

**ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

**SCUOLA DI INGEGNERIA
-Sede di Forlì-**

Corso di Laurea in
INGEGNERIA AEROSPAZIALE / MECCANICA

Classe L-9

ELABORATO FINALE DI LAUREA

In
**DISEGNO TECNICO ASSISTITO DAL
CALCOLATORE**

**OTTIMIZZAZIONE TOPOLOGICA RELATIVA AD
UN IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI CREME
AD USO ALIMENTARE**

CANDIDATO
Maltoni Mattia

RELATORE
Piancastelli Luca

Anno Accademico 2018/2019

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	4
1.1. <i>Obiettivo del progetto.....</i>	<i>4</i>
1.2. <i>Tubazioni: Storia.....</i>	<i>5</i>
1.3. <i>Perdite di carico.....</i>	<i>8</i>
1.3.1. <i>Dimensionamento fluidodinamico delle condotte: perdite di carico distribuite.....</i>	<i>8</i>
1.3.2. <i>Perdite di carico concentrate.....</i>	<i>11</i>
2. SVILUPPO DEL PROGETTO.....	12
2.1. <i>Il sopralluogo.....</i>	<i>12</i>
2.2. <i>Zona polveri.....</i>	<i>15</i>
2.3. <i>Zona liquidi: materie prime.....</i>	<i>30</i>
2.4. <i>Zona liquidi: produzione.....</i>	<i>45</i>
2.5. <i>Zona liquidi: stoccaggio creme.....</i>	<i>50</i>
3. CONCLUSIONI.....	56
BIBLIOGRAFIA.....	57

1. INTRODUZIONE

1.1. OBIETTIVO DEL PROGETTO

L'obiettivo della Tesi in oggetto è quello di individuare l'ottimizzazione topologica di un impianto per la produzione di creme ad uso alimentare e successivamente, mediante l'ausilio di strumenti CAD, progettare il passaggio, la costruzione ed il sostegno delle tubazioni di collegamento dai recipienti contenenti le materie prime a quelli adibiti allo stoccaggio delle creme finite.

Le disposizioni del cliente apparivano in prima istanza semplici: partendo da un numero predefinito di serbatoi (al cui interno erano presenti vari tipi di fluidi) e da altri silos contenenti materiali in forma pulviscolare, veniva richiesto di creare miscele che sarebbero poi state stoccate e trasportate in ambienti esterni a quelli qui considerati.

Il primo passaggio che è stato necessario affrontare, pertanto, è stato reperire tutte le informazioni utili al fine di disegnare lo schema costruttivo dell'intero impianto contestualmente all'ottimizzazione topologica. Era stata infatti richiesta da parte del cliente la progettazione completa dello stoccaggio delle materie prime in forma pulviscolare (ad esempio lo zucchero), del relativo spostamento fino alla macchina impastatrice (mediante trasporto in sospensione) e della movimentazione dei vari fluidi presenti nei serbatoi del cliente, i quali si sarebbero poi in parte divisi per poter entrare nella suddetta macchina impastatrice e nei tanks di stoccaggio per eventuali correzioni finali.

Una volta definito lo schema dell'impianto si è quindi potuti passare alla fase realizzativa grafica. Il software CAD di cui si è fatto uso è Solid Edge, di Siemens PLM Software. La scelta è ricaduta su questo tipo di prodotto poiché in grado di coniugare buone funzionalità di modellazione 3D con un ambiente integrato di analisi ad elementi finiti, indispensabili per le verifiche strutturali degli organi di sostegno di tubazioni e non.

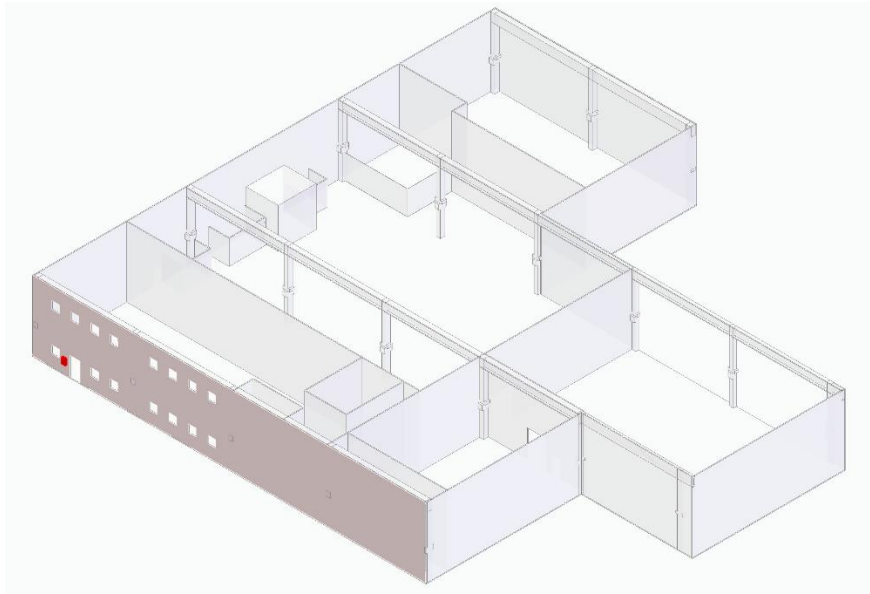


Fig.1 Riproduzione in 3D (Solid Edge) della porzione di capannone interessata dalla riquaificazione

1.2. TUBAZIONI: STORIA

Uno dei primi problemi ingegneristici che l'uomo abbia dovuto affrontare, contestualmente alla nascita dei centri abitati, è stato quello dell'approvvigionamento idrico per uso domestico e irrigui in quanto la vita urbana richiede disponibilità di acqua in misura adeguata. La ricerca archeologica evidenzia, infatti, che tutte le civiltà succedutesi nel corso della storia hanno costruito sistemi di approvvigionamento idrico. Gli acquedotti romani, alcuni dei quali sono ancora in uso, ne costituiscono l'esempio più noto. Dal punto di vista tecnico l'opera più interessante è forse quella realizzata nei pressi della città ellenistica di Pergamo, nell'odierna Turchia, dove, negli anni compresi fra il 283 ed il 133 a.C., venne realizzato un acquedotto con tubazioni in pressione di piombo e argilla lunghe fino a 45 km, che funzionavano con pressioni maggiori di 17 bar (circa 170 metri di colonna d'acqua). I romani tuttavia, pur essendo stati ottimi ingegneri, avevano una scarsa conoscenza dei principi che governano il moto dei fluidi (Meccanica Dei Fluidi - Yunus A. Cengel, John M. Cimbala - McGraw-Hill 2015).



Fig.2 Tubazioni romane in rame

Agli inizi del XVII secolo Galileo Galilei (1564-1642) introduce il *metodo scientifico* già sviluppato in epoca ellenistica, che si diffonde rapidamente in tutta Europa. In seguito Simon Stevin (1548-1620) studia la distribuzione delle pressioni in un fluido in quiete, mentre pochi anni dopo i concetti di vuoto e pressione vengono definitivamente precisati da Blaise Pascal (1623-1662), da cui il nome dell'unità di misura. E' però solamente nel 1738 che lo svizzero Daniel Bernoulli (1700-1782) pubblica il trattato *Hydrodynamica*, considerato ad oggi il primo trattato di meccanica dei fluidi, all'interno del quale viene esposto il teorema fondamentale che porta il suo nome.

Fino al termine del XVIII secolo tuttavia gli sviluppi della meccanica fluidica e della meccanica in generale esercitano un impatto del tutto trascurabile sulla tecnica ingegneristica in quanto esse erano considerate astrazioni non utilizzabili a scopi applicativi. I primi cambiamenti si avvertono a Parigi, dove presso l'École Polytechnique e l'École des Ponts et Chaussées vengono introdotte le cattedre di analisi matematica e di meccanica, alle quali presenziano sia in qualità di studenti sia in qualità di insegnanti molti studiosi od ingegneri francesi latori di importanti contributi alla meccanica dei fluidi (de Prony, Navier, Coriolis, Darcy).

Risultati di fondamentale importanza per questa disciplina vengono raggiunti verso la metà dell'800 con gli studi del medico francese Jean Poiseuille (1797-1869), che studiando la circolazione sanguigna stabilisce nel 1844 la legge del moto laminare dei fluidi viscosi in tubi circolari, legge alla quale il tedesco Hagen (1797-1884) perviene sperimentalmente nel 1839, effettuando la distinzione tra moto laminare e turbolento. Fu però George Stokes (1819-1903) sulla scia del lavoro precedentemente svolto dal collega

Navier, ad elaborare le equazioni del moto dei fluidi viscosi note come *equazioni di Navier-Stokes*.

Coordinates: (x,y,z)	Time : t	Pressure: p	Heat Flux: q
Velocity Components: (u,v,w)	Density: ρ	Stress: τ	Reynolds Number: Re
	Total Energy: Et		Prandtl Number: Pr

Continuity:
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0$$

X – Momentum:
$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u^2)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{Re_r} \left[\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right]$$

Y – Momentum:
$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v^2)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho vw)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{Re_r} \left[\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right]$$

Z – Momentum
$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vw)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w^2)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{1}{Re_r} \left[\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} \right]$$

Energy:

$$\frac{\partial(E_T)}{\partial t} + \frac{\partial(uE_T)}{\partial x} + \frac{\partial(vE_T)}{\partial y} + \frac{\partial(wE_T)}{\partial z} = -\frac{\partial(up)}{\partial x} - \frac{\partial(vp)}{\partial y} - \frac{\partial(wp)}{\partial z} - \frac{1}{Re_r Pr_r} \left[\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right] + \frac{1}{Re_r} \left[\frac{\partial}{\partial x} (u \tau_{xx} + v \tau_{xy} + w \tau_{xz}) + \frac{\partial}{\partial y} (u \tau_{xy} + v \tau_{yy} + w \tau_{yz}) + \frac{\partial}{\partial z} (u \tau_{xz} + v \tau_{yz} + w \tau_{zz}) \right]$$

I differenti regimi del moto dei fluidi e le condizioni che li determinano vengono teorizzati nel 1883 da parte di Osborne Reynolds (1842-1912), con la seguente introduzione del parametro adimensionale che porta il suo nome. Sempre in quegli anni all'ingegnere idraulico Clemens Herschel (1842-1930) si deve l'invenzione del misuratore di portata per correnti in pressione (1881), che Herschel stesso denomina *venturimetro* in onore dell'idraulico italiano Giovanni Battista Venturi (1746-1822) e dei suoi studi sperimentali su tubi divergenti.

Significative indagini sull'analisi dimensionale, sul moto irrotazionale, sulle onde e sulla cavitazione risalgono alla fine del XIX secolo grazie agli studi di fisici e ingegneri irlandesi e inglesi quali i già citati Reynolds e Stokes, ma anche Thomson, lord Kelvin, lord Reyleigh, Strutt e sir H. Lamb. Gli inizi del '900 vedono lo svilupparsi di studi sull'aerodinamica culminati nel 1903 con il primo volo su un aeroplano a motore effettuato dai fratelli Wright.

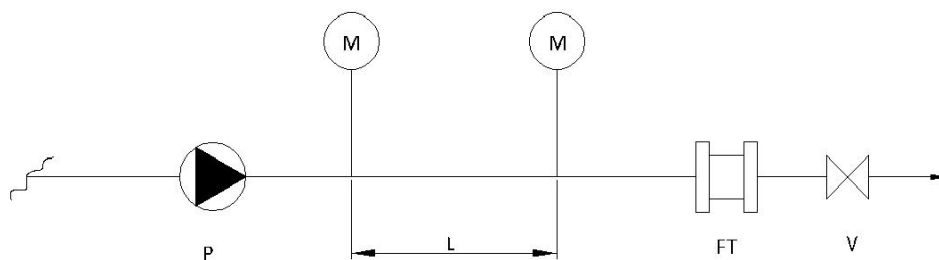
Quasi contemporaneamente il tedesco Ludwig Prandtl (1875-1953) mostra nel 1904 come nel campo di moto di un fluido esista uno strato adiacente alla parete, lo *strato limite*, in cui gli effetti sono significativi ed uno strato esterno ad esso in cui invece tali effetti sono trascurabili.

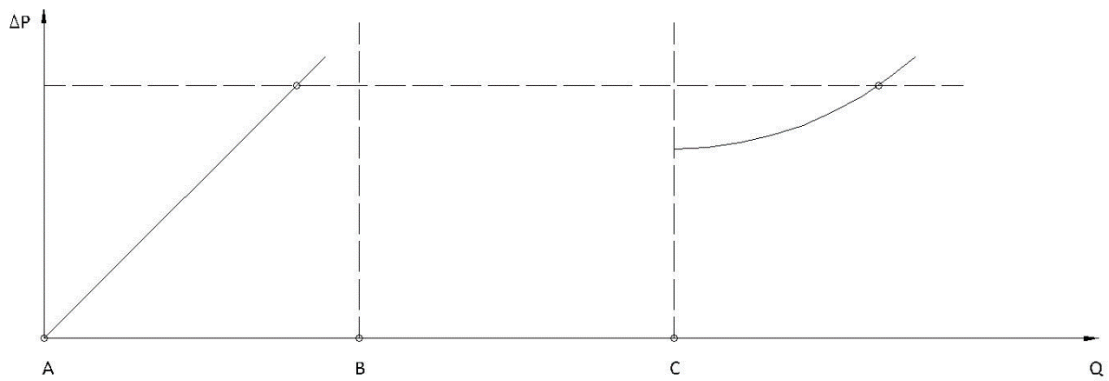
Tali studi permettono nel XX secolo una vasta applicazione della meccanica fluidica a settori in forte espansione quali quello aeronautico, chimico ed idroelettrico ed un impiego della modellazione fisica come supporto indispensabile alla progettazione, sia in campo civile che industriale. Fu però l'avvento del calcolatore, avvenuto a metà del '900, a permettere per la prima volta la risoluzione di problemi complessi per via numerica.

1.3. PERDITE DI CARICO

1.3.1 DIMENSIONAMENTO FLUIDODINAMICO DELLE CONDOTTE: PERDITE DI CARICO DISTRIBUITE

In una linea fluidodinamica nella quale, tramite l'azione su un organo di intercettazione V , è possibile modulare la portata Q (in volume) o $G = \rho Q$ (in massa) generata da una macchina operatrice P misurando con dispositivi a flangia tarata FT la portata e con un insieme di manometri $M1$ ed $M2$ la diminuzione di pressione ΔP lungo un tratto di condotta di lunghezza, è possibile ottenere sperimentalmente l'andamento della funzione $\Delta P = \Delta P(Q)$ oppure $\Delta P(G)$:





La regione A corrisponde alle condizioni di moto laminare, la regione C a quella di moto turbolento, mentre la regione B è una zona di transizione.

Si ha:

$$R = -\frac{dP}{dL} = Ka \frac{\rho c^2}{D^2}$$

Con:

R Perdita di carico per unità di lunghezza

D Diametro idraulico

Ka Coefficiente di attrito dinamico in funzione del numero di Reynolds (Re) e della rugosità o scabrezza relativa e/D

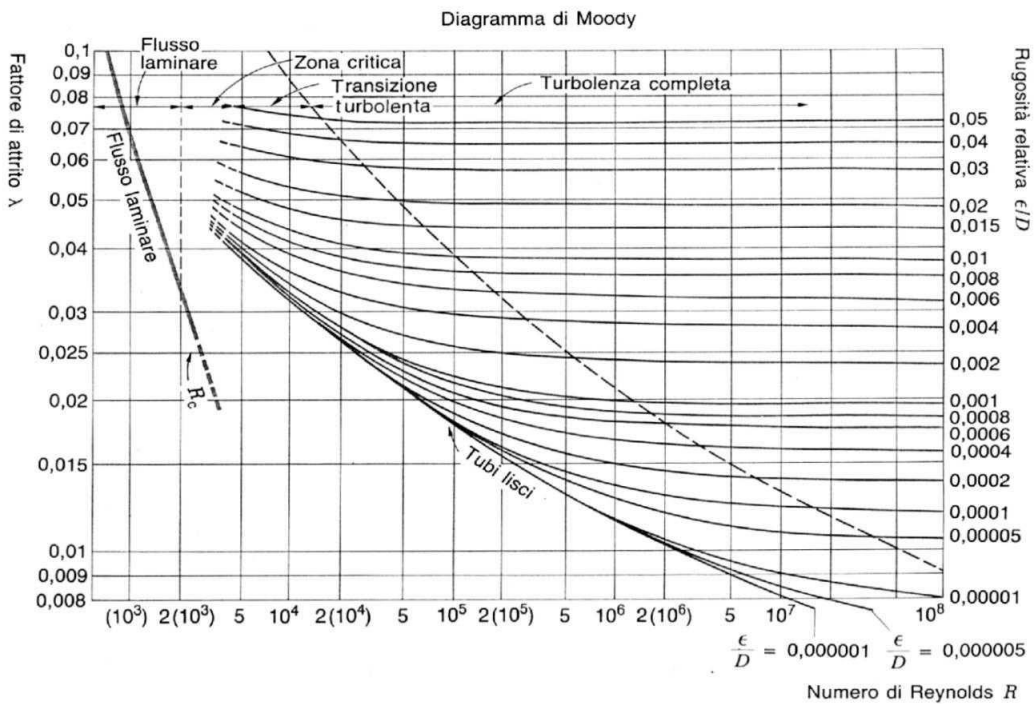
$$Re = \frac{cD}{\nu_c} = \frac{\rho c D}{\nu_d}$$

con ν_c e ν_d rispettivamente viscosità cinematica e dinamica del fluido ed e misura della rugosità o scabrezza delle pareti interne.

Per la distinzione di intervalli di applicazione si ha:

$$Re < 2300: \quad Ka = \frac{64}{Re} = 64 \frac{v_c}{cD}$$

$$2300 < Re < 10^5 \quad e \quad 10^5 < Re < 10^8$$



Da cui, per Fluidi comprimibili:

$$\text{Moto Laminare:} \quad R = -\frac{dP}{dL} = \frac{128v_c\rho Q}{\pi D^4}$$

$$\text{Moto Turbolento:} \quad R = -\frac{dP}{dL} = \frac{8Ka\rho Q^2}{\pi^2 D^5}$$

1.3.2 PERDITE DI CARICO CONCENTRATE

Si indicano come *concentrate* le perdite di carico non imputabili a fenomeni di attrito fluidodinamico (e quindi distribuite lungo tutte le condotte) ma a perturbazioni localizzate del flusso dovute a disuniformità geometriche o accidentalità inserite nella linea. Le perdite di carico concentrate sono quantificabili con la relazione:

$$\Delta P_c = Kc\rho \frac{c^2}{2} = \frac{8Kc\rho Q^2}{\pi^2 D^4}$$

Da cui risulta la definizione dei coefficienti di accidentalità Kc che appaiono sufficientemente costanti.

Le perdite di carico concentrate possono esprimersi anche in termini di lunghezza equivalente (Le), definita come la lunghezza di tubazione rettilinea, di sezione costante e priva di accidentalità che per attriti comporta perdite di carico DP pari a quelle indotte dall'accidentalità stessa.

Risulta quindi:

$$\Delta P = Kc\rho \frac{c^2}{2} = Ka\rho c^2 \frac{Le}{2D}$$

Da cui:

$$Le = \frac{KcD}{Ka}$$

2. SVILUPPO DEL PROGETTO

2.1. IL SOPRALLUOGO

Il passo successivo al reperimento delle informazioni principali per la realizzazione dell'impianto è consistito nell'eseguire un sopralluogo dello spazio messo a disposizione dal cliente. La struttura si presentava come un locale da riqualificare, con pareti e costruzioni da smantellare prima dell'installazione del nuovo impianto.



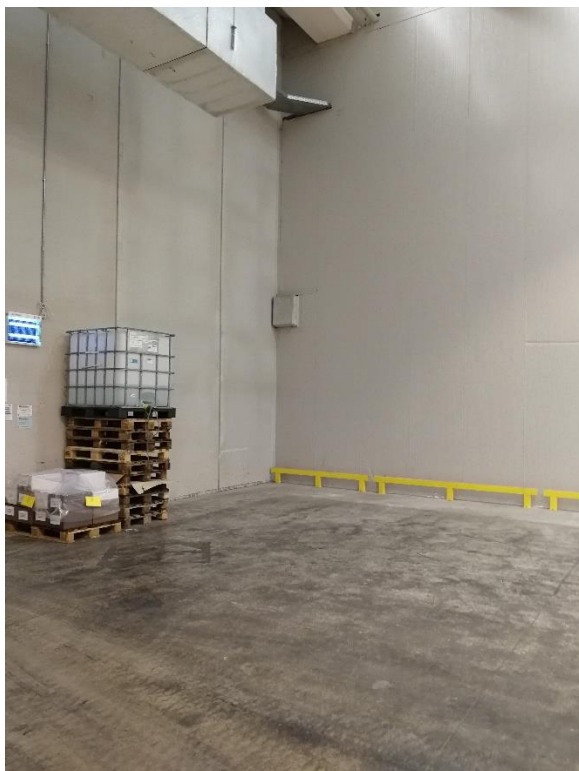


Fig.3,4,5 Particolari magazzino durante i rilievi iniziali

La presenza già in fase progettuale di alcuni vincoli è risultata inevitabile, rendendo la ricerca della soluzione ottimale per lo sfruttamento degli spazi a disposizione di non semplice esecuzione. Le pareti REI a chiusura stagna rendevano infatti impossibile il posizionamento delle tubazioni lungo percorsi semplici ed intuitivi, costringendo in fase di progettazione ad individuare percorsi tutt'altro che agevoli.

2.2 ZONA POLVERI

La prima zona ad essere presa in esame in fase di progettazione è stata quella posizionata ad ovest, ossia quella dedicata allo stoccaggio dello zucchero in forma granulare ed alle materie prime varie in forma pulviscolare.

Oltre alla progettazione dei trasporti delle polveri sono stati forniti anche i sistemi per il contenimento dei prodotti sopraelencati. Nel primo caso si è optato per un silo (3500x3500x7500 mm) con telaio in acciaio inossidabile (AISI 304) e serbatoio di contenimento in materiale Trevira il cui volume interno ha una capacità di 48 metri cubi.

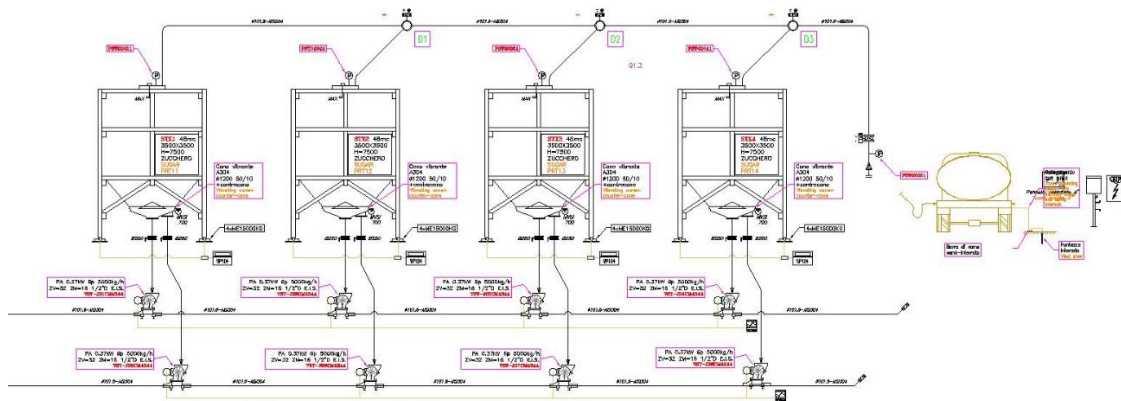


Fig.7 Particolare STX nello schema funzionale (Autocad)

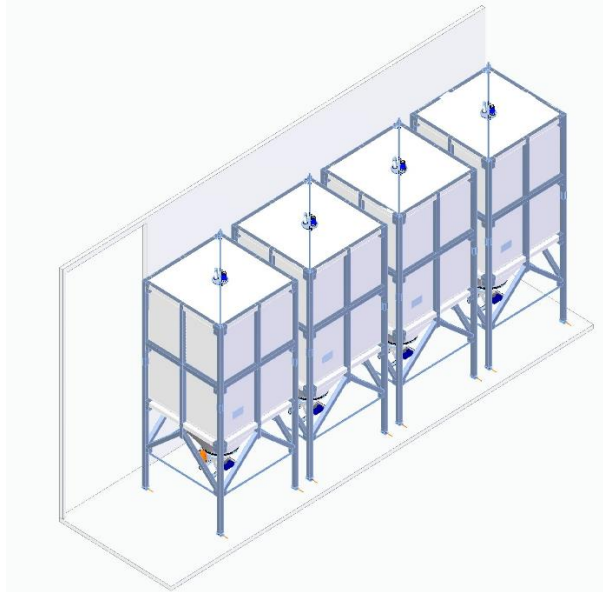


Fig.8 Vista STX in 3D (Solid Edge)



Fig.9 STX dopo posizionamento e montaggio in cantiere

Sotto ad ogni silo sono presenti due valvole stellari a gravità che, con l'aiuto di una soffiante in aspirazione, sono in grado di spostare lo zucchero, permettendogli di raggiungere prima un lift-deviatore e successivamente la tramoggia pesata per lo scarico dentro la macchina per la produzione delle creme.

Il carico dei silo avviene mediante una lancia posta esternamente all'edificio, che aspira il prodotto e lo trasporta con l'aiuto di una tubazione ai vari volumi di stoccaggio in Trevira.

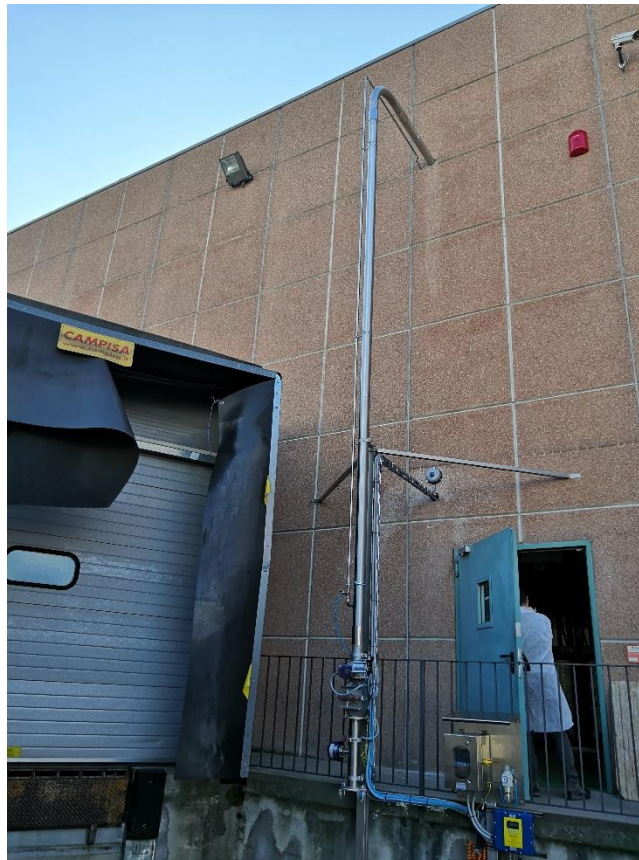


Fig.10 Particolare tubo di carico polveri

Per direzionare il prodotto nel serbatoio prescelto sono presenti altri deviatori, che hanno un solo ingresso e due uscite: una deviata ed una diritta per il proseguimento della linea. I deviatori sono a loro volta posti sopra al tetto del silo in tessuto.

Le prime criticità sono sorte proprio durante questa fase della progettazione.

I telai sono stati posti ad un metro circa dalla parete REI che divide il locale di stoccaggio materie prime da quello della produzione, in una posizione in cui non erano presenti travi a cui poter ancorare i lift. Si è stati quindi costretti ad agganciare i deviatori ad un tegolo del soffitto, senza poter lasciare l'adeguato spazio per la manutenzione straordinaria.

Data l'impossibilità di ruotare il tetto dei sili a causa di elementi costruttivi del telaio che ne impedivano la fattibilità, in un primo momento si era pensato di smontarli e riassembrarli girati di 180°, in modo che il tubo di carico fosse posto verso il magazzino e non verso la parete anti-incendio.

Questa opzione è stata però scartata quasi immediatamente dal momento che non era presente alcun punto di fissaggio per i deviatori, motivo per il quale si è deciso di posizionare il tutto come da prima ipotesi. La scelta operata comporta pertanto la necessità di salire in sicurezza sui tetti dei sili durante gli interventi di manutenzione straordinaria dei deviatori (posti a circa 8 metri di altezza rispetto al terreno).



Fig.11 Particolare lift sopra STX

Definita la zona adibita allo stoccaggio dello zucchero, si è passati alla progettazione di quella contenente i sistemi per lo svuotamento ed il contenimento delle altre materie pulviscolari.

In questa zona la difficoltà è stata riuscire a posizionare sedici vuota sacconi con paranco (1660x2650x4950mm) più due vuota sacchi (1260x1240x1350mm) e due aspira fumi in uno spazio di appena 12650x16800mm, lasciando libero uno spazio centrale per il passaggio dei muletti e consentire l'aggancio dei contenitori con all'interno i prodotti.

La problematica principale risultava essere la mancanza di spazio tra i vuota big bag, la distanza tra i quali serviva per posizionare i comandi elettrici dei paranchi sui telai. La soluzione adottata direttamente in cantiere è stata quella di montare la vuota sacchi ruotata rispetto alla linea delle altre macchine, inclinando le tubazioni di collegamento tra le valvole stellari poste sotto i coni e spostando le aspira fumi tra gli vuota sacconi e le pareti.

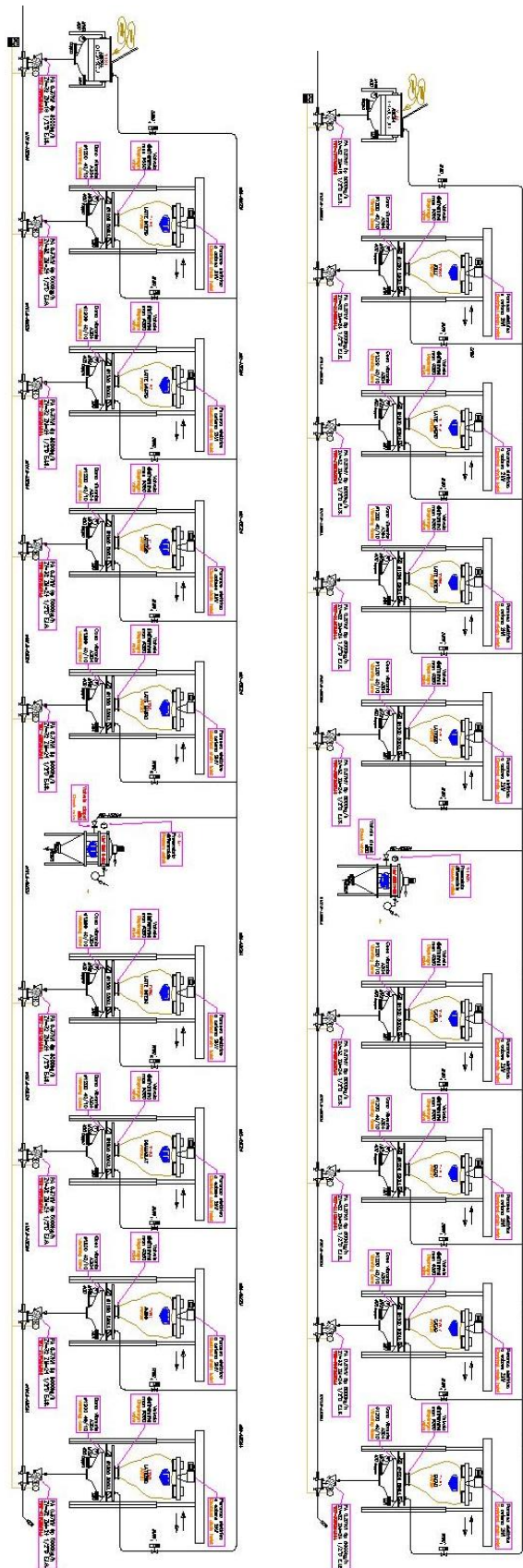


Fig.12 Particolare big bag e vuotasacchi nello schema funzionale (Autocad)

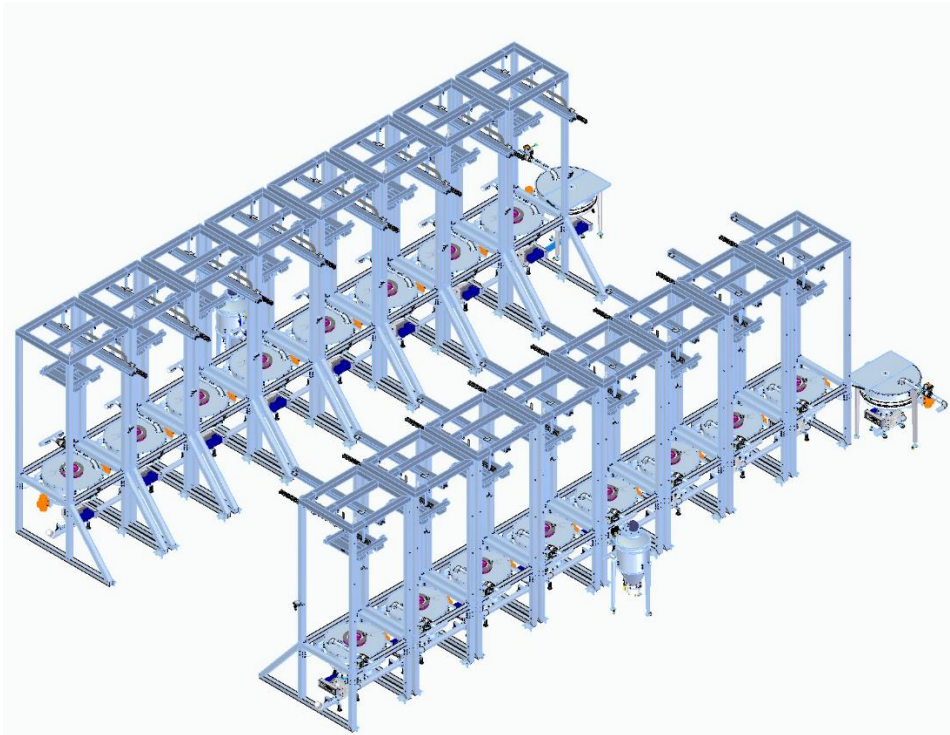


Fig.13 Vista big bag e vuotasacchi in 3D (Solid Edge)



Fig.14 Big bag e vuotasacchi dopo posizionamento e montaggio in cantiere

Per quanto concerne la parte relativa alle tubazioni, in questo caso le pareti REI erano attraversabili solamente sopra ai tre metri di altezza. Si è quindi deciso di salire con i tubi fino alla posizione dei lift (circa 8 metri) che ricevono i prodotti dal locale delle vuota sacchi e dal locale zucchero per poi proseguire sotto l'unica trave che attraversa completamente il locale fino alle tramogge nella zona creme, utilizzando per facilità costruttiva solamente delle curve da 90° e 45° e dal raggio medio di 500 mm al fine di minimizzare le perdite di carico delle poveri trasportate.



Fig.15 Particolare trave. Si noti come la zona sia stata sgomberata dalle strutture preesistenti

Nella realtà, essendo il locale leggermente più piccolo delle dimensioni indicate inizialmente, si è stati costretti a spostare la posizione dei lift rispetto al progetto, situandoli all'esterno di entrambe le stanze, ovvero nella zona di produzione delle creme.

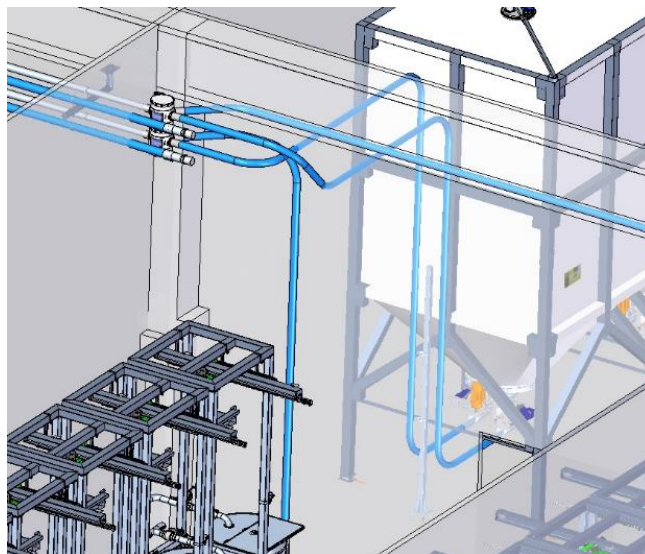


Fig.16 Ipotesi posizionamento deviatori in 3D (Solid Edge)



Fig.17 Montaggio effettivo deviatori

Una volta uscite dai due lift deviatori (uno dedicato alla produzione di creme bianche ed uno a quella delle creme scure) le polveri, aspirate dalle soffianti, percorrono il fianco della trave di supporto ai tegoli del soffitto del capannone fino ad entrare nel vibrovaglio, il quale consiste in una sorta di setaccio che attraverso una griglia blocca le impurità. Da qui le polveri si spostano dentro la tramoggia che, una volta raggiunto il peso di prodotto richiesto, le scarica nella macchina del cliente, mentre l'aria continua il suo percorso venendo aspirata dalla soffiante e venendo quindi ripompata nel locale delle vuota sacchi.

In questa fase il problema principale era costituito dall'altezza a cui dovevano essere fatte passare le tubazioni, anche in considerazione del fatto che i clienti non erano assolutamente convinti di far utilizzare la trave come punto di fissaggio per le strutture di sostegno dei tubi (timori poi scomparsi, come si è mostrato nella foto precedente).

In un primo momento la posizione dei lift risultava essere piuttosto bassa e, considerando anche il fatto che non era possibile fissarsi in maniera diretta alla trave, si è cercato di ovviare a questa situazione utilizzando delle cornici sospese attaccate a bracci direttamente ancorati alle colonne: questa soluzione presentava, come sempre, vantaggi e svantaggi.

I vantaggi principali erano:

- La leggerezza della struttura di sostegno;
- La possibilità di poter posizionare tutte le strutture necessarie lungo ogni intercolumnio;
- La possibilità di poter intervenire sulla singola tubazione.

Gli svantaggi, per contro, erano:

- La mancanza di vincoli assiali e laterali. Le cornici infatti, essendo collegate solo attraverso cavi che fungevano da tiranti, erano soggette a dondoli i quali erano comunque limitati dalle posizioni fisse di partenza ed arrivo. L'assenza di tali vincoli restava tuttavia effettiva;
- Le operazioni di manutenzione erano difficoltose, in quanto per poter smontare un tratto di tubazione si dovevano sostenere i tratti precedenti e successivi a causa dei dondoli creati dalle operazioni di manovra;
- Pur essendo smontabile in due parti, non era facile intervenire sulla singola tubazione.

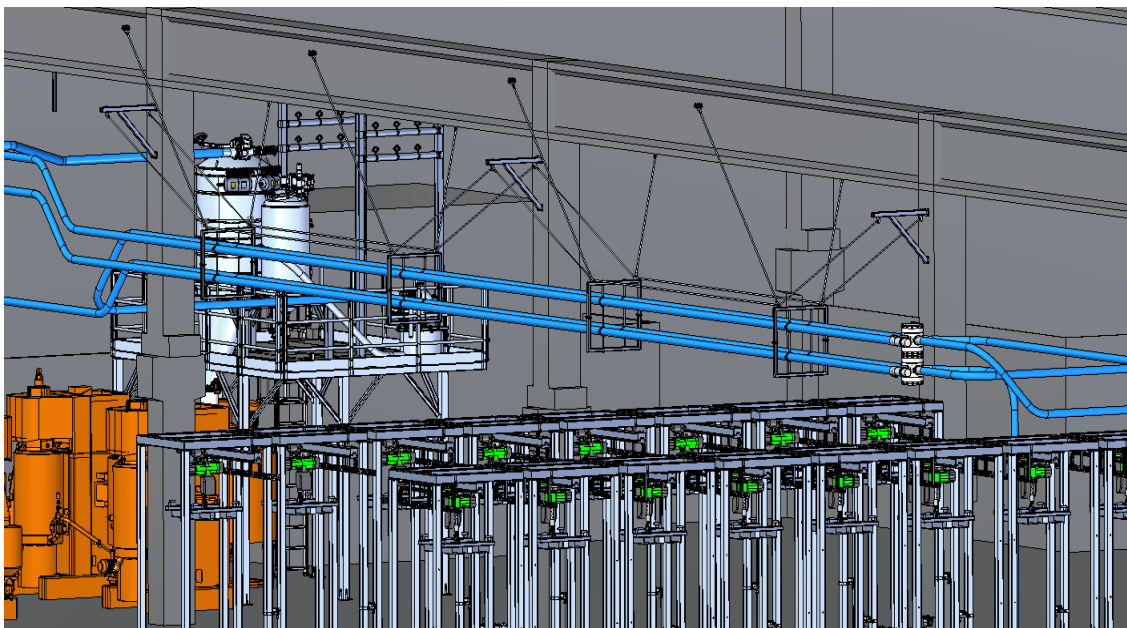


Fig.18 Prima ipotesi per il sostegno delle tubazioni polveri mediante l'uso di cornici appese (Solid Edge)

Questa, pur essendo una soluzione che svolgeva il proprio compito, non soddisfaceva il cliente: le difficoltà di manutenzione erano troppe per poter procedere alla realizzazione delle cornici.

Una volta ottenuto il permesso di fissarsi alla trave, si è quindi passati alla progettazione di sostegni ad “L” in grado di sorreggere le tubazioni annullando i possibili spostamenti laterali che invece sarebbero stati presenti utilizzando cornici e cavi.

In questo caso si è proposta una staffa ad “L” composta da due tubolari $\text{Ø}101.6\text{mm}$ al cui termine era saldata una piastra di fissaggio con quattro fori. Le tubazioni sarebbero state ancorate alla trave mediante l'uso di collari e barre filettate di lunghezza modesta per limitarne la flessione.

Questa soluzione risolveva tutte le problematiche presenti in quella precedente e, unita al fatto che i deviatori erano stati spostati più in alto, ha permesso di ottenere una struttura resistente e dal braccio corto.

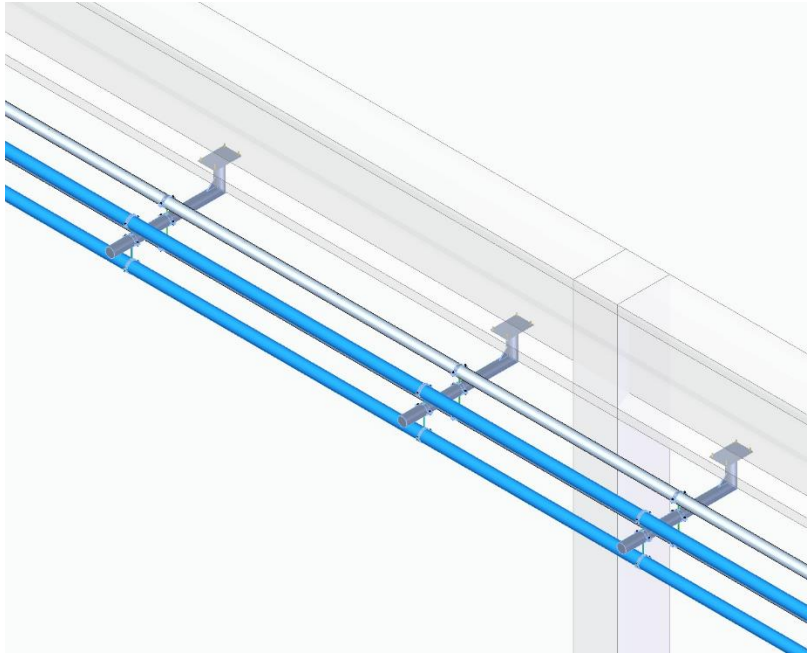


Fig.19 Seconda ipotesi per il sostegno delle tubazioni polveri mediante l'uso di staffe ad "L" (Solid Edge)

Nonostante le modifiche effettuate, permanevano difficoltà nella esecuzione delle operazioni manutentive in quanto l'utilizzo di un singolo tubo comportava la presenza di una barra con i filetti in trazione ed una con i filetti in compressione attaccati a due semicollari che avvolgevano lo stesso pezzo.

La soluzione finale adottata è consistita quindi nell'allungare la struttura di sostegno dotandola di un singolo braccio per coppia di tubi in modo da rendere le operazioni di manovra attorno ai tubi comode (seppur ad 8 metri di altezza) ed eseguibili in totale sicurezza.



Fig.20 Realizzazione finale del sostegno delle tubazioni polveri

Contestualmente all'individuazione dell'ottimizzazione topologica delle tubazioni delle polveri è avvenuta la progettazione della zona adibita alla produzione delle creme bianche e di quelle scure. Queste ultime avranno una partenza ritardata rispetto alle prime, per cui in questa fase sono state posizionate strutture e tubazioni solo a livello di CAD, mentre non è stato montato ancora nulla in cantiere.

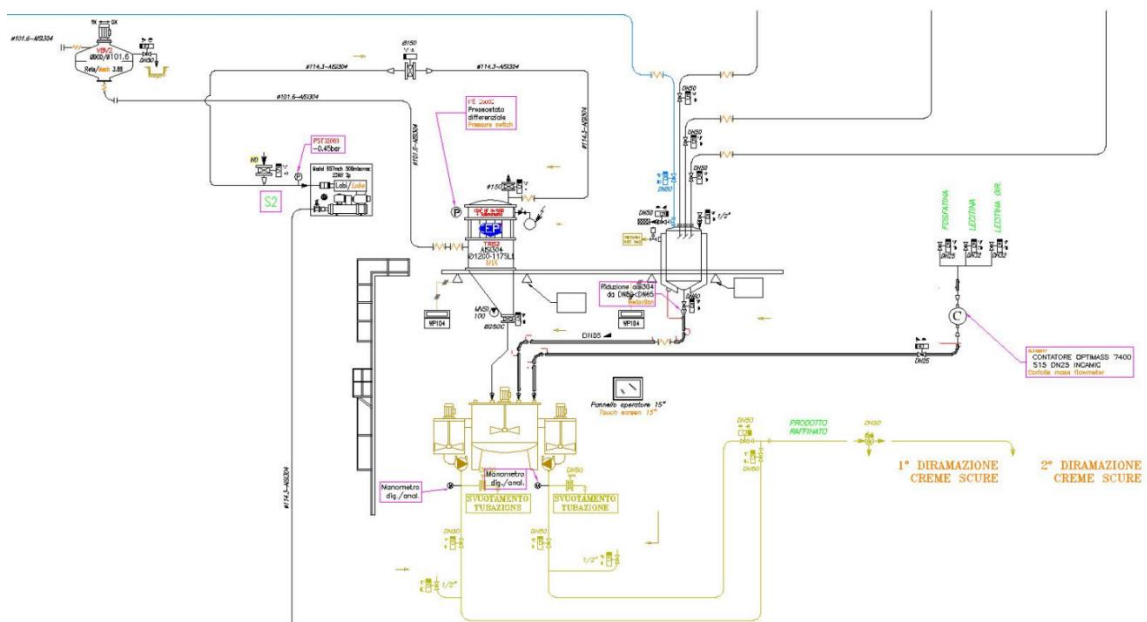
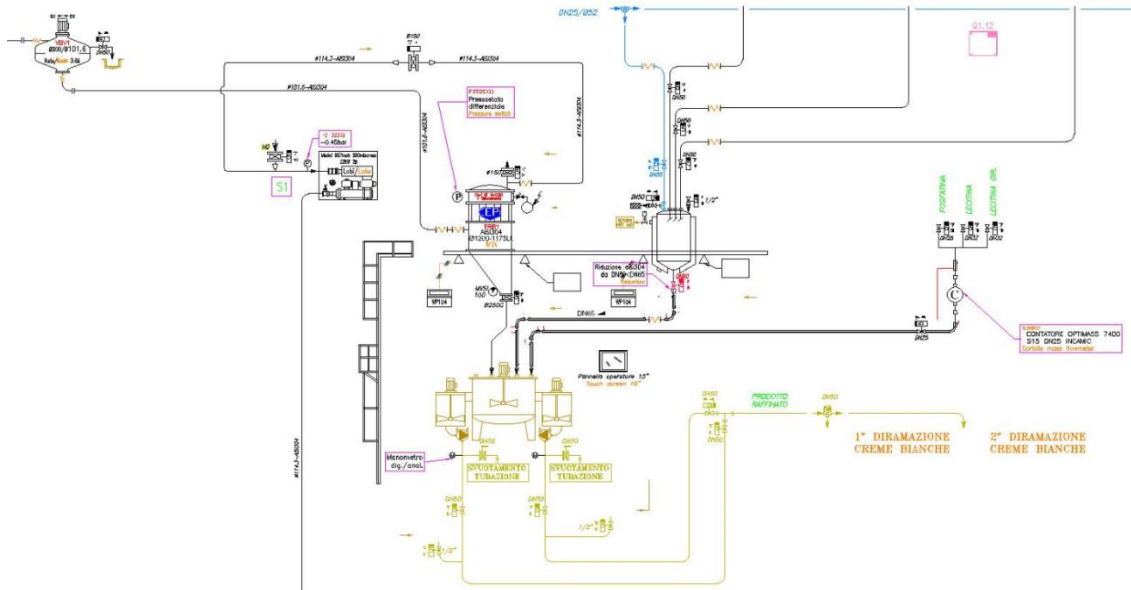


Fig.21, 22 Particolare zona produzione creme bianche e creme scure nello schema funzionale (Autocad)

La zona della produzione delle creme bianche (così come quella delle creme scure) è così composta:

- Tramoggia pesata al cui interno entrano le polveri;
- Vibrovaglio per setacciare le polveri;
- Serbatoio pesato ed incamicciato al cui interno entrano i liquidi provenienti dalla zona materie prime;
- Supporti delle tubazioni dei liquidi a terra;
- Supporti delle tubazioni dei liquidi sopra alla struttura portante;
- Struttura portante su cui vengono posizionate tramoggia, serbatoio, vibrovaglio e supporti per le tubazioni;
- Macchina del cliente per la produzione delle creme;
- Soffiante per l'aspirazione delle polveri.

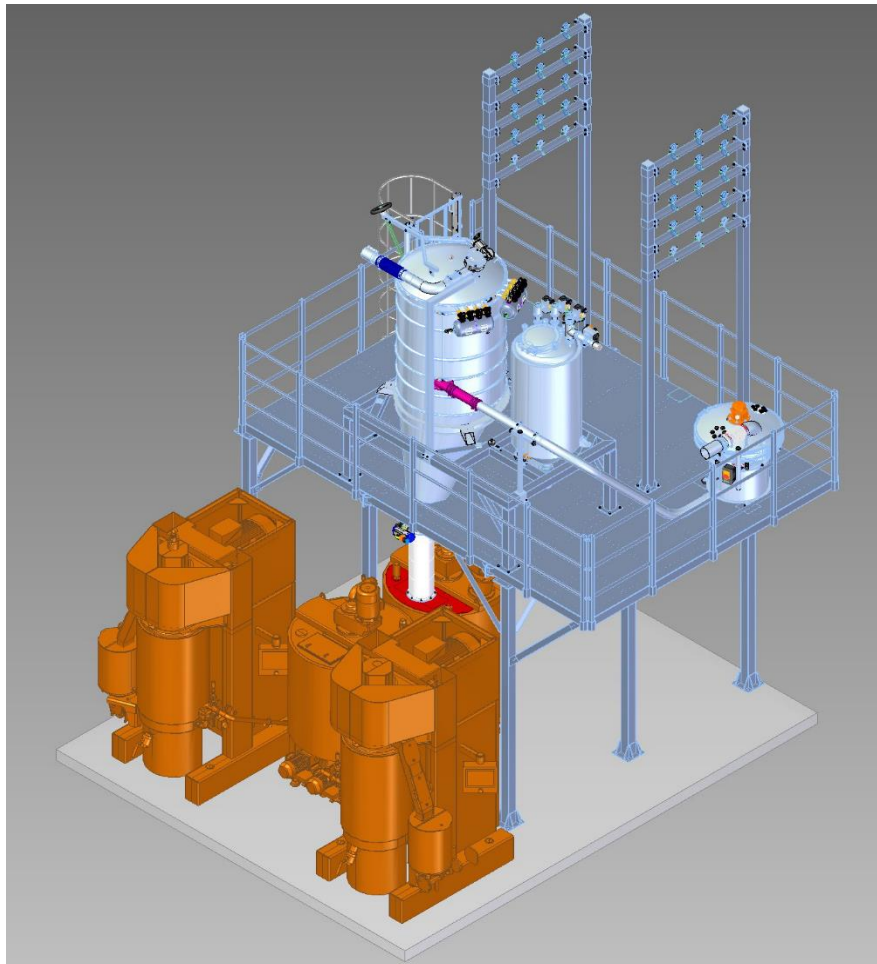


Fig.23 Vista zona produzione creme bianche in 3D (Solid Edge)

Nella fase iniziale del progetto le soffianti sono state posizionate in una zona posta lateralmente alla struttura relativa alla prima tramoggia, in una posizione in cui la manutenzione delle stesse risultasse semplice, ma che al tempo stesso impediva di raggiungere comodamente la zona di controllo dietro alla macchina del cliente.

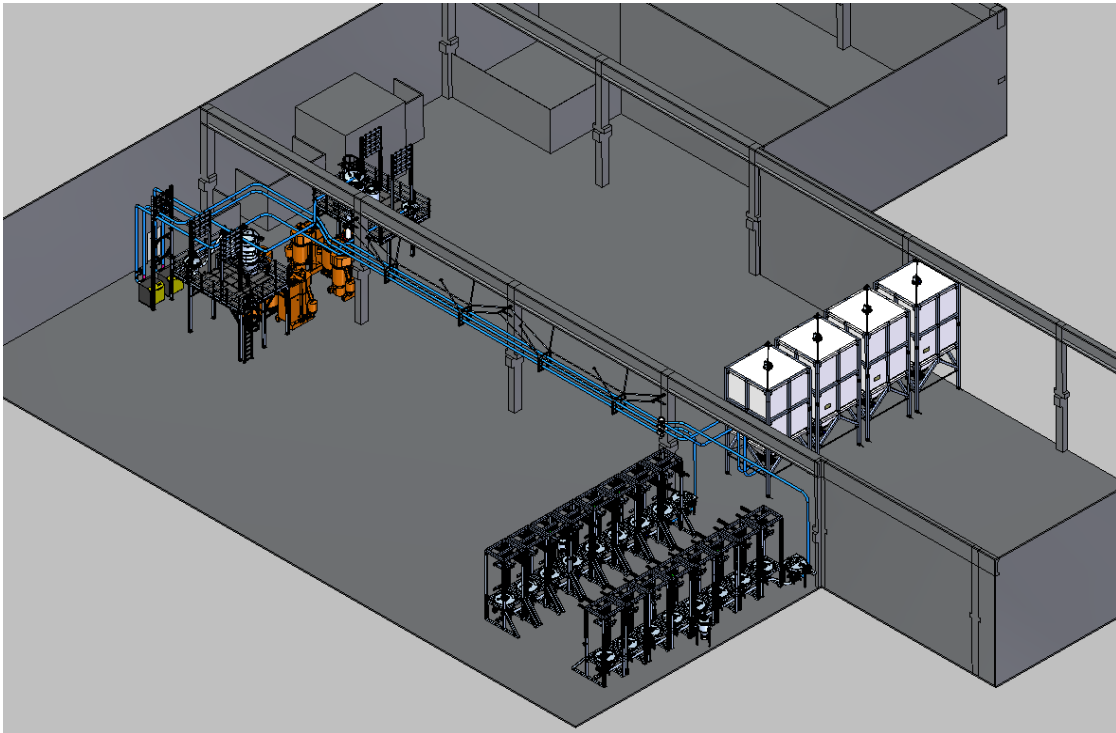


Fig.24 Ipotesi iniziale di posizionamento soffianti (Solid Edge), si notino le cornici per sostenere le tubazioni delle polveri

Si è quindi optato per una soluzione alternativa, quella di sistemare le soffianti sopra le strutture di sostegno delle tramogge. L'utilizzo di questo posizionamento ha inoltre permesso di ridurre l'utilizzo di tubi e curve sulle linee delle polveri, consentendo così di diminuire le perdite di carico.

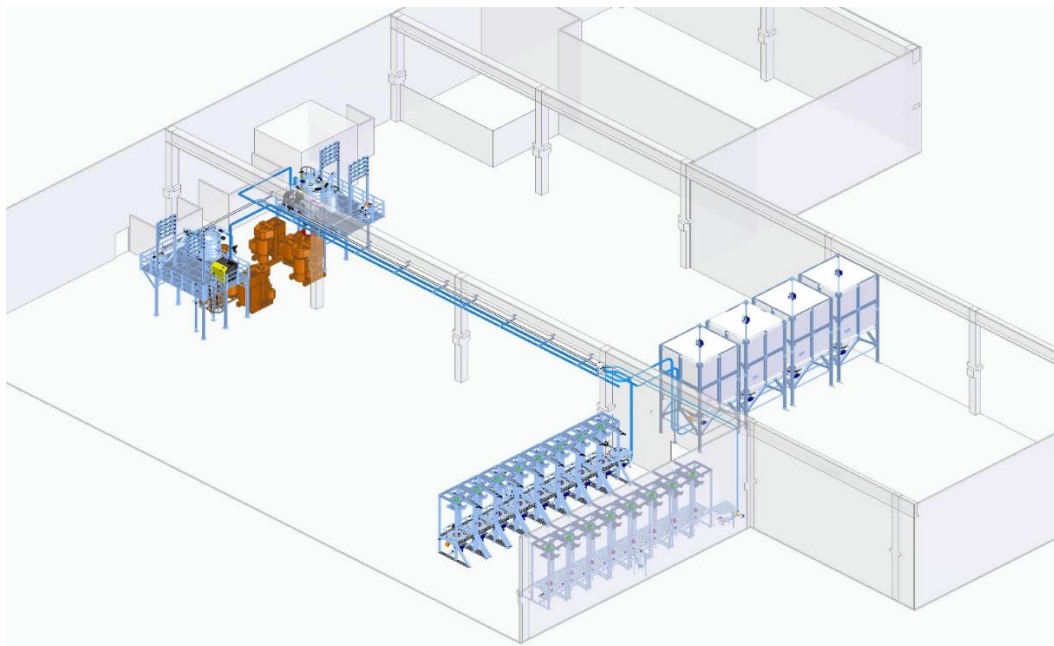


Fig.25 Posizionamento finale delle soffianti sopra le strutture (Solid Edge)

2.3. ZONA LIQUIDI: MATERIE PRIME

Trattasi di un locale di stoccaggio di materie liquide di diversa natura, tutte con necessità di essere mantenute ad una temperatura superiore ai 35°C. Per mantenere costante la temperatura si è optato per incamiciare la maggior parte delle superfici a contatto con i condotti dei liquidi: serbatoi, pompe, tubazioni e anche alcune valvole pneumatiche.

L'incamiciatura è una tecnica che presuppone la creazione di una camera a tenuta stagna che bagna la maggior parte delle superfici a contatto con il liquido da tenere a temperatura controllata. In queste camere vengono ricavati un ingresso ed una uscita, di modo che il fluido deputato a trasferire energia termica possa scorrervi all'interno.

Le accortezze necessarie in fase di montaggio e progettazione di tubazioni di questo genere sono principalmente due:

- 1- Porre il manicotto di scarico dell'acqua rivolto verso l'alto, in modo da evitare la formazione di bolle d'aria nel circuito che limiterebbero il potere di scambio termico tra le pareti;
- 2- Se non fosse possibile rispettare il punto sopraelencato, mettere una valvola Jolly per lo sfiato dell'aria.

L'utilizzo di valvole Jolly è comunque necessario ogni qual volta si raggiunga l'altezza massima di un tratto di tubazione che dovrà poi scendere nel suo percorso.



Fig.26 Tubazione incamiciata con predisposizione per valvola Jolly

Nel caso del progetto qui illustrato il fluido tecnico consiste in acqua scaldata a 65°C che percorre le tubazioni con andamento controcorrente, così da massimizzare il potere termico scambiato con il fluido da lavorare.

Lungo le pareti esterne localizzate a sud e ad est sono state posizionate centraline per l'acqua calda ogni 2,5 metri in modo da permettere di mantenere sempre caldi sia l'acqua all'interno delle tubazioni che, conseguentemente a ciò, i fluidi da lavorare.



Fig.27 Centraline per l'acqua calda

La necessità di mantenere alte temperature di esercizio deriva dal fatto che per loro natura i fluidi viscosi usati nelle lavorazioni alimentari in oggetto tendono ad indurirsi, costituendo così ostacoli lungo le tubazioni, in special modo nelle zone in cui il prodotto ristagna durante la sosta tra una lavorazione e l'altra.

La quasi totalità dei serbatoi adibiti allo stoccaggio delle materie prime in forma liquida si trova nel locale a sud del capannone. Questo è separato dall'ambiente limitrofo da una parete REI, attraverso la quale non è possibile far passare le tubazioni se non attraverso uno spazio fortemente ridotto a causa delle norme antincendio.

In questa zona sono presenti tank di diversa natura e dimensioni sistemati in modo da formare un ferro di cavallo, la maggior parte dei quali sono coibentati e riscaldati mediante incamiciatura.

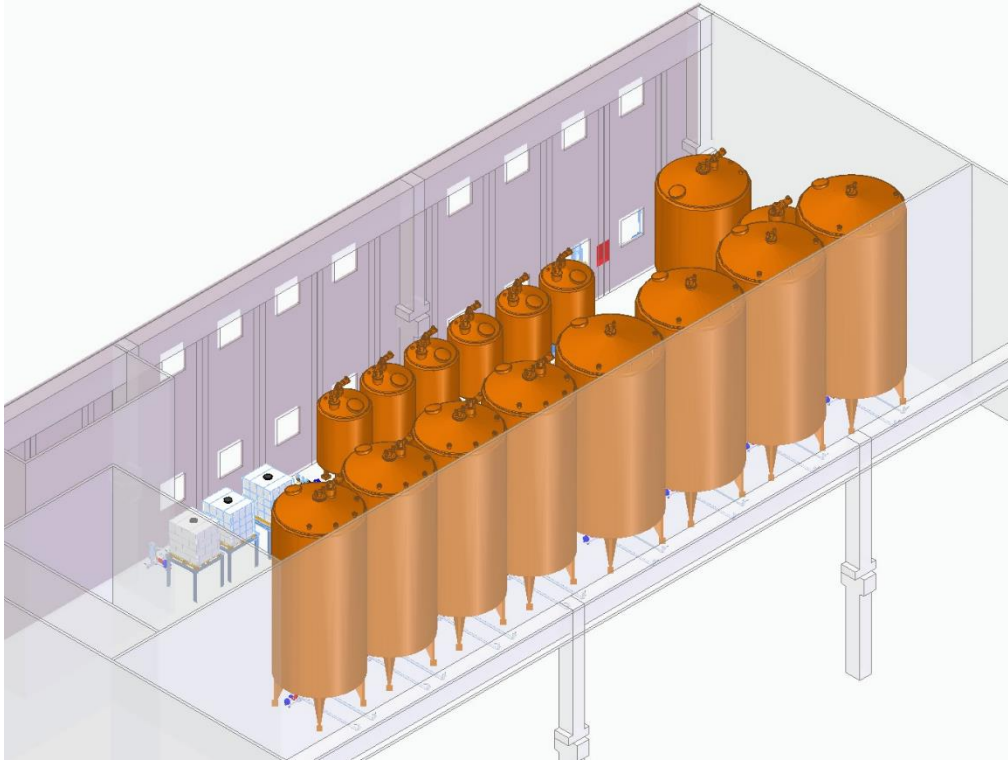


Fig.28 Riproduzione in 3D della zona staoccaggio materie prime liquide (Solid Edge)

La disposizione dei serbatoi è dovuta alla necessità di far passare le tubazioni vicino alle pareti nella maniera più raccolta possibile, cercando di non creare ingombri nelle zone di passaggio centrali e vicino alle uscite di emergenza.

Prima di cominciare a progettare i percorsi veri e propri delle tubazioni è stato però necessario predisporre lo schema funzionale di ogni serbatoio, stabilendo gli elementi necessari al funzionamento dell'impianto e tenendo conto della semplicità di utilizzo, della eventuale necessità di svuotare le linee dei prodotti e della possibilità di effettuare manutenzioni ordinarie e straordinarie senza dover fermare la produzione su altri tratti. Sono state quindi dimensionate le pompe in base alle portate necessarie (fornite dal cliente) ed alle prevalenze richieste in funzione della viscosità dello specifico fluido e delle perdite di carico ipotizzate per le diverse tratte da percorrere. In base a tutte le informazioni utili, sono stati pertanto dimensionati i diametri idraulici delle tubazioni che, essendo poste a pressione maggiore di quella atmosferica, si riempiranno quindi interamente.

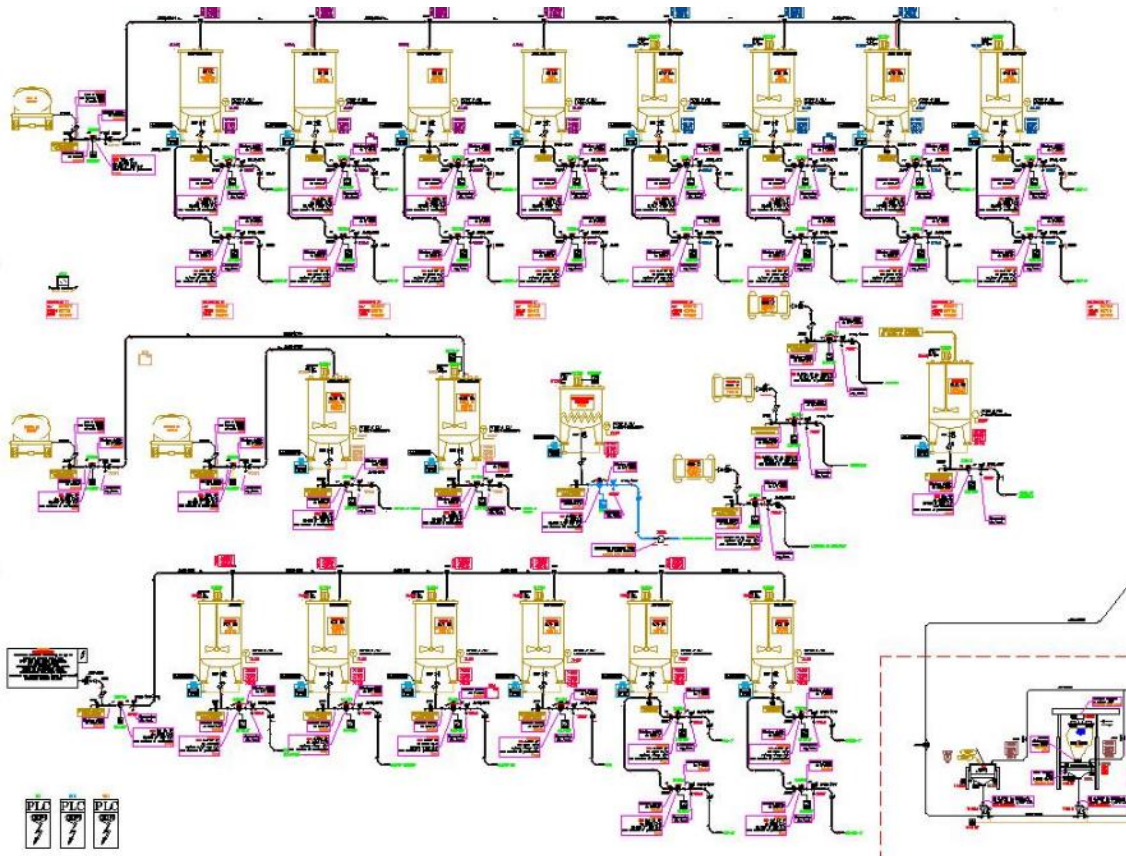


Fig.29 Particolare della zona staoccaggio materie prime liquide nello scehma funzionale (Autocad)

In base al prodotto da immettere all'interno dei serbatoi, al di sotto di questi possono essere presenti una o due pompe: alcuni fluidi vengono utilizzati solamente per la produzione vera e propria infatti, mentre altri si dividono per poter produrre ed effettuare correzioni dei prodotti finiti direttamente nei serbatoi di stoccaggio.

Una volta definiti i vari elementi che componevano i singoli impianti sotto ai serbatoi, si è partiti con la progettazione dei passaggi delle linee produttive.

Il primo vincolo da rispettare era l'impossibilità di passare dal centro della stanza a causa della presenza di passerelle per l'ispezionamento dei serbatoi più grandi, mentre il secondo ed importantissimo vincolo era rappresentato dalla scarsità dei punti di fissaggio a disposizione.

Il capannone era infatti formato lungo il perimetro esterno da pannelli sandwich che si trovavano in parte sovrapposti: proprio questi sormonti di 0.5 metri ogni 2.5metri erano le fasce strutturalmente stabili, mentre le altre parti dei pannelli non erano in grado di sorreggere grandi pesi.

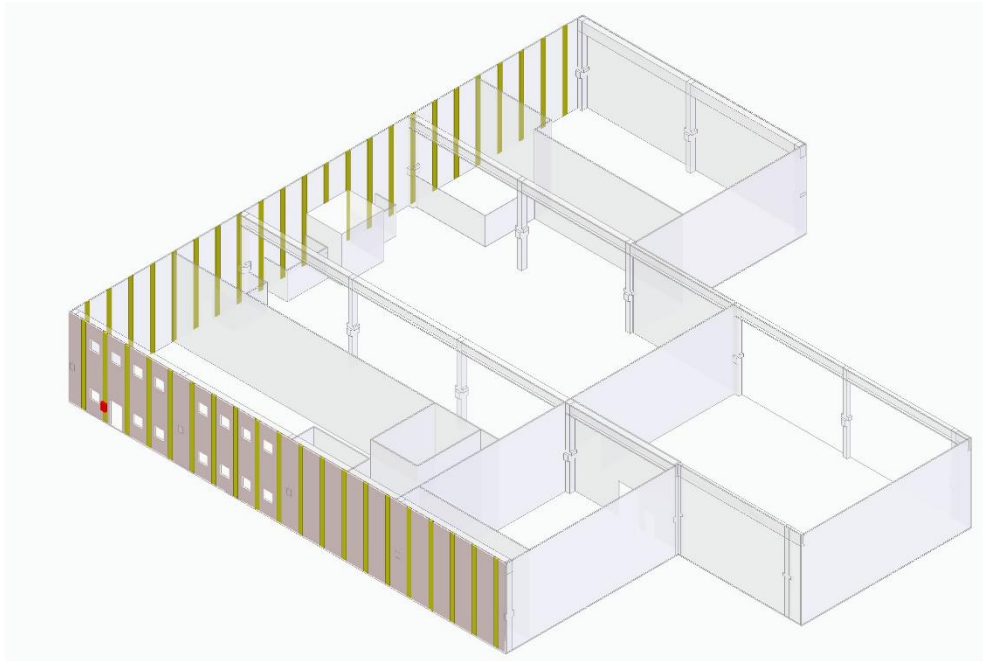


Fig.30 Particolare del capannone in cui vengono messi in evidenza i punti di fissaggio tra i pannelli sandwich (Autocad)

In un primo momento non ci si è però preoccupati di come poter sorreggere le tubazioni, ma semplicemente di quale potesse essere il passaggio più breve per poter fare arrivare le linee alle zone di produzione e stoccaggio delle creme.

Per quanto riguarda l'utilizzo del CAD si è spesso ricorsi al comando "strutture" di Solid Edge, che ha permesso di affrontare passaggi (anche molto delicati) con relativa semplicità e senza appesantire il disegno. Si è inoltre deciso di utilizzare dei colori univoci per individuare immediatamente la dimensione delle tubazioni lungo le varie linee:

- GRIGIO Tubazioni DN80;
- ROSSO Tubazioni DN50;
- BLU Tubazioni DN40;
- GIALLO Tubazioni DN32;
- AZZURRO Tubazioni DN25.

Potendo sfruttare la parte di muro compresa tra le due file di finestre, sul fronte sud si è optato per una soluzione a "tutta parete", con un solo tubo per fila. Questo posizionamento consentiva una maggiore facilità manutentiva avendo la rete distributiva tutta alla stessa distanza, oltre a rendere decisamente più semplice la costruzione in cantiere delle tubazioni stesse.

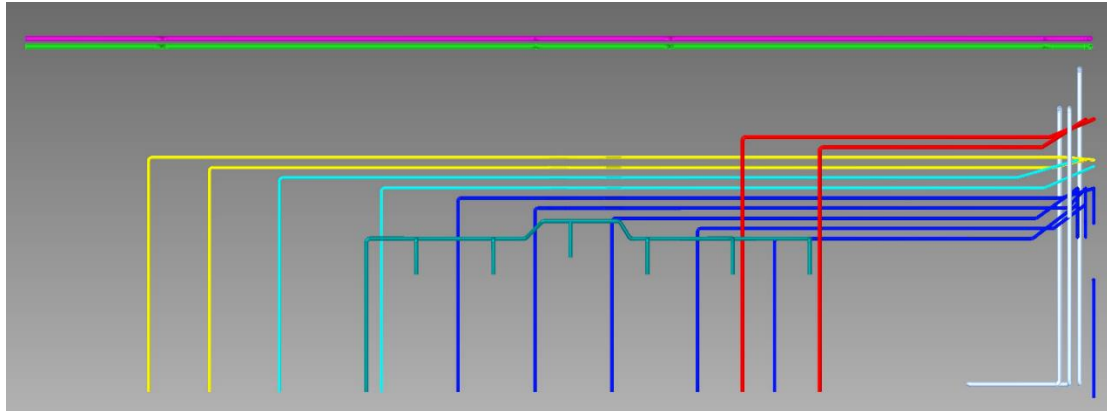


Fig.31 Vista tubazioni addossate alla parete sud (Solid Edge)

Una volta completata la prima parete si è stati costretti a posizionare le tubazioni non più su file singole, ma su file composte da tre elementi ciascuna. Con questa soluzione si è cercato di ottenere un compromesso tra le varie esigenze presenti:

- 1- Avere un foro ridotto sulla parete REI;
- 2- Poter effettuare la manutenzione lungo le tubazioni;
- 3- Lasciare abbastanza spazio tra le tubazioni per poter permettere una efficiente coibentazione una volta completata l'installazione dell'impianto;
- 4- Passare con la rete di trasporto a quote rilevanti;
- 5- Non creare linee che possano scontrarsi con i percorsi delle tubazioni già esistenti, come quelle per l'antincendio.

Questa tipologia di progetto presenta svariati elementi vantaggiosi in quanto risponde positivamente a buona parte delle esigenze sopraelencate, sono tuttavia da evidenziare anche alcuni svantaggi.

Uno di questi si riscontra sicuramente in occasione delle manutenzioni straordinarie delle linee. Lungo le linee produttive sono posizionate infatti delle valvole dal peso di circa 15/25 kg l'una (a seconda del modello in questione), e la sostituzione di un elemento tanto pesante a circa un metro di distanza dall'operatore mentre questi si trova in quota si presenta tutt'altro che semplice.

Un altro svantaggio dei percorsi scelti era rappresentato dalla scarsa altitudine alla quale era posizionata l'ultima linea (circa 2.5 metri) nonostante il raggruppamento di più elementi, per cui una volta superata la parete REI ci si sarebbe dovuti alzare per poter superare i locali di controllo.

L'ultimo inconveniente relativo alla progettazione ipotizzata era di carattere costruttivo.

L'esigenza congiunta di utilizzare delle curve a 45° per minimizzare le perdite di carico, quella di oltrepassare una colonna posta all'angolo di sud ovest dell'edificio e quella di portare le linee di trasporto da singole a multiple hanno portato alla creazione di linee molto tormentate e dalla difficile realizzazione in concomitanza della curva sopra citata.

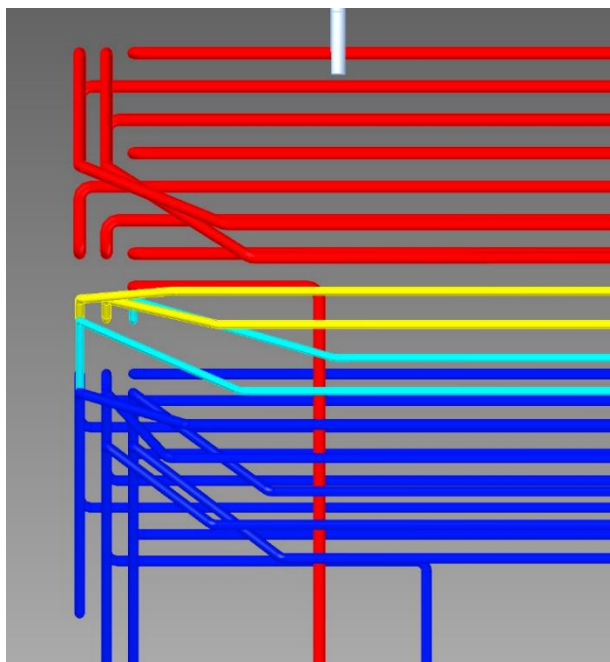


Fig.32 Vista tubazioni in corrispondenza della colonna presente nell'angolo di sud-ovest (Solid Edge)

Nonostante queste difficoltà la soluzione ipotizzata inizialmente è risultata essere quella più performante, motivo per cui si è proceduti in seguito alla sua realizzazione.

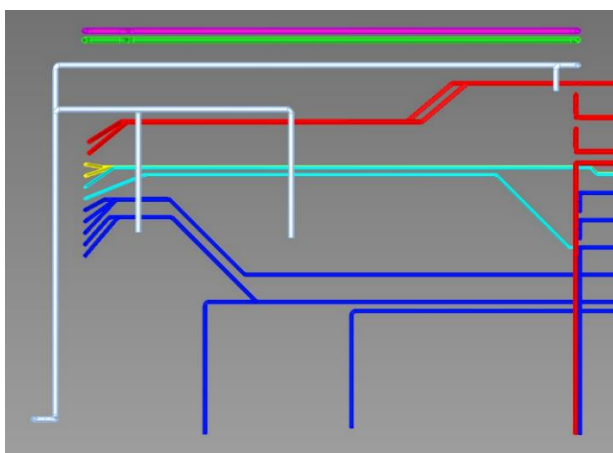


Fig.33 Vista tubazioni addossate alla parete ovest (Solid Edge)

L'ultima parte della progettazione relativa alla fase di stoccaggio delle materie prime riguardava le tubazioni addossate alla parete REI. In questo caso si aveva a disposizione l'intera superficie del pannello, motivo per cui si è optato per l'utilizzo del metodo impiegato sul muro a sud del capannone, sfalsando però le linee che portavano allo stoccaggio creme (DN50) rispetto a quelle che arrivavano in produzione (DN40). Si è stati costretti a questa variazione per venire incontro all'esigenza di portare più in alto le tubazioni di diametro maggiore e più in basso quelle di dimensioni minori al fine di poterle congiungere a quelle della medesima taglia sulla parete ovest prima di uscire da quella REI.

La scelta di raggruppare le tubazioni in base al diametro è stata fatta per due ragioni:

- Semplicità di lettura delle linee;
- I due gruppi di tubazioni avevano percorsi e finalità diversi.

Le linee deputate ad entrare nella macchina per la produzione delle creme si sarebbero dovute fermare prima del portone alto 5 metri, mentre quelle che servivano alle correzioni avrebbero dovuto oltrepassarlo. Da qui la scelta di progettare due gruppi ben delineati di tubazioni raggruppate a parete.

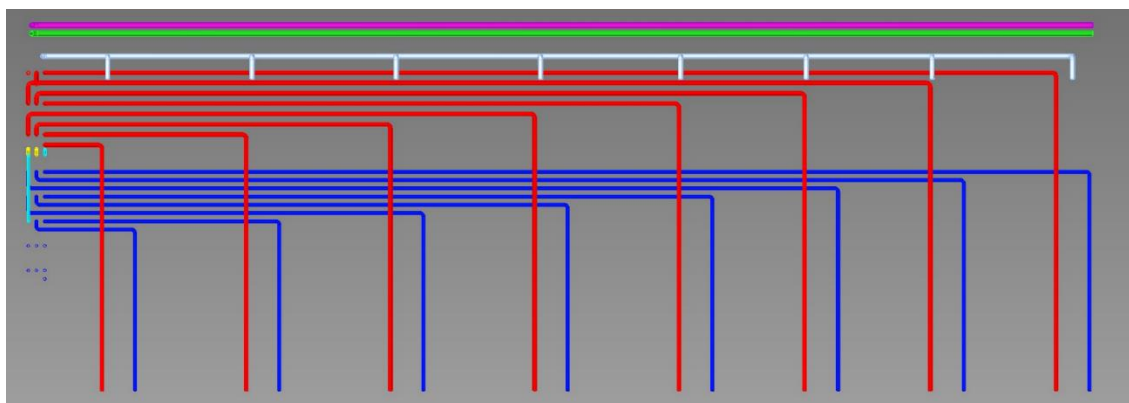


Fig.34 Vista tubazioni addossate alla parete REI (Solid Edge)

Le tubazioni per il carico dei serbatoi da 12.5 mc, 18.75 mc, 37.5 mc e 50 mc sono infine state posizionate in modo da non essere di intralcio a quelle di trasporto, sono di dimensioni maggiori rispetto alle altre (DN80) e vengono innestate direttamente all'esterno del capannone in pompe da 15kw di potenza. Queste ultime, essendo soggette alle intemperie del tempo, sono state coperte mediante una tettoia, mentre i filtri, posti prima delle pompe stesse, essendo di altezza rilevante (circa 1.7m), sono stati inclinati per facilitare le operazioni durante il carico diretto dai camion cisterna.



Fig.35 Particolare pompe di carico liquidi

Se da una parte la linea è collegata alle pompe, dall'altra è collegata ai serbatoi mediante un innesto tagliato a 45° e scorporato rispetto all'ingresso dei tank per evitare false pesature delle celle poste sotto a questi ultimi.



Fig.36 Particolare scorporo verticale tubazione di carico

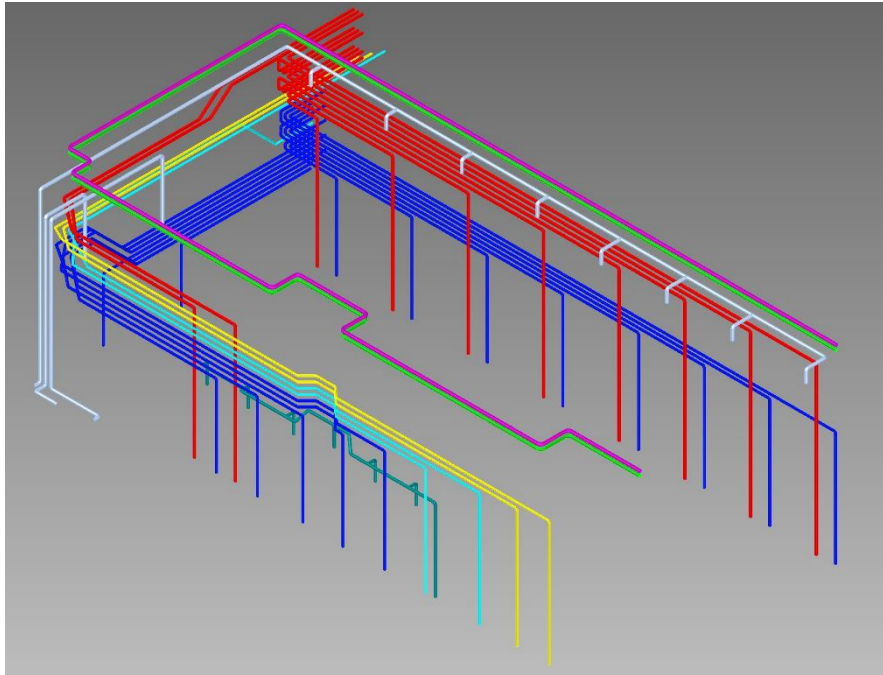


Fig.37 Vista in 3D delle tubazioni nella zona stoccaggio materie prime liquide (Solid Edge)

Una volta definite le linee per le tubazioni si è passati ai collegamenti di queste con gli impianti sotto i singoli serbatoi.

Collegati ad ogni tank ci sono:

- N° 1 filtro a maglia ridotta per la pulizia del prodotto;
- N° 1 scorso per non falsare la pesatura dei serbatoi;
- N° 1 valvola manuale per lo scarico del serbatoio.
-

Mentre per ogni pompa prevista c'è:

- N° 2 valvole manuali per isolare la pompa in caso di manutenzione;
- N° 1 valvola per lo svuotamento della linea;
- N° 1 pressostato per la regolazione della pompa.

Una volta identificati gli elementi da porre sotto ogni singolo serbatoio si è proceduto alla realizzazione dei collegamenti con le tubazioni del trasporto dei fluidi, avendo come obiettivo quello di minimizzare le perdite di carico, ridurre gli ingombri e avere un facile accesso a pompe e cestelli dei filtri per la manutenzione.

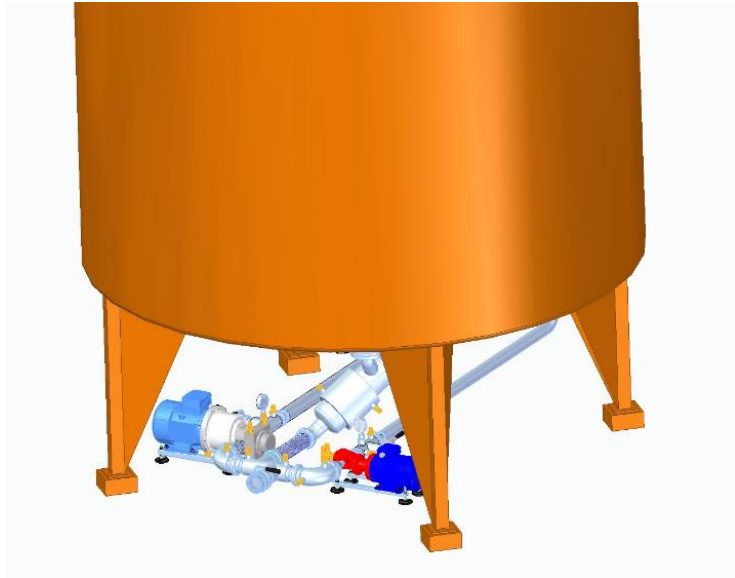


Fig.38 Particolare impianto sotto serbatoio da 50mc (Solid Edge)



Fig.39 Particolare impianto sotto serbatoio da 50mc durante il montaggio in cantiere



Fig.40 Particolare filtro sotto serbatoio da 3.75 mc

Dopo aver pensato ai passaggi delle linee si è passati alla progettazione dei sostegni per le tubazioni.

Ogni parete presa in esame aveva sue caratteristiche peculiari e non era possibile avere un tipo di supporto comune per tutte.

Si è quindi deciso di procedere per gradi, mantenendo una linea guida per tutte: si doveva dare la possibilità ai montatori in cantiere di costruire i tubi con una leggera pendenza a monte, in modo che una volta spente le pompe il fluido si fermasse e non continuasse il suo cammino verso valle.

Per venire incontro a questa esigenza si è optato per l'utilizzo di sostegni formati da tubolari circolari, in modo da poter fissare le tubazioni alle strutture di supporto mediante l'utilizzo di collari e contro-collari.

Stando così le cose, pur montando i telai ortogonali o paralleli al pavimento, sarebbe stato possibile creare la pendenza necessaria sulle linee di trasferimento dei fluidi, sempre tenendo conto che vi era come unica possibilità quella di fissarsi su 0.5 m di superficie ogni 2.5 m.

Avendo tutti i tubi posizionati alla stessa distanza dal muro, sulla parete di sud si è quindi deciso di costruire un telaio "a spalliera", di modo che ogni tubazione fosse fissata radialmente alla struttura con l'ausilio dei collari sopraccitati e collegati da una barra filettata che ne impedisse gli spostamenti.

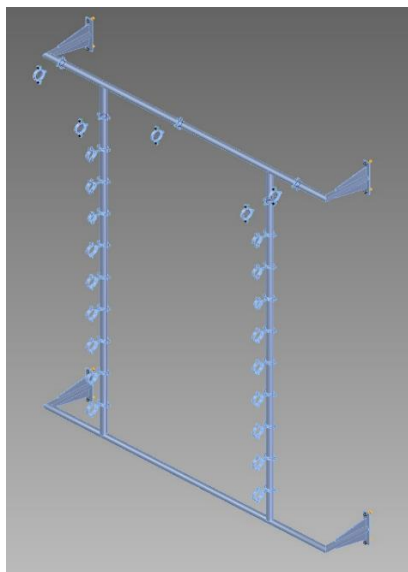


Fig.41 Strutture a sostegno delle tubazioni sulla parete sud (Solid Edge)

Sulla parete ovest non era possibile utilizzare gli stessi fissaggi, poiché non si avevano più tubazioni alla stessa altezza. La scelta del sostegno è quindi ricaduta su una mensola circolare con saette di rinforzo, in grado di sostenere il peso di tutta la fila di tubi.

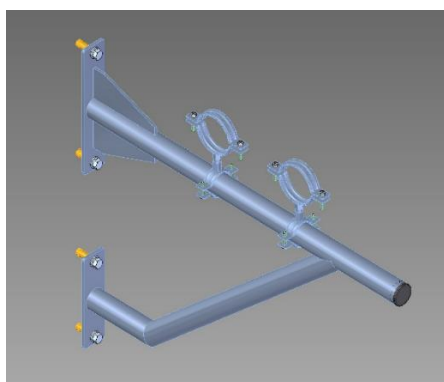


Fig.42 Strutture a sostegno delle tubazioni sulla parete ovest (Solid Edge)

Le tubazioni sulla parete REI erano quelle che presentavano i problemi maggiori, in quanto non era possibile prevedere fissaggi a muro.

Si è quindi optato per una soluzione che prevedeva l'uso di pali a terra giuntati in tre parti per facilitarne il trasporto e la movimentazione in cantiere, montati uno ogni metro e sfalsati in modo da sfruttare al massimo lo spazio a disposizione, e che scaricavano interamente sul terreno il peso delle tubazioni trasmesso dai collari.

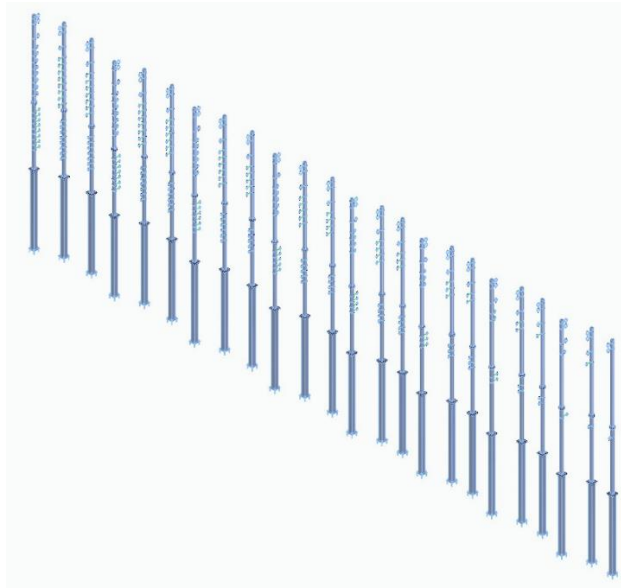


Fig.43 Strutture a sostegno delle tubazioni sulla parete REI (Solid Edge)

Una volta posizionati i serbatoi e le tubazioni con i relativi sostegni, si è potuta montare la parete REI. Per consentire la manutenzione degli impianti sotto i serbatoi il pannello è stato costruito ad 1 m di distanza dai pali di sostegno delle tubazioni.



Fig.44 Particolare corridoio lasciato tra parete e piantoni di sostegno tubi

2.4 ZONA LIQUIDI: PRODUZIONE

Terminata la progettazione dell'area di stoccaggio delle materie prime ci si è concentrati sulla zona produzione. Da questo momento in avanti i fissaggi a parete sono stati modificati per permettere la riduzione dello spazio tra le linee delle tubazioni. E' stata quindi eliminata la saetta di rinforzo, avendo però premura di aumentare il numero dei fissaggi a parete sia sulla superficie portante dei pannelli che in quella non portante tra di essi, ed in entrambi i casi sono stati impiegati tasselli appositi che non sovraccaricassero le strutture.

In questa parte del capannone erano già state posizionate:

- 1- La macchina per la fabbricazione delle creme;
- 2- La tramoggia pesata per il dosaggio delle polveri;
- 3- Il serbatoio pesato per il dosaggio dei liquidi;
- 4- La soffiante di aspirazione delle polveri;
- 5- La struttura portante per sorreggere i punti 2, 3 e 4;
- 6- Le tubazioni delle polveri.

Le linee deputate a portare il prodotto nel serbatoio pesato erano quelle di dimensioni DN40.

La situazione che si è dovuta prendere in esame prevedeva la necessità di considerare la presenza già in loco della macchina per la produzione delle creme bianche, quella della macchina per la produzione delle creme scure, che sarebbe stata montata a breve, e la possibilità che in futuro potessero essere montati altri due impianti affiancati a quelli già presenti.

Si è quindi stati costretti a tenere conto nei progetti per il passaggio dei tubi di un ipotetico, ancorché non sicuro, ampliamento futuro.

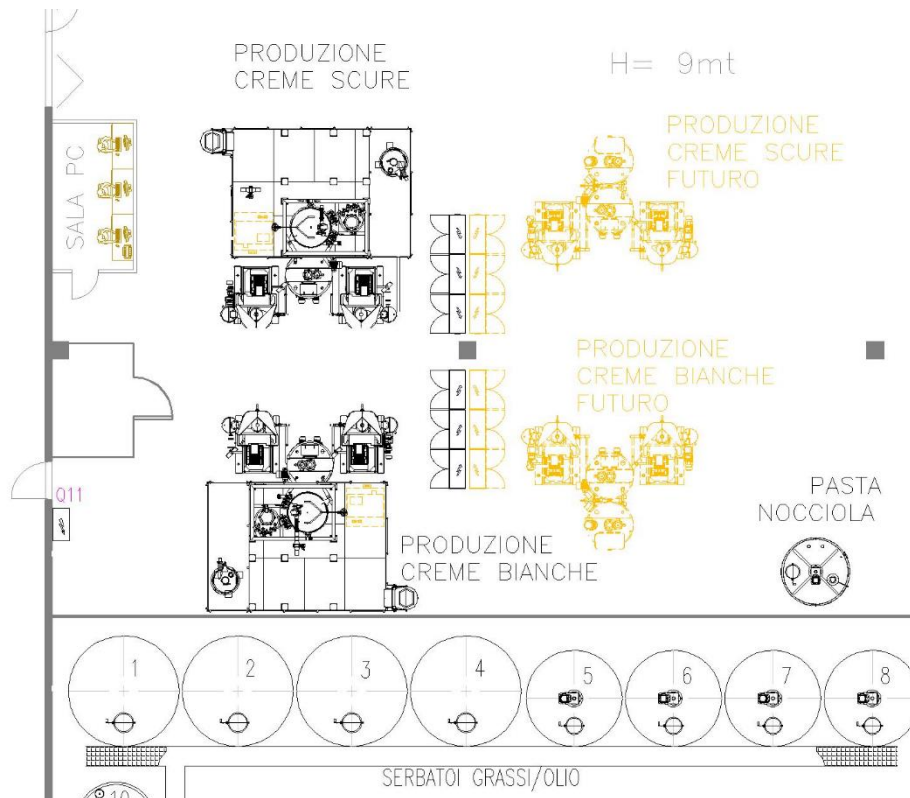


Fig.45 Particolare pianta (Autocad) in cui si mette in evidenza il posizionamento delle macchine future per la produzione delle creme (in giallo)

Mentre le tubazioni DN50 deputate alle correzioni direttamente dentro ai serbatoi di stoccaggio proseguivano il loro percorso, per quelle DN40 è stato necessario prevedere una prima deviazione. Per consentire inoltre di rifornire sia il serbatoio pesato per la produzione delle creme bianche che quello delle creme scure sono state inserite lungo il percorso del fascio tubiero delle valvole elettro-pneumatiche a tre vie comandate da centraline apposite a distanza.

Avendo precedentemente posizionato una linea di tre tubi per fila si è stati costretti ad uscire con due valvole inclinate di 45° per evitare intrecci con quelle poste dirimpetto, avendo l'accortezza di ruotare l'uscita deviata verso l'alto per evitare un "effetto sifone" che avrebbe fatto rimanere il prodotto bloccato nel cambio di pendenza.

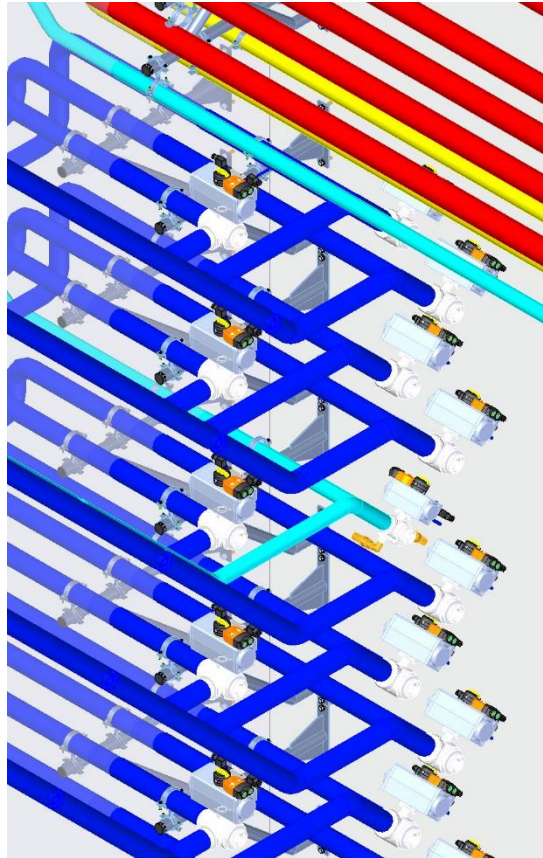


Fig.46 Particolare valvole DN40 a parete ruotate a 45° (Solid Edge)

Una volta indirizzate verso l'ingresso del serbatoio, le quindici linee sono state portate alla giusta quota e fatte entrare in tre collettori costituiti da cinque ingressi ed una uscita ciascuno, in modo da ridurre in maniera consistente le forature da dover apportare sul cielo del serbatoio pesato e consentire ai prodotti di entrare al suo interno.

Prima di innestarsi nei collettori, ogni tubazione è stata fornita di un'altra valvola elettropneumatica a tre vie, in modo da consentire il proseguimento delle tubazioni anche per le linee future.

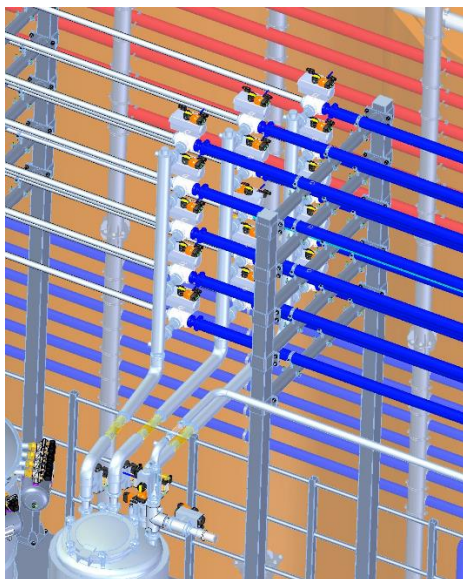


Fig.47 Particolare valvole DN40 su collettori (Solid Edge)

Per sostenere le tubazioni sono stati posizionati due portali sulla struttura ed uno fissato al terreno, ai piedi verticali dei quali sono state collegate delle travi orizzontali circolari sostenute da collari ad omega, in modo tale che potessero scorrere lungo i tubolari verticali seguendo il posizionamento dei fasci tubieri.

Il collegamento alle linee è stato effettuato tramite il già collaudato metodo dei collari e contro-collari giuntati tramite barra filettata.

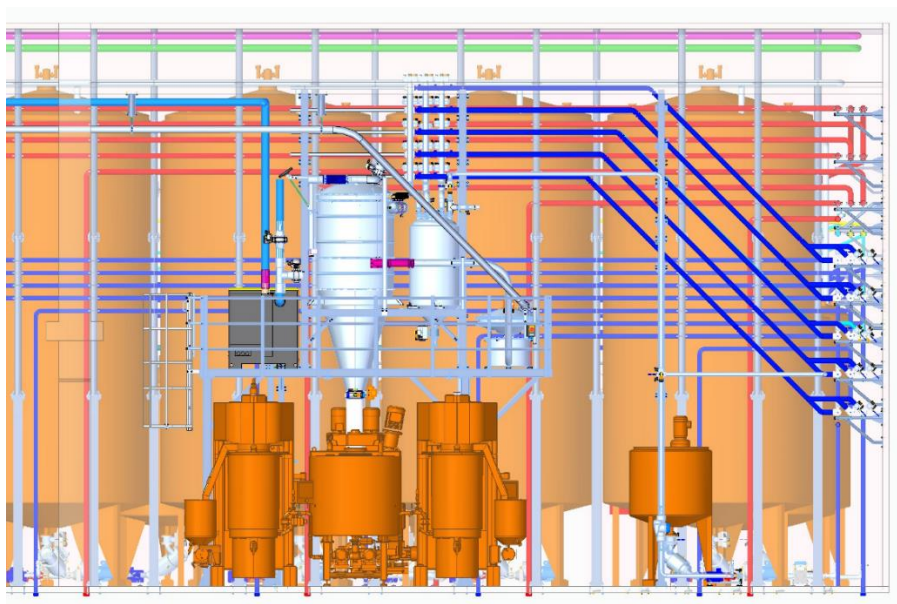


Fig.48 Vista frontale zona produzione creme bianche (Solid Edge)

Al fine di rinforzare ulteriormente i sostegni di fissaggio delle tubazioni in fase di salita, in corso d'opera si è deciso di posizionare un ulteriore telaio fissato al portale con collari omega in grado di fornire al fascio tubiero un ulteriore punto di appoggio.



Fig.49 Particolare struttura a sostegno delle tubazioni che riforniscono la macchina per la produzione di creme bianche

Per poter sostenere le valvole a tre vie poste agli ingressi dei collettori, sono state saldate ai tappi delle valvole verghe di tubo non attraversate da alcun prodotto, ma recanti il solo compito di fornire un adeguato supporto fino alla costruzione delle stazioni produttive future.

2.5. ZONA LIQUIDI: STOCCAGGIO CREME

Ottimizzata la zona relativa alla produzione, si è passati alla progettazione di quella relativa allo stoccaggio delle creme.

In questa parte dell'impianto era prevista la presenza di dieci serbatoi incamiciati e coibentati da 10 mc ciascuno, tutti quanti pesati e posti su due file da cinque elementi.

In ognuno dei tank, oltre alle creme finite derivanti dalla macchina del cliente, dovevano essere immessi dieci prodotti provenienti dalla zona stoccaggio materie prime.

Essendo stato definito in partenza da parte del costruttore il numero di ingressi sul cielo dei serbatoi, non risultava possibile far entrare tutte quante le tubazioni singole nei tank, per cui si è optato per la costruzione di un collettore a dieci ingressi e ad una uscita.

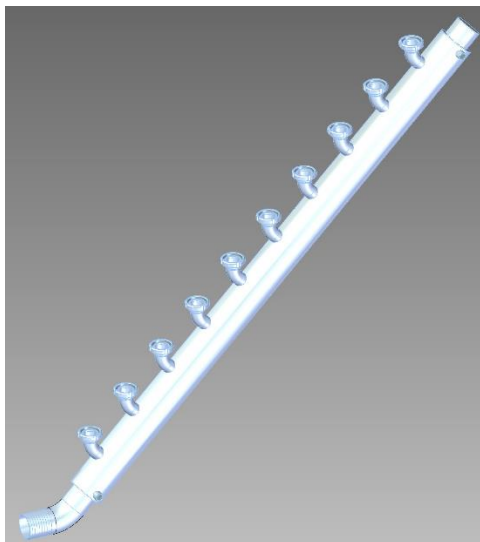


Fig.50 Particolare collettore su struttura stoccaggio creme (Solid Edge)

Per poter consentire alle tubazioni di raggiungere i collettori successivi, sono state posizionate per ognuna delle entrate dei primi otto delle valvole a tre vie, mentre in corrispondenza degli ultimi due elementi di collegamento sono state poste delle valvole a due vie che consentissero la chiusura dell'impianto in caso di necessità.

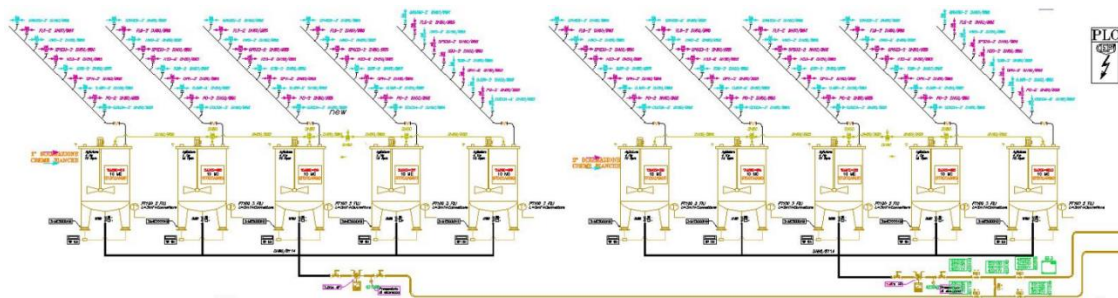


Fig.51 Particolare zona stoccaggio creme bianche nello schema funzionale (Autocad)

Per far fronte al numero considerevole di valvole su cui fare manutenzione si è progettata una struttura in grado di ospitare gli operatori in sicurezza per la manutenzione straordinaria. Sulla parte superiore del telaio portante sono stati ricavati altri supporti in grado di sostenere i collettori ed ospitare i gradini pensati per raggiungere le valvole elettro-pneumatiche poste più in alto. Le gambe del telaio sono state progettate invece per consentire lo smontaggio e la manutenzione dei motori dei miscelatori dei serbatoi lasciando al tempo stesso abbastanza spazio per un agevole passaggio a tutta altezza degli operatori sopra la scala di ispezione.

Una problematica cui si è dovuto far fronte durante i lavori è stato l'allargamento da parte del cliente dei serbatoi sottostanti la struttura dovuto a sua volta all'ampliamento della pedana di ispezione per rientrare nei limiti di legge (almeno 600 mm di spazio calpestabile). In questa maniera i serbatoi andavano a scontrarsi con le traverse di irrigidimento della struttura stessa, che non potevano quindi essere più montate.

Per far fronte a questa nuova necessità, ed essendo il telaio già prodotto e verniciato, si è optato per un allargamento delle travi di rinforzo mediante costruzioni removibili che non presentavano la necessità di effettuare saldature in cantiere.

Questa soluzione andava a ridurre l'effetto di irrigidimento delle travi di rinforzo sul telaio ma non ne comprometteva la capacità strutturale, che rientrava comunque entro i termini di legge.

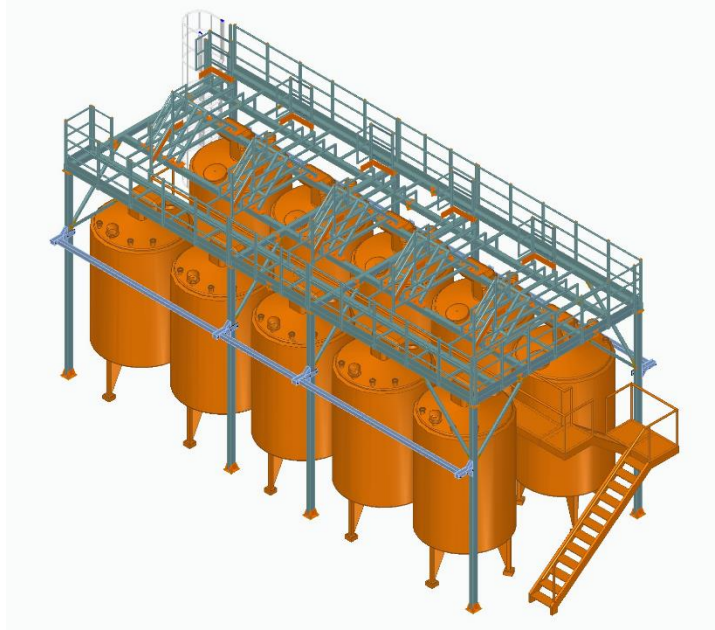


Fig.52 Vista struttura posta nella zona stoccaggio creme bianche (Solid Edge) con messa in evidenza degli irrigidimenti laterali modificati

Le dieci tubazioni provenienti direttamente dalla zona sud del capannone sono state sistemate su quattro linee (3-3-3-1) e dotate di due batterie di valvole a tre vie per consentire l'ingresso alle due file di collettori posti sopra la struttura, ruotando le uscite deviate di 45° ed evitando "l'effetto sifone" come per l'ambiente precedente.

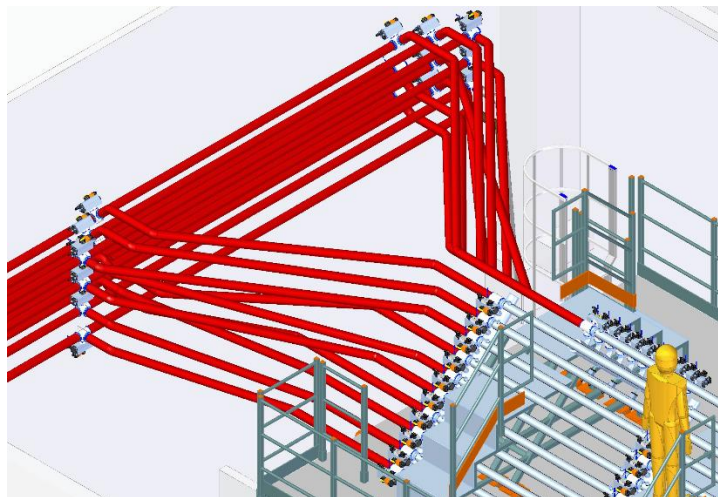


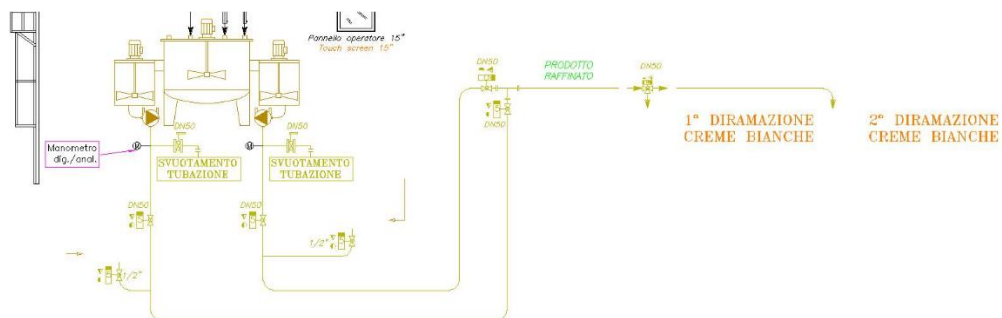
Fig.53 Valvole inclinate nella zona stoccaggio creme bianche in 3D (Solid Edge)



Fig.54 Valvole DN50 dopo posizionamento e montaggio in cantiere

Una volta lavorato, il prodotto finito esce da due pompe distinte della macchina del cliente. In queste due linee sono stati previsti:

- N° 2 manometri per la regolazione delle pompe;
- N° 2 valvole manuali per lo scarico delle tubazioni;
- N° 2 valvole elettro pneumatiche per il tappare la tubazione durante la pulizia;
- N° 2 valvole elettro-pneumatiche con innesto da 1/2" per l'insufflaggio dell'aria per pulire le tubazioni tra una produzione e l'altra.



LINEA CREME BIANCHE

Fig.55 Particolare scarico macchina cliente dopo la produzione delle creme bianche (Autocad)

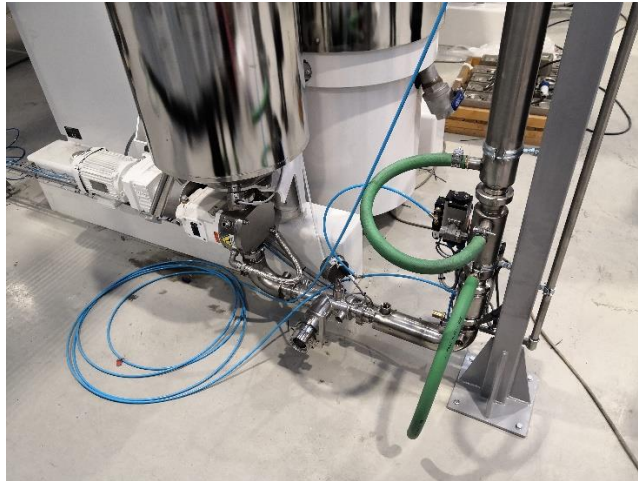


Fig.56 Linea di scarico della macchina del cliente

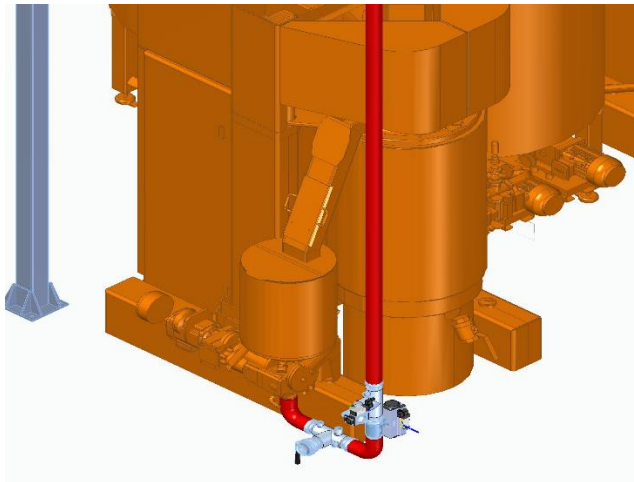


Fig.56 Vista in 3D (Solid Edge) della linea di scarico della macchina del cliente

Una volta uscite dalle pompe, le tubazioni salgono sostenendosi a due pali appositamente creati e si congiungono le une con le altre a circa 7.5 metri di altezza, proseguendo poi verso i serbatoi di stoccaggio passando nello spazio tra trave e tegolo del soffitto.

Per potersi immettere all'interno dei tank posizionati su due linee è stato necessario dividere nuovamente la linea: per fare ciò si è utilizzata una valvola a tre vie elettropneumatica che consentiva di raggiungere, mediante l'utilizzo di altre valvole e tubi scorporati, ogni serbatoio posto lungo le file di stoccaggio.



Fig.57 Particolare della zona stoccaggio creme bianche durante i lavori

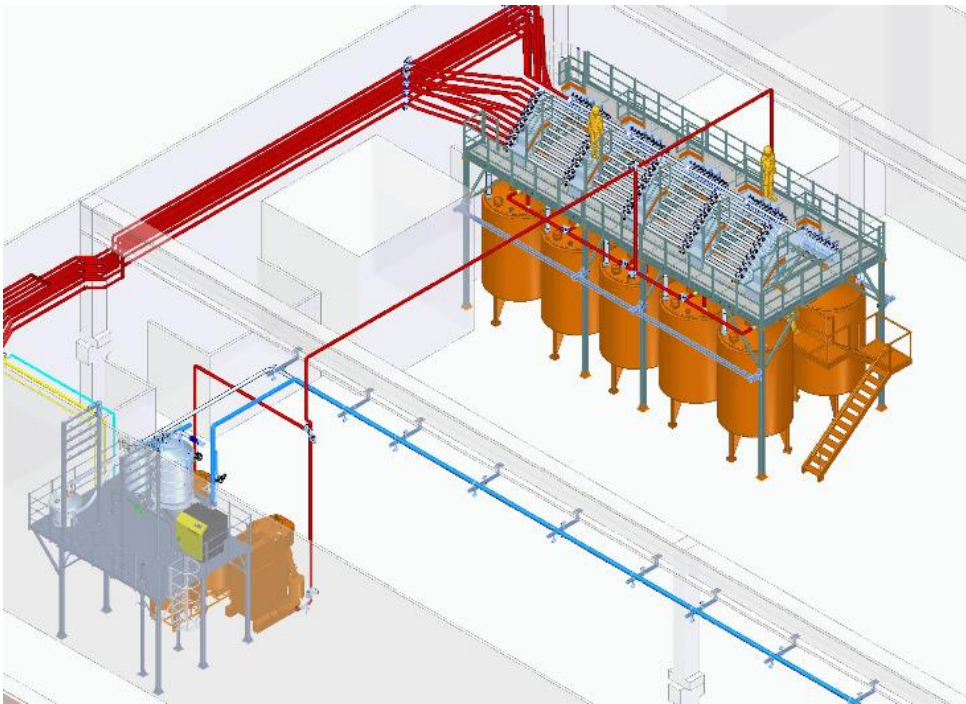


Fig.58 Vista della zona produzione e di quella di stoccaggio delle creme bianche (Solid Edge)

3. CONCLUSIONI

In definitiva durante lo svolgimento della progettazione dell'impianto in questione ci si è non solo dovuti concentrare sull'ottimizzazione planimetrica, distribuendo nei volumi dell'edificio circa 1500 metri di tubazioni, ma anche sulla realizzazione dello schema funzionale dell'impianto stesso.

Lo svolgimento di questi due processi è avvenuto per la maggior parte in fasi distinte fra loro, anche se saltuariamente si è stati costretti ad intervenire sullo schema funzionale per poter venire incontro ad esigenze del cliente sopraggiunte in corso d'opera, portando così alla scoperta di nozioni e conoscenze non acquisite in tempi pregressi, come la difficoltà di dosaggio di particolari ingredienti.

Per il processo di compilazione dello schema si è preferito utilizzare Autocad, software molto performante per la realizzazione di prospetti in due dimensioni e di facile utilizzo, mentre per la progettazione dell'impianto mediante CAD in tre dimensioni si è preferito utilizzare Solid Edge, più adatto al lavoro in oggetto.

Tuttavia la mancanza di alcuni dettagli di importanza rilevante che il cliente avrebbe dovuto fornire al fine di rendere la progettazione più agevole, come la presenza di tubazioni già preesistenti, ha fatto sì che non sempre le soluzioni trovate in fase progettuale potessero essere espresse in maniera pedissequa nella realtà del cantiere, e qualche volta si è stati costretti a fare ricorso alle abilità dei costruttori presenti in loco per trovare soluzioni adatte alle problematiche che si erano palesate.

Per opere future di analoga natura si consiglia ai clienti di utilizzare un sistema BIM (Building Information Modeling) in grado di raccogliere tutte le informazioni di un edificio, così che la progettazione e l'ottimizzazione topologica dell'impianto possano avvenire in tempi ancora più ridotti di quelli impiegati per la realizzazione di questo progetto.

BIBLIOGRAFIA

Meccanica Dei Fluidi - Yunus A. Cengel, John M. Cimbala - McGraw-Hill 2015

Impianti meccanici – Marco Gentilini – Pitagora 2000