili, che può rientrare anche nella categoria degli automatismi offerti, è la possibilità di modifica dei componenti di linea qualora si decidesse di modificarne la dimensione. Può essere infatti necessario, durante le fasi di revisione del progetto, modificare il diametro di tutta la linea o di una sola sua parte tramite riduzioni e allargamenti. Modificato il tubo, però, è necessario anche cambiare i componenti di linea su di esso indicati e, di conseguenza, la bulloneria e gli accessori a corredo. È un lavoro che richiede tempo e che facilmente conduce a distrazioni ed errori, ma che il programma è capace di svolgere in autonomia. È quindi sufficiente che nella definizione della classe di linea siano stati inclusi i componenti del diametro scelto, e il cambio avverrà automaticamente. Questo aiuto, però, non si applica anche alle valvole di controllo: come detto in precedenza, si tratta infatti di componenti non soggetti alle classi di linea. Può capitare che alcuni tipi di valvole, per esigenze di funzionamento, abbiano le connessioni dal diametro diverso rispetto al resto della linea, necessitando quindi di maggiorazioni o riduzioni locali del condotto. Questa caratteristica, però, non può essere gestita dal programma che quindi si limita a non toccare questo tipo di componente lasciando al progettista la possibilità di effettuare la modifica a mano.

Come già citato, anche la numerazione automatica dei componenti può essere un aiuto per commettere meno errori: i componenti hanno infatti, solitamente, dei prefissi diversi per tipologia come per esempio "NV" per le valvole di non ritorno, "MB" per le valvole a sfera, "FO" per gli orifici e così via. In questo caso la digitazione manuale errata può portare a una incomprensione del disegno. Questi elementi sono cioè disegnati in modo differente tra loro e questo basterebbe a permetterne il riconoscimento, ma l'errore nel tag potrebbe portare fuori strada chi non fosse a conoscenza dei dettagli.

Il controllo forse più utile, senza esplicitamente essere definito tale, è probabilmente il comando "modifica rete", utilizzabile per muovere i componenti. Poiché il programma funziona su base AutoCad e le linee prima di essere la rappresentazione schematica di parti di impianto sono fisicamente dei tratti su di un foglio, è possibile utilizzare i comandi di movimentazione e modifica tipici del software Autodesk. È però consigliabile utilizzare il comando apposito, "modifica rete", che permette di compiere le stesse azioni in maniera più controllata e senza rischiare di compromettere il disegno.

È quindi possibile stirare le tubazioni e muovere i componenti semplicemente trascinando il cursore, ma subendo dei blocchi qualora si provasse a spostare fuori dalla linea un componente o si creassero sovrapposizioni di tratti. Inoltre le etichette associate ai componenti si muovono insieme ai componenti stessi, e in caso di necessità, si spostano da sole per evitare interferenze. Si tratta dunque

di un comando che mira alla modifica della rete mantenendone integra la consistenza, a costo di subire alcune limitazioni sui tipi di movimento permessi.

#### *4.3.4 I problemi nel primo utilizzo*

Come detto in precedenza, questo lavoro non vuole trattare solamente il software in quanto tale ma intende analizzare il lavoro che con esso può essere compiuto, soprattutto nelle fasi di transizione da un altro programma, da un'azienda che si occupa di impiantistica su scala diversa rispetto a quella principalmente immaginata dagli sviluppatori.

Flenco, infatti, è solita realizzare macchinari dalle dimensioni ridotte e non impianti completi grandi quanto uno o più edifici. Come si può immaginare le necessità sono quindi differenti: nei grossi impianti gli spazi a disposizione sono di solito elevati e le tolleranze non particolarmente stringenti. Gli skid, invece, per loro natura prevedono un grado di compattezza maggiore dettato sia dalla necessità di inserire più sistemi intorno ad un solo componente (ad una turbina possono servire sistemi di lubrificazione, alimentazione, regolazione e controllo prodotti da fornitori diversi e quindi separati tra loro), sia dalla necessità di dover essere costruiti in un luogo e trasportati in seguito al sito. In alcuni casi del progetto Arctic LNG trattato in precedenza, ad esempio, i tubi di collegamento dei manometri si trovavano a pochi millimetri dalla testa di un filtro in quanto, per necessità progettuali, lo spazio a fianco era già occupato da altri componenti.

Per questo motivo la questione degli ingombri dei componenti è particolarmente sentita e, con essa, quella dei produttori degli stessi. Gran parte dei pezzi impiegati nelle macchine è in effetti normata, per cui materiale e dimensioni non possono essere modificate, ma in realtà su alcune parti la variabilità esiste: le valvole manuali, ad esempio, hanno il corpo completamente normato, così come le flange di collegamento e l'otturatore che regola il flusso. La parte legata all'azionamento, sia essa un volantino, una leva o un altro sistema, è però lasciata al produttore. Chiaramente si tratta di componenti molto simili tra loro sia nella forma che nei materiali, ma non perfettamente identici per quanto riguarda gli ingombri. Per questo motivo, durante le fasi di creazione del database, è stato necessario non solo creare una categoria nuova per ciascun componente normato, ma ripetere la stessa per ciascun fornitore abituale modificando di volta in volta le caratteristiche degli azionamenti.

Questo ha portato ad un elevato numero di tabelle nel database contenenti in sostanza dei componenti identici, e soprattutto ha obbligato ogni progettista a scegliere fin dal principio da quale fornitore servirsi, per poter inserire i componenti all'interno della classe. Si tratta quest'ultimo di un limite abbastanza grande in quanto la scelta del fornitore è solitamente compiuta su diverse basi dopo aver iniziato il lavoro sul 3D e non prima di iniziare il P&ID. Per questo motivo, in seguito a questa prima scelta, è stato necessario procedere con la modifica eventuale dei componenti dopo la scelta del fornitore definitivo.

Sempre riguardo la variabilità dei componenti in funzione del produttore, un altro aspetto da tenere in considerazione è la dotazione di accessori fornita con ciascun componente, tra cui spicca la ferramenta: viti, dadi, tiranti e rondelle sono fornite in quantità variabile non solo da produttore a produttore, ma cambiano anche se si parla di lotti differenti dello stesso prodotto. Alcuni fornitori



includono le rondelle, altri non le prevedono affatto fornendo i tiranti di lunghezze differenti, alcuni includono un secondo dado per ogni bullone, altri ancora non prevedono affatto di includere queste minuterie. A questa variabilità bisogna oltretutto sommare le specifiche richieste del cliente, che salvo piccole deviazioni è il riferimento principale per conoscere che cosa acquistare.

Dunque, ancora una volta, è necessario creare e aggiornare svariate tabelle (si veda la figura 4.6, relativa alle sole guarnizioni a spirale, per farsi un'idea di quanto possa essere elevato il numero di tabelle per i componenti più complessi) per ciascuna tipologia di componente per evitare l'ordine di quantità errate e avere troppi componenti d'avanzo in magazzino o, peggio, non averne a sufficienza qualora servissero.

U	Descrizione Italiano	Mat. L...	Spessore	Noma	Rating	Materiale	Id Tabella	Note
	GUARNIZIONE A SPIRALE 300 LB		<N.D.>	ASME B16.20	300 LB	AISI 316/GRAFITE	1387	
	GUARNIZIONE A SPIRALE 600 LB		<N.D.>	ASME B16.20	600 LB	AISI 316/GRAFITE	1388	
	GUARNIZIONE A SPIRALE 900 LB		<N.D.>	ASME B16.20	900 LB	AISI 316/GRAFITE	1389	
	GUARNIZIONE A SPIRALE 150 LB		<N.D.>	ASME B16.20	150 LB	AISI 316/GRAFITE	1390	
	GUARNIZIONE A SPIRALE 2500 LB		<N.D.>	ASME B16.20	2500 LB	AISI 316/GRAFITE	1391	
	GUARNIZIONE A SPIRALE 1500 LB		<N.D.>	ASME B16.20	1500 LB	AISI 316/GRAFITE	1392	
	GUARNIZIONE A SPIRALE 150 LB		<N.D.>	ASME B16.20	150 LB	CS/PTFE	1758	
	GUARNIZIONE A SPIRALE 300 LB		<N.D.>	ASME B16.20	300 LB	CS/PTFE	1775	
	GUARNIZIONE A SPIRALE 600 LB		<N.D.>	ASME B16.20	600 LB	CS/PTFE	1790	
#	GUARNIZIONE A SPIRALE 900#		<N.D.>	ASME B16.20	900 LB	AISI 316L S.W./GRAPHITE CENT. RING 316L	624239902	ITN84617
#	GUARNIZIONE A SPIRALE 1500#		<N.D.>	ASME B16.20	1500 LB	AISI 316L S.W./GRAPHITE CENT. RING 316L	301038009	ITN84617
#	GUARNIZIONE A SPIRALE 150#		<N.D.>	API 601	150 LB	AISI 316 S.W./GRAPHITE CENT. RING INOX	503989728	ITN84620
#	GUARNIZIONE A SPIRALE 300#		<N.D.>	API 601	300 LB	AISI 316 S.W./GRAPHITE CENT. RING INOX	982599091	ALT, ITN84620
#	GUARNIZIONE A SPIRALE 150#		<N.D.>	ASME B16.20	150 LB	AISI 316L S.W./GRAPHITE CENT. RING 316L	1033606364	ITN84617
#	GUARNIZIONE A SPIRALE 600#		<N.D.>	API 601	600 LB	AISI 316 S.W./GRAPHITE CENT. RING INOX	1666197674	ALT, ITN84620
#	GUARNIZIONE A SPIRALE 150#		<N.D.>	API 601	150 LB	AISI 316 S.W./GRAPHITE CENT. RING INOX	1779545961	STD, ITN84620
#	GUARNIZIONE A SPIRALE 900#		<N.D.>	ASME B16.20	900 LB	AISI 316L S.W./GRAPHITE CENT. RING CARBON...	1924005108	ITN84617
#	GUARNIZIONE A SPIRALE 150#		<N.D.>	ASME B16.20	150 LB	W.M. 304L+GRAPHITE/O.R.M. CS/A.R.M. 304L	2012029150	FLENCO

<

*Figura 4.6 - Elenco delle tabelle che contengono i dati delle guarnizioni a spirale, ogni riga contiene al suo interno la gamma completa di diametri*

Un altro aspetto che, per lo specifico caso di Flenco, può essere uno svantaggio, è legato infine proprio alla necessità di stilare a tutti i costi il P&ID denominato "intelligente" se si vuole usufruire dei vantaggi che il programma può offrire. Flenco, solitamente, riceve il documento già pronto dal cliente e, potenzialmente, dopo la prima fase di delineazione generale della commessa può immediatamente iniziare a creare il 3D. Con questo software, invece, nasce la necessità di "lucidare" il PDF ricalcandolo su ESAPro per renderlo così adatto a comunicare con il database e gli altri programmi, e solo in un secondo momento può essere generato il 3D. Anche nel caso, però, in cui la commessa sia gestita completamente all'interno di Flenco e sia comprensiva della creazione da zero del P&ID, nascono alcuni problemi dovuti alla necessità di definire fin dal principio le classi senza potervi sgarrare durante il disegno, a meno di non tornare nel database per modificarle. È però utile in molte situazioni del genere iniziare a stilare il P&ID in contemporanea con la scelta dei componenti, senza quindi aver definito questi ultimi. Dunque ci si può ritrovare a dover disegnare senza conoscere il diametro effettivo di una valvola, il suo tipo (sovente, ad esempio, le valvole a sfera e a saracinesca sono intercambiabili), o senza conoscere i collegamenti del pozzetto termometrico con la linea. In questa situazione, però, si può scegliere se definire una classe qualsiasi per completare il P&ID e in seguito modificarla, azione che comporta un discreto spreco di tempo, oppure attendere che questi componenti siano già in fase di acquisto. Chiaramente, anche in questo caso, il tempo risulta dilatato

perché scegliere i componenti secondo le specifiche ed evadere gli ordini è un processo piuttosto lungo.

A questo punto, come si vedrà in seguito, l'interazione generale è volta alla segnalazione di errori che via via possono essere commessi, in modo da poterli prevenire, ma non è particolarmente forte nel compiere azioni semplici o ripetitive in autonomia. In questo modo il vantaggio in termini di tempo rispetto a software meno votati all'impiantistica diventa minimo, aumentando però la macchinosità di certe azioni.

#### *4.3.5 Conclusioni*

Da quanto detto si può quindi intuire l'importanza di un P&ID corretto e ordinato al fine della commessa: non è raro, infatti, doverlo modificare durante tutto l'arco di svolgimento del lavoro per rispondere a mutate esigenze del cliente, o semplicemente per rimediare a errori commessi in precedenza. Per svolgere questo compito il software si rivela alcune volte semplicemente comodo o poco più, sveltendo alcuni dei processi, mentre altre diviene particolarmente utile nella prevenzione di errori che, se trovati troppo tardi, potrebbero portare all'ordine o al montaggio di componenti errati sulla macchina.

Come però già evidenziato, per usufruire di tutti questi aiuti è necessario un grande lavoro iniziale di redazione del database, lavoro che richiede tempo e risorse e che non può interagire con un database esterno già in possesso dell'azienda. Si tratta quindi di destinare alcuni progettisti alla compilazione, e talvolta alla mera copiatura, di tabelle all'interno del programma, nonostante tali tabelle di dati siano già presenti nei server aziendali sotto forma di fogli di calcolo.

Questo lavoro deve essere svolto nelle fasi di transizione da un precedente software a ESApro per la creazione del o dei database di partenza, ma trattandosi la Flenco di un'azienda che non ha la forza di imporre i propri standard ai clienti, bisogna compiere all'inizio di ogni commessa la scelta dei componenti e l'aggiunta eventuale, piuttosto frequente, di quelli che mancano per adattare tale database alla commessa specifica. Allo stesso modo, nel caso sorgesse la necessità di modificare un componente già piazzato non è sufficiente selezionarlo e sostituirlo, ma bisogna prima di tutto compiere la modifica della classe nel database e, in seguito, sul P&ID. Ci si trova dunque a dover destinare del personale specificatamente a questo compito, che può anche comprendere il disegno apposito di determinati simboli ad hoc e l'implementazione degli stessi tramite una procedura guidata all'interno delle cartelle di sistema. Questo stesso meccanismo deve inoltre essere eseguito, in corso d'opera, nel caso in cui servisse modificare gli elementi del database o aggiungerne alcuni.

Per questo motivo il risparmio in termini di tempo-uomo che nelle fasi di acquisto era stato promesso tra i principali vantaggi del software, oltretutto ribadito fortemente durante il kick-off meeting, si rivela invece marginale e poco impattante sul tempo complessivo. Sicuramente la stesura vera e propria del P&ID è più facile (anche se, ricordiamo, Flenco i P&ID spesso li riceve direttamente dal fornitore, e deve dunque lucidarli su ESApro), ma il lavoro da compiere di volta in volta prima del suo inizio porta questo vantaggio ad essere diminuito.

## 4.4 ESAPro 3DP

### 4.4.1 Introduzione

Una volta completata la stesura del P&ID, che rappresenta la componente progettuale legata al dimensionamento dell'impianto e alla scelta dei componenti, può iniziare il disegno del macchinario vero e proprio. Si tratta del disegno 3D di ogni pezzo, ad un apprezzabile livello di dettaglio, per comprendere dove far passare i tubi e dove collocare i componenti e le apparecchiature. Per questo compito la suite ESAPro propone il suo prodotto 3D Piping, nuovamente sviluppato a partire da Autocad, che semplifica la modellazione tridimensionale e come per il P&ID cerca di prevenire alcuni errori comuni che si potrebbe commettere. La logica di funzionamento è in effetti piuttosto simile tra i due prodotti, così come lo è tra tutti i prodotti grafici di ESAin, in modo da potersi muovere da un'ambiente all'altro con disinvoltura senza dover imparare metodi di lavoro differenti. I comandi, ad esempio, sono negli stessi posti, hanno nomi simili, e i tasti per le scelte rapide sono, dove possibile, gli stessi. In questo modo si può immaginare che il 3D sia la naturale continuazione del 2D.

L'ambiente 3D permette però anche di compiere l'organizzazione delle tavole bidimensionali da mandare in stampa, scegliendo le viste da inserire e posizionandole sul foglio nella maniera migliore. Queste sono riportate nell'ambiente "layout" e possono essere in numero sufficiente a rappresentare la macchina sia attraverso viste isometriche del modello che attraverso viste in pianta o laterali. Si possono quindi creare i documenti da stampare e condividere con il cliente, nel caso in cui questo non fosse fornito di un software CAD e comunque da fornire perché i disegni di questo tipo sono tutt'ora utilizzati come documenti contrattuali.

Per il semplice scopo di visualizzare i modelli però, può essere sufficiente uno dei tanti visualizzatori di .dwg che si trovano in rete gratuitamente, alcuni dei quali capaci di fornire informazioni aggiuntive alla semplice visualizzazione del file. Quello consigliato da ESAin, Navisworks, è capace di isolare parti della rete, di eseguire misure, di conteggiare i componenti e di visualizzare le informazioni che il progettista ha inserito attraverso ESAPro3D. Ad esempio il materiale o la scheda dei tubi, il tipo di collegamento flangiato, le guarnizioni presenti, le potenze assorbite dai macchinari, e quant'altro sia stato inserito nel modello.

Dal 3D possono inoltre essere ricavati automaticamente gli elenchi materiali, utili nel momento in cui si acquistano i componenti, e i file ISO che sono la base di partenza per gli sketch isometrici da utilizzare durante la produzione.

Il 3D è dunque il collegamento tra la fase iniziale del progetto (il P&ID) e quella conclusiva (il montaggio dei componenti), ed è una delle fasi più dispendiose dal punto di vista del tempo. Le modifiche sul P&ID sono complicate da eseguire perché sono solitamente modifiche della maniera in cui la macchina funziona, dunque è necessario avere le giuste conoscenze per non commettere errori. Nel 3D le modifiche sono invece principalmente legate all'ingombro dei pezzi e alla necessità di dover compattare il più possibile ogni giro tubi, oltre a seguire le revisioni successive dei P&ID, dunque il numero di modifiche che bisogna eseguire è sempre molto elevato e temporalmente lungo.

#### 4.4.2 *Da fare prima di iniziare*

Come già anticipato si possono trovare parecchie analogie tra i software di disegno di casa ESAIn, poiché tutti sono sviluppati da una base comune che è Autocad. Inoltre il database di commessa, creato all'inizio dei lavori, è interamente condiviso e permette da tutti i programmi di modificare ciò che è di loro dominio. In questo modo chi si occupa di P&ID inizia inserendovi quanto a lui serve, lasciando il compito di completare le tabelle con le informazioni al disegnatore 3D o allo strumentista.

Dunque quando il disegnatore 3D inizia il lavoro ha già alcuni elementi a disposizione: le classi di linea sono infatti già state definite e dentro di esse sono presenti già determinati elementi. Chiaramente, però, il database creato per il P&ID è più povero rispetto a quello del disegno, poiché gli elementi necessari sono di meno e le informazioni stesse sono in numero inferiore. A chi traccia lo schema unifilare, infatti, non interessa conoscere le caratteristiche delle curve, dei giunti e delle derivazioni perché sta semplicemente disegnando uno schema, non l'impianto vero e proprio. È dunque compito di chi si occupa del modello aprire nuovamente il database della commessa e aggiungere, per ogni classe, tutti i componenti necessari a completare il disegno. Tra di essi è interessante notare come, per quanto riguarda i tubi rettilinei, sia possibile indicare la lunghezza standard degli spezzoni creati dal fornitore. In questo modo il calcolo del numero di pezzi sarà fatto in automatico rispettando l'indicazione, e una possibile posizione dei giunti verrà suggerita.

Per quanto riguarda le diramazioni è buona norma definire una "branch table": questa è una tabella che, per ogni coppia di diametri, definisce il tipo di giunto da inserire. Come si può osservare in Figura 4.7, questa presenta sull'asse delle ascisse i possibili diametri del tratto principale e su quello delle ordinate i diametri del tubo derivato, in modo da creare ogni combinazione possibile. Chiaramente la metà di tabella in alto e a destra non presenta valori, in quanto non ha senso far diramare un tubo più grande da un principale più piccolo. Sono invece rappresentati i collegamenti saldati e quelli tubo in tubo, così come e possibili diramazioni a Y e i loro angoli ammissibili. Dunque la compilazione di una tabella del genere, che è un'operazione capace di portare via parecchio tempo, può rivelarsi molto utile nel momento in cui sarà il programma a inserire il corretto oggetto di derivazione a partire dalla configurazione geometrica e dalle caratteristiche delle due linee che si incrociano.

BRANCH TABLE																	
HEADER SIZE (NPS)	1/2"	T															
	3/4"	V	T														
	1"	V	V	T													
	1 1/2"	V	V	V	T												
	2	V	V	V	V	T											
	3	S	S	S	S	S	T										
	4	S	S	S	S	S	D	T									
	6	S	S	S	S	S	D	D	T								
	8	S	S	S	S	S	U	D	D	T							
	10	S	S	S	S	S	U	U	D	D	T						
	12	S	S	S	S	S	U	U	U	D	D	T					
	14	S	S	S	S	S	W	W	W	P	D	D	T				
	16	S	S	S	S	S	W	W	W	P	P	D	D	T			
	18	S	S	S	S	S	W	W	W	P	P	P	D	D	T		
	20	S	S	S	S	S	W	W	W	P	P	P	P	D	D	T	
	24	S	S	S	S	S	W	W	W	P	P	P	P	P	D	D	T
	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	
BRANCH SIZE (NPS)																	
D TEE and REDUCER						E REDUCING TEE						P REINFORCING PAD					
S SOCKOLET						T TEE						U STUB-IN					
V S.W. TEE						W WELDOLET											

Figura 4.7 - Esempio di una branch table con legenda

Un'altra delle aggiunte al database che è necessario compiere prima di iniziare il disegno 3D è l'assegnazione dei materiali impliciti. Questi sono solitamente i componenti di bulloneria o di ferramenta, dadi, viti, guarnizioni, O-ring e quant'altro, che è necessario includere nel modello ma non è indispensabile rappresentare. Questi componenti sono definiti impliciti perché la loro presenza è necessaria nel momento in cui compaiono altri elementi più propriamente di piping: i bulloni e i dadi, così come le guarnizioni, sono impliciti nei collegamenti flangiati ed è utile che sia il programma stesso ad includerli nel conteggio dei materiali qualora si inseriscano delle flange. Si tratta quindi di una comodità, un'aggiunta che serve per velocizzare il disegno sapendo che il conteggio finale sarà corretto, poiché è il software ad eseguirlo sulla base dei dati iniziali forniti, in ogni caso, dal progettista. Nel caso in cui, comunque, fosse necessario eliminare tutti o parte dei materiali impliciti localmente, è possibile farlo attraverso un comando che permette di disattivare l'assegnazione automatica, così da avere la completa libertà di azione.

#### 4.4.3 Il disegno vero e proprio

Una volta completate le azioni preliminari si può passare alla fase di disegno vero e proprio. Come già accennato l'impostazione grafica del programma è molto simile agli altri del pacchetto in quanto sviluppati tutti sulla stessa base (AutoCAD), con le opportune modifiche e aggiunte. In questo caso i comandi principali sono relativi all'inserimento dei componenti, sia quelli propri del piping che quelli relativi ai supporti e alle strutture metalliche. Vi sono inoltre dei comandi che permettono di

controllare le interferenze eventuali, di editare le parti di rete già disegnate e di generare gli sketch isometrici utili nella fase di costruzione. Si tratta ovviamente di comandi realizzati ad hoc per il disegno in 3 dimensioni e capaci quindi di interagire correttamente con quanto realizzato.

Per fare sì che vi sia il collegamento tra i documenti è necessario anche in questo caso, come per il P&ID, abbinare il disegno con la commessa di riferimento. In questo modo si avrà anche accesso al database comune con i componenti e ogni file verrà salvato nelle cartelle corrette. In seguito si può finalmente procedere con il disegno.

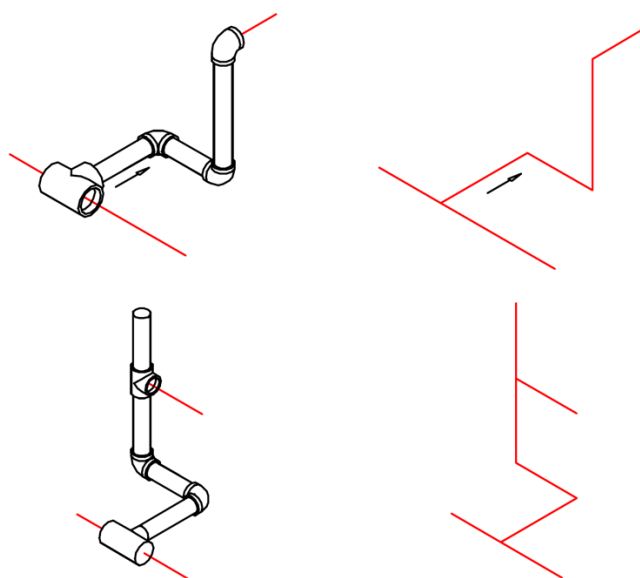
Per tale scopo si entra dunque nel merito del disegno tridimensionale, che grazie ad alcune modifiche compiute da ESAin è più fruibile rispetto a quello di AutoCAD da cui deriva. Quest'ultimo, infatti, richiede sempre il disegno sul piano x-y e l'estrusione dello stesso lungo il terzo asse, z, per ottenere il volume desiderato. È dunque necessario di volta in volta muovere e ruotare l'UCS, cioè la terna di assi di riferimento mobile, in modo da poter collocare nello spazio i modelli creati secondo il corretto orientamento. Si tratta di un meccanismo profondamente diverso da quello utilizzato nei CAD parametrici, tipicamente usati nella meccanica, che lavorano tramite i piani appena creati e permettono di selezionare direttamente la superficie sulla quale effettuare lo schizzo e dalla quale iniziare l'estrusione. Le implementazioni effettuate da ESAin si muovono in questa direzione verso un sistema intermedio tra i due, permettendo di collocare con precisione l'UCS su piani creati o punti specifici, e di orientarlo secondo direzioni parallele e perpendicolari a oggetti specifici, oppure liberamente indicando gli angoli di inclinazione.

Sempre riguardo la navigazione spaziale del disegno sono inoltre modificati i comandi relativi agli snap e al movimento dell'orbita. Quest'ultima, che serve al movimento del modello, si basa sull'idea di inserire lo stesso all'interno di una sfera e farla ruotare per ottenere la vista desiderata. Il comando si discosta in maniera poco evidente da quello standard di AutoCAD, creando la sfera non in modo da contenere tutto il modello ma calcolandola localmente in funzione della posizione della telecamera e del livello di ingrandimento, e scegliendone accuratamente il centro di rotazione. Anche gli snap, ovvero i punti notevoli, sono stati modificati rispetto a quelli nativi implementando quelli utili per chi costruisce impianti: connessioni, estremi, punti mediani, facce delle flange sono in evidenza e selezionabili facilmente, anche qualora si trovassero nascosti dietro ad altri componenti (quest'ultima opzione è attivabile a piacere, così da non creare eccessiva confusione nei disegni più complicati). Allo stesso modo, per quanto riguarda i collegamenti filettati, il punto notevole corrisponde alla situazione di completo serraggio, così da poter restituire le lunghezze corrette.

Per quanto riguarda il processo di disegno vero e proprio, la linea guida da seguire è simile a quella del P&ID. Si comincia quindi inserendo le apparecchiature e, a partire dalle loro posizioni si tirano le linee. Per queste si scelgono dapprima la classe (precedentemente creata), il diametro, il nome e infine si può tracciare quanto necessario sul foglio. La sigla della linea può inoltre essere scelta tra quelle create nel P&ID, senza la necessità di scriverla nuovamente. Ricordiamo che il disegno, questa volta, è nello spazio e non nel piano, per cui si dovrà prestare maggiore attenzione nel muoversi all'interno del modello.

Si può scegliere sia di visualizzare fin da subito il tubo vero e proprio, inteso come “volume cilindrico” e completo di curve e diramazioni, oppure di realizzarne il solo asse e affidare in seguito al programma il compito di rivestirlo (si veda, ad esempio, la comparazione in Figura 4.8). La differenza tra le due modalità risiede nel diverso peso (in byte) del disegno e nella capacità o meno di percepire gli ingombri fin da subito dipendente anche dalla complessità della rete già disegnata.

Bisogna però specificare che, al fine del collegamento logico dei componenti, è anche in questo caso l'asse a comandare. È quest'ultimo, infatti, che contiene le informazioni circa la linea ed è su di lui che sono realmente vincolati i componenti. Il rivestimento ha invece la funzione, oltre che meramente estetica di visualizzazione del tubo e dell'eventuale isolante esterno, di rendere possibile l'identificazione di eventuali interferenze sia tubo con tubo che tubo con apparecchiatura o con parti di altri componenti. Questa caratteristica non è da sottovalutare soprattutto per aziende come Flenco che lavorano per la maggior parte su skid medio-piccoli, dove è importante conoscere al millimetro gli ingombri di ogni pezzo. Come già descritto parlando del P&ID, infatti, in alcune commesse le distanze tra tubi accostati sono dell'ordine di alcuni millimetri, per cui è importante conoscere con precisione anche gli ingombri delle parti non normate di ogni componente, quali volantini, leve, o eventuali enclosure esterni.



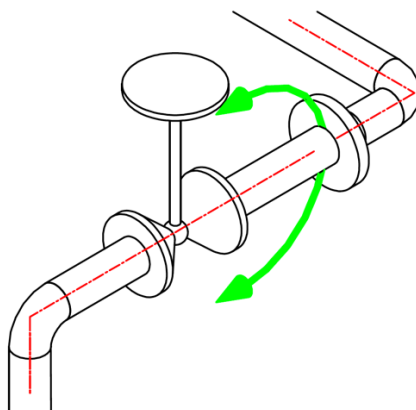
*Figura 4.8 - Confronto tra alcuni tratti di linea vestiti e svestiti*

Di una certa utilità, soprattutto nelle prime fasi del disegno, è il comando “collega punti”. Questo, selezionati i punti di partenza e di arrivo, è in grado di tracciare in modo autonomo la linea tra di essi, offrendo diverse opzioni possibili a chi sta progettando. Nello specifico le possibilità che offre sono al massimo 6, numero che acquista significato cercando di comprendere il meccanismo di base impiegato nel comando: se si devono unire i due vertici opposti sulla diagonale di un parallelepipedo, le combinazioni possibili compiendo un movimento per ciascuna direzione sono effettivamente 6. Il comando funziona per unire due punti posti lungo direzioni qualunque, fornendo nelle situazioni più



semplici dei risultati particolarmente attendibili, mentre nei casi più complessi delle semplici indicazioni su come sviluppare la linea a mano. Le linee proposte possono presentare interferenze con quelle già esistenti, poiché rappresentano la via più semplice per unire due punti e come anticipato si muovono lungo il minimo numero di direzioni possibili. Chiaramente, però, esiste la possibilità di editarle in un secondo momento, sia aggiungendo deviazioni e curve, sia allungando o accorciando i tubi collocati. In questo modo il comando è utilizzabile anche in situazioni complicate per fornire un'idea di principio, da sviluppare manualmente in seguito fino alla configurazione definitiva.

Per quanto riguarda i componenti di linea, ancora una volta il sistema di inserimento è simile a quello del P&ID permettendo la scelta del componente e in seguito del tratto sul quale applicarlo. Per semplificare la collocazione, soprattutto dei componenti più sottili, a schermo sono visualizzate frecce di diverso colore ad indicare le facce dell'oggetto. In questo modo le guarnizioni, quando non inserite come materiale implicito, possono accoppiarsi anche dal punto di vista logico con le due flange della giunzione. Allo stesso modo possono essere inseriti i componenti non propriamente di linea quali gli strumenti di misura e le valvole di controllo. Bisogna però ricordare che queste ultime, non essendo componenti di linea, non possono essere inserite sfruttando il taglio automatico del tubo ma devono essere comprese tra due differenti linee aventi nome e codice diversi.



*Figura 4.9 - Flangia con le frecce a indicare la faccia frontale, corretta per l'accoppiamento*

Sia le valvole che gli strumenti necessitano inoltre di alcune linee specifiche, dette di “tubing”, differenti da quelle impiegate per i fluidi di processo sia per il materiale che le costituisce che per le modalità di giunzione. Questo tipo di tubazione può generare, come si vedrà in seguito, alcuni problemi nella gestione dei file e richiede una particolare attenzione al fine di creare correttamente il file dello sketch isometrico.

Come si è detto in precedenza le linee hanno bisogno di modifiche più o meno piccole durante tutto il corso della progettazione. Queste modifiche in parte derivano dai cambiamenti del P&ID, cosa che solitamente ha profonde ripercussioni sull'intero progetto, mentre altre volte derivano dalla semplice necessità di collocare in maniera più ordinata le linee e i componenti sulla struttura. Le modifiche sono dunque possibili e facili da eseguire sia tramite alcuni comandi nativi di AutoCAD (quali lo stretch) che attraverso un comando apposito denominato “modifica rete”. Lo stretch permette di stirare gli assi



con una buona libertà e senza compromettere l'integrità del disegno, avendo oltretutto la capacità (derivante da ESApro) di modificare l'asse e in contemporanea il tubo stesso. Il comando modifica rete permette invece di muovere rigidamente interi tratti di linea e i componenti su di essi installati, senza permettere errori di posizionamento dei componenti stessi.

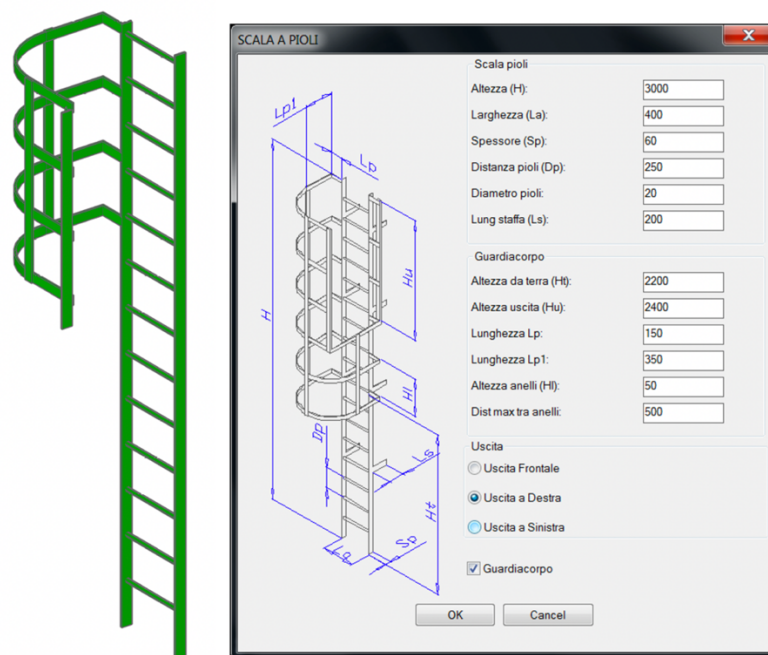
#### **4.4.4 *Apparecchiature e strutture***

Un impianto, sia esso un piccolo skid ausiliario o una grossa centrale, non è ovviamente formato solamente dai tubi e dai componenti di linea. Sono infatti presenti le apparecchiature, che come si è visto sono solitamente i primi componenti da posizionare nel modello, e le parti strutturali. Queste ultime servono sia a sostenere i tubi e le apparecchiature, sia a permettere agli operatori di muoversi sulla macchina per raggiungere i componenti da azionare manualmente o da sostituire.

Per la creazione delle strutture ESApro 3DP mette a disposizione un semplice modellatore, capace di crearle in base alle richieste del progettista. Più nello specifico il programma può generare travi e supporti veri e propri, ma anche scale, passerelle, botole, griglie e ringhiere. Le travi sono presenti nel database nelle loro sagome più comuni, principalmente ad H e a T, con le dimensioni e i pesi già forniti. Sono collocabili nel modello come tutti gli altri componenti di piping e, tramite alcune operazioni booleane, è possibile creare gli intrecci desiderati, oltre a smussi e raccordi.

Gli altri componenti strutturali, invece, sono realizzati in maniera parametrica: è possibile scegliere alcuni dei parametri caratteristici e lasciare al programma il calcolo delle proporzioni. In questo modo basterà impostare l'alzata dei gradini e i punti di partenza ed arrivo per vedere disegnata la struttura, modificando eventualmente le variabili nel caso in cui il risultato non fosse adeguato. Di queste strutture solo le travi, però, possono avere le caratteristiche quali peso e baricentro, tutte le altre risultano invece semplicemente cosmetiche e quindi inutili al fine dei calcoli per il sollevamento.

Per quanto il modellatore di strutture sia semplice e discretamente ricco di possibilità (si veda la Figura 4.10 che mostra la personalizzazione di una scala a pioli), è in grado di realizzare solamente forme semplici e limitate nella personalizzazione, oltretutto sprovviste del peso e quindi inutili al fine di calcolare il baricentro e i punti adatti al sollevamento degli skid. Dunque, per aumentare la gamma di prodotti realizzabili e poter cucire con precisione i supporti e le strutture sullo skid, Flenco ha deciso di acquistare anche un programma esterno alla suite ESApro, Inventor, che trattandosi di un CAD meccanico permette di sviluppare più agevolmente le forme più complesse. La scelta di Inventor è stata basata principalmente sulla software-house di provenienza, Autodesk, che è la stessa a fornire la base di ESApro. In questo modo il salvataggio dei documenti in formati compatibili tra loro è assicurata, facilitando le operazioni di importazione e esportazione.



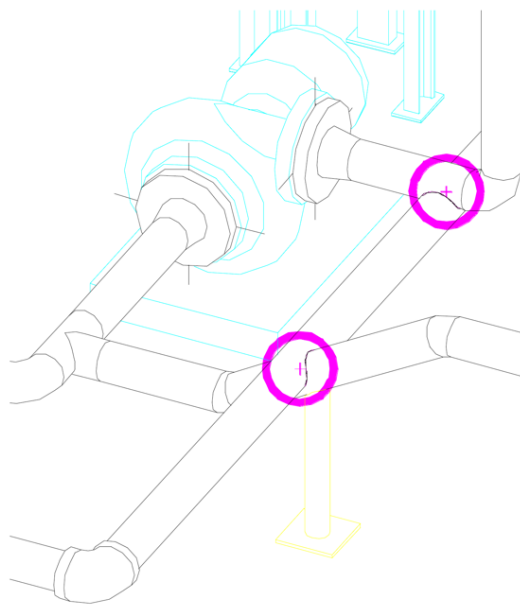
In maniera analoga all'importazione di strutture esterne si può procedere per le apparecchiature, principalmente filtri, motori, pompe e accumulatori. Come anticipato il programma possiede anche un database di apparecchiature già pronte, scalabili e inseribili rapidamente nel disegno. Il più delle volte, però, la necessità è quella di inserire il modello preciso del componente, che è il fornitore del componente stesso a mettere a disposizione. A differenza delle strutture, però, le apparecchiature hanno la necessità di interagire con il piping e di essere riconosciute dal software come tali, così da poter inserire i dati nella corretta scheda tecnica. A tale scopo si adopera una procedura guidata detta "definisci apparecchiatura" che permette di assegnare al modello ogni caratteristica desiderata e di localizzare nello spazio i bocchelli di collegamento alla rete. In questo modo è quindi possibile impiegare nell'insieme dei modelli molto precisi, riconosciuti dal programma e contenenti tutte le informazioni utili.

#### 4.4.5 I meccanismi di controllo

Uno dei maggiori vantaggi nell'impiego di software molto specifici e caratteristici per il tipo di progettazione da svolgere è il fatto di avere a disposizione degli strumenti di controllo appositamente sviluppati, che conoscono le difficoltà incontrate dai progettisti e provano a rimediare ai principali errori commessi. In questo caso ESApro mira principalmente, come anche già visto per quanto riguarda il P&ID, a preservare la consistenza del progetto; tende cioè ad avvertire il progettista (che quasi sempre può decidere di ignorare l'avvertimento) quando sta per compiere delle azioni che potrebbero creare conflitti di vario tipo, dalla creazione di elementi fuoriclasse a interferenze.

Tuttavia, non sempre questi avvisi vengono mostrati, per scelta delle impostazioni da parte dell'utente o perché la stessa ESAin ha scelto di non analizzare in tempo reale determinati aspetti, delegando quindi il loro controllo ad un comando apposito. Questo, quando lanciato, compie dunque l'analisi di zone circoscritte o dell'intero modello ricercando e infine segnalando diversi tipi di incongruenze. Nello specifico l'analisi condotta da "controlla disegno" può vertere su:

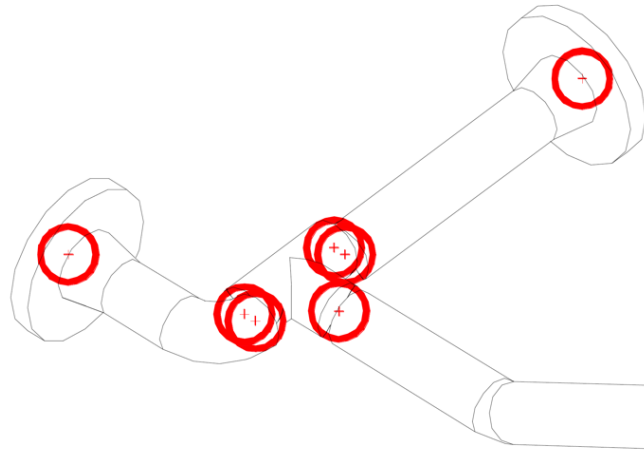
- Ricerca di interferenze: queste sono in effetti tollerate e non segnalate durante la fase di disegno, in virtù del fatto che sovente il comando "modifica rete" permette la loro risoluzione piuttosto rapidamente. Vengono segnalate distintamente le interferenze "hard", cioè quelle ferro su ferro, e quelle "soft", relative a ferro e coibentazione. La distinzione è fatta perché in molti casi le coibentazioni possono essere plasmate un po' più liberamente rispetto ai tubi di acciaio, e quindi questo tipo di interferenza è considerata meno grave. Questo comando, in realtà, può anche essere sempre attivo e compiere le sue verifiche in tempo reale durante la stesura di ogni linea. Se ne sconsiglia però l'utilizzo in quanto rischia di abbassare drasticamente le prestazioni del programma, rendendo difficoltoso il disegno;



*Figura 4.11 - Esempio di come vengono evidenziate le interferenze.*

- Analisi delle connessioni: poiché il programma considera la linea "un'entità che ha un inizio e una fine", l'analisi mira esattamente al conteggio dei capi di ogni linea presente sul modello. Può infatti capitare che, decidendo di ignorare gli avvisi, il progettista crei linee duplicate o non connetta correttamente i due capi. Questo accade sovente nel caso di diramazioni, che come visto possono esistere comunicando necessariamente al programma che se ne sta creando una in modo da far comparire il codice adatto nel numero della linea, oppure nel caso di utilizzo improprio della funzione di copia-incolla. Quest'ultima, in realtà, deriva dal comando nativo di AutoCAD ma è stata modificata in modo da richiedere, nel momento in cui si cerca di incollare

una linea appena copiata, quali siano i parametri della linea stessa. Ciononostante, non vincola all'utilizzo di un diverso nome e dunque permette la creazione di duplicati;



*Figura 4.12 - Esempio di come vengono evidenziati tutti i punti di disconnessione. È compito del progettista capire quali è corretto mantenere e quali invece correggere.*

- **Controllo finiture e rating:** questa analisi consente di vagliare tutti i collegamenti flangiati e di valutare se i due componenti abbiano, appunto, la finitura e il rating congruenti. Inoltre analizza il numero di dadi/viti che tengono unite le flange e le guarnizioni nel mezzo. È un comando che si può decidere di tenere attivo costantemente in background, ma che in questo modo permette di valutare solo le flange inserite automaticamente dal programma e non quelle che manualmente è il progettista ad inserire, pezzo per pezzo;
- **Ricerca dei fuori-classe:** la ricerca si concentra, appunto, sull'analisi della rete ricercando componenti che non rispettino le classi di linea. Può infatti capitare, nonostante gli avvertimenti del software, che il database relativo ad una classe venga modificato dopo aver già creato linee appartenenti a quella classe. A questo punto, dunque, i componenti modificati risulterebbero già inseriti e i messaggi di errore non comparirebbero, ma a livello concettuale la rete risulterebbe errata;
- **Cancella simboli:** come anticipato, i controlli sopracitati ricercano ed evidenziano, tramite dei cerchi colorati, i diversi errori commessi nel disegno. Questi simboli sono, a tutti gli effetti, delle figure AutoCAD e devono essere eliminati manualmente, una volta risolto il problema, semplicemente selezionandoli e cancellandoli come ogni altra figura. Dovendo però eliminare in blocco, per poter avere un disegno pulito, tutti o parte dei simboli, si può ricorrere alle opzioni dei singoli controlli (che permettono l'eliminazione dei simboli relativi alla loro ricerca), oppure a quest'ultimo comando, che elimina invece tutti i simboli presenti sul disegno.

Come si può notare, dunque, il comando di controllo del disegno può eseguire diverse verifiche, selezionabili a scelta, per limitare gli errori nel risultato finale. Chiaramente questa analisi non esula il progettista dalla responsabilità né elimina completamente la possibilità di errore, ma è comunque un aiuto capace di risolvere problemi minori.

#### 4.4.6 Collegamento tra P&ID e modello 3D

Come già illustrato in precedenza, uno dei principali punti di forza della completa suite ESAprò è la possibilità che hanno i programmi, attraverso principalmente il database condiviso, di dialogare tra loro in modo da poter evidenziare incongruenze tra documenti diversi. Questa caratteristica è di grande aiuto quando si devono seguire progetti che comprendono un gran numero di file e i loro relativi aggiornamenti da effettuare su tutti i documenti che, a partire dallo schema d'impianto, dipendono in sequenza dai precedenti. La modifica del P&ID ha in effetti ripercussioni sul 3D, il quale ne ha sulle tavole quotate e sugli sketch costruttivi, e ancora sugli elenchi materiale. Dunque, si può comprendere quanto poter tenere traccia di ogni modifica sapendo come questa si propaghi nell'intero progetto sia importante, così come la conoscenza della storia delle revisioni di ogni file.

Chiaramente per usufruire dei vantaggi è necessario seguire il flusso di lavoro che ESAprò ritiene sia corretto, standard, che quindi inizia con la stesura del P&ID e si muove verso il 3D e i costruttivi. Avendo infatti avuto la premura di associare fin dal principio il disegno tridimensionale ad una specifica commessa, si avrà accesso all'elenco delle linee presenti in tutti i P&ID della commessa stessa. In questo modo quando si comincerà la stesura di una linea si potrà ovviamente crearne una da zero, ma si avrà anche la possibilità di selezionare una linea specifica, già rappresentata nello schema d'impianto, completa delle sue caratteristiche quali diametro o classe. Una volta completata la linea in questione, o tutte le linee del modello, si può adoperare il comando "confronta con P&ID". Questo è il duale, inserito nell'ambiente 3D, del meno utilizzato "confronta con 3D" presente invece nell'ambiente P&ID. Il comando permette di associare i due file che contengono lo schema e il modello, in modo da poter confrontare i componenti presenti nei due ambienti e permettendo la generazione di messaggi automatici nel caso in cui si volessero compiere delle modifiche. È quindi necessario avviare il comando e, nel menù dedicato, scegliere il P&ID del quale si è appena realizzato il disegno. In questo modo i due file vengono assegnati alla stessa parte di impianto ed è possibile associare non solo le linee fisicamente disegnate nel 3D con quelle schematiche del P&ID, ma anche tutti gli altri componenti.

L'associazione deve avvenire, però, componente per componente attraverso il menu mostrato in Figura 4.13. Non è infatti sufficiente collegare il 3D con il P&ID, ma serve invece selezionare singolarmente ogni tubo, valvola, filtro e altro, e associarlo di volta in volta con il suo duale. Da questo momento in poi, per il software, i due componenti vengono considerati allo stesso modo, risultando di fatto lo stesso oggetto collocato in due posti diversi. Il TAG, ad esempio, attraverso questa associazione viene attribuito in automatico al modello 3D e nel caso in cui venisse modificato in uno dei due file, all'apertura dell'altro verrebbe mostrato un avviso ad avvertire del cambio. L'associazione funziona ovviamente solo nel caso in cui i due componenti rispondano alle stesse caratteristiche: non è possibile associare una valvola a sfera filettata con una a saracinesca flangiata, così come anche il diametro deve coincidere.

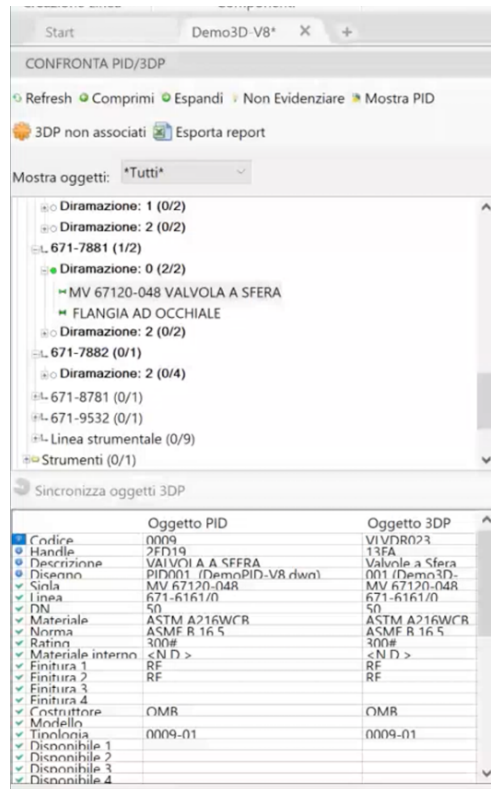


Figura 4.13 - Schermata di selezione dei componenti da P&ID per poterli associare a quelli del 3D.  
Si noti che la diramazione con un cerchietto verde di fianco al nome è già stata associata, mentre l'altra no

In realtà, però, la questione delle modifiche automatiche è limitata proprio a questi avvisi che compaiono durante l'apertura dei documenti e poco più: il programma non può modificare da solo il file ma può semplicemente avvertire il progettista che su un file associato è stata eseguita una modifica, riportando il nome del componente e lasciando dunque al responsabile il compito di capire che cosa sia stato modificato per agire di conseguenza. Non viene però comunicato quale informazione bisogna verificare o sostituire, e quindi è necessario rivedere completamente il datasheet del componente per poter eseguire la modifica, oppure chiedere delucidazioni a chi se ne è occupato.

A detta degli sviluppatori questa scelta risiede nella possibilità che dà il programma di avere due utenti che lavorano in contemporanea sui due documenti associati: se infatti fossero contemporaneamente aperti entrambi, su PC diversi, e su uno dei due si eseguisse una modifica, l'aggiornamento automatico potrebbe disturbare o confondere il lavoro sull'altro. Invece la comparsa delle semplici notifiche non disturba l'operato e lascia la possibilità di modifica in un secondo momento. Questo può essere un motivo valido, che però diventa un grosso limite all'automazione che il programma promette, obbligando modifiche manuali di dati che senza grosse difficoltà potrebbero essere cambiati in automatico, e quindi riducendo il risparmio in termini di tempo uomo. Inoltre la conformazione dei messaggi di avviso, contenenti solamente il nome dei componenti i cui dati sono stati modificati, obbliga ogni volta ad esaminare tutto il datasheet per trovare il campo da aggiornare, esattamente come nel caso in cui non si utilizzassero programmi di questo tipo.

Dunque si può affermare che questo tipo di sistema di collegamento è sicuramente utile a tenere traccia delle modifiche eseguite e di quelle ancora da eseguire, eliminando sistemi di scambio di informazioni come email o telefonate ai colleghi e mantenendo in un unico database ogni dato. In questo modo la confusione che potenzialmente si può generare attorno a questo tipo di lavoro diminuisce e la possibilità di errore con lei. Tuttavia, da un programma che promette una così grande integrazione tra i sistemi, è possibile che qualcuno richieda qualche automatismo in più per rendere non solo più preciso il lavoro, ma anche più veloce.

#### 4.4.7 *Messe in tavola*

Una volta terminato il modello tridimensionale è utile eseguirne la messa in tavola. Questo compito bisogna eseguirlo ancora una volta nell'applicativo ESAPRO 3DP, in uno degli spazi relativi al layout che AutoCAD mette a disposizione, il cosiddetto "spazio carta". Si tratta dunque di trasferire su un foglio bidimensionale il modello 3D appena concluso, scegliendo le viste opportune alla rappresentazione di ogni componente in maniera chiara, così da poter mostrare al cliente quanto prodotto. Lo spazio di lavoro è assimilabile, come si può intuire dal nome, ad un foglio di carta interposto tra il modello e lo sguardo dell'utente. Su di esso è possibile creare degli strappi localizzati in modo da visualizzare quanto necessario, avendo però la cura di posizionare e orientare correttamente il modello retrostante. Come anche in altre situazioni, ESAPRO ha messo mano all'ambiente di lavoro rendendolo più intuitivo e soprattutto più adatto alla rappresentazione del piping e degli impianti in generale.

Tra queste modifiche troviamo un automatismo utile al riempimento del cartiglio, simile a quello impiegato in ESAPRO Isometrics: una volta inserito il foglio da disegno utile ad avere un riferimento circa le dimensioni finali della stampa, può infatti esservi inserito un cartiglio. Questo, attraverso una procedura guidata, può essere popolato di tutte le informazioni che il modello contiene, in modo che ciascuna finisca nella corretta posizione e abbia la dimensione adatta. Parliamo quindi di nome del file, data, nome del progettista, indice di revisione e altro, inserito dapprima nelle specifiche del file e trasferite automaticamente al cartiglio.

Per quanto riguarda la scelta delle viste, si può scegliere tra le classiche isometriche, ortogonale, laterale e in pianta, oltre a quella corrente che rappresenta il modello nella posizione in cui si trova nel momento della creazione della vista. Ognuna di queste è inoltre scalabile per poter riempire il foglio come più si desidera e sezionabile. A partire dalla prima vista collocata, inoltre, il programma allinea le successive automaticamente e cerca di uniformare, ove possibile, la scala di rappresentazione.

È interessante notare che, fino a questo punto, quanto rappresentato nell'ambiente "carta" non è ancora un vero e proprio disegno ma la semplice visualizzazione da diversi punti di vista di un modello posizionato dietro al foglio. Quindi, una volta composto il foglio da disegno, è necessario creare le viste bidimensionali vere e proprie attraverso il comando "disegna profili". Tra le sue opzioni si trova la possibilità di creare i tratteggi per le linee nascoste, posizionate su un layer specifico, in modo da poterle far comparire solo quando necessario.

L'aggiunta delle annotazioni, ultimo lavoro da svolgere, è nuovamente ottimizzata dal programma rispetto a quella, comunque utilizzabile, impiegata da Autocad. Dunque le quote aggiunte

indicheranno il valore corretto presente nel 3D anche se le viste sono in scala, e saranno disegnate sul piano corretto e non su quello x-y di default. Le annotazioni, che permettono di scrivere informazioni sui disegni, si comportano pressoché nello stesso modo: si inseriscono tramite il pulsante apposito e si adeguano alla scala del disegno per non essere di ingombro né risultare troppo piccole per essere viste. Tra di esse rientrano anche le frecce che indicano il senso del flusso e che comunemente si applicano proprio in questa fase del lavoro e non prima.

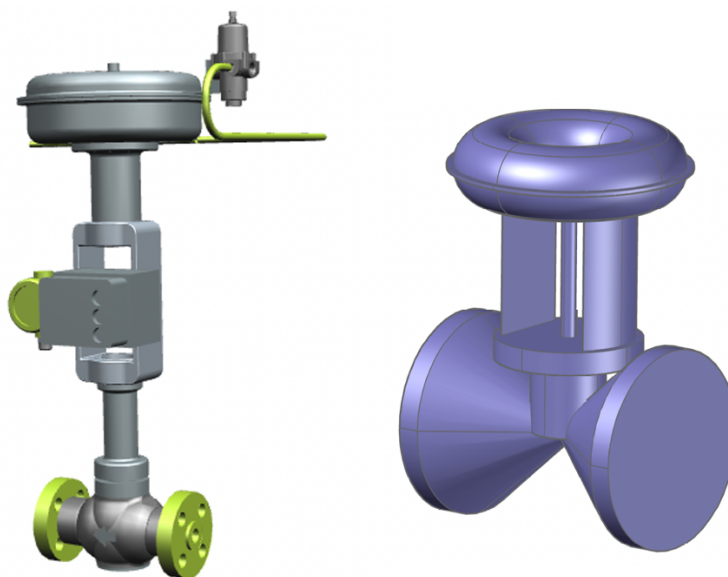
#### *4.4.8 I problemi nel primo utilizzo*

Come è possibile immaginare, i primi utilizzi di un software di disegno tridimensionale generano sempre un certo numero di inconvenienti che possono essere legati sia alla poca conoscenza dello stesso da parte dell'utente, sia a caratteristiche del programma che non si sposano con le modalità di lavoro dell'azienda. In questo paragrafo si cercherà di elencare i principali che, soprattutto nei primi tempi, sono sembrati maggiormente impattanti in Flenco e hanno richiesto ulteriori chiarimenti da parte della software-house.

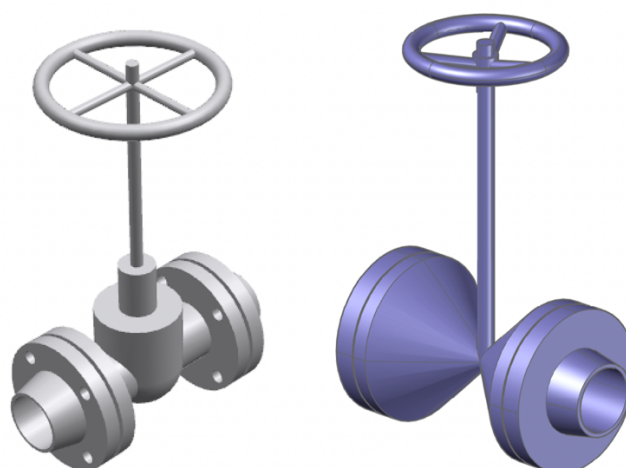
Per quanto riguarda l'abitudine degli utenti, uno dei primi problemi incontrati riguarda la gestione dello spazio in cui disegnare: questo, come già spiegato, è stato ottimizzato per la navigazione tridimensionale tramite alcuni semplici comandi che permettono di muovere l'UCS. Per quanto la modifica sia utile, la differenza con un CAD di natura meccanica continua ad essere importante e l'impostazione dei comandi ha richiesto alcuni mesi prima di imparare a gestire al meglio i piani di disegno.

Uno dei vincoli maggiori riscontrati nell'impiego del software è legato alla gestione di modelli 3D più complessi poiché Flenco ha solitamente la necessità, come già accennato, di lavorare su impianti piccoli ma particolarmente intricati. In questa situazione è importante avere un modello che rappresenta con precisione i componenti, così da rendere visibili fin da subito gli ingombri e valutare eventuali compenetrazioni o spazi vuoti. Per questo motivo è comune integrare nel modello la rappresentazione precisa dei pezzi, realizzata dagli stessi fornitori, al posto di disegni standard e generici. Questi ultimi sono, però, quelli che di base ESAPro fornisce e con i quali è capace di restituire i risultati migliori, sia in termini di tempo che di velocità di calcolo. Si tratta infatti di modelli dal peso (in byte) contenuto perché privi di molti dettagli non indispensabili (si vedano le Figure 4.14 e 4.15), scalabili a seconda delle esigenze e già integrati nel database in modo da essere pronti all'uso: sono un'ottima soluzione da inserire in impianti medi e grossi, e quando la forma esatta non è una caratteristica rilevante. Dovendo impiegare dei componenti personalizzati, invece, è necessario importare sul programma il modello e successivamente definirne la tipologia e le caratteristiche in modo che sia presente nel database: parliamo dunque sia dei dati informativi presenti nei datasheet che di quelli legati alla geometria, prima tra tutti la posizione dei bocchelli di connessione.





*Figura 4.14 - Rappresentazione di una PCV: si può notare che quella presente di default su ESAprò (a destra) è molto meno dettagliata rispetto a quanto fornito dal produttore*



*Figura 4.15 - Rappresentazione di una valvola a globo. Per i componenti più semplici le differenze tra i due software sono limitate, ma si può notare il corpo valvola semplificato di ESAprò*

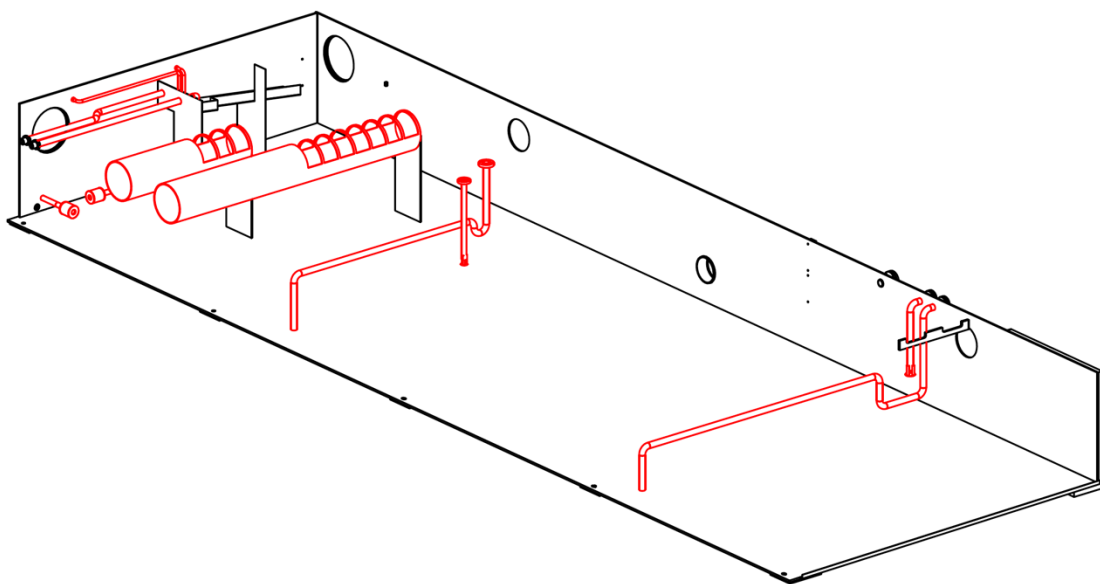
Quella della personalizzazione dei disegni è, inoltre, una questione legata ad alcune richieste specifiche dei clienti. Talvolta, infatti, è richiesto un modello 3D che sia esteticamente gradevole, anche se più pesante e meno chiaro nella visualizzazione, così da poterne trarre delle immagini da inserire nelle presentazioni o sul web o, più semplicemente, per rendere più chiara la rappresentazione della rete a chi non è un addetto ai lavori.

Oltre alle apparecchiature e ai componenti esterni, Flenco deve disegnare anche i supporti: questi sono composti da travature, staffe e lamiere, sagomate attorno alla macchina in modo da sostenerne il peso e permettere l'accesso e la sostituzione dei componenti.

Molti degli impianti di lubrificazione, inoltre, presentano una struttura inferiore che agisce sia da supporto che da serbatoio, sulla quale tutte le apparecchiature sono alloggiate e contenute all'interno le tubazioni di drenaggio, di aspirazione e ritorno collocate a quote differenti. È per queste situazioni che assieme a ESApro è stato acquistato anche Inventor, in modo da realizzare quanto possibile sul primo e integrare quello che non è possibile realizzare, come questo tipo di serbatoio, tramite il secondo. Tuttavia, fin dal primo utilizzo, è nato il problema legato a come far comprendere a ESApro che il serbatoio è un'apparecchiatura, ma allo stesso tempo contiene delle tubazioni che fanno parte di linee iniziate al suo esterno.

È quindi una sorta di incrocio in cui è necessario conoscere la posizione del piping per disegnare il serbatoio, e viceversa. Quest'operazione è da condursi alternando i due programmi, esportando dapprima la rete verso Inventor per cucirle attorno il tank e infine re-importando quest'ultimo in ESApro configurandolo come una comune apparecchiatura, inserendo i bocchelli e quant'altro. Nel condurre questa operazione, però, è importante notare che durante l'esportazione il file di ESApro perde le caratteristiche che lo rendono interattivo e gli permettono di contenere informazioni su sé stesso: diviene un semplice modello tridimensionale, caratterizzato da dimensioni ben precise ma senza alcuna conoscenza dei rating, delle temperature di esercizio, delle portate e di ogni dato del processo. Dunque la rete esportata può semplicemente fungere da modello, grazie al quale dimensionare il tank, ma una volta creato quest'ultimo può essere cancellata e non bisogna assolutamente impiegarla in ESApro. Questo deve avvenire ogni volta in cui nasce la necessità di modificare il serbatoio: si esporta la rete (magari contenente anche una precedente versione del serbatoio), si compiono le modifiche, su Inventor, si elimina dal modello la rete di tubazioni, si esporta verso ESApro il serbatoio e infine lo si configura come accessorio.

Queste operazioni sono effettivamente piuttosto semplici da compiere e l'utilizzo di Inventor, per progettisti abituati ad impiegare un CAD meccanico simili, non è da considerarsi difficoltoso. Purtroppo, però, è comune che le modifiche da compiere siano frequenti e i clienti richiedano spesso aggiornamenti dei disegni, obbligando quindi ad un continuo movimento di file tra un software e l'altro in un ciclo che può essere pericoloso per via della perdita dei salvataggi, oltre che del tempo da destinare ogni volta alla configurazione dell'apparecchiatura.



*Figura 4.16 - Esempio di serbatoio con, all'interno, alcune tubazioni.  
Le tubazioni devono essere realizzate in ESApro, le lamiere in Inventor*

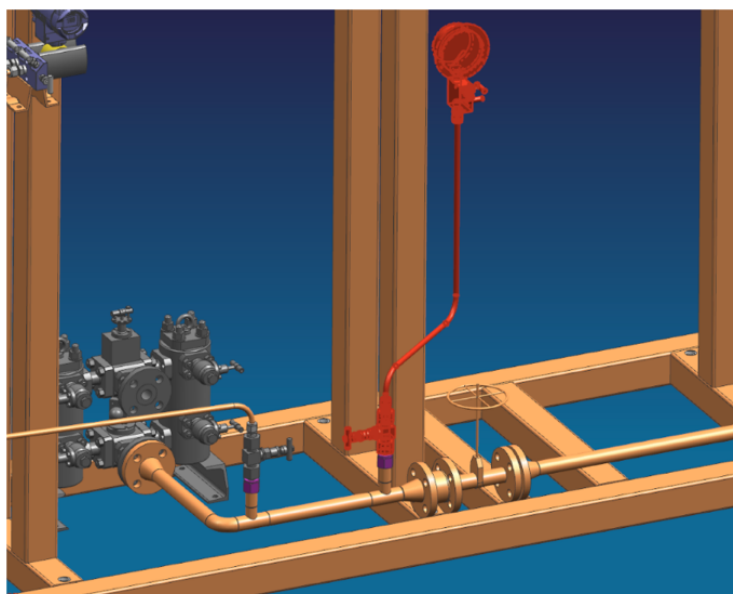
Sempre per quanto riguarda l'aspetto delle modifiche al modello, è stato detto in precedenza che il flusso di lavoro ideale prevede per prima cosa la collocazione delle apparecchiature e in seguito, tra di esse, il posizionamento delle tubazioni. Per il metodo di lavoro adottato da Flenco tipico di chi deve sottostare alle richieste del cliente, però, è comune che a mesi dall'inizio della commessa alcune delle apparecchiature necessitino di essere sostituite o spostate. Questo può derivare sia da modifiche del P&ID o del processo, sia dal fatto che vagliando diversi fornitori per ottenere l'offerta migliore possono passare settimane prima che i componenti finali siano definitivi.

È quindi comune iniziare il disegno delle tubazioni avendo in mente la posizione delle apparecchiature ma senza possederne il modello, da inserire successivamente adattando quanto già creato, oppure muovere intere sezioni della rete per accomodare qualche componente aggiunto in un secondo tempo. Queste operazioni, seppur possibili in ESApro, risultano però difficoltose non avendo a disposizione uno strumento simile a quello di modifica della rete, capace di editare tratti di tubazione senza commettere grossi errori. Lo spostamento delle apparecchiature, invece, comporta la perdita dei riferimenti bocchello-tubo e obbliga, quindi, la modifica manuale di un certo numero di parametri.

Un altro aspetto importante che ha suscitato alcune difficoltà nelle prime fasi è legato, come accennato in precedenza, alle linee di tubing: si tratta di condotti realizzati solitamente con metalli più nobili, aventi migliori caratteristiche meccaniche, che si connettono tra loro attraverso appositi giunti detti "fittings" e che lavorano per pressione o tramite collegamenti filettati. Alcune differenze ci sono anche per quanto riguarda le curve, che nelle aperture più comuni esistono come componenti separati ma che possono essere realizzate anche piegando i tratti rettilinei per ottenere tutte le configurazioni necessarie, potendo oltretutto contare per alcune situazioni su tubi flessibili realizzati da strati polimerici rinchiusi in una calza metallica. Tutto il tubing, inoltre, non è normato ma consente ai diversi produttori di scegliere i loro standard di materiali, diametri e spessori. In questo modo il mercato si è

popolato nel tempo di un gran numero di aziende che offrono componenti simili sia nell'aspetto che nelle caratteristiche, ma che non sono compatibili se non con quelli dello stesso produttore.

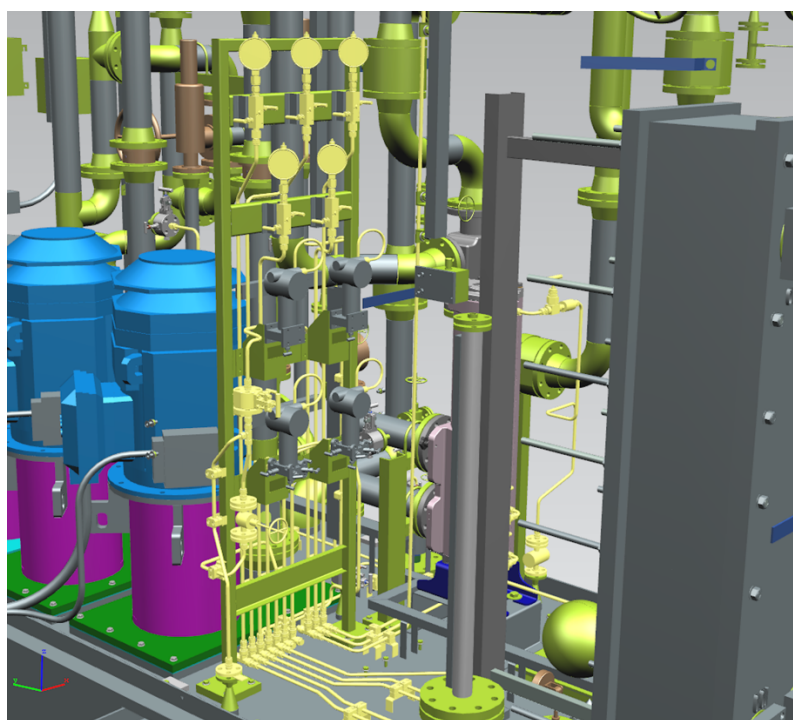
I tratti di tubing negli impianti di Flenco si impiegano principalmente nell'unione degli strumenti di misura con i tubi di processo da monitorare, nei pilotaggi delle valvole di controllo e, in alcuni casi, nella realizzazione delle linee di drenaggio più piccole. ESAprò invece, per questi scopi, impiega le cosiddette "linee strumentali", che oltre a gestire le precedenti situazioni servono anche per tracciare le linee che portano i fluidi di servizio quali aria compressa oppure olio idraulico e che comunemente sono costituite da comuni tubi di piping, esattamente come i fluidi di processo. Per quanto riguarda gli strumenti, dunque, è possibile inserire uno "strumento connesso", selezionando la linea sul quale collocarlo e gli accessori da applicare, come i pozzetti termometrici e i trasmettitori. In questo modo i dati del fluido di processo verranno inseriti nello strumento stesso rendendo il processo molto rapido. In maniera analoga è possibile realizzare il pilotaggio di una valvola di controllo, scegliendo prima la linea da regolare e in seguito la valvola alla quale connettersi. Le linee create in questa maniera, però, risulteranno appunto strumentali e come tali verranno trattate dal programma per le successive operazioni: negli impianti di una certa dimensione, infatti solitamente non si indicano nei disegni progettuali le linee di tubing se non in maniera sommaria, in quanto si tratta di componenti dalle dimensioni ridotte che facilmente si inseriscono in strutture molto grandi.



*Figura 4.17 - Tipica linea strumentale realizzata col tubing. La valvola vicina allo stacco è detta "di radice", quella allo strumento "manifold"*

Per questo motivo ci si affida solitamente all'installatore della linea, che aiutato dall'hook-up che mostra le modalità di connessione, costruisce la linea girando attorno alle apparecchiature e ai tubi già installati basandosi sullo spazio a disposizione che è particolarmente abbondante. Se però questa è una modalità di lavoro che per gli impianti estesi ha modo di funzionare, quando si parla di macchinari più piccoli è utile poter pianificare a tavolino anche il tubing per fornire all'officina un progetto il più completo possibile.

Alcuni progetti sviluppati da Flenco hanno un gran numero di linee tubing che si infittiscono in particolar modo nei pressi dei pannelli strumenti (si veda la Figura 4.18), in un gioco di incastri che non è possibile lasciare completamente all'officina. Dunque, per poter tracciare questo tipo di linee e vederle all'interno degli sketch isometrici, è necessario impiegare degli "strumenti discreti" al posto di quelli connessi, che è possibile inserire liberamente nello spazio di disegno. Una volta inseriti si può disegnare il tubing come se fosse una linea normale (quindi creando al principio del lavoro la classe nel database e popolandola degli elementi necessari) e in seguito assegnare i dati allo strumento, che perderà però la capacità di aggiornarsi seguendo il fluido di processo e quindi buona parte del vantaggio che il software può offrire. In questo modo il programma tratterà il tubing esattamente come il piping e ne permetterà le stesse modifiche e rappresentazioni.



*Figura 4.18 - Esempio di pannello strumenti. In giallo possono essere notate le linee di tubing che portano il segnale di pressione dai tubi di processo agli strumenti*

Per quanto riguarda la fase di messa in tavola, uno degli aspetti più critici del programma è legato alla poca automazione presente. Si tratta quindi non di un reale problema riscontrato, ma piuttosto di una mancanza che, se presente, avrebbe agevolato il lavoro dei progettisti: nel caso in cui si eseguissero successivamente alla messa in tavola delle modifiche al modello 3D, le viste si auto aggiornerebbero necessitando solo di piccole rifiniture in funzione dell'entità delle modifiche compiute. Le quote e le annotazioni però, risultando vincolare a specifici punti sui disegni, rimarrebbero fisse dove si trovano, obbligando il progettista ad eliminarle o modificarle manualmente.

Questa caratteristica è giustificata dagli sviluppatori poiché questo tipo di disegno, negli ultimi tempi, non è più diffuso a livello costruttivo ma semplicemente conoscitivo. Le messe in tavola servono per presentare il progetto ai clienti e per avere un'idea di massima dell'impianto, ma per la costruzione si

impiegano sketch isometrici capaci di evidenziare con maggiore chiarezza i dettagli necessari. Oltretutto, la possibilità di download di alcuni software open-source capaci di navigare i modelli e leggerne tutte le informazioni ha ulteriormente ridotto l'utilità delle tavole.

Chiaramente, però, non sempre la situazione è questa e per un gran numero di commesse della Flenco le messe in tavola rappresentano ancora una specifica richiesta dei clienti, obbligando dunque i disegnatori a modificare, in seguito a ogni cambiamento del modello, parti del disegno a mano. Inoltre, per via dell'indipendenza delle quote dalla scala delle viste, i valori indicati sono quelli che inserisce il software e non possono essere in alcun modo editati.

Naturalmente un disegno realizzato con precisione non ha bisogno di modifiche del genere nelle fasi di messa in tavola, considerando oltretutto che la maggior parte del piping la si realizza indicando i punti di partenza e di arrivo dei tubi ed evitando quindi di digitare i valori di lunghezza (in questo modo si evita che il progettista esegua dei calcoli che, approssimati, portano le connessioni a non essere precise), ma ci sono situazioni nelle quali è indispensabile eseguire questo tipo di modifiche rapidamente per poi correggere il 3D con la dovuta calma e precisione. Si tratta quindi di problemi limitati ed evitabili in un ufficio tecnico organizzato ad hoc ed abituato a seguire il flusso di lavoro che ESAin richiede, in modo da, ad esempio, creare le messe in tavola solo nel momento in cui il 3D è completo e non nelle fasi intermedie. Il vincolo principale è in questo caso rappresentato proprio dalla necessità di lavorare seguendo dei binari piuttosto rigidi, tracciati da chi il software l'ha progettato ma ovviamente non cuciti sull'azienda che lo utilizza. In questo modo chi è capace di adattarsi e cambiare, a volte anche profondamente, il proprio modo di lavorare, viene premiato attraverso i sistemi di verifica e controllo, ma chi prova a discostarsi dai binari rischia di incontrare difficoltà e vincoli inaspettati.

Per ultimo, rimanendo nella sfera delle mancanze del software riscontrate durante l'uso, bisogna ricordare la poca interazione tra il programma di P&ID e quello del 3D. Come già detto, questo tipo di interazione è limitata alla comparsa di messaggi che notificano una discordanza tra i due in seguito a modifiche compiute legate sia alla posizione o al tipo di componente, sia alle informazioni che la sua scheda contiene. Al momento in cui si sta scrivendo questa Tesi, il messaggio di notifica è capace di indicare il solo nome del componente modificato attraverso una finestra di testo a comparsa, ma non la caratteristica specifica che è necessario aggiornare a mano. In seguito a stupore e richieste da parte dei progettisti Flenco di implementare un sistema maggiormente interattivo, però, gli sviluppatori hanno acconsentito ad aggiungere, nella finestra a comparsa, che tipo di informazione è stata modificata. Si tratta comunque di una soluzione che aumenta di poco l'interazione tra i due programmi, che potenzialmente potrebbero rendere più rapido il disegno del 3D proponendo, per ogni linea, gli accessori precisi già inseriti nel P&ID nella giusta sequenza, senza rendere necessaria la scelta degli stessi dall'elenco nella classe di linea. Come già detto, questo più che un difetto del programma è una semplice mancanza, una richiesta che potrebbe facilitare e sveltire il lavoro dei progettisti.

#### 4.4.9 Conclusioni

Dunque, a quanto detto fin ora, si può evincere che ESAPro 3DP sia un programma particolarmente completo sia per quanto riguarda la modellazione 3D delle tubazioni in particolar modo, presentando migliorie che aumentano la fruibilità dell'ambiente nativo di disegno, sia nella parte di messa in tavola. L'integrazione con gli altri strumenti presenti nella suite permette di verificare man mano i dati e modificare, tenendo traccia di ogni modifica, quanto fosse necessario ed è di grande aiuto qualora si lavorasse su commesse contenenti molti file. Si tratta quindi di grossi vantaggi che impattano soprattutto sulla qualità del lavoro finale, raggiungibili solamente seguendo correttamente il flusso previsto.

Tuttavia, come già anticipato, il programma ha alcuni difetti che nel caso specifico di Flenco risultano particolarmente importanti ed è corretto ribadire. La comunicazione con gli altri documenti, primo tra tutti il P&ID, pare infatti piuttosto flebile e non aiuta la stesura del 3D se non per le linee già in parte create (ma, ricordiamo, necessitanti di grosse aggiunte nelle fasi iniziali del disegno) e in fase di verifica, quando può essere instaurato il meccanismo di notifiche circa i cambiamenti. La mole di lavoro e di tempo che serve, quindi, per allestire e modificare di volta in volta il database, è giustificata solo dalla verifica e non da un aiuto più concreto nella fase di disegno vero e proprio. Allo stesso modo il sistema di notifiche che mostra solamente il TAG del componente e non il tipo di modifica compiuta necessiterebbe di una implementazione, non necessariamente per arrivare all'aggiornamento automatico dei dati (che, ricordiamo, è vincolato alla possibilità di lavorare contemporaneamente su diversi file) ma sicuramente al mostrare una quantità maggiore di informazioni.

Il problema legato alle apparecchiature, da disegnare esternamente e importare, rischia di avere un rilevante effetto sul tempo complessivo da dedicare, e inoltre fa sì che il disegno acquisti un gran peso, man mano più difficile da sostenere per i PC aziendali dediti al disegno. Il problema del peso è inoltre da considerarsi accentuato dalla collocazione, come consigliato dagli sviluppatori, sia del database che dei programmi veri e propri, sul server aziendale. In questo modo le prestazioni generali subiscono anche gli impatti delle connessioni dati, performanti in ufficio ma con andamenti più variabili durante lo smartworking. Inoltre, sempre per quanto riguarda le apparecchiature, è piuttosto vincolante la necessità di collocarle all'inizio e non muoverle più, molto difficile da realizzare in Flenco.

Dunque, come già espresso, il programma è molto potente e può essere di grande aiuto durante il lavoro, riducendo il tempo dedicato alla commessa e soprattutto aumentandone la qualità tramite i sistemi di controllo, gestiti piuttosto bene. Purtroppo, però, richiede che ogni operazione venga svolta rigorosamente nella maniera richiesta e nel momento corretto, creando problemi in caso contrario, che riducono drasticamente i vantaggi e portano ad aumenti sostanziosi della difficoltà e del tempo.

## 4.5 ESapro ISOmetrics

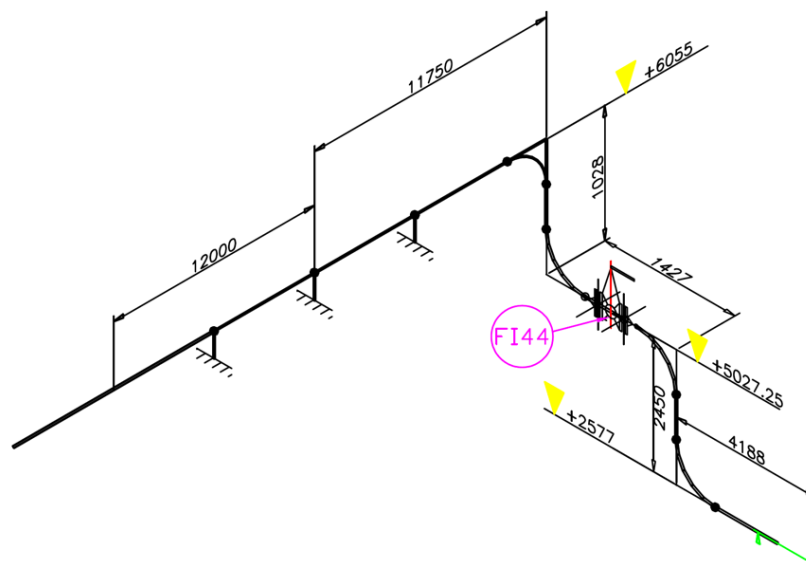
Nell'ambito specifico della disegnazione, l'ultimo passo da compiere prima di mandare il materiale all'officina è la creazione dei disegni costruttivi. Questi sono delle rappresentazioni di parti delle linee o dell'impianto, solitamente di un gruppo di spool, realizzate nei singoli dettagli e utili a chi costruisce e assembla per avere un riferimento. È dunque necessario rappresentare con precisione millimetrica tutti i componenti, ricordandosi degli ingombri di ciascuno di essi senza trascurare nemmeno i più piccoli come le guarnizioni, in modo da poter tagliare e saldare gli spezzoni di tubo nelle posizioni corrette prima di comporre l'intera rete.

Disegni di questo tipo Flenco li ha realizzati fin da quando ha iniziato la produzione degli skid, prendendo parte del modello 3D e via via elaborandola aggiungendo le quote (questa volta tutte e non, come nelle tavole realizzate in seguito al 3D, solo le principali), la bollatura con la relativa tabella, e ogni informazione necessaria. Tra queste ultime vi sono solitamente le informazioni circa i materiali e i trattamenti termici, le saldature, i pesi, le normative di riferimento per i pezzi normati, le coppie di serraggio dei collegamenti ed eventuali note che è utile comunicare all'officina.

Poiché si tratta di disegni in isometria di pezzi tridimensionali, per le parti più complicate o dense di componenti sono sovente necessarie più viste della stessa linea, in modo da rappresentare anche i componenti che in una delle viste risulterebbero coperti da altri o in secondo piano. Inoltre, dovendo a volte rappresentare lunghi tratti di linea senza interruzioni, è necessario scegliere una scala adeguata, cercando un compromesso tra la visione del pezzo nella sua interezza e la comprensione dei dettagli più piccoli che potrebbero non essere visibili riducendo la scala. L'entità di un lavoro del genere è quasi paragonabile alla preparazione dell'intero modello 3D, perché richiede molta attenzione su ogni tavola per ottenere le corrette angolazioni, e per ogni impianto richiede un gran numero (centinaia) di tavole diverse. Ciascuna di esse deve essere non solo corretta dal punto di vista formale del disegno tecnico e deve contenere le informazioni esatte, ma deve essere realizzata in modo che sia comprensibile senza generare equivoci in chi dovrà realizzare i pezzi e i collegamenti.

È per risolvere questi problemi che, dunque, si è scelto di impiegare degli sketch isometrici nella rappresentazione dei costruttivi. Inizialmente nati per l'impiego nella progettazione navale (dove le lunghezze dei tubi che corrono lungo lo scafo non sono assolutamente paragonabili con la loro sezione) e poi diffusi in tutti gli ambiti in cui sia richiesto del piping, gli sketch consistono in una rappresentazione schematica delle linee, non in scala e volta ad essere compresa facilmente.





*Figura 4.19 - Esempio di sketch isometrico. Si può notare che le lunghezze non sono in scala ma sono modificate in modo da poter accomodare l'intero disegno nel foglio*

Dunque, a partire dai tubi che sono rappresentati da una semplice linea, tutti i componenti hanno un loro simbolo che si discosta più o meno dalla rappresentazione 3D ma che è studiato in modo da non essere ambiguo ed essere compreso facilmente. I simboli e le linee sono inoltre deformati, secondo le regole dell'isometria, per rendere l'idea della tridimensionalità che serve in disegni di questo tipo, soprattutto nel rappresentare tratti non rettilinei. In questo modo i due grossi problemi di cui si è parlato vengono risolti nella maggior parte dei casi: la rappresentazione non in scala permette di affiancare sul disegno dei componenti la cui dimensione è molto diversa, quindi anche se si deve disegnare una linea composta da una piccola valvola manuale connessa ad un lungo tratto di tubazione, i due pezzi verranno scalati in modo da risultare sempre visibili. Inoltre, impiegando dei simboli molto semplici al posto delle viste di modello 3D, non vi è il rischio di coprire dei componenti in secondo piano con quelli in primo piano. Si elimina quindi la necessità di realizzare una tavola con più di una vista dello stesso tratto di rete, lasciando più spazio per le tabelle informative, le note e ogni altra informazione che si ritiene utile.

Come per gli altri impieghi, ESAin ha un software che è capace di eseguire il compito autonomamente a partire dal 3D realizzato, denominato ESApro Isometrics. Si tratta di nuovo di un applicativo basato su AutoCAD, che attraverso alcune aggiunte e modifiche è in grado sia di creare gli sketch che porli nelle tavole adeguate, complete di cartiglio personalizzato e tabelle. Dal punto di vista di Flenco è forse il software che, una volta imparato ad utilizzare, può permettere il maggior risparmio in termini di tempo almeno nell'Ufficio Tecnico. La possibilità di generare in automatico i costruttivi già quotati e annotati dovendoli solo ritoccare, infatti, fa sì che non si debba perdere tempo nell'isolare le linee e quotarle una ad una. Allo stesso tempo, però, bisogna fare i conti con l'utente finale di tali documenti, cioè l'officina. Questa, essendo da anni abituata a lavorare con disegni ricchi (a volte inutilmente) di dettagli, deve riabituarsi a leggere un documento diverso, con nuovi simboli da imparare e la scala e

componenti modificata quando necessario. È quindi un software che promette di fornire un grande aiuto all'ufficio tecnico, a patto che anche chi deve leggerli sia disposto ad imparare qualcosa di nuovo.

#### *4.5.1 Da fare prima di iniziare*

Il programma in questione permette di realizzare gli sketch in due differenti maniere, da zero, partendo da un foglio bianco, e sulla base di un modello 3D. La prima modalità, poco interessante in quanto impiegata solitamente per reti molto piccole o tratti singoli che non hanno la necessità di un modello tridimensionale, funziona in maniera analoga ad ESApro 3DP. Una volta definita la classe di linea è sufficiente tracciarla sul disegno e inserire in seguito gli accessori nella posizione desiderata. In questo modo si possono inserire sia i componenti di linea (sempre avendo il vincolo dettato dalle classi, che non permette di inserire elementi estranei per errore) che le guarnizioni e la bulloneria. Quest'ultima, di nuovo, può essere sia legata automaticamente alle guarnizioni in modo da non doverla inserire a mano tutte le volte, oppure può essere scelta di volta in volta liberamente. Poiché in Flenco questo tipo di lavoro è difficilmente svolto, si parlerà prevalentemente della seconda modalità, grazie alla quale gli sketch vengono generati in maniera automatica a partire dal 3D e al disegnatore resta solamente il compito di rifinire i disegni spostando le annotazioni generate in maniera scorretta.

Poiché anche ESApro Isometrics fa parte del pacchetto ESAin, è connesso proprio come gli altri applicativi al database comune relativo alla specifica commessa. Dunque, prima di iniziare il lavoro di messa in tavola è necessario implementare i simboli da inserire nel disegno e verificare che sia presente quanto desiderato. I simboli sono solitamente simili a quelli impiegati per il P&ID, per cui si tratta di un'operazione un po' più veloce rispetto a alle azioni preliminari compiute per gli altri programmi. Inoltre, poiché gli sketch sono solitamente dei documenti puramente interni all'azienda e non è quasi mai necessario fornirli al cliente, è sufficiente creare pochi set di simboli personalizzati, da adattare di volta in volta alle commesse, senza però doverne generare uno per ciascun cliente.

Si tratta quindi di un lavoro sensibilmente più breve e soprattutto che è sufficiente svolgere una volta sola, senza il bisogno di doverlo ripetere ad ogni inizio di una nuova commessa o per ogni singolo cliente.

In seguito è necessario ancora una volta impiegare ESApro 3DP, per creare i cosiddetti "gruppi ISO". Come già detto, infatti, gli sketch isometrici rappresentano una certa porzione della rete, che può essere parte di uno spool (nel caso di porzioni molto grandi) oppure l'insieme di alcuni di essi. Nello specifico ESApro inizia la suddivisione automatica impiegando come riferimento le linee, ed eventualmente dividendo le stesse in spezzoni più brevi, detti appunto gruppi. È quindi necessario comunicare al programma che criterio impiegare nel suddividere ogni linea, impostando il numero massimo di componenti da inserire in ciascun gruppo e decidendo se includere o meno le diramazioni nei condotti principali. È una fase importante del lavoro che richiede tempo per poter gestire al meglio le potenzialità del programma: scegliere un numero massimo troppo basso porterà ad avere un gran numero di sketch con poche informazioni ciascuno, limitando in alcuni casi la comprensione di che parte di impianto sia rappresentata. Viceversa, se si sceglie di inserire troppi componenti in ogni sketch

il disegno risulterà affollato e si rischierebbe di non avere sufficiente spazio per inserire tutti i componenti nelle tabelle relative alla bollatura.

In ogni caso, una volta impostati i valori corretti nel menù di riferimento, è sufficiente avviare la generazione automatica per assistere alla suddivisione, secondo i criteri scelti, della rete in gruppi. Per ogni gruppo sarà quindi consultabile il numero di componenti e le informazioni che ciascuno contiene, e potrà essere realizzato uno sketch isometrico specifico. La suddivisione è anche realizzabile a mano, nel caso in cui quella automatica non soddisfacesse le necessità, oppure ancora è possibile lanciare il comando automatico e in seguito al suo completamento modificare a mano quanto prodotto, per compiere piccole correzioni spostando qualche componente da una parte all'altra. In ogni caso, una volta che la rete è suddivisa resta solo più da esportare le informazioni attraverso un tipo di file che sia compatibile con ESAPro Isometrics: il .ISO.

Questo è possibile attraverso il comando "Esportazione file ISO", che crea un file per ciascuno dei gruppi e lo salva nella cartella della commessa in modo da, ancora una volta, mantenere uniti tutti i file appartenenti ad uno stesso lavoro. La generazione dei file .ISO è un processo piuttosto lungo anche per PC performanti, arrivando a richiedere fino a diverse ore di elaborazione nel caso di reti particolarmente complesse. Si tratta in effetti di un'operazione particolarmente complessa e delicata, nella quale devono essere rispettate regole ben precise in modo da ottenere una suddivisione ideale mantenendo i collegamenti tra il 3D e gli sketch. Avendo, infatti, impostato un numero massimo di componenti da collocare in ogni disegno, è importante tenere conto del fatto che alcuni componenti non possono essere mossi singolarmente ma in gruppo, richiedendo quindi particolare attenzione. È il caso dei collegamenti flangiati, i quali portano con sé non solo la coppia di flange ma anche le guarnizioni, i tiranti e i dadi, oppure dei gruppi formati dalla valvola elettro-attuata, il filtro regolatore e la valvola di controllo (si veda, ad esempio la Figura 4.20). Dunque, nel momento in cui si compie la suddivisione, il gruppo deve essere collocato dove lo spazio a disposizione sia sufficiente per contenere ogni componente e, nel caso in cui sorgessero dei problemi, contrassegnare il gruppo e passare al successivo per non interrompere le operazioni.



*Figura 4.20 - Valvola ON-OFF con attuatore (in rosso), indicatore della posizione (in nero, nella parte superiore) e gruppo filtro-regolatore dell'aria di servizio (grigio, a destra dell'attuatore)*

A questo punto il lavoro si può spostare nel software di sketch vero e proprio, ESApró Isometrics, nel quale è possibile attraverso una specifica procedura inserire un foglio standard aziendale e un cartiglio, che potranno essere popolati automaticamente delle informazioni desiderate. Nello specifico sarà necessario collocare in basso a destra il cartiglio, sopra di esso le tabelle e nell'area a sinistra il disegno, eventualmente correlato di una miniatura del disegno 3D.

Per quanto riguarda il cartiglio, questo è completamente personalizzabile. Si tratta in effetti di un vero e proprio blocco di AutoCAD il quale, se impostato correttamente, può mostrare le informazioni contenute all'interno del disegno che già erano state inserite redigendo il P&ID o il modello tridimensionale. La procedura di personalizzazione è guidata e, partendo dal foglio bianco con la sola griglia del cartiglio, permette di comunicare al software le dimensioni del cartiglio stesso, la posizione dell'area grafica e quella delle tabelle. Inoltre, all'interno del cartiglio, può essere scelto ogni attributo con la relativa posizione in modo da collocare automaticamente, man mano che gli sketch vengono generati, le diverse informazioni. Durante questa fase è possibile anche richiamare un foglio Excel contenente tutta o parte dei dati, in modo che questi siano prelevati direttamente da un eventuale datasheet già compilato risparmiando al progettista il compito di inserire manualmente i dati nel database. In questo modo, una volta lanciato il disegno degli sketch, il cartiglio verrà riempito del nome del documento, dei loghi del cliente e del fornitore, della data, dell'indice di revisione e di ogni altro dato si sia scelto di comunicare.

In maniera analoga è possibile gestire le tabelle relative alla distinta materiali, collocate solitamente nella zona soprastante il cartiglio. Generando lo sketch con una qualsiasi tabella, la linea verrà innanzitutto bollata in automatico, e all'interno della tabella, verrà inserito il numero corrispondente ad ogni componente insieme alle relative informazioni. La distinta, quindi, viene popolata con i dati che sono stati assegnati ad ogni componente nelle fasi precedenti o che man mano si forniscono, sia tramite il P&ID e il 3D, sia grazie ad ESApró Instrumentation (si veda, in tale proposito, il capitolo seguente), ed è strutturata in modo da avere un certo numero di colonne già impostate,

eventualmente escludibili, e altre libere per inserire informazioni aggiuntive non considerate inizialmente dal software o semplici annotazioni. Il programma offre quindi alcune classi, che servono per raggruppare secondo l'argomento le informazioni inseribili negli elenchi, che sono:

- **Materiali:** questa classe opera creando la bollatura e l'elenco dei componenti, ne indica la descrizione, il materiale, il peso e la norma di riferimento. Inoltre è responsabile della popolazione del cartiglio con i principali dati relativi al nome del disegno, del progetto e alla revisione, e della revisione di tutti i dati inseriti ad esclusione del disegno stesso. Per questo motivo non è possibile scegliere se includerla o meno ma solo limitare la quantità di informazioni mostrate, lasciando però la capacità di aggiornare le informazioni;
- **Taglio:** genera una tabella dei valori di taglio per ciascuno dei tubi presenti nello sketch. Qui possono essere indicate le extralunghezze per i ritiri di saldatura (che è il programma stesso a calcolare avendo le informazioni circa il materiale) e quelle legate a esigenze di montaggio. Inoltre si possono indicare il diametro, gli angoli di taglio e le finiture delle estremità. L'angolo di taglio può essere scelto tra quello interno, che è solitamente la metà di quello compreso tra i due assi, e quello esterno che ne è il complementare. Per le finiture, invece, verranno create due colonne ad indicare i due capi, quello iniziale seguendo il flusso e quello finale;
- **Saldature:** esegue il conteggio del numero dei cordoni da eseguire e della loro lunghezza, e nel caso fosse necessario, applica ad ogni saldatura un apposito bollino per siglarla. In questo modo le saldature verranno numerate o partendo dal numero 1 in ogni sketch, o seguendo la progressione degli sketch per conteggiare tutte quelle presenti nel progetto. È necessario attivare questa tabella se successivamente si vuole in futuro generare l'elenco saldature;
- **Coibentazione:** elenca, per ogni linea e al suo interno per ogni diametro, la coibentazione necessaria. Indica lo spessore, il diametro, i metri di lunghezza e i metri quadri relativi a ogni singolo tratto;
- **PED:** permette di aggiungere sia una tabella riportante le caratteristiche del fluido di processo che scorre nella linea (tipo di fluido, temperatura, pressione, densità, ...), sia altre informazioni a scelta tramite spazi lasciati a disposizione dell'utente.

Per quanto riguarda l'ordine degli elementi all'interno delle tabelle, è possibile stabilire dei criteri durante la personalizzazione delle stesse. Dall'elenco delle selezioni in cui si scelgono i dati da inserire (le colonne), infatti, è possibile decidere di ordinare rispetto a gran parte delle categorie: secondo il diametro decrescente o crescente, secondo la lunghezza, secondo lo spessore dell'isolante o la sua superficie, secondo il tipo di finitura delle flange, secondo la predominanza delle linee, secondo il TAG o altro. Nel caso in cui, inoltre, una delle caratteristiche fosse utile per l'ordinamento ma non fosse interessante da riportare nella tabella (se si avesse, ad esempio, utilizzato un codice progressivo interno proprio per questo scopo), è possibile scegliere di ordinare rispetto alla caratteristica stessa nascondendola però alla vista. Questa possibilità può essere utile oltre che per non mostrare informazioni ridondanti, per non occupare spazio nel foglio e permettere agli altri dati di essere mostrati nella loro interezza. Infatti, nonostante la generazione delle tabelle sia automatica, non lo è la sua ottimizzazione per quanto riguarda le dimensioni: se si volessero aggiungere troppe colonne, quelle più a destra potrebbero fuoriuscire dal foglio rendendole di fatto inutilizzabili. È possibile in fase

di impostazione della tabella agire sia sulla larghezza delle colonne stesse, valutando in base al tipo di informazioni che dovranno contenere se realizzarle più o meno larghe, sia sulla dimensione del carattere da impiegare, ma chiaramente il limite della larghezza del foglio non può essere eliminato del tutto.

Come già detto, le tabelle sono inserite in maniera automatica nello spazio al di sopra del cartiglio, sulla sinistra del foglio, e possono sia essere accodate l'una all'altra a formarne una generale sia incolonnate l'una sopra l'altra, a seconda del tipo di informazioni contenute. La generazione automatica richiede il punto di partenza e da lì prosegue in autonomia, in base al tipo di impostazione, e può compilare sia dall'alto verso il basso (se il punto di partenza è quello in alto a sinistra), sia dal basso verso l'alto. Dunque, designato un punto di partenza, tutte le tabelle vengono create e collegate tra loro ad eccezione della PED, che invece può essere slegata e collocato dove preferito.

#### *4.5.2 Il disegno vero e proprio*

Una volta terminate le impostazioni preliminari è infine possibile generare gli sketch ed assistere al popolamento del foglio di tutte le informazioni indicate in precedenza. L'operazione prevede l'apertura dei file .ISO creati nel 3D attraverso il comando "geniso" presente in Isometrics, grazie al quale è possibile avviare uno per uno la generazione di tutti i disegni. Il comando permette la visualizzazione di una finestra contenente l'elenco di tutti i .ISO creati in precedenza, correlati di alcune informazioni utili sia per individuare fisicamente da che parte dell'impianto il file provenga, sia per riconoscere lo stato dello sketch. Nella prima colonna è infatti presente un bollino, che può assumere colori diversi a seconda dell'avanzamento del lavoro:

- Verde, sketch da generare. Le informazioni presenti nel file .ISO sono sufficienti per generare lo sketch, che ancora non è stato eseguito. In questo caso sarà sufficiente selezionare "crea sketch" per avviare la procedura;
- Blu, sketch generato correttamente. Lo sketch è stato generato senza errori e può essere editato per compiere le necessarie modifiche cosmetiche;
- Giallo, sketch da rigenerare. Lo sketch è già stato generato ma il piping ha subito delle modifiche ed è stato creato un file .ISO più recente. È necessario avviare di nuovo la creazione dello sketch per consentire al file di aggiornarsi;
- Rosso: errore nella generazione. Durante la generazione del disegno è intervenuto un errore che ne ha impedito la generazione. La descrizione dell'errore è segnata nella colonna delle note, per permettere la correzione dello stesso.

GenISO - Progetto DEMO-ESAPROV7\_DEMO-ESAPROV7

Gestione generazione sketch isometrici

Genera sketch Su disegno corrente Ferma su errore Modifica parametri Apri disegno Rigenera tabelle Elimina sketch Esporta sketch Importa sketch Opzioni Progetto Esporta elenco Mostra file ISO da: Tutti i disegni 3DP Filtri

Stato	Note	Disegno 3DP	Nome ISO	ISO trovato	Data ISO	DWG trovato	Data DWG	N. Disegno	N. Foglio	Rev.	Titolo	Impostazioni generali	Controllo By
●	001	-4883_01.ISO		▲	28.10.20 00:00	▲		4883	001	0	SKETCH LN. 4883-3"-B1E	Disegna sketch fuori scala	Disattivato
●	001	-5700_01.ISO		▲	28.10.20 00:00	▲		5700	001	0	SKETCH LN. 5700-2"-B1E	Disegna sketch fuori scala	Disattivato
●	001	671-6161_01.ISO		▲	28.10.20 00:00	▲		671-6161	001	0	SKETCH LN. 671 6161-3"-B1E	Disegna sketch fuori scala	Disattivato
●	001	671-6162_01.ISO		▲	28.10.20 00:00	▲		671-6162	001	0	SKETCH LN. 671 6162-3"-B1E	Disegna sketch fuori scala	Disattivato
●	001	671-6163_01.ISO		▲	28.10.20 00:00	▲		671-6163	001	0	SKETCH LN. 671 6163-3"-B1E	Disegna sketch fuori scala	Disattivato
●	001	671-6177_01.ISO		▲	28.10.20 00:00	▲		671-6177	001	1	SKETCH LN. 671 6177-4"-B1E	Disegna sketch fuori scala	Disattivato
●	001	671-7879_01.ISO		▲	28.10.20 00:00	▲		671-7879	001	0	SKETCH LN. 671 7879-2"-B1E	Disegna sketch fuori scala	Disattivato
●	001	671-7879_02.ISO		▲	28.10.20 00:00	▲		671-7879	002	0	SKETCH LN. 671 7879-2"-B1E	Disegna sketch fuori scala	Disattivato
●	001	671-7879_03.ISO		▲	28.10.20 00:00	▲		671-7879	003	0	SKETCH LN. 671 7879-2"-B1E	Disegna sketch fuori scala	Disattivato
●	001	671-7881_01.ISO		▲	28.10.20 00:00	▲		671-7881	001	0	SKETCH LN. 671 7881-2"-B1E	Disegna sketch fuori scala	Disattivato
●	001	671-7881_02.ISO		▲	28.10.20 00:00	▲		671-7881	002	0	SKETCH LN. 671 7881-2"-B1E-40P	Disegna sketch fuori scala	Disattivato
●	001	671-7882_01.ISO		▲	28.10.20 00:00	▲		671-7882	001	0	SKETCH LN. 671 7882-2"-B1E	Disegna sketch fuori scala	Disattivato
●	001	671-8781_01.ISO		▲	28.10.20 00:00	▲		671-8781	001	0	SKETCH LN. 671 8781-3/4"-A11A-40P	Disegna sketch fuori scala	Disattivato
●	001	671-8781_02.ISO		▲	28.10.20 00:00	▲		671-8781	002	0	SKETCH LN. 671 8781-3/4"-A11A-40P	Disegna sketch fuori scala	Disattivato
●	001	671-9532_01.ISO		▲	28.10.20 00:00	▲		671-9532	001	0	SKETCH LN. 671 9532-3/4"-A11A-25P	Disegna sketch fuori scala	Disattivato
●	001	671-9532_02.ISO		▲	28.10.20 00:00	▲		671-9532	002	0	SKETCH LN. 671 9532-3/4"-A11A-25P	Disegna sketch fuori scala	Disattivato

Legenda  
 ● Sketch da generare ● Sketch generato correttamente ● Sketch da rigenerare (ISO ag...) ● Errore durante la generazione... ● File trovato nel percorso ▲ File non trovato nel percorso

Percorso salvataggio ISO: C:\ESAprò V8\DEMOV8... Prototipo: C:\ESAprò V8\ISO\ISO.dwt Cartiglio: C:\ESAprò V8\ISO\ISO2.dwg Percorso salvataggio Sketch: C:\ESAprò V8...

**Figura 4.21 - Finestra che contiene le informazioni riepilogative dei gruppi e, a sinistra, i bollini colorati ad indicarne lo stato**

Le altre informazioni contenute nella tabella sono relative in parte al disegno tridimensionale di provenienza (titolo, numero di disegno, revisione del file), consentendo l'identificazione dello sketch anche nel caso in cui la commessa presentasse più di un modello 3D, mentre per la restante parte fanno riferimento allo specifico sketch permettendo di riconoscere la revisione e il numero.

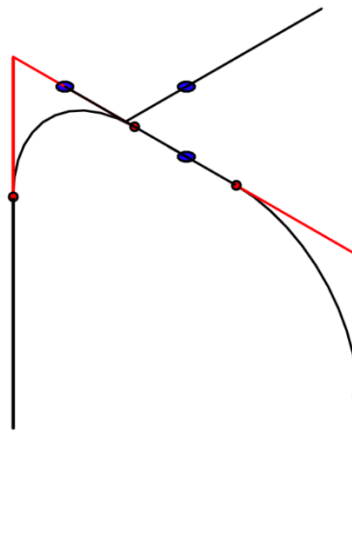
Dunque, arrivati a questo punto, è sufficiente scegliere di quale dei file con il "bollino verde" si vuole realizzare lo sketch e lanciare il processo di disegno. Il disegno così creato sarà non una rappresentazione bidimensionale creata attraverso artifici grafici, come accade disegnando a mano, ma una vera e propria vista in ambiente 3D, creata apposta per lo sketch e contenente la simbologia dedicata. In questo modo si mantiene un elevato livello di accuratezza, sfruttando il motore grafico di AutoCAD per orientare correttamente i simboli senza doverli disegnare fin dal principio in isometria e permettendo modifiche attraverso l'orbita se necessarie. Sul foglio compariranno inoltre tutti gli elementi accessori selezionati durante le fasi di preparazione, dalle quote ai dati necessari per compilare il cartiglio, dalla miniatura della linea fino agli elenchi materiali. Questi ultimi, avendo selezionato la bollatura automatica, faranno sì che sia sullo sketch che nella tabella compaiano i numeri corrispondenti permettendo l'identificazione di ogni componente.

Come già detto in precedenza gli sketch vengono solitamente realizzati fuori scala, in modo da rendere visibili sullo stesso foglio sia dei componenti molto piccoli come le valvole e i filtri che dei componenti lunghi come i tratti di tubo, ma per far fronte ad ogni necessità il programma permette di selezionare la modalità che si preferisce potendo quindi mantenere o meno i rapporti tra le parti.

La modalità che la stessa ESAin consiglia è quella in cui la scala non viene mantenuta, in modo da poter stirare o accorciare i tubi per farli calzare tra i nodi. La modalità che invece mantiene la scala, invece, permette di visualizzare con maggior fedeltà le proporzioni tra i tratti di tubo, fornendo una vista più chiara ma anche più difficile da contenere nello spazio da disegno. In tutti e due i casi le annotazioni saranno sì applicate allo sketch, ma faranno riferimento al modello 3D per quanto riguarda valori e dimensioni, così da fornire sempre i dati corretti al progettista e all'officina. Entrambi i processi,

tuttavia, richiedono un notevole sforzo computazionale da parte del programma: questo deve, infatti, scegliere per ogni linea o parte di essa la vista più adatta per mettere in mostra ogni dettaglio, sostituire ai componenti i corretti simboli, e infine aggiungere gli extra come la bollatura. In questo processo, quindi, è possibile che alcuni dei parametri impostati non vengano rispettati e il disegno risulti in alcune delle sue parti errato, obbligando quindi il progettista a verificare e compiere alcune modifiche qualora fosse necessario. I casi più comuni di questi errori sono:

- Componenti consecutivi senza tratti rettilinei nel mezzo, durante la scalatura automatica possono essere rappresentati con dimensioni differenti da altri componenti uguali presenti nel disegno. Questo accade perché il programma quando regola la scala vincola man mano alcuni nodi e disegna i simboli dei componenti intermedi in modo che occupino esattamente lo spazio tra i due, portando a variazioni delle dimensioni. È dunque necessario scalare a mano il singolo componente per portarlo ad essere uguale agli altri;



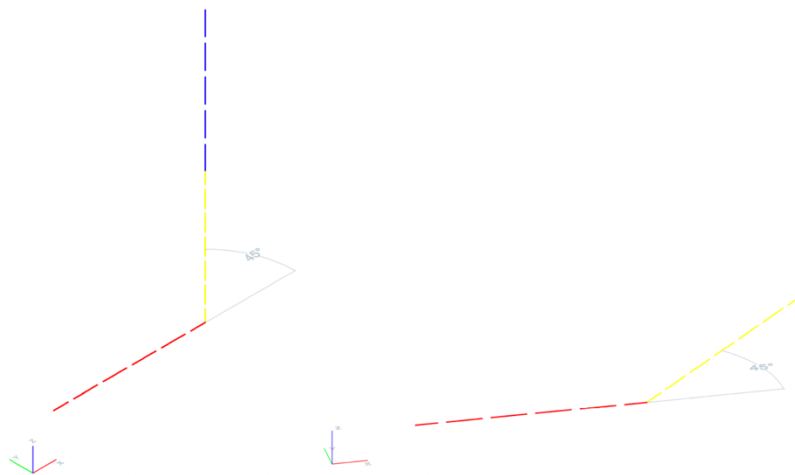
*Figura 4.22 - Errore di intersezione tra componenti: la curva, i cui punti terminali sono evidenziati in rosso, termina all'interno del Tee, in blu*

- Lo sketch fuoriesce dall'area del foglio a lui dedicata, verso la parte dedicata alle distinte materiali o verso il rettangolo contenente il modello 3D. È un errore in cui ci si imbatte decidendo di preservare la scala dei componenti, ed è risolvibile impostando inizialmente un'area per il cartiglio maggiore rispetto al cartiglio stesso (quindi in qualche modo ingannando il programma) oppure modificando manualmente il disegno dopo che questo è stato creato;
- Alcuni componenti consecutivi risultano sovrapposti o superano la dimensione delle linee corrispondenti. Il problema è legato ad un errore di scala dei componenti, e può essere risolto sia modificando la stessa che stirando manualmente le linee necessarie.

È inoltre presente un problema nel quale è possibile incorrere, che di per sé non è specificatamente legato al programma ma all'impiego degli sketch isometrici in genere: su alcune linee può infatti



capitare che i componenti non siano visualizzati o, meglio, visibili. Si tratta semplicemente di una circostanza nella quale il disegno isometrico, mostrando linee inclinate di un multiplo di  $45^\circ$ , fa sì che alcuni componenti siano visualizzati in modo da non rendere percepibile la profondità e, quindi si confondano tra di loro (si veda, a riferimento, la Figura 4.23). Questo è un problema che disegnando manualmente lo sketch viene risolto disegnando le linee interessate con inclinazioni di angoli prossimi ai  $45^\circ$  ma non esattamente pari ad essi, in modo che non vi siano piani perfettamente perpendicolari all'osservatore, oppure nel caso di simboli di componenti ri-orientandoli opportunamente. Allo stesso modo si può agire sullo sketch di ESAPro sia selezionando il componente e ri-orientandolo in modo che sia visibile, sia ruotando attraverso l'orbita il punto di vista dell'osservatore (ricordiamo, infatti, che lo sketch è costruito in ambiente 3D). È inoltre possibile impostare fin dal principio l'opzione per cui ogni linea a  $45^\circ$ , quindi potenzialmente passibile di questo errore, venga deformata automaticamente durante la generazione dello sketch. Si tratta però di un comando che allunga ulteriormente l'esecuzione dei disegni, per cui la stessa ESAin consiglia di attivarlo solamente qualora si sia certi che nel 3D siano presenti molte linee di questo tipo, mentre per situazioni comuni è preferibile disattivarlo ed eventualmente utilizzarlo solo su quegli sketch che hanno manifestato il problema, rigenerandoli.



*Figura 4.23 - Errore legato a linee orientate di  $45^\circ$ : le linee rosse e gialle giacciono entrambe sul piano x-y, ma poiché la gialla è inclinata di  $45^\circ$  l'isometria porta a confonderla con quella blu, verticale e parallela a z*

Per quanto riguarda la modifica vera e propria del disegno, visti i precedenti programmi, è facile immaginare quali siano le modalità. Le operazioni da compiere sono principalmente di cosmesi, in quanto le etichette relative alla bollatura, alle quote, alle saldature ai rimandi e quanto sia stato precedentemente impostato è già presente sul foglio, all'interno del riquadro corrispondente, e con una freccia che indica lo specifico componente. Si tratta quindi di organizzare in maniera più ordinata tutte le informazioni, occupando lo spazio a disposizione ed evitando sovrapposizioni o code delle frecce che tagliano la linea, impiegando semplicemente i comandi AutoCAD di base.

Uno degli aspetti più interessanti del software, oltre alla comodità della generazione automatica degli sketch, è infine legato però alla capacità dei documenti di aggiornarsi da soli qualora venissero compiute delle modifiche sui file a monte. Il programma, come già detto, utilizza infatti un'interfaccia

che attraverso dei bollini colorati indica lo stato di ogni sketch, e attraverso una tabella ne riassume le caratteristiche. In questo modo, possono essere compiute modifiche sia al 3D che al P&ID, sapendo che per aggiustare lo sketch sarà sufficiente estrarre di nuovo l'ISO e rigenerare lo sketch. Le impostazioni iniziali relative al cartiglio e alle tabelle, così come quelle di cosmesi compiute sul disegno, saranno conservate (ad eccezione, ovviamente, di eventuali componenti aggiunti alla linea in momenti successivi che allungheranno le tabelle) ed aggiornate nei valori. In questo modo la quantità di lavoro che il disegnatore deve compiere diminuisce drasticamente, limitandosi al lancio della generazione dello sketch e al compimento delle verifiche alla fine del processo.

#### **4.5.3 I problemi nel primo utilizzo**

Come già detto in precedenza, il programma di sketch è forse quello che, nello specifico caso di Flenco, può offrire il maggior aiuto nell'ottimizzazione delle commesse. Tuttavia, durante i primi utilizzi, alcuni problemi hanno richiesto dell'attenzione per poter comprendere come essere evitati e risolti. Si tratta principalmente degli errori che il programma commette nella suddivisione in gruppi della rete e nell'inserimento sul disegno delle linee, già illustrati nel paragrafo precedente, causati dalla complessità delle operazioni coinvolte e richiedenti alcune accortezze iniziali o modifiche una volta pubblicato il disegno. Questo tipo di errore è però risultato poco frequente nell'impiego aziendale, per cui il tempo complessivo impiegato nella correzione di pochi sketch è stato ben inferiore rispetto a quello risparmiato grazie alla loro creazione automatica.

Un altro problema, però, è sorto nei primi utilizzi a causa di imperfezioni del modello 3D e linee non correttamente connesse che si sono riversate sui passaggi successivi. Come già detto, infatti, per il programma una linea deve avere necessariamente una (e una sola) coppia di punti che ne determinano l'inizio e la fine. Nel caso in cui, però, nel modello 3D fosse capitata una disconnessione, ovviamente il numero di questi punti sarebbe maggiore compromettendo la generazione del file ISO, che attribuisce ad ogni componente le coordinate di inizio e fine. Durante la ricostruzione per lo sketch, infatti, l'unione delle parti avviene facendo corrispondere a coppie dei componenti che abbiano coordinate identiche di uscita (per il precedente) e ingresso (per il successivo).

La presenza, quindi, di valori diversi anche solo per pochi millimetri fa sì che la ricostruzione non possa avvenire generando quindi un messaggio di errore e bloccando l'esecuzione dello sketch. Per evitare questo problema è dunque consigliato eseguire, durante la fase di modellazione del 3D, una verifica attraverso il comando di controllo connessioni, in modo da correggere eventuali errori fin dal principio.

Una delle limitazioni incontrate nell'impiego del programma è inoltre legata al completamento automatico del cartiglio e delle distinte: Flenco infatti, lavorando spesso con clienti che a loro volta forniscono solo delle parti di impianti più estesi, necessita di inserire due cartigli diversi in ciascun disegno: uno proprio, contenente le informazioni circa il numero di documento o alla revisione corrente, legate al macchinario che sta realizzando e che è rappresentato nel 3D, un altro, invece, riportante informazioni di vario tipo che il cliente finale richiede circa l'impianto nella sua interezza. Si tratta di cartigli che non sempre sono uguali per tutta la commessa ma che a seconda del tipo di fluido, delle apparecchiature o delle normative applicabili alle linee subiscono piccole variazioni.

Alcune delle informazioni sono, in effetti, inseribili all'interno delle tabelle di distinta materiali ma non nel cartiglio, per cui è necessario compiere a mano le modifiche una volta generati gli sketch. Inoltre, bisogna notare che affiancare due cartigli può creare alcune difficoltà al posizionamento automatico dello sketch: solitamente la zona rossa, sopra al cartiglio Flenco, è quella riservata alla distinta. Come si può notare in Figura 4.24, aggiungere il secondo cartiglio fa sì che nella definizione della zona da adibire al disegno sia preferibile scegliere quella evidenziata dal tratteggio verde, così da evitare che lo sketch vi finisca sopra, perdendo di fatto alcuni centimetri che permetterebbero di avere un disegno lievemente più grande (evidenziati in figura dal tratteggio blu)

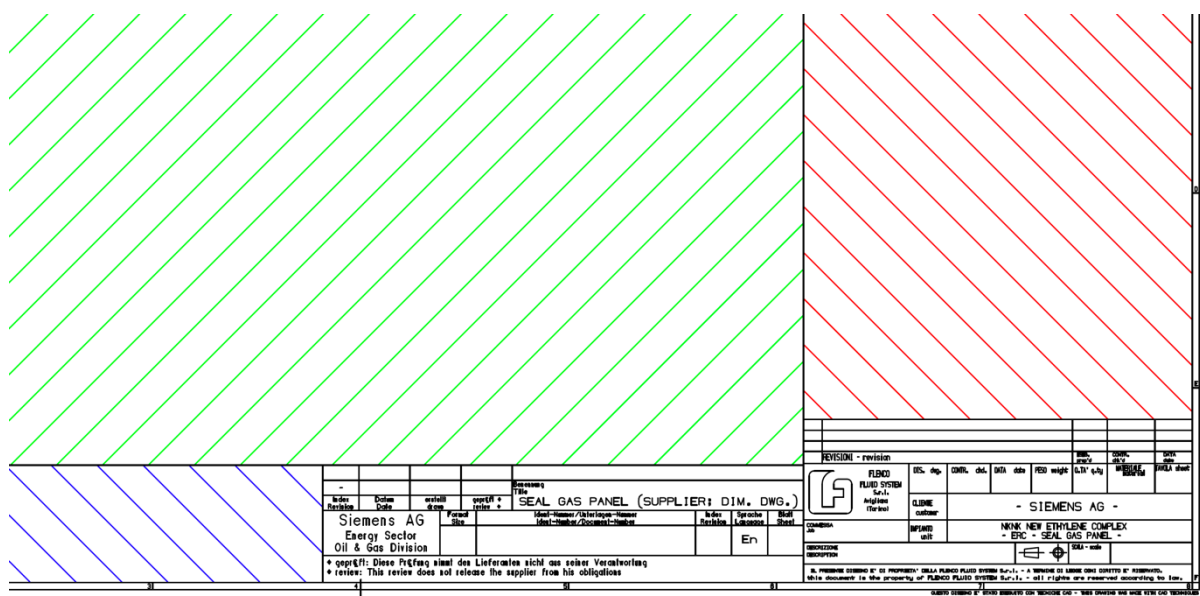


Figura 4.24 - Posizione dei cartigli in un tipico sketch

Inoltre è importante ricordare quanto spiegato parlando di ESAPro 3DP e della difficoltà a considerare il tubing come le linee “normali”, così da generare anche per lui degli sketch e non lasciare tutta la responsabilità in mano al montatore munito delle sole informazioni contenute negli hook-up. Il problema è risolvibile impiegando strumenti e accessori definiti “discreti”, ma così facendo si perde la capacità di automatizzare il riempimento delle informazioni prelevate dalla linea.

È inoltre doveroso sottolineare un altro problema nato dall'impiego di una modalità diversa di trasmissione delle informazioni all'officina, specifico per il caso di Flenco e indipendente dalle caratteristiche del programma: l'utilizzo in sé degli sketch. Come già anticipato, infatti, le officine hanno lavorato fin dalla loro nascita attraverso dei costruttivi estratti direttamente dal 3D sotto forma di viste, capaci cioè di rappresentare ogni dettaglio esattamente come deve essere nella realtà con i componenti rigorosamente in scala e disegnati a immagine di quelli fisici.

Questo ha portato gli operai a non acquisire capacità specifiche nella comprensione dei disegni se non quelle di base, dedicandosi per la maggior parte del tempo alla creazione dei componenti impiegando i costruttivi come semplici istruzioni di montaggio, ricche di informazioni facilmente comprensibili. L'impiego degli sketch, invece, richiede per la lettura una certa capacità di astrazione, dovendo

imparare a riconoscere ogni simbolo sia relativo ai singoli componenti che al loro schema di montaggio, e creando nelle prime fasi delle difficoltà.

#### 4.5.4 Conclusioni

Dunque, come si può comprendere da quanto appena scritto, ESAPro Isometrics è un programma di creazione e editing degli sketch isometrici particolarmente avanzato, capace di creare delle rappresentazioni credibili e soprattutto utili in quasi completa autonomia. Come già detto il tempo impiegato nell'estrazione dei file ISO e nella generazione del disegno è elevato, arrivando a diverse ore se il progetto ha dimensioni elevate, ma poiché non servono input esterni può essere inteso come tempo mascherato, permettendo al progettista di lavorare su altro e alla fine del processo compiere le correzioni necessarie avendo però già una solida base dalla quale cominciare.

I vantaggi del programma sono legati principalmente alla sua capacità di gestire un gran numero di sketch compiendo le azioni più onerose completamente in autonomia, previa l'impostazione iniziale di tutti i parametri necessari alla personalizzazione dell'area di disegno, e di essere in grado di correggere i file qualora venissero compiute modifiche a quelli precedenti. Il meccanismo in grado di tracciare e riepilogare lo stato di tutti i file della commessa permette inoltre di tenere sotto controllo lo stato dei documenti, conoscendo in ogni momento quali sono quelli ultimati e quali invece necessitano di modifiche o aggiornamenti, sia per quanto riguarda gli sketch veri e propri, sia per i file a monte. Riguardo questi ultimi è particolarmente utile il messaggio di errore che indica la presenza di disconnessioni nel 3D, in quanto situazioni di questo tipo se ignorate possono portare a misure errate sui costruttivi, che in officina si trasformano in tubi e componenti che non si accoppiano come dovrebbero. Tutto ciò ha, come già illustrato, il costo legato al tempo che la macchina impiega a svolgere le azioni, che attraverso alcuni accorgimenti è riducibile ma resta in ogni caso particolarmente lungo.

Per concludere, quindi, ESAPro Isometrics è forse il programma della suite che è più distante da quanto impiegato in Flenco negli anni, ma allo stesso tempo è quello che potrebbe migliorare in maniera più evidente il flusso di lavoro riducendo drasticamente il tempo dedicato ad ogni commessa.

## 4.6 ESAPro Instrumentation

Nei capitoli precedenti è stato citato più volte il database di commessa, inteso come quella sorta di calderone pensato per contenere tutte le informazioni che servono nel progetto. Si tratta di informazioni raccolte fin dalle prime fasi della progettazione che servono nella scelta dei componenti dell'impianto e che formano la documentazione da consegnare al cliente nelle fasi conclusive della commessa. Questo tipo di dati proviene dunque da chi progetta il processo (sovente è il cliente finale), da chi costruisce la macchina e da chi produce i componenti. I produttori giocano infatti un ruolo determinante, offrendo consulenza nel settore in cui sono più capaci, dimensionando i componenti a partire dai dati del processo.

Dunque, è necessario raccogliere e organizzare tutte le informazioni in modo da poter, quando necessario, compilare agevolmente i datasheet di ogni componente. Si tratta di schede che riassumono le principali caratteristiche dei componenti, a partire dalla collocazione nella rete ai dati di progetto, dai materiali che compongono le parti principali al tipo di connessione elettrica e al processo. Solitamente, nel caso di Flenco, questi datasheet sono nella forma di tabella Excel (ad esempio si può osservare quello riportato come Allegato n°5.2) e devono essere redatti nel formato determinato dal cliente per quanto riguarda la scelta delle informazioni da inserire e della veste grafica. Il lavoro di Flenco è quindi quello di prelevare le informazioni giunte dai diversi canali e metterle insieme, eventualmente notificando mancanze ed errori in modo da potervi porre rimedio il prima possibile.

Se il lavoro, prima dell'acquisizione di ESApro, era da svolgersi a mano e solitamente rappresentava l'ultima parte del processo, con Instrumentation può essere automatizzato proprio a partire dal database. Il programma, infatti, è capace di leggere le informazioni che il database contiene ed eventualmente scriverne, e se opportunamente impostato, scriverle nei corretti fogli di Excel. Si tratta quindi di un programma di supporto non ai disegnatori, come quelli trattati in precedenza, ma agli strumentisti e, nel caso di Flenco, ai Project Leader. Sono infatti questi ultimi che si occupano della gestione e dell'acquisto di valvole, strumenti, apparecchiature e altro, decidendone sulla base del processo da controllare i valori di taratura e le dimensioni.

Il modulo presenta inoltre una parte di creazione e gestione degli Hook-Up di strumentazione, ovvero gli schemi che mostrano per strumenti e valvole di controllo quali sono le connessioni da eseguire al fine di ottenere un montaggio corretto. Si tratta di fogli contenenti il disegno dello strumento e dei componenti quali viti, dadi, staffe, connettori per le tubazioni e altro necessario a completare il lavoro. Come già detto in precedenza, però, questo tipo di documento è sovente impiegato in Flenco per rappresentare il solo tratto terminale della tubazione che conduce allo strumento, mentre per i precedenti metri che si sviluppano dal processo al quadro strumenti è preferito lo sketch, che aiuta maggiormente l'officina nel realizzarne con precisione il percorso.

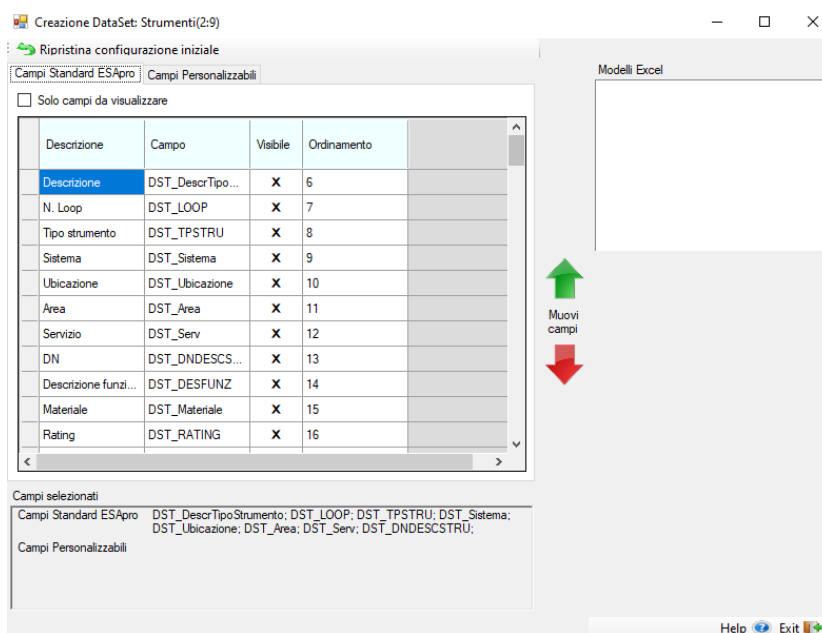
#### *4.6.1 Le operazioni da eseguire*

ESApro Isometrics, se paragonato agli altri presentati in precedenza, è considerabile abbastanza semplice nel suo utilizzo, ma richiede alcune accortezze che bisogna conoscere prima di cominciare il lavoro.

La sequenza ottimale in cui svolgere il lavoro, una volta creata la commessa tramite ESApro GDB e avendo preventivamente creato le classi nel database, prevede il disegno del P&ID e, durante il disegno del 3D, l'impiego di Instrumentation. Questa sequenza non può essere modificata, in quanto l'unico modo in cui è possibile creare una nuova voce per il componente nel database è proprio quello di inserirlo nel P&ID. Si tratta di una scelta degli sviluppatori che hanno voluto riconoscere l'importanza cruciale del P&ID stesso, il quale deve essere il documento che guida tutte le scelte da compiersi nel tempo e che non dovrebbe mai essere superato in importanza da altri documenti. Una volta, quindi, creata la voce del componente, alcune delle sue informazioni saranno di esclusivo appannaggio del disegnatore (diametro e dimensioni ad esempio) mentre la maggior parte sarà accessibile tramite

Instrumentation da entrambi o dal solo PL. In questo modo, man mano che il disegno procede, lo strumentista può riempire i campi che gli spettano senza interferire con il lavoro degli altri. Inoltre, poiché il database è condiviso, tutti potranno osservare le informazioni presenti e, per quanto riguarda quelle modificabili da entrambe le parti, si assisterà all'aggiornarsi del P&ID o del database qualora l'altro venisse modificato. Per le modifiche esclusive, invece, compariranno dei semplici messaggi informativi all'apertura dei file, per permettere il controllo di quanto cambiato.

Dunque, si inizia il lavoro creando un Dataset, ovvero un insieme di campi che sarà necessario riempire con le informazioni per un certo tipo di strumenti. È possibile creare più di un dataset per ciascuna famiglia di componenti (valvole manuali, strumenti, motori, ecc.) in modo da poter scegliere in maniera precisa quali informazioni mostrare per ciascun tipo di componente. È infatti naturale immaginare che, se nella famiglia "strumenti" sono presenti sia i manometri che i termometri, per qualificare i due siano necessarie informazioni diverse e quindi dei dataset diversi. Ogni dataset ha alcuni campi già impostati dal programma e altri che è possibile personalizzare, in modo da aggiungere qualsiasi notizia e permette di associare uno o più modelli di excel.



*Figura 4.25 - Finestra di creazione e modifica delle informazioni del dataset. Sulla destra è presente un riquadro dal quale è possibile scegliere il modello di Excel da impiegare per il datasheet*

Creato il dataset è quindi necessario assegnarvi i componenti e, finalmente, si può procedere al completamento del database con le informazioni richieste. Per questo scopo la finestra a comparsa assomiglia ad una tabella di excel, con una riga per ciascun componente e una colonna per ogni campo impostato nel dataset (si veda, ad esempio, la Figura 4.25). Una volta completata questa fase, che concettualmente dovrebbe essere quella dalla durata maggiore, è sufficiente pubblicare il datasheet, sotto forma di foglio di Excel, decidendo se includervi uno solo o più componenti. Il foglio Excel, ovviamente, deve preventivamente essere impostato in maniera corretta, attraverso una procedura

guidata, in modo che effettivamente i dati contenuti nel dataset vengano inseriti nelle caselle corrispondenti.

Per quanto riguarda gli Hook-Up, come detto poco impiegati in Flenco, il software è una sorta di gestore dell'archivio: qua è possibile creare o importare il disegno del tipico di installazione, che mostra con precisione i collegamenti da eseguire, ed associargli il relativo TAG, così da avere il documento a portata di mano qualora servisse. Si può inoltre sfruttare ancora la connessione al database dal quale, se disponibile, il modulo hook-up sarà in grado di prelevare la dimensione dei connettori senza richiedere l'inserimento manuale.

#### *4.6.2 I problemi nel primo utilizzo*

Anche in questo caso e nonostante l'apparente semplicità del software, ci sono stati alcuni inconvenienti durante il primo utilizzo del software che hanno portato a domandarsi se davvero fosse utile per svolgere il lavoro in maniera più efficace. Il programma, principalmente utilizzato per la stesura dei datasheet, è infatti concepito per produrne di varie tipologie a seconda di come sia desiderato il prodotto finale: si possono creare datasheet singoli per ciascun componente, multipli se i componenti differiscono per il solo Tag, contenenti informazioni a standard ISA o completamente personalizzati. Per questo scopo, però, sono state trascurate la semplicità di utilizzo e la veste grafica, facendo sì che il programma risulti in alcuni passaggi molto complesso senza un apparente motivo.

Dunque, fin dalla generazione del dataset, si è incontrato il problema legato a chi avrebbe avuto il potere di inserire e modificare i dati: questo, come anticipato, dovrebbe essere compito del disegnatore o dello strumentista a seconda del tipo di informazione, ma secondo criteri decisi a tavolino da ESAin. I campi informazione standard del programma sono infatti in alcuni casi modificabili unicamente dal P&ID, non accessibile ai PL Flenco, anche se nell'azienda sono di loro competenza. Questo ha obbligato quindi l'impiego di un gran numero di campi personalizzabili, che richiedono però di essere aggiunti manualmente uno per volta.

A questo punto, per l'inserimento dei dati veri e propri, la tabella da riempire presenta come già anticipato una riga per ciascun componente. I dati da inserire, a decine, sono quindi visualizzati l'uno in fila all'altro ed è necessario spostare la finestra di visualizzazione dopo aver riempito solamente pochi campi, per via della dimensione occupata dagli stessi in rapporto a quella dello schermo. Ci si trova quindi a non avere sott'occhio quanto scritto, al contrario di come, invece, è possibile fare su Excel che permette di modificare l'ingrandimento ed è ottimizzato in modo da occupare in maniera più agevole tutto lo schermo.

Sigla	Datasheet	N. Disegno	N. Foglio	Revisione	Descrizione	N. Loop	Tipo strumento	Sistema	Ubicazione	Area
FC-17807		001		0	FLOW CONTROLLER	17807	FC		002/1	
PC-17804		001		0	PRESSURE CONTROLLER	17804	PC		002	
PC-17810		001		0	PRESSURE CONTROLLER	17810	PC		001	
PDIT-17811		001		0	PRESSURE DIFFERENTIAL INDICA...	17811	PDIT		001	

*Figura 4.26 - Finestra di inserimento dei valori nel dataset. Si noti la scarsa quantità di informazioni che è possibile osservare contemporaneamente per un singolo componente*

Una delle operazioni più importanti da compiere è l'associazione del dataset (ovvero l'insieme dei campi di informazione) ad un foglio Excel specifico. Questo permette, una volta completati i settaggi di base, di generare istantaneamente un gran numero di datasheet in completa autonomia, avendo la certezza che il template desiderato sia rispettato e che tutti i valori siano al loro posto. La procedura di associazione, però, è lunga e prevede di selezionare una ad una le caselle del foglio di calcolo ed in seguito la voce del dataset che deve essere collocata nella casella, in modo da registrare il dato che ogni casella deve contenere. Questo lavoro è da fare ovviamente su fogli già impostati, cioè riempiti delle scritte e delle descrizioni che permettono la lettura del datasheet, assieme all'intestazione, ai loghi richiesti e a campi variabili e riempibili secondo necessità, come il campo note.

Poiché ogni famiglia di strumenti ha un datasheet specifico, è necessario ripetere l'operazione almeno tante volte quante sono le tipologie di strumenti inseriti nel progetto, ma come in altre situazioni è corretto ricordare che Flenco non lavora con specifiche proprie ma è obbligata di volta in volta a seguire quanto il cliente richiede. Dunque, al posto di creare un template di datasheet da utilizzare per ogni commessa, è necessario ripetere la procedura di associazione delle caselle non solo per diverse classi di componenti ma anche per un discreto numero di clienti aventi ciascuno esigenze diverse, a volte di concetto (alcuni datasheet richiedono talvolta informazioni particolari o specifiche legate alla commessa), altre volte semplicemente estetiche o legate all'ordine con cui le informazioni vengono mostrate.

È però corretto specificare che, nel caso di un paio di clienti i quali abitualmente impiegano ESAPro, è stato sufficiente importare nel server i loro modelli e i loro dataset senza dover ripetere l'operazione di associazione, già eseguita. Si tratta, purtroppo, di pochi casi, ma sufficienti a comprendere quanto il programma possa essere di aiuto nell'ambito di un sistema informativo più grande ed esteso al di fuori delle singole aziende. Come gli altri programmi della suite, infine, anche Instrumentation è capace di dialogare non solo con il database ma anche con gli altri software. In questo modo, quindi, modificare tramite esso un dato comporta il meccanismo di modifica che già è stato analizzato parlando di 3D e P&ID, composto principalmente da notifiche e messaggi di avviso. Questo, nell'esperienza Flenco, è però stato osservato solo nel passaggio da Instrumentation al P&ID: modificare un dato nel primo ha infatti permesso la comparsa della notifica nel secondo. Purtroppo, però, qualora il disegnatore modificasse un dato nello schema d'impianto, questo verrebbe sì modificato nel datasheet, ma senza



che alcun messaggio di avviso compaia. Se, quindi, è corretto dare la possibilità ad entrambi di compiere modifiche, bisogna ricordare che la responsabilità dei datasheet è dello strumentista (o, in Flenco, del Project Leader) e una modifica allo stesso senza un avviso può portare ad errori che sarebbero facilmente evitabili grazie ad una semplice comunicazione.

### 4.6.3 Conclusioni

Per concludere, quindi, si può dire che il programma ha potenzialmente la capacità di compilare in completa autonomia i datasheet, previo l'inserimento dei valori corretti da parte dello strumentista. È inoltre in grado di gestire differenti template e quindi, potenzialmente, soddisfare la maggior parte delle esigenze di un'azienda. Durante il lavoro, però, è stato inevitabile il confronto con il metodo impiegato in precedenza, ovvero il riempimento manuale dei datasheet tramite Excel: avendo a disposizione il modello richiesto dal cliente e i dati dei componenti dai fornitori, punti di partenza necessari sia per la compilazione manuale che per ESApro, nel primo caso il lavoro è quello di trovare i corretti valori e scriverli nel foglio di calcolo, per ciascun componente, mentre nel secondo caso li si deve scrivere all'interno della tabella di Instrumentation di cui si è parlato nel capitolo precedente. Dunque, in entrambi i casi, emerge la necessità di tracciare i valori, ma se compiendo il lavoro completamente a mano non servono azioni preparatorie (è sufficiente ricevere dal cliente il modello di datasheet e archivarlo correttamente), per ESApro è necessario anche associare i fogli di Excel con il dataset e seguire la procedura di generazione automatica dei datasheet, scegliendo di volta in volta i componenti da inserirvi. Si aggiunge cioè un passaggio, che sicuramente nel tempo diventerà più breve grazie al database che via via si forma, ma che nelle fasi iniziali comporta un grande investimento di tempo.

Quindi, visto in questa maniera, Instrumentation può essere utile per due motivi: creare più di un datasheet per ciascun componente senza dover copiare più volte i dati (o, magari, un datasheet multiplo che riepiloga quanto scritto in datasheet singoli e più specifici), e mantenere in ordine le informazioni, all'interno del database, permettendo a più persone di averne accesso tramite i differenti software e secondo i loro permessi. Il primo dei vantaggi, però, potrebbe essere sfruttato molto poco da Flenco per via della rara necessità di emettere documenti del genere. Il più delle volte, infatti, i clienti richiedono datasheet separati e solamente in fase di richiesta di offerta ai fornitori si potrebbe rivelare utile. Infatti, quando si richiedono i preventivi, non servono così tante informazioni ma sono sufficienti quelle che definiscono le caratteristiche principali dei componenti, perché tutte quelle accessorie verranno aggiunte in seguito per finalizzare l'ordine. In questa fase, quindi, il datasheet multiplo in cui è Flenco stessa a inserire i dati principali, potrebbe rivelarsi effettivamente utile.

Per quanto riguarda, invece, la maggiore interazione tra gli attori della commessa, il progettista e lo strumentista, si tratta di un tipo di interazione non necessario nel flusso di lavoro abituale dell'azienda. Se lo strumentista (che nel caso di Flenco coincide con il Project Leader) deve tenere sotto controllo tutti i componenti e conoscerne effettivamente le caratteristiche e i dati, a chi esegue il disegno servono solamente le caratteristiche geometriche e di connessione degli stessi in modo da poterli inserire correttamente nel progetto. Ad esempio, quindi, la pressione di set di una PSV o l'intervallo di

calibrazione di un termometro sono dati inutili per compiere un disegno, e di conseguenza l'unica utilità di ESApro è quella di inserirli all'interno di un database e tenerli in ordine. Questa, però, è un'operazione che si può compiere in maniera molto più semplice attraverso un server e delle cartelle organizzate al suo interno, senza la necessità di programmi specifici.

## 4.7 Il verdetto circa il nuovo software

Terminata la descrizione dei programmi che compongono la suite di ESApro, può essere utile ripercorrere i passi seguiti da Flenco nel cambiamento, a partire dal kick-off meeting fino alle prime commesse, in modo da comprendere meglio le difficoltà e i vantaggi riscontrati nel processo.

Una volta ottenuto il software, a settembre 2020, è stato necessario seguire un corso tenuto dai docenti di ESAin, di circa una giornata per programma, seguito per la maggior parte dai disegnatori dell'azienda e, per quanto riguarda Instrumentation, dai Project Leader. Questa parte di corso è stata impiegata per imparare le basi, in modo da poter imbastire una commessa di prova e tramite il lavoro sulla stessa mettere in luce i problemi riscontrati. Dopo alcuni mesi, infatti, si è tenuta un'altra lezione con il docente ESAin atta alla risoluzione dei dubbi.

In parallelo, inoltre, sono state frequentate anche delle lezioni su Inventor, il CAD parametrico da usare nella realizzazione dei supporti, della carpenteria, e per tutto quello che su ESApro non è possibile realizzare. Le lezioni, per quanto in numero inferiore a quelle di di ESApro, hanno portato a una buona conoscenza del software. Questo risultato è in realtà facilmente prevedibile e dipende sia dalla similitudine tra Inventor e NX (precedentemente impiegato), sia dal maggiore numero di azioni che è possibile compiere con ESApro. Inoltre quest'ultimo, come già detto, è scarsamente flessibile e prevede che la sequenza ideale del lavoro sia seguita rigorosamente, visualizzando messaggi di errore ogni qual volta non si seguano i giusti binari.

Mentre, quindi, la parte di ufficio tecnico maggiormente preposta della progettazione (disegnatori e Project Leader) si dedicava ad imparare il programma il back office, ovvero quella parte di personale che si occupa del supporto al cosiddetto front office, ha potuto iniziare il popolamento delle voci nel database. Lavoro indispensabile per l'utilizzo di ESApro, la creazione del database ha occupato a tempo pieno circa tre persone da ottobre 2020 a febbraio 2021, quando il grosso dello stesso per quanto riguarda i componenti di uso comune è stato finalmente completato. Come già detto in precedenza parlando del P&ID, infatti, il database è impiegato non solo per conoscere il numero e le caratteristiche dei pezzi che compongono una macchina, ma deve anche includere informazioni legate al fornitore.

Si tratta, per i componenti normati, di semplici informazioni sul lead-time o sul grossista che si occupa della commercializzazione, o di vere e proprie differenze costruttive per i componenti non normati. Per questo motivo è stato quindi necessario dedicare un grande quantitativo di tempo alla mera compilazione delle tabelle dati, avendo comunque da aggiungere i componenti usati meno spesso nelle commesse ma che possono essere utili.

Infine, da metà dicembre 2020, è stata iniziata una commessa da svolgersi in parallelo con NX e ESApro. Fin da subito l'azienda si è scontrata con la poca elasticità del programma e la differente organizzazione del lavoro richiesta. Se con NX è stato possibile fin da subito iniziare a disegnare il P&ID, per farlo su ESApro è stato necessario che i disegnatori attendessero la definizione dei principali componenti da parte dei PL, per poi creare le classi e da lì il disegno. Sul 3D, invece, le differenze tra i due sono state meno marcate, visto che il database era già stato compilato e le classi decise nella fase precedente, ma su NX è stato più veloce gestire alcune modifiche alla disposizione delle apparecchiature eseguite a modello già creato. Per quanto riguarda i disegni per l'officina, invece, gli sketch isometrici realizzati in maniera automatica da ESApro hanno permesso un buon guadagno di tempo ma soprattutto l'impiego di meno disegnatori per compiere tutto il lavoro.

Dunque, per quanto svolto fin ora, è possibile affermare che il cambiamento non ha portato evidenti benefici, ma è corretto notare come l'azienda da anni impiega NX e nel tempo ha plasmato il suo metodo di lavoro in modo da sfruttarne i punti forti e aggirarne i difetti. ESApro, invece, è la novità che fa un po' paura e che necessariamente richiede studio e dedizione per poter arrivare ad un risultato accettabile. La commessa svolta coi due in parallelo, così come tutto questo lavoro di Tesi volto all'evidenziazione dei problemi riscontrati, più che un paragone per determinare un vincitore devono essere delle raccolte di dati che servono per impostare fin dal principio i prossimi lavori nella maniera corretta. Il metodo di lavoro aziendale dovrà subire inevitabilmente dei cambiamenti, ma per tirare le somme e valutare l'investimento compiuto bisognerà attendere che ESApro sia conosciuto quanto NX, in modo da procedere con un paragone alla pari. Per ora, invece, bisogna continuare a lavorarci e imparare.

## 5 Allegati

Di seguito gli allegati utili per comprendere e approfondire gli argomenti trattati precedentemente.

### 5.1 Elenchi dei Regolamenti Tecnici EAC

Si elencano in seguito i macchinari per i quali è specificata, all'interno di ciascun Regolamento Tecnico, la necessità di ottenere una Certificazione o una Dichiarazione di Conformità.

#### 5.1.1 *TR CU 010/2011*

Lista di macchinari che richiedono una Certificazione:

- Macchine utensili per la lavorazione del legno.
- Macchine da neve, motoslitte e i rimorchi per essi.
- Attrezzatura da officina per autoveicoli e autocarri.
- Macchine agricole.
- Attrezzature meccaniche per giardinaggio e per silvicoltura anche elettriche.
- Macchine per bestiame, pollame e per foraggio.
- Strumenti meccanizzati anche con elettricità.
- Attrezzature per la lavorazione del legname:
  - motoseghe a scoppio.
  - motoseghe elettriche.
- Macchinari ed attrezzature destinate all'uso nell'ambito della ristorazione.
- Impianti e attrezzature per escavazione e lavori di pulizia
  - Raccoglitori industriali
  - Complessi meccanizzati
  - Supporti meccanici
  - Attrezzature pneumatiche
- Attrezzature e macchine da pozzo:
  - Macchine da pozzo per il carbone e diversi tipi di roccia.
  - Attrezzature per le macchine da pozzo.
- Impianti ed attrezzature per gli ascensori e macchine di trasporto per le miniere:
  - Nastri trasportatori per le miniere.
  - Nastri trasportatori per le miniere per la raschiatura.
  - Verricelli per le miniere.
- Attrezzature per foratura dei pozzi e attrezzature per l'esplosione dei pozzi:
  - Martelli e perforatori pneumatici.
  - Macchine per la foratura del settore minerario.

- Impianti di perforazione.
- Impianti e apparecchiature per la ventilazione e l'abbattimento delle polveri:
  - Ventilatori per miniere.
  - Impianti di raccolta e abbattimento delle polveri.
  - Compressori di ossigeno.
- Macchinari ed attrezzature per sollevamento.

Lista di macchinari che richiedono la Dichiarazione:

- Turbine e impianti con turbine a gas.
- Impianti d'aspirazione.
- Generatori diesel.
- Attrezzature ed impianti per le operazioni di sollevamento.
- Nastri trasportatori.
- Paranchi elettrici a funi e a catena.
- Impianti chimici, raffinerie.
- Impianti per la lavorazione di materiali polimerici.
- Attrezzature di pompaggio (pompe, gruppi di pompaggio e impianti).
- Attrezzatura criogenica, compressori, refrigerazione, autogeno, purificatori di gas:
  - Impianti di separazione dell'aria e di gas rari.
  - Impianti di preparazione e filtrazione dei gas e liquidi, impianti di calore e di massa di sistemi criogenici.
  - Compressori (ad aria, gas e a trasmissione).
  - Impianti di refrigerazione.
- Attrezzature per la lavorazione a base di fiamma a gas per la lavorazione dei metalli.
- Impianti di purificazione dei gas e l'abbattimento delle polveri.
- Impianti ed attrezzature di produzione di cellulosa e carta.
- Impianti ed attrezzature per la fabbricazione della carta.
- Impianti ed attrezzature per la rivelazione dei giacimenti di petrolio, per la perforazione e rivelamento geologico.
- Impianti ed attrezzature di verniciatura.
- Impianti per la lavorazione di ammoniaca liquida.
- Attrezzature per la preparazione e il trattamento di acqua potabile.
- Torni per la lavorazione dei metalli.
- Impianti a pressione per la lavorazione dei metalli.
- Attrezzature per la lavorazione di legno (ad eccezione di attrezzature destinate ad uso domestico).
- Attrezzature per la fonderia.
- Attrezzature per saldatura e spruzzatura termica.
- Trattori industriali.
- Carelli elevatori.

- Biciclette per adulti.
- Macchine per i lavori del suolo, per sviluppo e manutenzione delle cave.
- Macchine stradali con attrezzature per la preparazione di miscele dei materiali edili.
- Macchine ed attrezzature per la costruzione.
- Attrezzature per la lavorazione dei materiali da costruzione.
- Attrezzature per la lavorazione del legname (tranne le motoseghe a scoppio e motoseghe elettriche).
- Attrezzature tecnologiche per l'industria torba.
- Impianti e attrezzature da stiro industriali.
- Attrezzature per la pulizia a secco e tintura di articoli di abbigliamento e prodotti per la casa.
- Macchine ed attrezzature per servizi comunali.
- Ventilatori industriali.
- Condizionatori industriali.
- Riscaldatori e refrigeratori.
- Attrezzature tecnologiche per l'industria leggera.
- Attrezzature tecnologiche per l'industria tessile.
- Attrezzature tecnologiche per la produzione di fibre chimiche, di vetro e di fibre d'amianto.
- Attrezzature tecnologiche per l'industria alimentare.
- Attrezzature tecnologiche per molitoria, per mangimi e attrezzature di sollevamento per esse.
- Attrezzature tecnologiche per le imprese del commercio, della ristorazione e cucine.
- Attrezzature di stampa.
- Attrezzature tecnologiche per il vetro, porcellana, ceramica e l'industria dei cavi.
- Caldaie a combustibili liquidi e solidi.
- Bruciatori a gas e combinati (ad eccezione di quelli monoblocco) a combustibili liquidi, da montaggio negli impianti per i quali è stato progettato l'utilizzo nei processi industriali.
- Apparecchi di riscaldamento dell'acqua e di riscaldamento ambiente, alimentati a combustibili liquidi e solidi.
- Frese:
  - Frese con molteplici inserti in metallo duro.
  - Frese per taglio dei metalli.
  - Frese in carburo di tungsteno.
- Utensili:
  - Utensili per torni con inserti in metallo duro.
  - Utensili per torni con taglierine il poliedrico carburo.
- Seghe a disco con inserti in metallo duro per la lavorazione del legno.
- Utensili di montaggio con impugnature isolate per il lavoro dei impianti elettrici in tensione fino a 1000 V.
- Frese intercambiabili:
  - Frese dentate per la lavorazione di legno.
  - Frese in acciaio o metallo duro per la lavorazione di legno.

- Frese cilindriche.
- Utensili con diamanti naturali e sintetici:
  - Dischi diamantati per levigatura.
  - Dischi diamantati per taglio.
- Strumenti e utensili di materiali duri sintetici a base di nitruro di boro (utensili di borazone):
  - Dischi per levigatura.
- Valvole industriali.
- Utensili abrasivi, materiali abrasivi:
  - Dischi abrasivi, anche per le macchine portatili.
  - Dischi per il taglio.
  - Dischi per lucidatura.
  - Dischi abrasivi lamellari.
  - Nastri abrasivi.
  - Dischi abrasivi in fibra.

### 5.1.2 TR CU 004/2011

Elenco dei componenti soggetti a Certificazione elettrica:

- Apparecchi elettrici ed elettrodomestici:
  - per la preparazione e la conservazione del cibo, la meccanizzazione dei lavori in cucina;
  - per il trattamento (lavaggio, stiratura, asciugatura, pulizia) di biancheria, abbigliamento e calzature;
  - per la pulizia degli interni;
  - per il mantenimento e controllo del microclima negli interni;
  - igienico-sanitari;
  - per la cura dei capelli, delle unghie e della pelle;
  - per il riscaldamento del corpo;
  - per il massaggio a vibrazione;
  - da gioco, attrezzature per lo sport e la palestra;
  - apparecchiatura audio e video, ricevitori TV e radio;
  - per cucitura e lavori di maglia;
  - alimentatori, caricabatteria, stabilizzatori di tensione;
  - attrezzature da giardino e orto; per acquari e vasche da giardino;
  - elettropompe;
  - apparecchiature di illuminazione e sorgenti luminose;
  - materiali per installazioni elettriche;
  - prolunghe.
- Personal computer
- Apparecchiature a bassa tensione collegate a personal computer.
- Strumento elettrificato (macchine manuali e portatili)
- Cavi e fili

- Interruttori automatici, interruttori magnetotermici differenziali.
- Apparecchi per la distribuzione di energia elettrica.
- Apparecchi elettrici per il comando di impianti elettrotecnici

### 5.1.3 TR CU 020/2011

Elenco delle apparecchiature soggette a Certificazione:

- Apparecchi elettrici ed elettrodomestici:
  - per la preparazione e la conservazione del cibo, la meccanizzazione dei lavori in cucina;
  - per il trattamento (lavaggio, stiratura, asciugatura, pulizia) di biancheria, abbigliamento e calzature;
  - per la pulizia degli interni;
  - per il mantenimento e controllo del microclima negli interni;
  - igienico-sanitari;
  - per la cura dei capelli, delle unghie e della pelle;
  - per il riscaldamento del corpo;
  - per il massaggio a vibrazione;
  - da gioco, attrezzature per lo sport e la palestra;
  - apparecchiatura audio e video, ricevitori TV e radio;
  - per cucitura e lavori di maglia;
  - alimentatori, caricabatteria, stabilizzatori di tensione;
  - attrezzature da giardino e orto; per acquari e vasche da giardino;
  - elettropompe;
  - apparecchiature di illuminazione;
  - interruttori automatici con comando elettronico;
  - dispositivi di disattivazione con comando elettronico;
  - apparecchiatura per saldatura ad arco elettrico.
- Personal computer
- Apparecchiature collegate a personal computer:
  - stampanti
  - monitor
  - scanner
  - alimentatori tamponati
  - diffusori acustici attivi alimentati dalla rete a corrente alternata;
  - proiettori multimediali.
- Strumento elettrificato (macchine manuali e portatili)



#### 5.1.4 TR EAEU 043/2017

Apparecchiature che necessitano di Dichiarazione

- Agenti estinguenti
- Rivestimenti resistenti al fuoco e materiali refrattari;
- Tubi e canaline pasacavi;
- Estintori;
- Sistemi di estinzione a estinguenti gassosi, a polvere ed aerosol condensato;
- Armadi antincendio, valvole manuali
- Veicoli antincendio, sistemi di estinzione robotizzati, motopompe, pompe mobili;
- Sistemi di rilevazione e di segnalazione d'incendio, comando e gestione spegnimento;
- Componenti di impianti fissi di lotta contro l'incendio;
- Sistemi antincendio con monitori fissi a comando remoto;
- DPI per le vie respiratorie per i vigili del fuoco;
- Indumenti di protezione dei vigili del fuoco;
- DPI delle mani, gambe e capo dei vigili del fuoco;
- Imbracature e sistemi anticaduta (scale portatili, in corda, scivoli di evacuazione);
- Attrezzature antincendio speciali;
- Accessori per equipaggiamento dei vigili del fuoco (torce, termoscanter, localizzatori GPS/GPRS, tracciatori sonori)
- Componenti delle reti idranti;
- Sistemi di compartimentazione antincendio (porte e finestre tagliafuoco e tagliafumo); sistemi di sigillatura per attraversamenti;
- Componenti dei sistemi di evacuazione dei prodotti della combustione.

## 5.2 Datasheet modello ISA (International Society of Automation)

Il seguente datasheet è da impiegarsi nella qualificazione di uno strumento di misura della temperatura (si osservino i campi relativi al Thermowell, o pozzetto termometrico, e alla sonda di temperatura).

GENERAL	1	Tag Number Element	Item Number			
	2	Tag Number Well	Tag Number Transmitter			
	3	Service				
	4	P&ID No.	Req. / P.O. No.			
	5	Line Number	Equipment No.			
	6	Area Classification				
	7	Amb. Temperature	Min.	Max.		
	8	Manufacturer	Model			
	9					
PROCESS CONDITIONS	10	Fluid	Phase			
	11	Design Temperature	Oper. Temperature			
	12	Design Pressure	Oper. Pressure			
	13					
	14					
ELEMENT	15	Type				
	16	Ground	Unground			
	17	Simplex / Duplex				
	18	Sheath Diameter				
	19	Sheath Material				
	20					
	21					
HEAD AND EXTENTION	22	Type				
	23	Material				
	24	Electrical Connection				
	25	Weather Protection	Electrical Certification			
	26	Extension Type	Material			
	27	Extension Length				
	28					
WELL	29	Construction Type				
	30	Ref. To Standard Drawing				
	31	Connection Type	Bore Diameter (mm)			
	32	Process Conn.	Rating (lbs)			
	33	Insertion Length ("U")				
	34	Standard Length ("L")				
	35	Material				
	36	Plug & Chain				
	37	Sheating	Coating			
	38	Manufacturer	Model			

	39	NACE Requiremets						
	40	Hydrogen Service						
	41							
TRANSMITTER	42	Input Type						
	43	Power Supply	Output Signal					
	44	Calibrated Range	Accuracy					
	45	Communication Type	Advanced Diagnostics					
	46	Surge Protection	Burnout Protection					
	47	Electrical Certification						
	48	Mounting						
	50	Housing Material						
	51	Internal Indicator						
	52	SIL Certificate						
	Notes:							
						INSTRUMENT SPECIFICATION Temperature Transmitter		
Rev.	Date	By	Chk.	Appr.	Description	Dwg. No.:	Sht.:	Rev.:

## 6 Bibliografia e Sitografia

- [www.novatek.ru](http://www.novatek.ru);
- [www.linde.com](http://www.linde.com);
- [www.technipfmc.com](http://www.technipfmc.com);
- API Standard 520, sixth edition - Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries;
- API Standard 521, fourth edition, Pressure-Relieving and Depressurizing Systems;
- API Standard 526, fourth edition - Flanged Steel Pressure Relief Valves;
- API Standard 614, fifth edition - Lubrication, Shaft-sealing and Oil-control Systems and Auxiliaries;
- Siemens Energy – specifiche di progetto – Arctic LNG 2;
- [www.leser.com](http://www.leser.com);
- [www.spiraxsarco.com](http://www.spiraxsarco.com);
- <https://www.emerson.com/en-us/automation/fisher>;
- TR-CU 004/2011 - On safety of low-voltage equipment;
- TR-CU 010/2011 - On safety of machinery;
- TR-CU 012/2011 - On safety of equipment in explosion hazardous environments;
- TR-CU 020/2011 - On electromagnetic compatibility of technical means;
- TR-CU 032/2013 - On safety of pressure equipment;
- TR-CU 043/2017 - On requirements for fire safety and firefighting means;
- Satiz TPM - Materiale informativo riguardante la certificazione EAC;
- ESAin Srl - Materiale informativo fornito in occasione del corso seguito;
- ESAin Srl - Manuale utente ESAPro P&ID;
- ESAin Srl - Manuale utente ESAPro 3DPiping;
- ESAin Srl - Manuale utente ESAPro Isometrics;
- ESAin Srl - Manuale utente ESAPro Instrumentation;
- UTE progetti – Documentazione riguardo l'impiego di ESAPro in commesse tipo Flenco;
- Flenco Fluid System - Documentazione interna realizzata ad uso dei dipendenti, sull'impiego di ESAPro nella commessa.