

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITA' DI BOLOGNA

SECONDA FACOLTA' DI INGEGNERIA

CON SEDE A CESENA

CORSO DI LAUREA

IN INGEGNERIA MECCANICA

Sede di Forlì

ELABORATO FINALE DI LAUREA

In IMPIANTI MECCANICI

Progettazione di un nuovo lay-out di produzione in un'industria
alimentare

CANDIDATO

Emanuele Grifoni

RELATORE

Prof. Augusto Bianchini

Anno Accademico 2010/2011

Sessione III

Dedicato a Valeria

"Sono convinto che anche all'ultimo istante della nostra vita ognuno di noi può cambiare il proprio destino."

Giacomo Leopardi (1798-1837)

"Non sopravvive il più forte o il più intelligente, ma chi si adatta più velocemente al cambiamento."

Charles Darwin (1809-1882)

Indice

1	Analisi del sistema produttivo	1
1.1	Descrizione del sistema produttivo	1
1.2	Mappa dei flussi fisici	11
1.3	Tempi di movimentazione	16
1.4	Congestione dei punti critici	22
1.5	Vincoli di progettazione	25
1.6	Ricerca di soluzioni alternative	25
2	Lay-out riorganizzato - Soluzione A	27
2.1	Mappa dei flussi fisici	28
2.2	Descrizione delle modifiche	33
2.3	Tempi di movimentazione	35
2.4	Congestione dei punti critici	38
3	Lay-out riorganizzato - Soluzione B	41
3.1	Mappa dei flussi fisici	42
3.2	Descrizione delle modifiche	47
3.3	Tempi di movimentazione	48
3.4	Congestione dei punti critici	51
4	Confronto tra le soluzioni	53
4.1	Tempi di movimentazione	53
4.2	Congestione dei punti critici	55
4.3	Valutazioni economiche	56
4.4	Valutazioni Finali	60
A	Mappe dei flussi fisici - Laboratorio attuale	61
B	Mappe dei flussi fisici - Soluzione A	81
C	Mappe dei flussi fisici - Soluzione B	95
D	Fotografie	109

Elenco delle figure

1	Stabilimento CLAI di Sasso Morelli	x
1.1	Planimetria dei reparti	2
1.2	Schema del processo produttivo	4
1.3	Planimetria attuale del laboratorio artigianale	8
1.4	Planimetria dei corridoi	11
1.5	Movimentazioni complessive	14
1.6	Particolare Movimentazioni	15
1.7	Produzione percentuale	19
1.8	Movimentazioni percentuali	21
1.9	Corridoi critici	22
2.1	Schema dei corridoi	28
2.2	Movimentazioni complessive	31
2.3	Particolare Movimentazioni	32
2.4	Obbiettivi e risultati	37
2.5	Corridoi Critici	38
3.1	Schema dei corridoi	42
3.2	Movimentazioni complessive	45
3.3	Particolare Movimentazioni	46
3.4	Obbiettivi e risultati	50
3.5	Corridoi Critici	51
4.1	Diagrammi differenziale	54
4.2	Soluzione A e Soluzione B	55
4.3	Rappresentazione grafica degli indici <i>NPV</i>	58
A.1	Movimento 1	62
A.2	Movimento 2	63
A.3	Movimento 3	64
A.4	Movimento 3	65
A.5	Movimento 3	66
A.6	Movimento 6	67
A.7	Movimento 7	68

A.8 Movimento 8/8b	69
A.9 Movimento 9	70
A.10 Movimento 10	71
A.11 Movimento 11	72
A.12 Movimento 10/11	73
A.13 Movimento 14	74
A.14 Movimento 15	75
A.15 Movimento 16	76
A.16 Movimento 17/18	77
A.17 Movimento 19	78
A.18 Movimento 20	79
B.1 Movimento 1	82
B.2 Movimenti 2/3	83
B.3 Movimenti 4/5	84
B.4 Movimento 6	85
B.5 Movimento 7	86
B.6 Movimenti 8/8b	87
B.7 Movimento 9	88
B.8 Movimenti 10/11	89
B.9 Movimenti 12/13	90
B.10 Movimento 14	91
B.11 Movimenti 15/16	92
B.12 Movimenti 17/18	93
B.13 Movimenti 19/20	94
C.1 Movimento 1	96
C.2 Movimenti 2/3	97
C.3 Movimenti 4/5	98
C.4 Movimento 6	99
C.5 Movimento 7	100
C.6 Movimenti 8/8b	101
C.7 Movimento 9	102
C.8 Movimenti 10/11	103
C.9 Movimenti 12/13	104
C.10 Movimento 14	105
C.11 Movimenti 15/16	106
C.12 Movimenti 17/18	107
C.13 Movimenti 19/20	108
D.1 Vagonetto	110
D.2 Vagonetti colmi di Impasto	110

D.3 Vagonetto colmo di Lardelli	111
D.4 Linea di impasto	111
D.5 Carretto	112
D.6 Carrettone grigliato	112
D.7 Giostra carica di spalle	113
D.8 Colonna di arelle carica di rifilature	113

Elenco delle tabelle

1.1	Produzione laboratorio artigianale	3
1.2	Categorie di salumi	4
1.3	Distanze medie	16
1.4	Tempo unitario di movimentazione per operazione	17
1.5	Produzione 2011	18
1.6	Produzione media settimanale relativa ai singoli prodotti	18
1.7	Percentuale di materia per categoria	19
1.8	Tempo di movimentazione parziale e globale	20
1.9	Frequenza dei movimenti	22
1.10	Frequenza di incrocio totale corridoio A	23
1.11	Tempi morti unitari, parziali e globali	24
2.1	Distanze medie	35
2.2	Tempo unitario di movimentazione per operazione	36
2.3	Tempo di movimentazione parziale e globale	36
2.4	Riduzione annuale delle ore lavorative	37
2.5	Tempi morti di incrocio	39
2.6	Riduzione annuale delle ore lavorative	39
3.1	Distanze medie	48
3.2	Tempo unitario di movimentazione per operazione	49
3.3	Tempo di movimentazione parziale e globale	49
3.4	Riduzione annuale delle ore lavorative	50
3.5	Tempi morti di incrocio	52
3.6	Riduzione annuale delle ore lavorative	52
4.1	Differenziale T_{mp} e T_{mg}	53
4.2	T_{mg} differenziale	54
4.3	Differenziale frequenza di incrocio e tempo globale	55
4.4	T_{ig} differenziale	55
4.5	Ore risparmiate	56
4.6	Dati iniziali	57
4.7	NPV e PBT	58

4.8	<i>IRR</i> a 5, 10 e 15 anni	59
4.9	<i>PI</i>	59
4.10	Ore risparmiate	60
4.11	Valutazioni economiche	60

Introduzione

Storia dell'azienda e scopo della tesi.

Tratto da [1]:

Fondata nel 1962, CLAI (Cooperativa Lavoratori Agricoli Imolesi) è una Cooperativa agricola a produzioni integrate, che si pone sul mercato come riferimento nella produzione di carni fresche suine e bovine e azienda specialista nel segmento salami. L'azienda ha mantenuto la propria sede principale a Sasso Morelli di Imola (Bologna), a cui si è aggiunta la sede di Faenza (Ravenna) dove ora vengono effettuate tutte le operazioni di macellazione. Oggi conta più di 250 soci, 400 dipendenti e una rete di 80 agenti. Il fatturato 2011 ha raggiunto i 248 milioni di euro. Nel corso degli anni l'azienda si è costantemente sviluppata per essere pronta ai cambiamenti dettati dall'evoluzione del mercato. Oggi CLAI rappresenta una delle primarie aziende agroalimentari integrate d'Italia.

La sede di Sasso Morelli, nel corso degli anni, è stata soggetta ad ampliamenti strutturali dovuti alla crescita di mercato. Questi, sono stati studiati in funzione delle esigenze a cui l'azienda doveva far fronte col passare degli anni (ampliamento celle stagionatura, celle frigorifere, spedizione, ecc.). Il laboratorio artigianale si è evoluto e sviluppato mantenendo la sua posizione attuale (mentre attorno a questa venivano costruiti altri reparti) fino a raggiungere la saturazione degli spazi e il pericoloso addensamento delle movimentazioni. Il locale adibito al laboratorio, necessita di una ristrutturazione di pavimentazione, controsoffitto e impianti. Tale operazione non può avvenire senza spostare il laboratorio in un'altra locazione (la produzione è ininterrotta per tutte le 52 settimane annuali). Si vuole approfittare di questa necessità per migliorare il progetto di layout di produzione, sfruttando al meglio gli spazi disponibili.

La dirigenza ha optato per lo spostamento del laboratorio artigianale nell'attuale magazzino di carretti ed aromi. Questo offre una metratura maggiore ed è in parte inutilizzato, è però attraversato per tutta la lunghezza da un colonnato di 2.30 m di altezza che divide, di fatto, il magazzino in due ali, non essendo possibile collocare alcun macchinario al di sotto di questo.



Figura 1: Stabilimento CLAI di Sasso Morelli

Lo scopo della tesi è quindi progettare un nuovo lay-out di produzione, al fine di ridurre i tempi di movimentazione delle carni, agevolare la logistica generale e le condizioni di lavoro degli operatori, quindi effettuare un confronto tra situazione attuale e soluzioni proposte.

Capitolo 1

Analisi del sistema produttivo

1.1 Descrizione del sistema produttivo

Nel presente capitolo si esegue un'analisi approfondita del sistema produttivo, per individuare i punti ai quali dare priorità per ridurre i tempi dedicati alle movimentazioni di carni e materiali.

Lo stabilimento di Sasso Morelli (Imola) opera su un area totale di circa 15000 metri quadri, divisi nelle seguenti aree:

- Ricevimento carni
- Celle carne
- Laboratorio di produzione industriale
- Laboratorio di produzione artigianale
- Celle di asciugatura
- Celle di stagionatura
- Etichettatura
- Confezionamento
- Spedizione

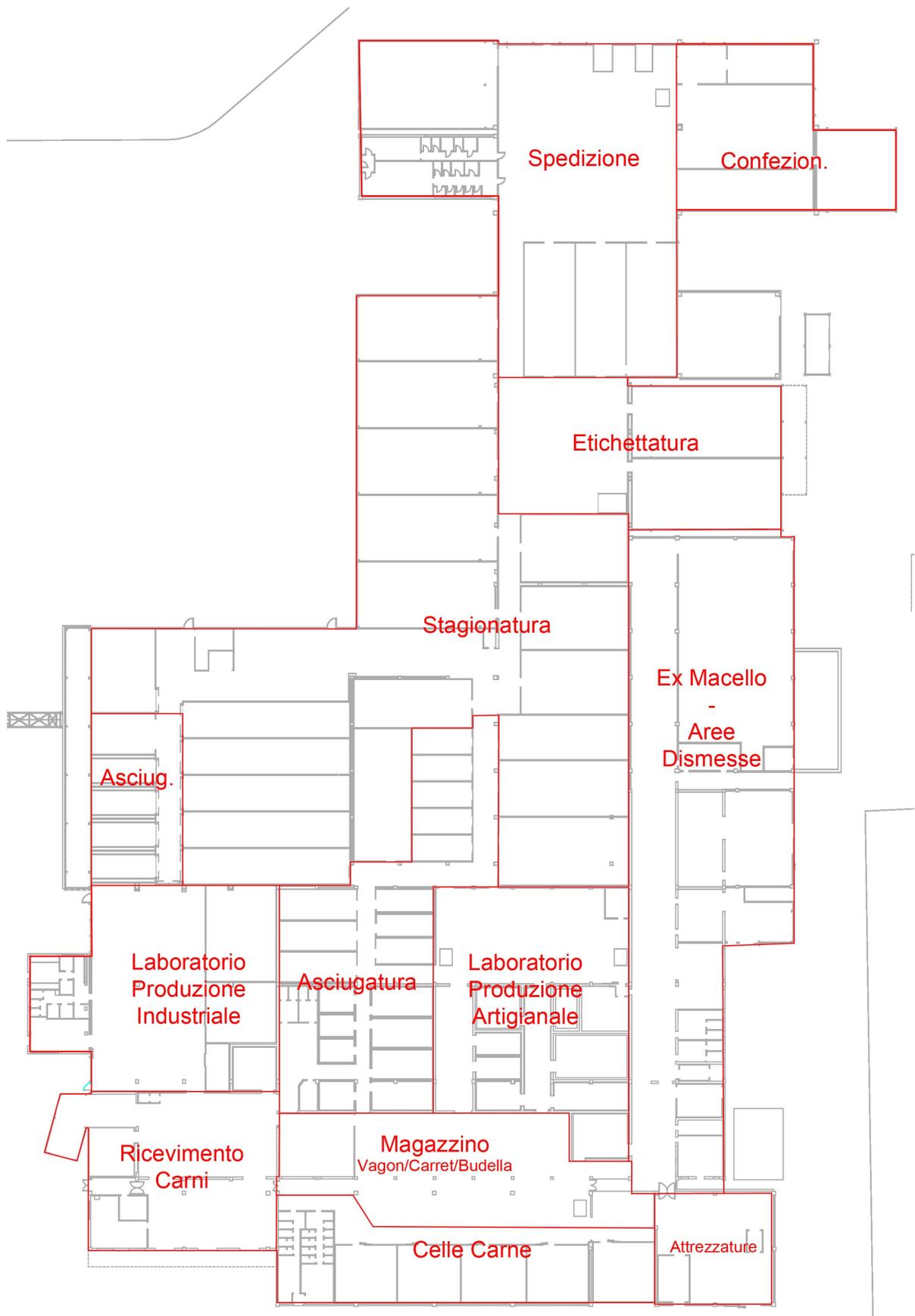


Figura 1.1: Planimetria dei reparti

L'attività principale è rappresentata dalla produzione di insaccati. Nel laboratorio industriale si lavorano solo insaccati stagionati ad elevato grado di standardizza-

zione, sia del formato che dell'impasto¹, mentre nel laboratorio artigianale, oggetto di questo elaborato, si realizzano oltre 40 tipi di impasto per la realizzazione di più di 60 prodotti.

i	Impasto	i	Impasto
1	SALS. FRESCA	22	SALS. FR. ROMAGNOLA
2	SALS. STAGIONATA	23	DIAVOLETTA
3	VENTRICINA	24	PEPITE ORO
4	SPIAN.FORTE	25	SPIAN.ROMANA EURO
5	FABR/ROMA/CORAL/MONT	26	COTECHINO FRESCO
6	NAPOLI 1,5KG	27	UNGHERESINO ORO
7	SALS.FR.AGLIO	28	MILANETTO ORO
8	GOLOSETTO	29	AQUILANO
9	FELINO	30	SICILIANELLA
10	NAPOLI 3KG	31	SPIAN.PICCANTE S/B
11	DIAVOLETTA DRITTA	32	SALS. MATTA
12	FELINO ORO	33	BELMAGRO
13	SALAMELLA	34	SALS. FRESCA DIVINA
14	CAMPAGNOLO	35	SALS.PASSITA DRITTA
15	UNGHERESINO	36	SBUCCIA E MANGIA
16	MILANETTO	37	SALS. FRESCA CON PEP
17	NAPOLI 0,8-0,4	38	SALS. FRESCA MISTA
18	CONTADINO	39	SALS.CLASSICA LUNGA
19	GOLOSETTO DOP	40	SALAME DA GRIGLIA
20	BELLAFETTA	41	SAL FINOCCHIONA
21	SALS. FRESCA ECON	42	SALS. NODI PICCANTE

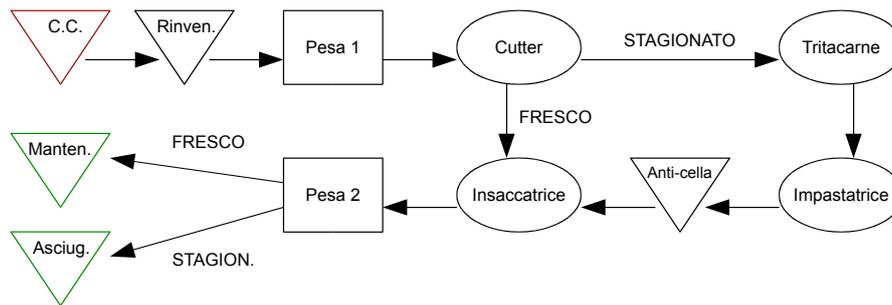
Tabella 1.1: Produzione laboratorio artigianale

Per semplificare la disamina dei dati, si raggruppano gli insaccati in 6 categorie relazionate a 3 parametri caratterizzanti:

1. stagionatura (fresco o stagionato),
2. formato (spianato o non),
3. presenza di lardelli² (con o privo).

¹Impasto: composto amalgamato di carni macinate e aromi, regolamentato da una ricetta specifica (Fotografia [D.2 a pagina 110](#)).

²Lardelli: grasso tagliato a cubetti che viene amalgamato con l'impasto per la produzione di salami specifici (Fotografia [D.3 a pagina 111](#)).

Linea primaria:

- (1) *Celle carne*: per ottenere una corretta riuscita del salume è fondamentale che le carni siano a temperatura controllata per tutta il processo produttivo, lo stoccaggio in celle di congelamento a temperatura diversificata (a seconda del taglio di carne) è quindi già parte del procedura.
- (2) *Rinvenimento*: le carni, prima di essere lavorate, devono essere scongelate in una cella a temperatura controllata.
- (3) *Pesa*: su una bilancia a terra si caricano i vagonetti³ vuoti con le tipologie di carne previste dalla ricetta nelle proporzioni necessarie. Si effettuano lavorazioni su 1200 kg di carne a impasto (valore vincolato alla capacità dell'impastatrice). Sulla pesa viene anche effettuato la prima introduzione dei dati per la tracciabilità.
- (4) *Cutter*: viene effettuata la prima sminuzzatura della carne mediante lame rotanti. I vagonetti carichi di carne, provenienti dalla pesa, alimentano il cutter, che la taglia opportunamente a seconda di necessità. La carne lavorata passerà alla coclea (per salumi stagionati) in direzione tritacarne o verrà caricata nei vagonetti (per salsiccia e prodotti freschi) in direzione insaccatrici.
- (5) *Tritacarne*: un primo miscelatore rende omogenea la distribuzione del magro e del grasso che vanno ad alimentare il tritacarne, dove l'insieme è macinato conformemente alla ricetta. È la lavorazione più lenta e detta i tempi della "linea di impasto"⁴.
- (6) *Impastatrice*: può lavorare 1200 kg di carne a ciclo. Due coclee provvedono a impastare la carne con aromi e batteri di fermentazione. La tempistica è a discrezione dell'operatore, in base alla temperatura e alla consistenza dell'impasto. Questo è caricato in vagonetti per lo stoccaggio

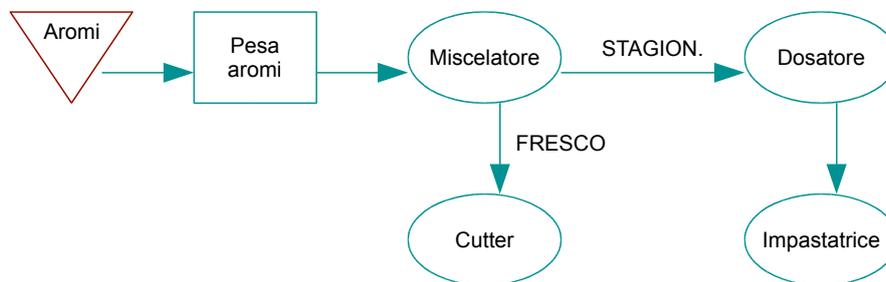
³Vagonetto: carrello in acciaio inox con vasca 80x70x50 mm (Fotografia [D.1 a pagina 110](#)).

⁴Linea di impasto: sequenza di macchinari (cutter, tritacarne, impastatrice) che trasforma la carne nell'impasto per gli insaccati (Fotografia [D.4 a pagina 111](#)).

in anti-cella, ad ognuno dei quali viene allegato il “biglietto identificativo di impasto⁵”.

- (7) *Anti-cella*: i vagonetti carichi, provenienti dalla linea di impasto, vengono fatti sostare in anti-cella per mantenere la temperatura controllata prima dell’operazione di insacco. Se durante la produzione dell’impasto la temperatura di quest’ultimo fosse cresciuta troppo, sarà prolungata la permanenza in anti-cella.
- (8) *Insacatrici*: per la tracciabilità il vagonetto proveniente dall’anti-cella viene associato alla macchina insacatrice, quindi l’impasto viene introdotto nelle viscere (sintetiche o naturali) e, mediante operazioni manuali ed appendici automatiche⁶ immediatamente a valle della macchina, raggiunge la sua forma finale di insaccato. Operatori lo ordinano su appositi carretti⁷ o carrettoni grigliati⁸ (per i salumi spianati).
- (9) *Pesa*: il carretto di insaccati appena realizzati è pesato su una bilancia a terra e gli viene associato un nuovo biglietto identificativo. Il carretto è ora trasportato in celle di asciugatura (se insaccato stagionato) o in celle di mantenimento (se insaccato fresco).

Linea Aromi:



- (1a) *Pesa*: ad ogni ricetta di impasto è corrispondente una differente ricetta di aromi; le spezie sono pesate, i lotti sono registrati per la tracciabilità e viene emesso il biglietto identificativo di impasto.
- (2a) *Miscelatore*: gli aromi sono rimescolati per ottenere una miscela omogenea. Molto importante questo aspetto poiché per ogni 100 kg di impasto si devono aggiungere agli aromi 10 g di sale nitrato di potassio

⁵Biglietto identificativo di impasto: è un cartellino riportante tutti i dati necessari alla tracciabilità del prodotto (ricetta, lotti carne, aromi,...), viene aggiornato ad ogni processo operato sullo stesso.

⁶Appendici automatiche: sono macchinari accessori dell’insacatrice (quali clippatrici, annodatrici, legatrici) collegati a questa, a seconda del formato e della tipologia di salume che si deve realizzare.

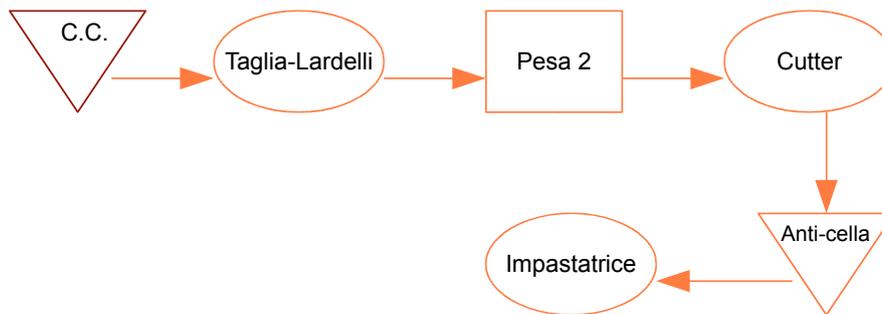
⁷Carretto: castello mobile a più livelli su cui vengono appesi i salumi (Fotografia [D.5 a pagina 112](#)).

⁸Carrettone: castello mobile pesante dotato di ripiani e sistema pneumatico per la pressatura dei salumi (Fotografia [D.6 a pagina 112](#)).

(conservante) per impedire la proliferazione di agenti patogeni quali la salmonella.

- (3a) Dosatore: distribuisce la miscela di spezie sulla carne macinata dal tritacarne. Per gli “insaccati freschi” non viene utilizzato e le spezie sono unite alla carne nel cutter.

Linea lardelli:



- (1) *Celle carne*: le gole da cui si ricavano i lardelli, per essere meglio lavorate, non seguono subito il processo di rinvenimento.
- (2b) *Taglia-lardelli*: il grasso viene tagliato in lardelli e caricato su vagonetti.
- (9) *Pesa*: i lardelli sono pesati e tracciati, per la generazione del biglietto identificativo, poi uniti al macinato nell’impastatrice secondo ricetta.
- (4) *Cutter*: viene operato un trattamento ai lardelli per migliorare la qualità degli stessi.
- (7) *Anti-cella*: si effettua il rinvenimento per permettergli di legarsi correttamente col magro nell’impastatrice.

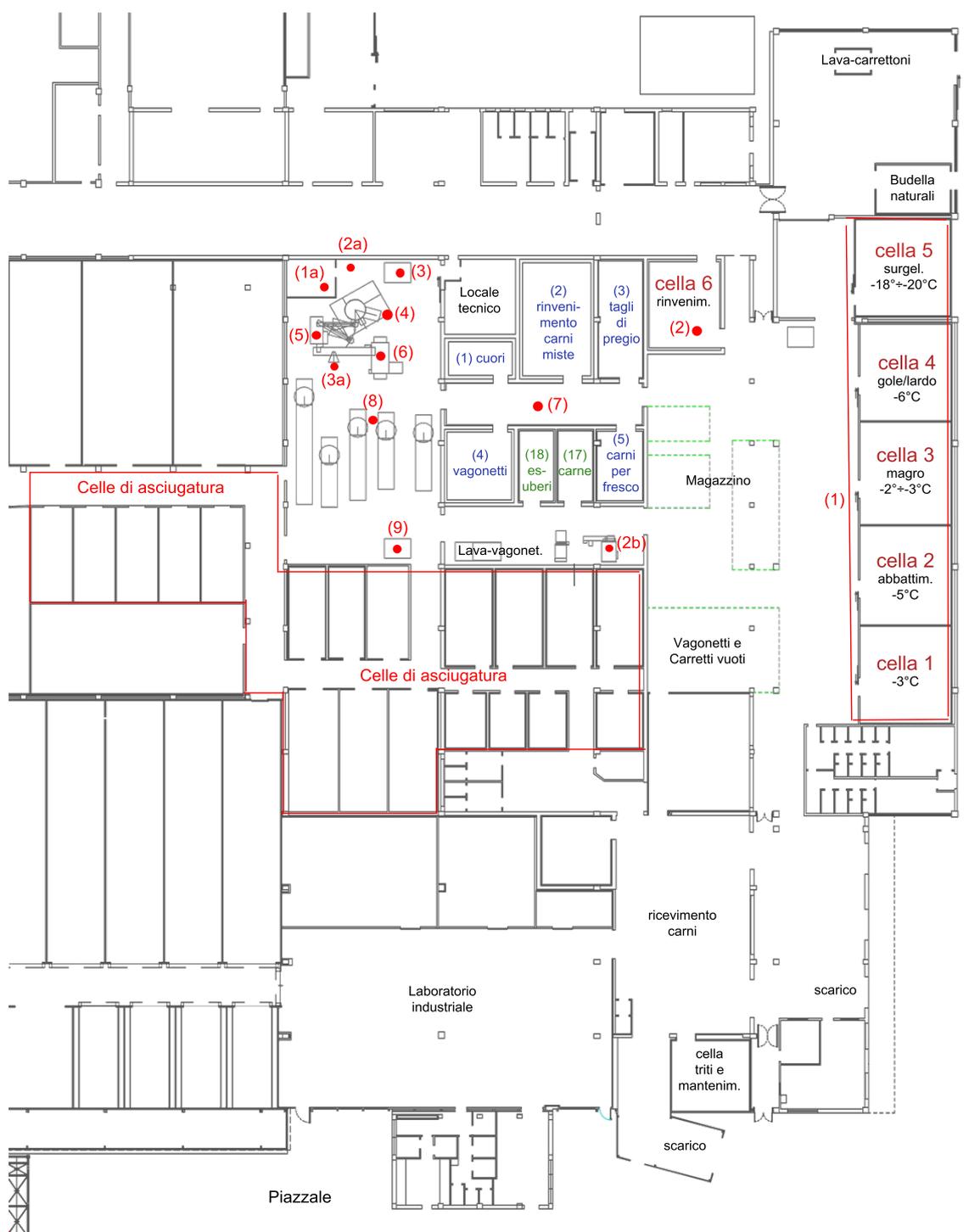


Figura 1.3: Planimetria attuale del laboratorio artigianale

Ai fini dell'analisi dei flussi fisici risultano particolarmente importanti le seguenti movimentazioni:

Flusso carni e insaccati:

- Movimentazione 1: trasporto delle carni, con giostre⁹ oppure arelle¹⁰ su trans-

⁹Giostra: carrello uncinato a cui sono appesi i tagli di carne più grandi (Fotografia D.7 a pagina 113).

¹⁰Arella: ripiano incolonnabile in cui sono raccolti i tagli di carne più piccoli (Fotografia D.8 a pagina 113).

pallet, dalle celle di congelamento alle celle di rinvenimento.

- Movimentazione 2: trasporto delle carni, con giostre ed arelle, da celle rinvenimento alla pesa.
- Movimentazione 3: trasporto delle carni, con vagonetti, dalla pesa all'area di stoccaggio a monte della linea di impasto
- Movimentazione 4: trasporto con vagonetti dell'impasto lavorato, dal punto di uscita della linea di impasto ai punti di accesso delle insaccatrici (per salumi freschi e tipici).
- Movimentazione 5: trasporto con vagonetti dell'impasto lavorato, dal punto di uscita della linea di impasto all'anti-cella (per salumi stagionati).
- Movimentazione 6: trasporto con vagonetti dell'impasto dall'anti-cella al punto di accesso delle insaccatrici.
- Movimentazione 7: trasporto con carretti o carrettoni dei salumi dal punto di uscita delle insaccatrici alla pesa.
- Movimentazione 8: trasporto con carretti o carrettoni dei salumi dalla pesa alle celle di asciugatura (per salumi stagionati e passiti).
- Movimentazione 8b: trasporto con carretti dei salumi dalla pesa alle celle di mantenimento (se necessario) e al carico automezzi(per salumi freschi).

Flusso aromi:

- Movimentazione 9: trasporto con transpallet di sali e spezie dal magazzino alla sala aromi, per la pesa delle droghe e la miscelazione.
- Movimentazione 10: trasporto con carrellino degli aromi dalla sala aromi alla linea di impasto.

Flusso lardelli:

- Movimentazione 11: trasporto con giostre delle gole (grasso) dalle celle carne all'accesso della macchina taglia-lardelli.
- Movimentazione 12: trasporto con vagonetti dei lardelli dall'uscita della taglia-lardelli alla pesa.
- Movimentazione 13: trasporto con vagonetti dei lardelli dalla pesa al cutter, quindi all'anti-cella.
- Movimentazione 14: trasporto con vagonetti dei lardelli dall'anti-cella alla linea di impasto.

Flusso vuoti:

- Movimentazione 15: trasporto dei vagonetti vuoti dalle insaccatrici (una volta scaricato impasto) alla lava-vagonetti (se necessario) e al magazzino.
- Movimentazione 16: trasporto dei vagonetti vuoti dal magazzino alla pesa (a monte della linea di impasto).
- Movimentazione 17: trasporto delle arelle (con transpallet) e delle giostre vuote dalla pesa (a monte della linea di impasto) al ricevimento carni se di proprietà oppure al piazzale se provenienti da fornitori esterni a CLAI.
- Movimentazione 18: trasporto dei carretti vuoti (per salumi freschi) dal magazzino ai punti di uscita delle insaccatrici.
- Movimentazione 19: trasporto dei carrettoni vuoti dalla lava-carrettoni al magazzino e da questo ai punti di uscita delle insaccatrici.
- Movimentazione 20: trasporto dei carretti vuoti (per salumi stagionati) dal piazzale al corridoio delle celle di asciugatura e da questo ai punti di uscita delle insaccatrici.

1.2 Mappa dei flussi fisici

Per rendere chiari i flussi fisici presi in esame, in Figura 1.4 riportiamo la pianta delle aree che partecipano alla produzione del laboratorio artigianale con il lay-out attuale ed evidenziando i corridoi in cui è possibile transitare.

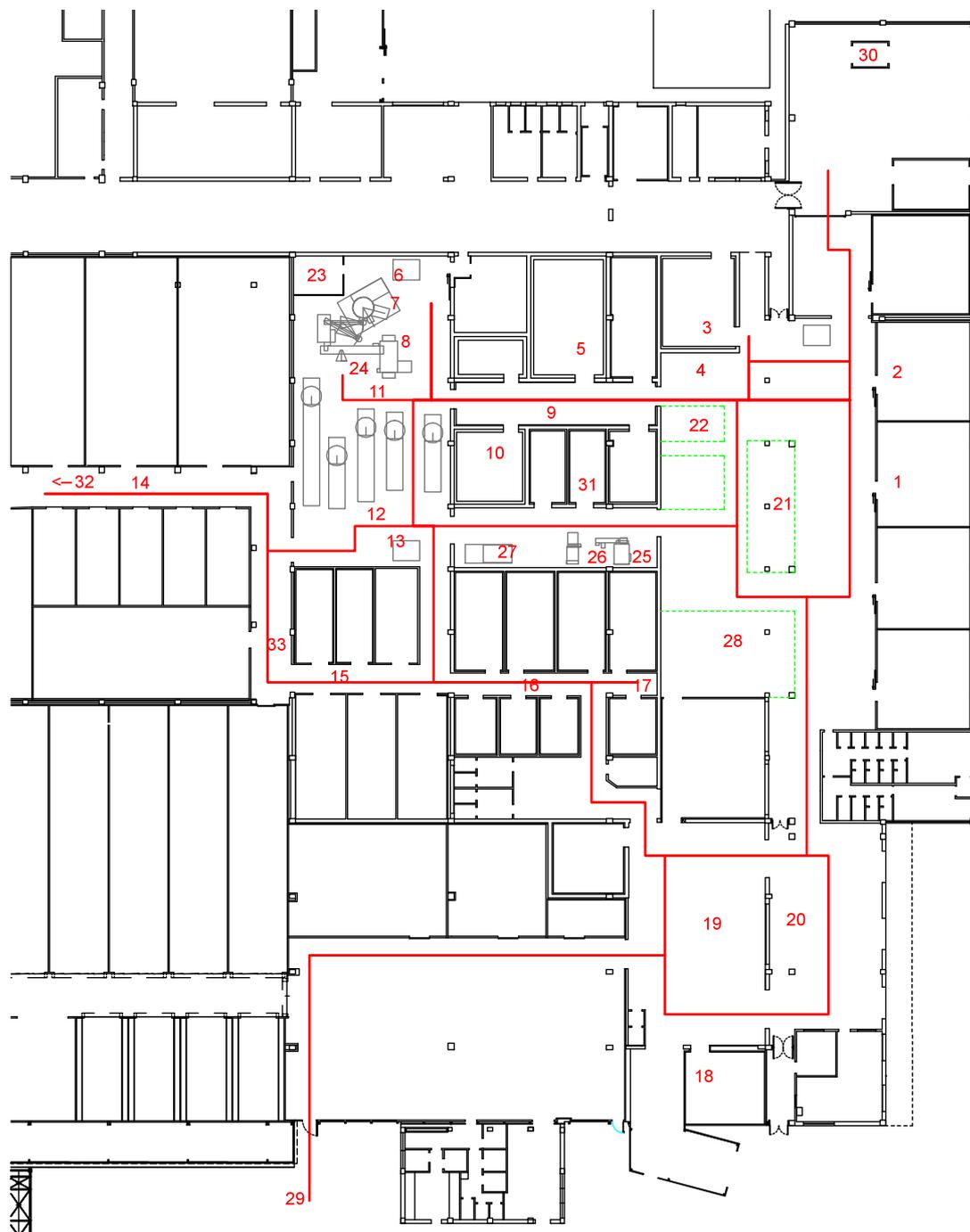


Figura 1.4: Planimetria dei corridoi

A seguire procediamo con l'esposizione dei principali movimenti, indicando le posizioni interessate da ogni flusso di materiali.

In appendice A a pagina 61 è disponibile la rappresentazione grafica dei principali flussi, analizzati in forma di mappatura.

- Movimento 1: celle carne \rightarrow celle rinvenimento

Flussi: $(1, 2) \rightarrow (3, 5)$; $3 \rightarrow 4$

Le giostre e le arelle di carne già rinvenuta, nella cella di posizione 3, sono spostate e stoccate temporaneamente dell'area 4 in attesa di essere portate in pesa, liberando spazio nella cella di rinvenimento.

- Movimento 2: celle rinvenimento \rightarrow pesa

Flussi: $(3, 4, 5, 31) \rightarrow 6 \rightarrow 7$

Le giostre ed arelle di carne giunte in area pesa sostano in uno spazio "polmone" a fianco di questa, mentre si caricano i vagonetti da pesare e inviare alla linea di impasto. In posizione 31 è stoccata la carne per salsiccia stagionata (diversa conservazione).

- Movimento 3: pesa \rightarrow stoccaggio linea di impasto

Flusso: $6 \rightarrow 7$

- Movimento 4: linea di impasto \rightarrow insaccatrici

Flusso: $8 \rightarrow 11$

- Movimento 5: linea di impasto \rightarrow anti-cella

Flussi: $8 \rightarrow (9, 10)$

- Movimento 6: anti-cella \rightarrow insaccatrici

Flussi: $(9, 10) \rightarrow 11$

Questo movimento è caratteristico dei soli impasti per salumi stagionati.

- Movimento 7: insaccatrici \rightarrow pesa

Flusso: $12 \rightarrow 13$

I carretti e carrettoni attendono a valle delle insaccatrici che la pesa sia disponibile.

- Movimento 8/8b: pesa \rightarrow asciugatura, pesa \rightarrow mantenimento e carico

Flussi: $13 \rightarrow (14, 15, 16, 17)$; $13 \rightarrow (18, 19, 20)$

Al mantenimento e carico (18, 19, 20) sono destinati solo i salumi freschi, questi stazionano nelle cella di mantenimento solo se non è disponibile un automezzo per la spedizione immediata; diversamente i carretti vengono stoccati nell'area di ricevimento carni (19, 20) e caricati dagli addetti.

- Movimento 9: magazzino \rightarrow sala aromi

Flussi: $(21, 22) \rightarrow 23$

Questo movimento è caratteristico degli aromi di maggiore consumo (sale,...), una scorta settimanale delle altre spezie è già presente nella sala aromi.

- Movimento 10: sala aromi → linea di impasto

Flussi: 23 → (7, 24)

Gli aromi sono miscelati alla carne nel cutter (posizione 7) per salumi freschi o nel nastro di alimentazione dell'impastatrice (posizione 24) per salumi stagionati.

- Movimento 11: celle carne → taglia-lardelli

Flusso: 2 → 25

La giostra di gole (grasso) viene fatta sostare a monte della taglia-lardelli.

- Movimento 12/13: taglia-lardelli → pesa / pesa → cutter → anti-cella

Flussi: 26 → 13 / 13 → 7 → (9, 10)

Un piccolo nastro, a valle della taglia lardelli, carica il vagonetto che prosegue alla pesa. I lardelli attendono di essere trattati, sostando nell'area polmone a monte del cutter.

- Movimento 14: anti-cella → impastatrice

Flussi: (9, 10) → 8

Il vagonetto di lardelli è caricato nell'impastatrice mediante un montacarichi annesso a questa.

- Movimento 15: insacatrici → lava-vagonetti → magazzino; insacatrici → magazzino

Flussi: 11 → 27 → 28; 11 → 28

I vagonetti vengono lavati se l'impasto conteneva aromi sensibili, quali latticini o peperoncino, o se il vagonetto dovrà sostare in magazzino per un periodo prolungato.

- Movimento 16: magazzino → pesa

Flusso: 28 → 6

I vagonetti sono portati alla pesa dall'addetto all'approvvigionamento della linea di impasto.

- Movimento 17/18: pesa → ricevimento carni; pesa → piazzale / magazzino → insacatrici

Flussi: 6 → 20; 6 → 29 / 28 → 12

Solo i carretti per i salumi freschi sono trasportati dal magazzino fino a valle delle insacatrici.

- Movimento 19: lava-carrettoni → magazzino; magazzino → insaccatrici
Flussi: 30 → 28; 28 → 12
I carrettoni sono lavati e stoccati a necessità.
- Movimento 20: piazzale → corridoio → insaccatrici; piazzale → insaccatrici
Flussi: 32 → 33 → 12; 32 → 12
- Movimentazioni complessive

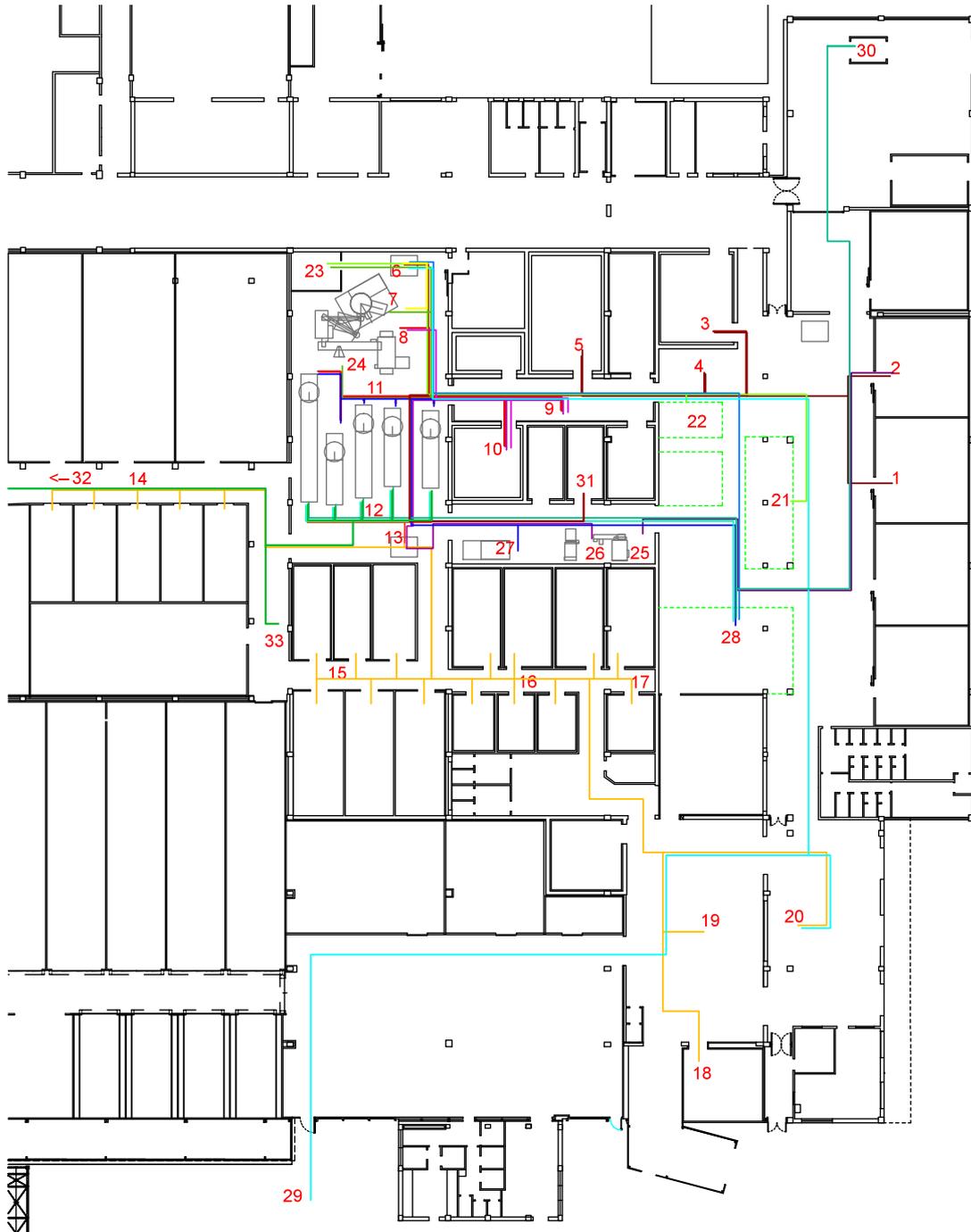


Figura 1.5: Movimentazioni complessive

All'uscita dell'anti-cella è presente il massimo addensamento di linee di flusso, che si ramificano in direzione linea di impasto e insaccatrici.

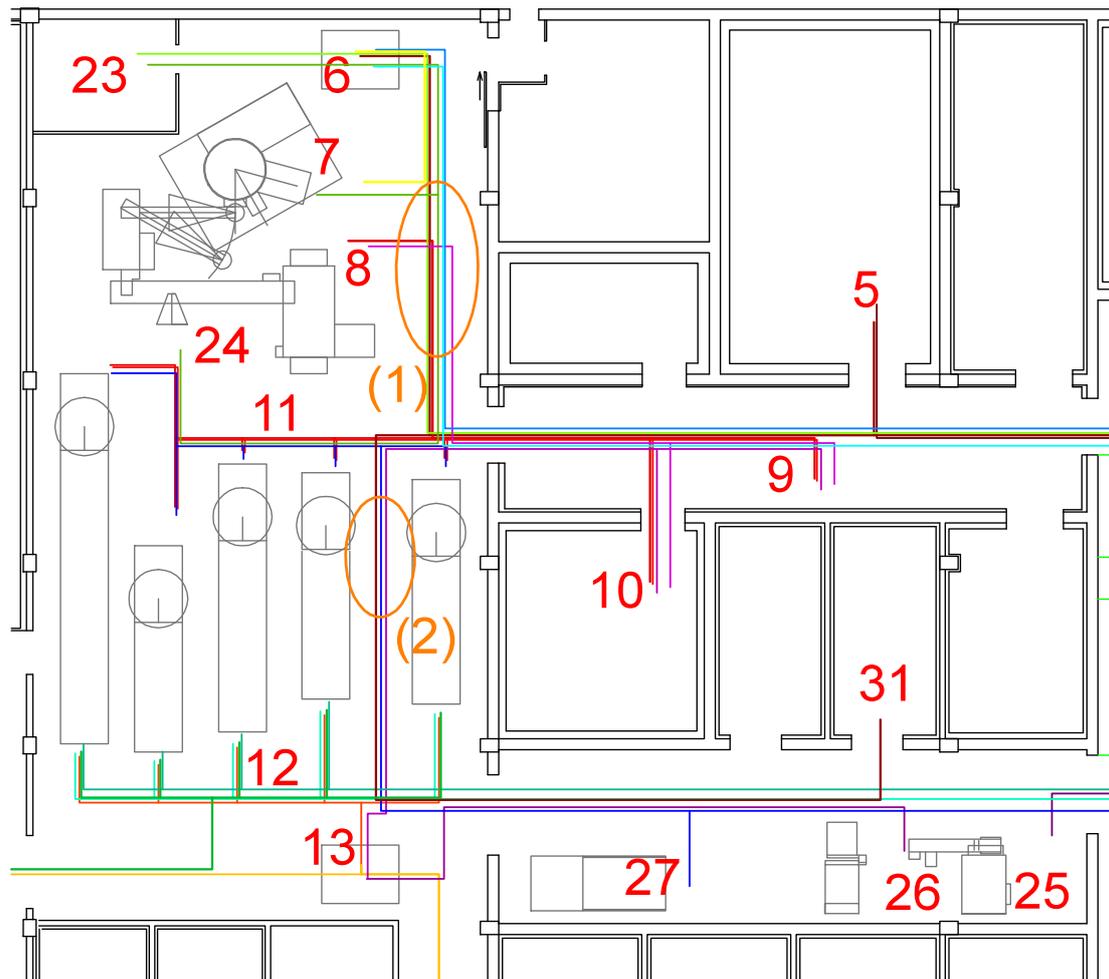


Figura 1.6: Particolare Movimentazioni

- (1) Nella zona antistante la linea di impasto sono continuamente presenti 3 operatori, vi è un frequente passaggio carrelli e vagonetti. Da ciò ne consegue la necessità di mantenere separati i percorsi di movimentazione dalle aree di lavoro degli operatori.
- (2) Il corridoio tra le insaccatrici è molto ridotto e gli operatori di queste ultime lavorano di spalle al passaggio dei materiali. Anche in questo caso è bene impedire la condivisione degli spazi.

1.3 Tempi di movimentazione

Si vuole valutare come la movimentazione sia gestita attualmente, considerando come parametro di riferimento il tempo di movimentazione globale T_{mg} . Determinando tale parametro si potrà valutare la prestazione economica della soluzione studiata.

Si procede alla determinazione delle distanze descritte dalle movimentazioni analizzate, calcolando dove necessario la media pesata sulla percentuale di influenza P_I dei prodotti presi in esame.

$$d_M = \frac{\sum_j d_{Mj} \cdot P_{Ij}}{\sum_j P_{Ij}} = [m], \quad M = 1, 2, \dots; 20$$

Mov	Punti di collegamento							Distanza media (d) [m]
	Distanza [m]							
	percentuale di influenza							
1	1 → 3	1 → 5	2 → 3	2 → 5	1 → 3 → 4	2 → 3 → 4		30,42
	26	35	20,5	29,5	38,5	33		
2	3 → 6	4 → 6	5 → 6	31 → 6				36,58
	45	36	27,5	39,5				
3	6 → 7							4,00
4	8 → 11							13,50
5	8 → 9	8 → 10						18,25
6	9 → 11	10 → 11						16,25
7	12 → 13							7,50
8/8b	13 → 14	13 → 15	13 → 16	13 → 17	13 → 18	13 → 19	13 → 20	31,99
	27	20	21	29	64,5	54,5	65,5	
9	21 → 23	22 → 23						48,50
10	23 → 7	23 → 24						25,20
11	2 → 25							43,50
12	26 → 13							18,00
13	13 → 7 → 9	13 → 7 → 10						44,75
14	9 → 8	10 → 8						18,25
15	11 → 28	11 → 27 → 28						50,00
16	28 → 6							54,50
17	6 → 20	6 → 29						116,00
18	28 → 12							38,50
19	30 → 28 → 12							97,00
20	32 → 12	32 → 33 → 12						79,00

Tabella 1.3: Distanze medie

Ottenuti questi dati si calcola il tempo necessario ad ogni singola movimentazione T_{mo} , valutando anche i tempi morti T_F caratteristici della stessa.

$$T_{moM} = \frac{1}{IS_M \cdot u_{mM}} \cdot 2 \left(\frac{d_M}{u_{mM} \cdot v_{aM} \cdot n_{oM}} + T_{FM} \right) = [\text{s/kg}], \quad M = 1, 2, \dots, 20$$

dove:

- n_{oM} Numero di operatori che eseguono la movimentazione.
- IS_M Indice di saturazione corrispondente alla portata dell'appendice mobile, espressa in kg di materia trasportabili per unità di movimentazione (in media).
- d_M Distanza media percorsa nella movimentazione.
- u_{mM} Unità di appendici mobili controllabili da un operatore durante la movimentazione (in media).
- v_{aM} Velocità di avanzamento.
- T_{FM} Tempo fisso necessario all'individuazione dell'appendice mobile, agli attraversamenti di porte durante il tragitto e al corretto posizionamento a destinazione.

La portata IS_M è caratteristica del tipo di materia (impasto, carne, aromi, lardelli) trasportata dall'appendice mobile per la specifica movimentazione. Occorre tenerne conto quando si procede al calcolo del T_{mg} .

In questo elaborato ogni movimentazioni richiede l'impiego di un solo operatore ($n_o = 1$), ed essendo tutte operazioni manuali viene stimata una velocità di avanzamento $v_a = 1\text{m/s}$.

M	d [m]	um [1/mov]	TF [s]	IS [kg/mov]	Tmo [s/kg]
1	30,42	1	20	260	0,39
2	36,58	1	20	260	0,44
3	4,00	2	10	100	0,12
4	13,50	1	10	150	0,31
5	18,25	2	15	150	0,16
6	16,25	1	15	150	0,42
7	7,50	1	10	193	0,18
8	31,99	1,5	12	193	0,23
9	48,50	1	35	139	1,20
10	25,20	1	10	48	1,47
11	43,50	1	15	200	0,59
12	18,00	2	10	100	0,19
13	44,75	2	25	100	0,47
14	18,25	1	15	100	0,67
15	50,00	1	20	150	0,93
16	54,50	2	20	150	0,32
17	116,00	1	22	260	1,06
18	38,50	4	10	245	0,04
19	97,00	1	22	220	1,08
20	79,00	4	15	172	0,10

Tabella 1.4: Tempo unitario di movimentazione per operazione

Per quantificare il tempo globale di movimentazione occorre valutare il volume di produzione del laboratorio in esame. Questa è dettata dal “Foglio produzione¹¹” e gli impasti lavorati variano giornalmente, è quindi più corretto esaminare la produzione media settimanale piuttosto che la giornaliera. Per stimare tale statistica sono presi in analisi i kg di impasti lavorati nel corso del 2011, da cui si ottiene anche (mediante sommatoria) la produzione media delle 6 categorie di salume.

i	Impasto	Produzione Annu IMPASTO [kg]	i	Impasto	Produzione Annu IMPASTO [kg]
1	SALS. FRESCA	413.121,20	22	SALS. FR. ROMAGNOLA	46.983,70
2	SALS. STAGIONATA	371.165,00	23	DIAVOLETTA	40.500,50
3	VENTRICINA	303.771,80	24	PEPITE ORO	29.226,90
4	SPIAN.FORTE	242.881,90	25	SPIAN.ROMANA EURO	22.798,40
5	FABR/ROMA/CORAL/MONT	231.681,60	26	COTECHINO FRESCO	20.663,10
6	NAPOLI 1,5KG	226.869,20	27	UNGHERESINO ORO	18.542,80
7	SALS.FR.AGLIO	200.658,50	28	MILANETTO ORO	18.303,70
8	GOLOSETTO	198.618,30	29	AQUILANO	16.506,40
9	FELINO	131.408,10	30	SICILIANELLA	12.008,20
10	NAPOLI 3KG	121.201,40	31	SPIAN.PICCANTE S/B	11.998,40
11	DIAVOLETTA DRITTA	114.154,40	32	SALS. MATTA	8.790,80
12	FELINO ORO	111.980,30	33	BELMAGRO	8.136,30
13	SALAMELLA	94.794,10	34	SALS. FRESCA DIVINA	7.984,90
14	CAMPAGNOLO	94.536,10	35	SALS.PASSITA DRITTA	6.903,10
15	UNGHERESINO	88.464,60	36	SBUCCIA E MANGIA	4.352,70
16	MILANETTO	88.181,70	37	SALS. FRESCA CON PEP	2.535,90
17	NAPOLI 0,8-0,4	79.297,00	38	SALS. FRESCA MISTA	989,00
18	CONTADINO	72.599,00	39	SALS.CLASSICA LUNGA	929,90
19	GOLOSETTO DOP	54.761,20	40	SALAME DA GRIGLIA	808,90
20	BELLAFETTA	47.619,30	41	SAL FINOCCHIONA	299,80
21	SALS. FRESCA ECON	47.424,80	42	SALS. NODI PICCANTE	100,80
TOTALE [kg]			3.614.553,70		

Tabella 1.5: Produzione 2011

Si raccoglie la produzione annua di impasto per categoria e da questa si ottiene la produzione settimanale.

$$P_{S_i} = \frac{Pa_i}{52} = [\text{kg/set}] , \quad i = 1, \dots, 6$$

Categoria Salumi	Produzione annuale (Pa)	Media settimanale (Ps)	a_i
Generici	1.739.767,90	33.457,08	48,13%
Freschi	750.991,50	14.442,14	20,78%
Tipici	443.764,00	8.533,92	12,28%
Spianate con lardo	379.680,30	5.381,54	10,50%
Con lardo	213.425,90	6.024,34	5,90%
Spianate	86.924,10	1.671,62	2,40%
TOTALE	3.614.553,70	69.510,65	100%

Tabella 1.6: Produzione media settimanale relativa ai singoli prodotti

¹¹Foglio produzione: programma settimanale degli impasti da lavorare e relative ricette; è consegnato ogni giovedì per la settimana successiva.

In Figura 1.7 si riporta il diagramma della produzione percentuale relativa alle categorie di insaccati, in ordine decrescente. Sarà utile per definire possibili priorità sulla movimentazione dei prodotti maggiormente richiesti.

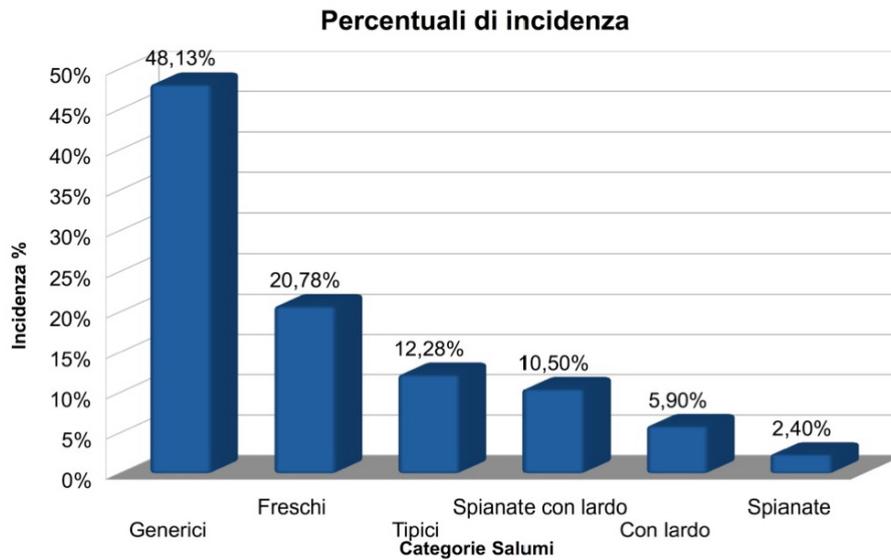


Figura 1.7: Produzione percentuale

Si procede alla determinazione del tempo di movimentazione parziale T_{mp} , riferito alle singole operazioni necessarie al processo produttivo di una settimana lavorativa e del tempo di movimentazione globale T_{mg} .

il T_{mp} è proporzionale al T_{mo} e quindi al tipo di materia trasportata. Ne consegue la necessità di individuare in che proporzione¹² questa è presente all'interno dell'impasto prodotto per categoria di salume.

				Percentuale materia (Δ)				
				Carne	Aromi	Lardello	Impasto	
Salume	Fresco			96%	4%	0%	100%	
	Stagionato	Tipico			96%	4%	0%	100%
		Spianato	Con lardello	Spianato senza lardello	96%	4%	0%	100%
				Spianato con lardello	76%	4%	20%	100%
		Con lardello	Con lardello non spianato	76%	4%	20%	100%	
			Generico Senza lardello non spianato	96%	4%	0%	100%	

Tabella 1.7: Percentuale di materia per categoria

Tempo di movimentazione parziale:

$$T_{mpM} = \frac{T_{moM}}{60} \cdot \sum_{i=1}^6 X_{iM} \cdot \Delta_{iM} \cdot P_{S_i} = [\min/\text{set}], \quad M = 1, 2, \dots, 20$$

¹²Percentuale materia (Δ): i valori esposti in Tabella 1.7

dove il componente del vettore di selezione X , assume valore unitario se l'operazione è prevista per l' i -esimo salume, in caso contrario assume valore nullo.

$$X_{iM} = \{0, 1\} \quad , \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, 6 \\ M = 1, 2, \dots, 20 \end{cases}$$

Tempo di movimentazione globale:

$$T_{mg} = \sum_{M=1}^{20} T_{mpM} = [\text{min/set}]$$

Laboratorio Attuale										
Linea	M	Tmo [s/kg]	Prodוז. media sett. Impasto						Tmp [1'/set]	Tmp %
			Aromi							
			Carne							
			Lardello							
			GENERICI	FRESCHI	TIPICI	SPIANATE CON LARD.	CON LARDEL.	SPIANATE		
[kg/set]										
			33.457	14.442	8.534	5.382	6.024	1.672		
			1338,3	577,7	341,4	215,3	241,0	66,9		
			32.119	13.864	8.193	4.090	4.579	1.605		
			0	0	0	1.076	1.205	0		
Carni e Insaccati	1	0,39	1	1	0	1	1	1	363,62	7,24%
	2	0,44	1	1	1	1	1	1	467,47	9,31%
	3	0,12	1	1	1	1	1	1	128,90	2,57%
	4	0,31	0	1	0	0	0	0	75,42	1,50%
	5	0,16	1	0	1	1	1	1	147,61	2,94%
	6	0,42	1	0	1	1	1	1	382,42	7,61%
	7	0,18	1	1	1	1	1	1	201,62	4,01%
	8	0,23	1	1	1	1	1	1	255,97	5,10%
Aromi	9	1,20	1	1	1	1	1	1	55,67	1,11%
	10	1,47	1	1	1	1	1	1	67,96	1,35%
Lardello	11	0,59	0	0	0	1	1	0	22,24	0,44%
	12	0,19	0	0	0	1	1	0	7,22	0,14%
	13	0,47	0	0	0	1	1	0	18,01	0,36%
	14	0,67	0	0	0	1	1	0	25,28	0,50%
Vuoti	15	0,93	1	1	1	1	1	1	1.081,28	21,52%
	16	0,32	1	1	1	1	1	1	364,93	7,26%
	17	1,06	1	1	1	1	1	1	1.140,25	22,70%
	18	0,04	0	1	0	0	0	0	9,64	0,19%
	19	1,08	0	0	0	1	0	1	127,37	2,54%
	20	0,10	1	0	1	0	1	0	80,93	1,61%
Tmg								[1'/set]	5023,82	
								[h/set]	83,73	100%

Tabella 1.8: Tempo di movimentazione parziale e globale

Si riporta inoltre il diagramma sulla quantità di tempo relativo alle operazioni di movimentazione svolte per ogni categoria presa in esame. Da tale diagramma deduciamo l'importanza di agire sulle operazioni di spostamento dei vuoti, in particolare sulle movimentazioni 17 e 15 in quanto costituiscono il 44% del tempo totale.

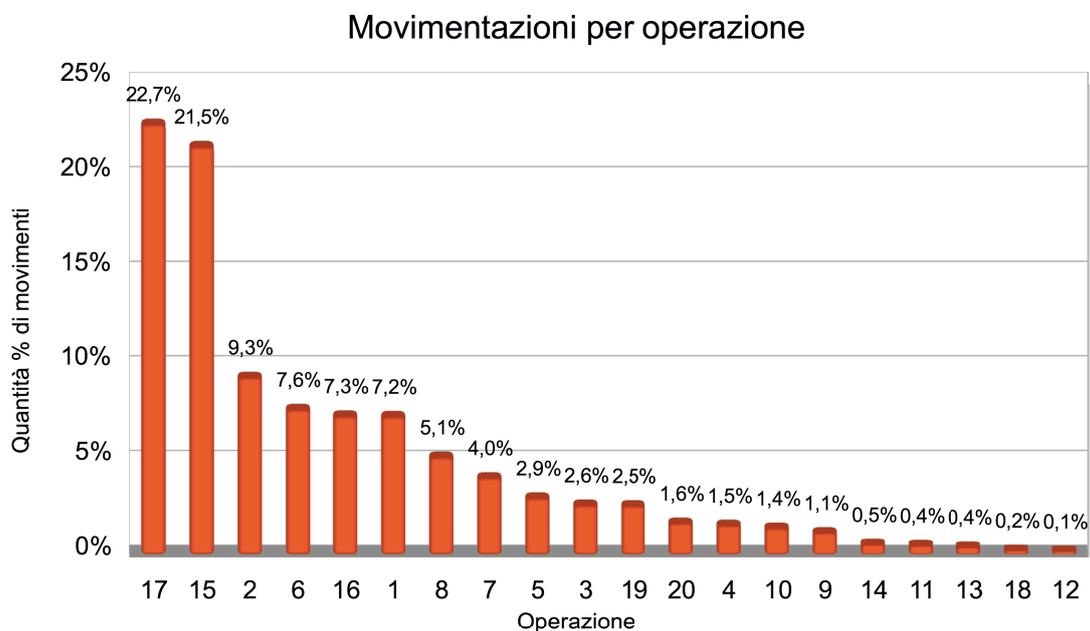


Figura 1.8: Movimentazioni percentuali

1.4 Congestione dei punti critici

I tempi calcolati nella Sezione 1.3 sono valori teorici, ovvero non prendono in considerazione i tempi morti causati dagli incroci di traiettorie nella circolazione delle appendici mobili. A questo proposito è utile valutare la frequenza Fr settimanale delle singole movimentazioni.

$$Fr_M = \frac{1}{IS_M \cdot um_M} \sum_{i=1}^6 X_{iM} \cdot \Delta_{iM} \cdot P_{S_i} = [\text{mov/set}], \quad M = 1, 2, \dots, 20$$

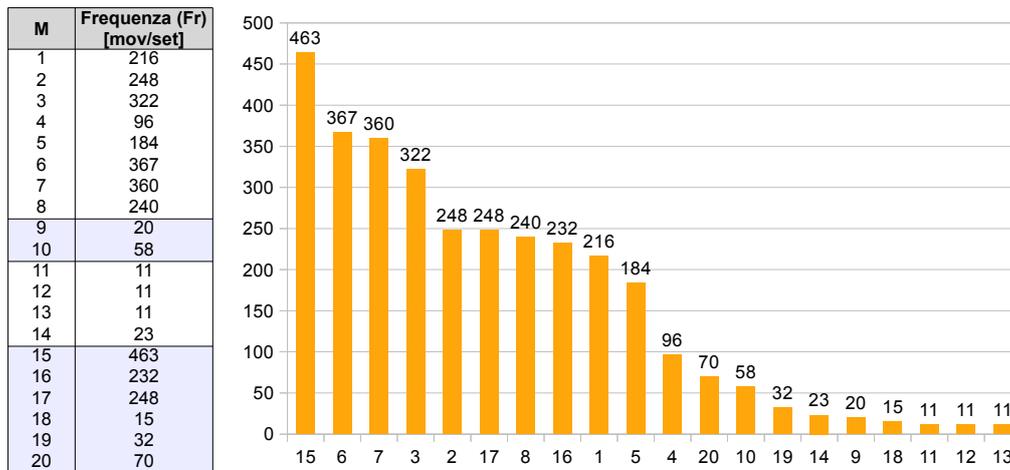


Tabella 1.9: Frequenza dei movimenti

Si prendono in analisi i corridoi ritenuti critici, ovvero le corsie attraversate da un gran numero di movimentazioni o particolarmente strette e rischiose per la sicurezza degli operatori.

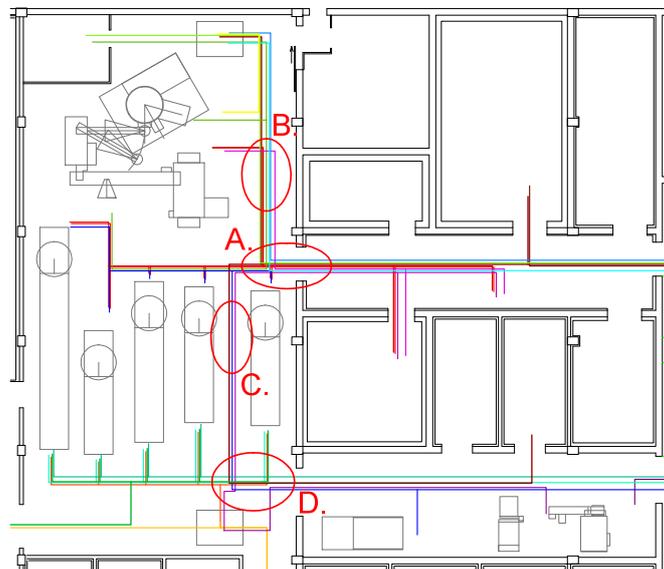


Figura 1.9: Corridoi critici

Si individuano 4 corridoi di particolare interesse:

- A. corridoio di ingresso nel laboratorio dall'anti-cella, attraversato da molti movimenti e punto di snodo di questi;
- B. corridoio antistante la linea di impasto, frequentato da operatori e attraversato da diversi movimenti;
- C. corridoio tra le macchine insaccatrici, molto stretto e frequentato dagli operatori di queste;
- D. corridoio tra pesa e uscita della linea di impasto, sede di molti movimenti ma ampio.

I movimenti che percorrono un corridoio possono ostacolarsi a vicenda, ma questo può avvenire solo se procedono in senso opposto, o se incrociano le traiettorie. Ogni intersezione comporta l'introduzione di un tempo morto che si andrà a sommare al tempo di movimentazione globale.

La frequenza massima con cui due percorsi (i, j) si possono incontrare è data da $\min(Fr_i, Fr_j)$, si può quindi ottenere una relazione generale che rappresenti la frequenza parziale Frp con cui il movimento i incrocia gli altri spostamenti che percorrono lo stesso corridoio:

$$Frp_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} \cdot \min(Fr_i, Fr_j) = [\text{incr/set}] ; \quad j = 1, \dots, n$$

da cui si ottiene la frequenza totale Fr_t :

$$Fr_t = \sum_i \frac{Frp_i}{2} = [\text{incr/set}]$$

in Tabella 1.10 si riporta il foglio di calcolo della Fr_t del corridoio A, a scopo esemplificativo.

Corridoio A														
i	j	M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Frp
			2	4	5	6	9	10	13	14	15	16	17	
1	2	248	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	349
2	4	96	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	427
3	5	184	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	702
4	6	367	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	539
5	9	20	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	91
6	10	58	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	112
7	13	11	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	77
8	14	23	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	92
9	15	463	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	259
10	16	232	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	512
11	17	248	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	782
Fr_t														1971

Tabella 1.10: Frequenza di incrocio totale corridoio A

Come detto, ogni intersezione comporta un tempo morto, questo sarà inversamente proporzionale all'ampiezza del corridoio in cui avviene l'incrocio di traiettorie (più spazio per movimentare implica minore intralcio tra le traiettorie quindi meno tempo perso). Posti l'ampiezza del corridoio x e i secondi persi y , si calcolano i tempi di incrocio unitari Tiu per ogni corridoio in esame partendo dalla proporzione:

$$x \cdot y = 150 \cdot 6$$

Si procede al calcolo dei tempi di incrocio parziali Tip e del tempo di incrocio globale Tig , entrambi riferiti alla settimana lavorativa. I valori ottenuti prevedono il verificarsi di tutti gli incroci di traiettoria possibili e rappresenta quindi il risultato più drammatico ottenibile. Non c'è modo di relazionare con precisione i valori ottenuti in simulazione coi tempi effettivamente persi nelle intersezioni. Si è quindi effettuata una stima approssimativa, ipotizzando che avvenga solo il 20% degli incroci possibili.

Tempo di incrocio parziale:

$$Tip = \frac{Frt \cdot Tiu}{3600} = [\text{h/set}]$$

Tempo di incrocio globale:

$$Tig = \sum Tip = [\text{h/set}]$$

Laboratorio Attuale					
Corridoio	Ampiezza (x) [cm]	Tiu (y) [s]	Frt [incr/set]	Tip [h/set]	Tip (20%) [h/set]
A	150	6	1971	3,29	0,66
B	150	6	1492	2,49	0,50
C	100	9	43	0,11	0,02
D	225	4	660	0,73	0,15
Frequenza max degli icroci			4166		
Tig [h/set]				6,61	1,32

Tabella 1.11: Tempi morti unitari, parziali e globali

Il tempo dissipato per gli incroci di traiettoria è indicativo della congestione a cui sono sottoposti i corridoi critici in esame; ci si aspetta che la nuova configurazione del laboratorio di produzione riduca tale valore o non lo incrementi notevolmente.

1.5 Vincoli di progettazione

La progettazione del nuovo lay-out è soggetta a vincoli strutturali e logistici che occorre puntualizzare:

1. Il porticato che attraversa l'attuale magazzino ha un'altezza utile di 2.30 m, non è quindi possibile collocare alcuna apparecchiatura al di sotto di questo, sia per questioni di ingombro delle stesse, che per problematiche legate al loro lavaggio e alla pulizia del locale.
2. I macchinari che costituiscono la linea di impasto e le insaccatrici non sono sostituibili, le loro dimensioni sono vincolanti nella scelta della organizzazione delle aree di lavoro.
3. La posizione delle celle carne non è modificabile, sia per questioni di impiantistica che di logistica del ricevimento carni.
4. La cella 17 (posizione 31 in planimetria) è già provvista di un impianto frigorifero dedicato allo stoccaggio di carni per alcuni prodotti particolari. Non è conveniente variarne la posizione se i vantaggi non sono sufficienti a ripagare tale investimento.
5. Per la pesa delle carni, a monte della linea di impasto, si dovrà utilizzare la bilancia a terra già presente nel magazzino, riducendo i costi di investimento.
6. È prevista una futura riorganizzazione del locale di ricevimento carni che permetterà di trasferire le sale aromi dei laboratori artigianale e industriale in un'unica area centralizzata. Non è economicamente vantaggioso investire nello spostamento della sala aromi in una collocazione provvisoria, ed in questo elaborato si mantiene l'ubicazione attuale.
7. Si dovrà garantire una corsia dedicata all'approvvigionamento delle celle carne.

1.6 Ricerca di soluzioni alternative

I dati rivelati nelle Sezioni 1.3 e 1.4, suggeriscono di intervenire prontamente sulle movimentazioni dei vuoti. Le soluzioni che si andranno a studiare dovranno garantire: risparmio di tempo dedicato alle movimentazioni, vantaggi in termini di decongestione dei corridoi in cui queste hanno luogo, miglioramento delle condizioni di lavoro degli operatori e della loro sicurezza.

Capitolo 2

Lay-out riorganizzato - Soluzione A

2.1 Mappa dei flussi fisici

Riportiamo lo schema dei corridoi in Figura 2.1, dal quale si osserva la variazione di alcuni percorsi, dovuta principalmente alla nuova disposizione dei macchinari.

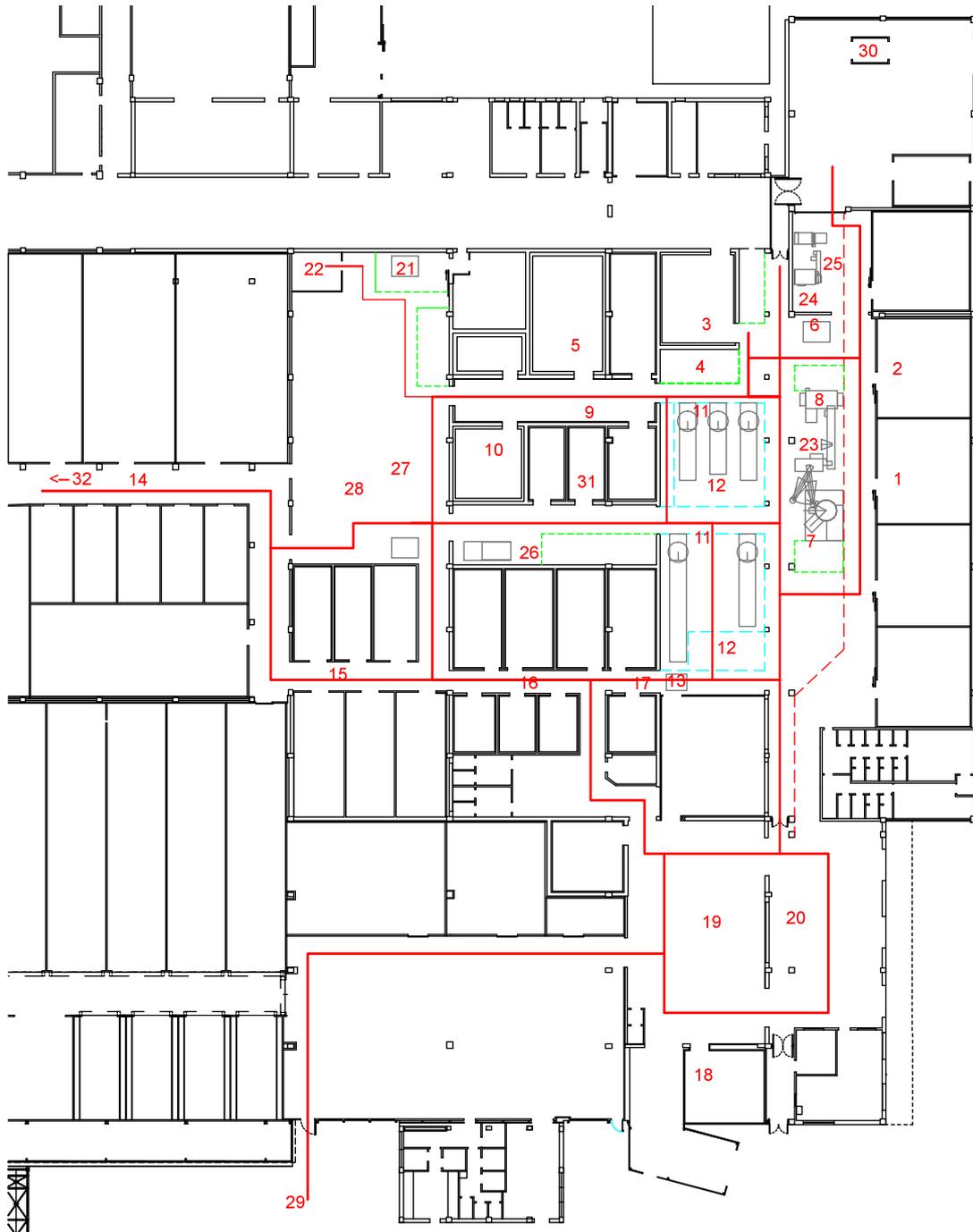


Figura 2.1: Schema dei corridoi

In appendice [B a pagina 81](#) è disponibile la rappresentazione grafica dei principali flussi di questa soluzione, analizzati in forma di mappatura.

- Movimento 1: celle carne \rightarrow celle rinvenimento

Flussi: $(1, 2) \rightarrow 5$

- Movimento 2: celle rinvenimento \rightarrow pesa

Flussi: $(5, 31) \rightarrow 6$

- Movimento 3: pesa \rightarrow stoccaggio linea di impasto

Flusso: $6 \rightarrow 7$

- Movimento 4: cutter \rightarrow insaccatrici

Flusso: $7 \rightarrow 11$

- Movimento 5: impastatrice \rightarrow anti-cella

Flussi: $8 \rightarrow (3, 9)$

- Movimento 6: anti-cella \rightarrow insaccatrici

Flussi: $(3, 9) \rightarrow 11$

Per raggiungere le due insaccatrici più a valle, i vagonetti percorrono un corridoio dedicato.

- Movimento 7: insaccatrici \rightarrow pesa

Flusso: $12 \rightarrow 13$

I carretti provenienti dalle tre insaccatrici a monte attraversano l'area di insacco a valle tramite un corridoio dedicato.

- Movimento 8/8b: pesa \rightarrow asciugatura / pesa \rightarrow mantenimento e carico

Flussi: $13 \rightarrow (14, 15, 16, 17) / 13 \rightarrow (18, 19, 20)$

- Movimento 9: magazzino \rightarrow sala aromi

Flusso: $21 \rightarrow 22$

- Movimento 10: sala aromi \rightarrow linea di impasto (cutter e dosatore)

Flussi: $22 \rightarrow (7, 23)$

- Movimento 11: celle carne \rightarrow taglia-lardelli

Flusso: $2 \rightarrow 24$

- Movimento 12: taglia-lardelli \rightarrow pesa

Flusso: $25 \rightarrow 6$

- Movimento 13: pesa \rightarrow cutter \rightarrow anti-cella

Flussi: $6 \rightarrow 7 \rightarrow (5, 9)$

- Movimento 14: anti-cella → impastatrice
Flussi: $(9, 5) \rightarrow 8$
- Movimento 15: insaccatrici → lava-vagonetti → magazzino; insaccatrici → area di stoccaggio vagonetti
Flussi: $11 \rightarrow 26 \rightarrow 27$; $11 \rightarrow 4$
- Movimento 16: magazzino → pesa, area di stoccaggio vagonetti → pesa
Flussi: $27 \rightarrow 6$; $4 \rightarrow 6$
- Movimento 17: pesa → ricevimento carni; pesa → piazzale
Flussi: $6 \rightarrow 20$; $6 \rightarrow 29$
- Movimento 18: magazzino → insaccatrici
Flusso: $28 \rightarrow 12$
- Movimento 19: lava-carrettoni → insaccatrici
Flusso: $30 \rightarrow 12$
- Movimento 20: piazzale → magazzino → insaccatrici; piazzale → insaccatrici
Flussi: $32 \rightarrow 28 \rightarrow 12$; $32 \rightarrow 12$

- Movimentazioni complessive

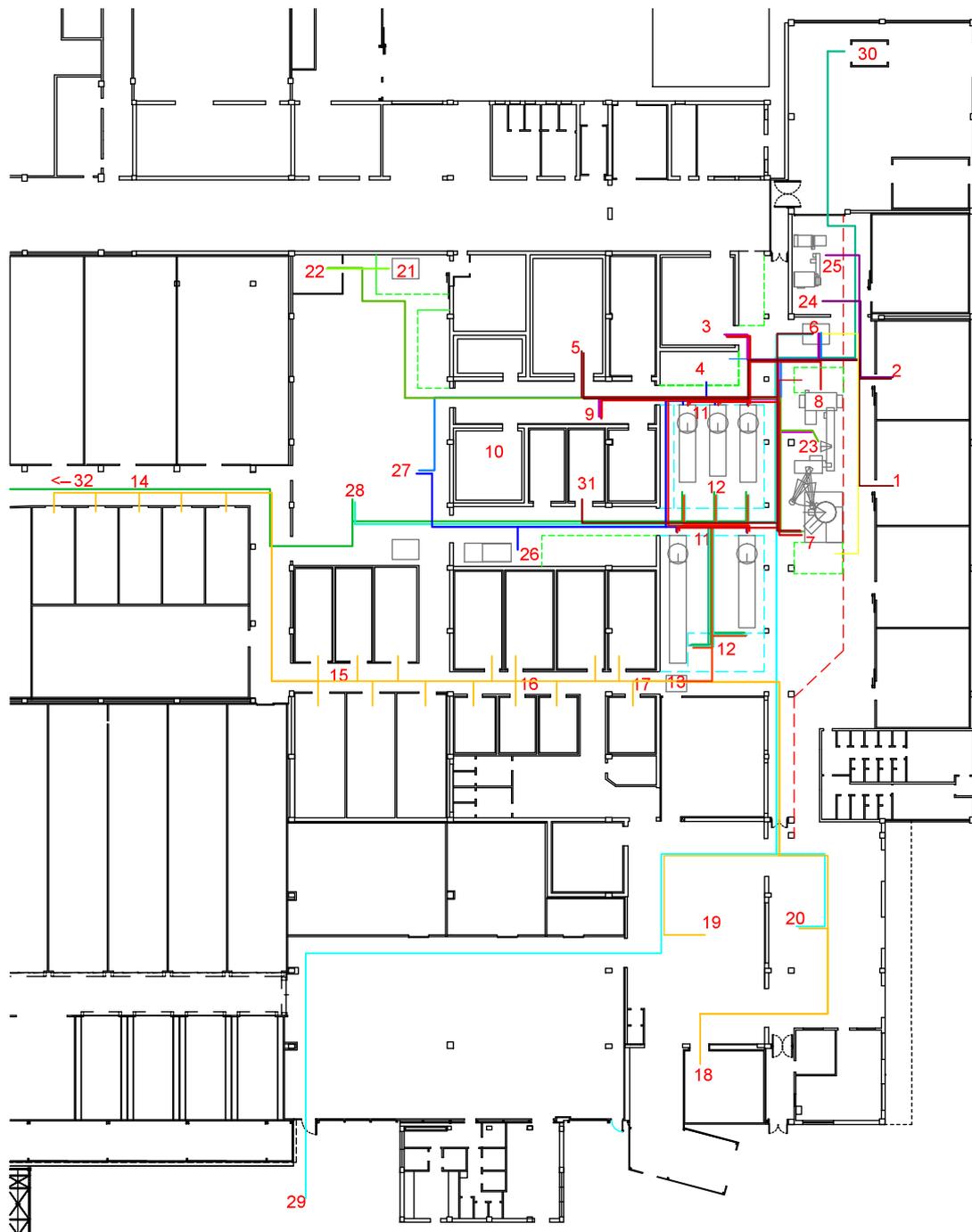


Figura 2.2: Movimentazioni complessive

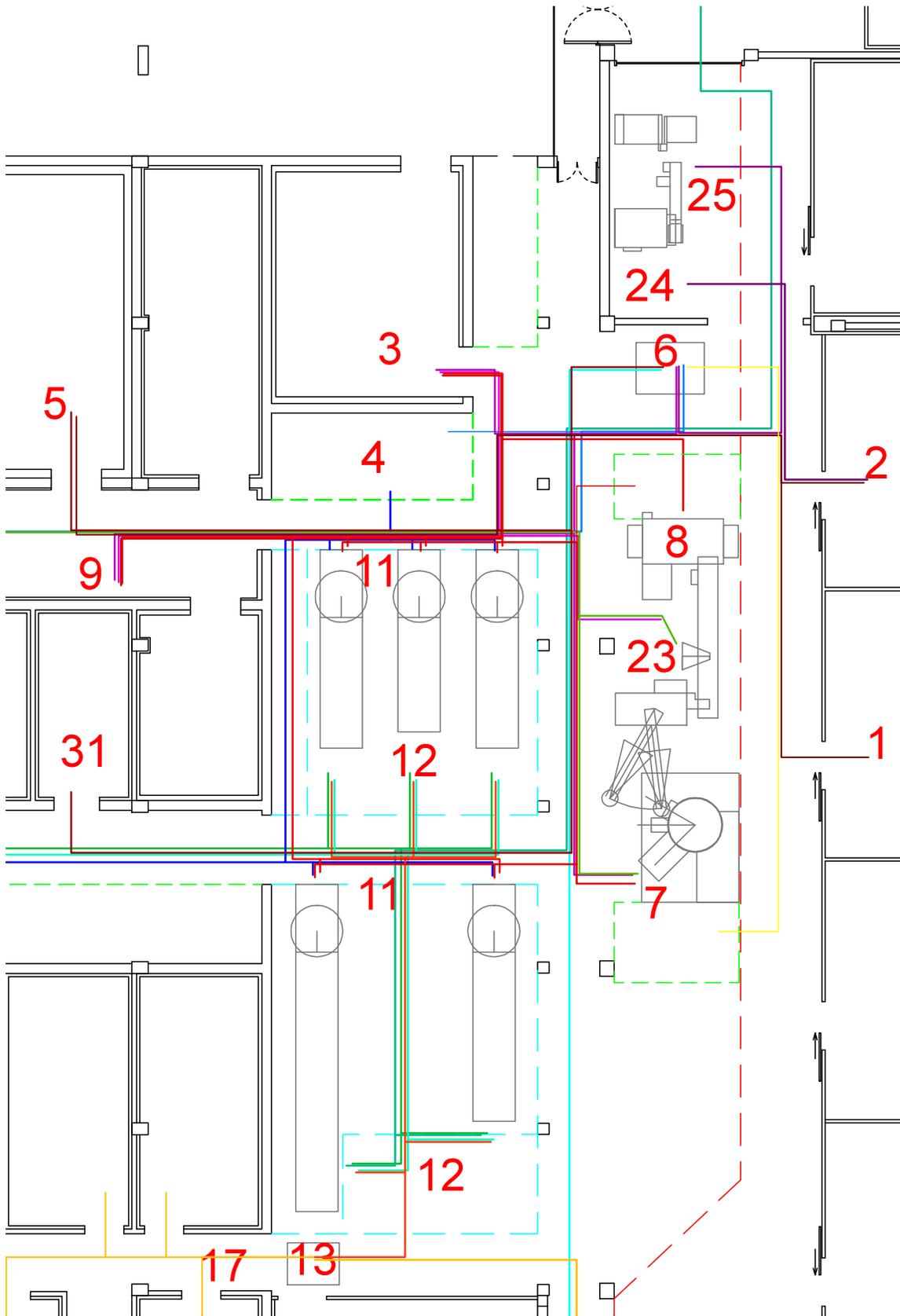


Figura 2.3: Particolare Movimentazioni

2.2 Descrizione delle modifiche

- Si adibisce la cella 2 (posizione 5 in planimetria) al rinvenimento delle carni e la si dispone di un'unità di trattamento aria dedicata. La metratura della cella è sufficiente alla mole di lavoro giornaliera. Questa soluzione permette di utilizzare celle già esistenti e riduce la percorrenza del movimento 2 ma, si rivela svantaggiosa in termini di congestione dei corridoi (vedi Sezione 2.4).
- Viene eliminato lo spazio “polmone” per lo stoccaggio delle giostre ed arelle in prossimità della pesa, questo per evitare di rendere caotica l'area di lavoro. Le carni vengono portate in pesa a necessità.
- Si adibisce la cella 6 (posizione 3 in planimetria) allo stoccaggio dei vagonetti colmi, essendo di ampia metratura e vicina alle linee di insacco; eventuali vagonetti in esubero sono stoccati in anti-cella (posizione 9 in planimetria).
- Le insaccatrici sono disposte in parallelo su due aree di insacco definite, questo permette di ampliare gli spazi di lavoro degli operatori e mantenere liberi i corridoi di movimentazione dei materiali. Le due insaccatrici più ingombranti, ed usualmente adibite alla produzione dei salumi di grosso calibro, sono posizionate vicino alla pesa di fine insacco. Questo facilita la movimentazione di carretti e carrettoni carichi e ne riduce la percorrenza.
- Si dispone l'installazione di una bilancia a terra a valle delle insaccatrici e l'abbattimento del muro limitrofo, in maniera da ottenere un varco diretto alle celle di asciugatura.
- La macchina taglia-lardelli e l'impastatrice per test sono spostate innanzi alla cella -20°C, avvicinandole alla pesa e alla cella di conservazione del grasso. Così facendo si riducono le percorrenze si libera spazio per la possibile futura collocazione della nuova macchina lava-carrettoni e per la centralizzazione dell'area di lavaggio delle appendici mobili.
- Si utilizza l'area 4 (in planimetria) per lo stoccaggio dei vagonetti vuoti, di cui non è necessario il lavaggio, riducendo sensibilmente la distanza percorsa da questi ed agevolando il lavoro degli addetti alla pesa della carne e alla movimentazione dei contenitori. Nel magazzino vengono depositati i vagonetti lavati e da questi si può attingere a necessità.
- Essendo impossibile collocare macchinari al di sotto del porticato, lo si utilizza come corridoio per la movimentazione dei materiali. Questo contribuisce a impedire la condivisione delle aree di lavoro frequentate dagli operatori con le corsie di percorrenza delle appendici mobili, a vantaggio di sicurezza.

- La linea di impasto è sviluppata in lunghezza ed orientata con il cutter opposto alla pesa della carne. Basandosi sull'ipotesi di non sostituire nessuna delle apparecchiature che compone la linea, questa è l'unica configurazione possibile (dati gli ingombri dei macchinari) per garantire una corsia dedicata all'approvvigionamento delle celle carne sufficientemente ampia. Seppur obbligata, la soluzione presenta dei vantaggi, quali evitare che operatori e movimentazioni condividano il corridoio tra pesa e linea di impasto (evitando l'attraversamento di vagonetti di carne) e ridurre la percorrenza dei vagonetti di impasto diretti allo stoccaggio in anti-cella e degli aromi diretti alla linea di impasto.

2.3 Tempi di movimentazione

In Tabella 2.1 si esaminano le percorrenze medie con questa nuova disposizione dei macchinari.

Mov	Punti di collegamento							Distanza media (d) [m]
	Distanza [m]							
	Percentuale di influenza							
1	1 → 5 41	2 → 5 31,5						36,25
2	5 → 6 27 87,72%	31 → 6 35,5 12,28%						28,04
3	6 → 7 22							22,00
4	7 → 11 13,5							13,50
5	8 → 9 18,5	8 → 3 9,5						14,00
6	9 → 11 14,8	3 → 11 15,5						15,15
7	12 → 13 13,5							13,50
8/8b	13 → 14 58,5	13 → 15 31,5	13 → 16 15	13 → 17 6,5 79,22%	13 → 18 52	13 → 19 37	13 → 20 32,5 20,78%	30,50
9	21 → 22 5							5,00
10	22 → 7 58 20,78%	22 → 23 51 79,22%						52,45
11	2 → 24 11,5							11,50
12	25 → 6 12							12,00
13	6 → 7 → 9 48,5	6 → 7 → 3 42						45,25
14	9 → 8 20	3 → 8 14						17,00
15	11 → 4 9,5	11 → 26 → 27 37,7						23,60
16	4 → 6 9,5	27 → 6 42						25,75
17	6 → 20 50	6 → 29 108,5						79,25
18	28 → 12 35,5							35,50
19	30 → 12 63,5							63,50
20	32 → 12 100,5	32 → 28 → 12 104,5						102,50

Tabella 2.1: Distanze medie

Si riportano anche le tabelle di calcolo dei tempi unitari di movimentazione per operazione (Tabella 2.2) ed di calcolo di tempo di movimentazione parziale e globale riferito alla settimana lavorativa (Tabella 2.3).

M	d [m]	um [1/mov]	TF [s]	IS [kg/mov]	Tmo [s/kg]	Confronto con Lab. Attuale	
						Tmo	Differenziale
1	36,25	1	25	260	0,47	0,39	17,69%
2	28,04	1	20	260	0,37	0,44	-17,76%
3	22,00	2	10	100	0,21	0,12	42,86%
4	13,50	1	10	150	0,31	0,31	0,00%
5	14,00	2	15	150	0,15	0,16	-9,66%
6	15,15	1	15	150	0,40	0,42	-3,65%
7	13,50	1	10	193	0,24	0,18	25,53%
8	30,50	1,5	12	193	0,22	0,23	-3,07%
9	5,00	1	25	139	0,43	1,20	-178,33%
10	52,45	1	20	48	3,02	1,47	51,42%
11	11,50	1	15	200	0,27	0,59	-120,75%
12	12,00	2	10	100	0,16	0,19	-18,75%
13	45,25	2	25	100	0,48	0,47	0,52%
14	17,00	1	15	100	0,64	0,67	-3,91%
15	23,60	1	15	150	0,51	0,93	-81,35%
16	25,75	2	15	150	0,19	0,32	-69,51%
17	79,25	1	14	260	0,72	1,06	-47,99%
18	35,50	4	12	245	0,04	0,04	5,99%
19	63,50	1	12	220	0,69	1,08	-57,62%
20	102,50	4	12	172	0,11	0,10	7,64%

Tabella 2.2: Tempo unitario di movimentazione per operazione

Layout Riorganizzato – Soluzione A										Confronto con Lab. Attuale			
Linea	M	Tmo [s/kg]	Prod. media sett. Impasto [kg/set]						Tmo [1'/set]	Tmo Lab. Attuale	Diff. Tmo	Diff. %	
			Aromi	Carne	Lardello	GENERICI	FRESCHI	TIPICI					SPIANATE CON LARDELL
			33.457	14.442	8.534	5.382	6.024	1.672					
			1.338	578	341	215	241	67					
			32.119	13.864	8.193	4.090	4.579	1.605					
			0	0	0	1.076	1.205	0					
Carni e Insaccati	1	0,47	1	1	0	1	1	1	441,76	363,62	78,13	17,7%	
	2	0,37	1	1	1	1	1	1	396,97	467,47	-70,50	-17,8%	
	3	0,21	1	1	1	1	1	1	225,57	128,90	96,67	42,9%	
	4	0,31	0	1	0	0	0	0	75,42	75,42	0,00	0,0%	
	5	0,15	1	1	1	1	1	1	167,98	147,61	20,37	12,1%	
	6	0,40	1	0	1	1	1	1	368,96	382,42	-13,46	-3,6%	
	7	0,24	1	1	1	1	1	1	281,85	201,62	80,23	28,5%	
	8	0,22	1	1	1	1	1	1	258,51	255,97	2,54	1,0%	
Aromi	9	0,43	1	1	1	1	1	1	20,00	55,67	-35,67	-178,3%	
	10	3,02	1	1	1	1	1	1	139,90	67,96	71,94	51,4%	
Lardello	11	0,27	0	0	0	1	1	0	10,08	22,24	-12,17	-120,8%	
	12	0,16	0	0	0	1	1	0	6,08	7,22	-1,14	-18,8%	
	13	0,48	0	0	0	1	1	0	18,11	18,01	0,10	0,5%	
	14	0,64	0	0	0	1	1	0	24,33	25,28	-0,95	-3,9%	
Vuoti	15	0,51	1	1	1	1	1	1	596,25	1081,28	-485,03	-81,3%	
	16	0,19	1	1	1	1	1	1	215,29	364,93	-149,64	-69,5%	
	17	0,72	1	1	1	1	1	1	770,50	1140,25	-369,76	-48,0%	
	18	0,04	0	1	0	0	0	0	10,25	9,64	0,61	6,0%	
	19	0,69	0	0	0	1	0	1	80,81	127,37	-46,56	-57,6%	
	20	0,11	1	0	1	0	1	0	87,63	80,93	6,70	7,6%	
Tmg									[1'/set]	4196,24	5023,82	-827,57	
									[h/set]	69,94	83,73	-13,79	-16,5%

Tabella 2.3: Tempo di movimentazione parziale e globale

Da Tabella 2.3 si evince una sensibile riduzione del tempo di movimentazione globale, attribuibile soprattutto alle modifiche sui movimenti dei vuoti e delle carni.

In generale la nuova collocazione del laboratorio di produzione permette la riduzione delle percorrenze delle appendici mobili vuote (fatta eccezione del movimento 20), essendo più vicina alle aree di stoccaggio di queste.

Per valutare graficamente i risultati ottenuti, si riportano in Figura 2.4: il diagramma di influenza percentuale dei Tmp del laboratorio attuale, ed il diagramma del tempo differenziale con la soluzione studiata.

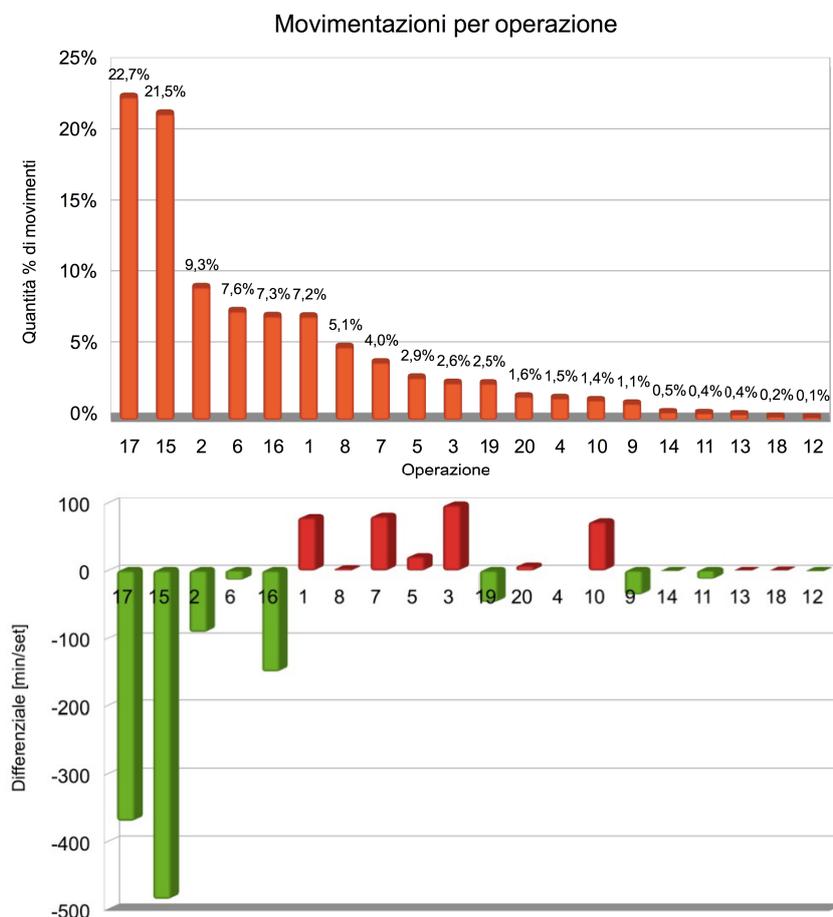


Figura 2.4: Obiettivi e risultati

Si nota immediatamente che gli obiettivi prefissati, di ridurre i tempi attribuiti alle operazioni 15 e 17, sono ampiamente raggiunti. Inoltre si nota che le 5 operazioni di maggiore influenza beneficiano della nuova organizzazione del layout.

In Tabella 2.4 si riporta il calcolo della riduzione annuale di ore di lavoro rispetto alla condizione attuale.

Descrizione	Quantità	U.M.
Tempo differenziale	828	[min/set]
Settimane lav. Annuali	52	[set/anno]
Ore annuali	717	[ore/anno]

Tabella 2.4: Riduzione annuale delle ore lavorative

2.4 Congestione dei punti critici

Variando la collocazione del laboratorio si devono indicare nuovamente i corridoi critici da prendere in analisi.

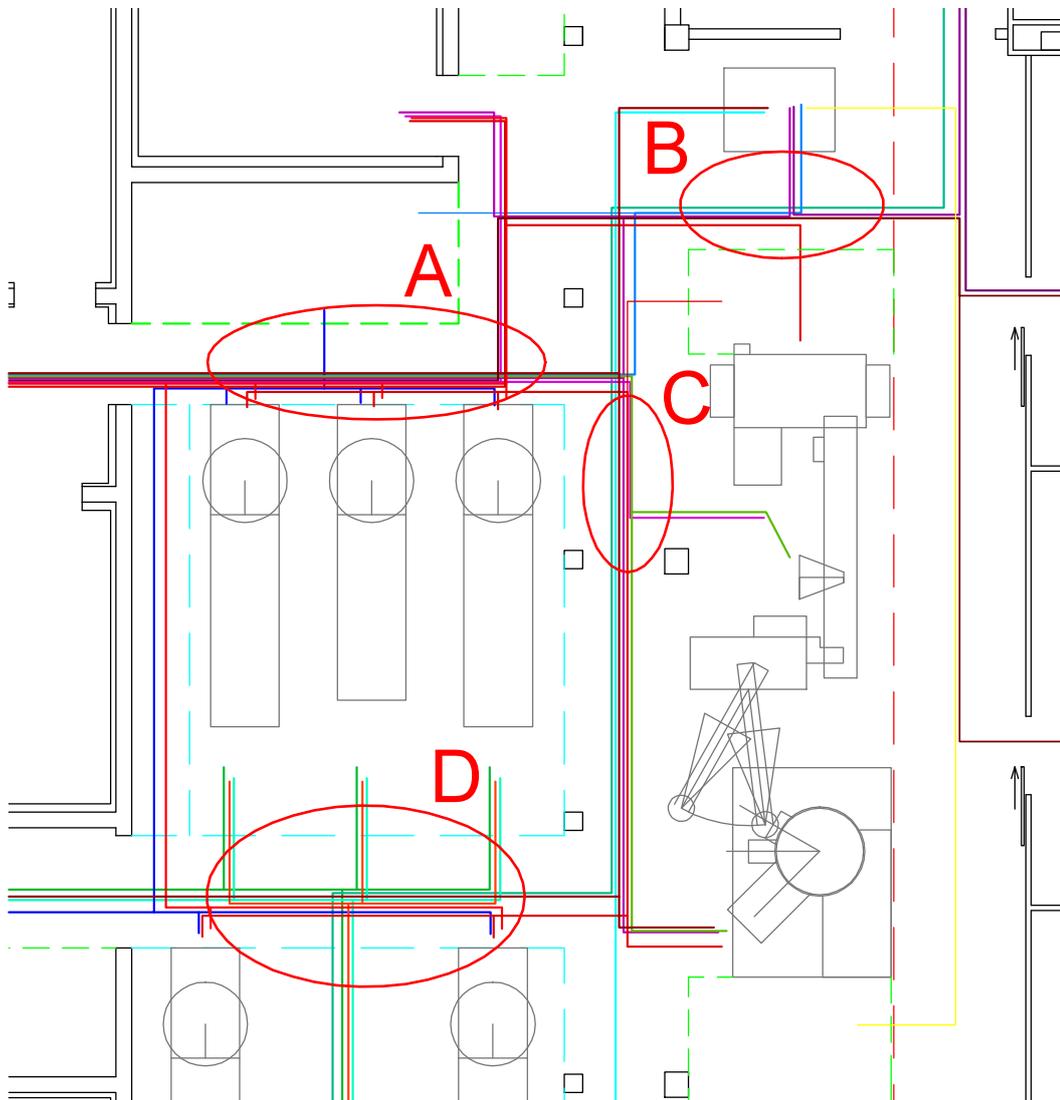


Figura 2.5: Corridoi Critici

Si individuano i 4 corridoi di maggiore interesse:

- A. corridoio a monte delle linee di insacco, è attraversato da 10 movimenti e non è molto ampio;
- B. corridoio tra impastatrice e bilancia a terra, gli operatori lavorano nelle vicinanze ed è attraversato da 5 movimenti;
- C. corridoio sotto il colonnato, è di l'ampiezza limitata ed è frequentato da 7 diversi movimenti;
- D. corridoio tra le due linee di insacco, è ampio, ma molto frequentato (8 movimenti).

Eseguendo la simulazione di incroci di traiettoria si giunge ai risultati esposti in Tabella 2.5.

Laboratorio Futuro Sol.A						Confronto con Lab. Attuale		
Corridoio	Ampiezza (x) [cm]	Tiu (y) [s]	Frt [incr/set]	Tip [h/set]	Tip (20%) [h/set]	Tip (20%) [h/set]	Differenziale	
A	150	6	2906	4,84	0,97	0,66	0,31	
B	180	5	270	0,38	0,08	0,50	-0,42	
C	150	6	589	0,98	0,20	0,02	0,17	
D	225	4	1406	1,56	0,31	0,15	0,17	
Frequenza max degli icroci			5171					
				Tig [h/set]	7,76	1,55	1,32	0,23

Tabella 2.5: Tempi morti di incrocio

Si ricorda che il *tip* ed il *tig* sono indicativi della congestione a cui possono essere sottoposti i corridoi in esame, tuttavia non c'è modo di relazionare con precisione i valori ottenuti ai tempi effettivamente persi negli incroci. Si effettuata una stima approssimativa, ipotizzando che avvenga solo il 20% degli incroci possibili.

Si nota che questa ipotesi di riorganizzazione del laboratorio fornisce un valore peggiorativo per quanto riguarda la congestione dei corridoi critici. Questo risultato suggerisce di studiare una seconda soluzione che renda i corridoi meno frequentati.

In Tabella 2.6 si riporta il calcolo delle ore lavorative annuali risparmiate rispetto alla condizione di congestione attuale.

Descrizione	Quantità	U.M.
Tempo differenziale	-0,23	[ore/set]
Settimane lav. Annuali	52	[set/anno]
Ore annuali	-12	[ore/anno]

Tabella 2.6: Riduzione annuale delle ore lavorative

Capitolo 3

Lay-out riorganizzato - Soluzione B

3.1 Mappa dei flussi fisici

Riportiamo lo schema dei corridoi in Figura 3.1, dal quale si osserva la variazione di alcuni percorsi, dovuta principalmente alla nuova disposizione dei macchinari.



Figura 3.1: Schema dei corridoi

In appendice [C a pagina 95](#) è disponibile la rappresentazione grafica dei principali flussi di questa soluzione, analizzati in forma di mappatura.

- Movimento 1: celle carne \rightarrow celle rinvenimento

Flussi: $(1, 2) \rightarrow 3$

- Movimento 2: celle rinvenimento \rightarrow pesa

Flussi: $(3, 31) \rightarrow 6$

- Movimento 3: pesa \rightarrow stoccaggio linea di impasto

Flusso: $6 \rightarrow 7$

- Movimento 4: cutter \rightarrow insaccatrici

Flusso: $7 \rightarrow 11$

- Movimento 5: impastatrice \rightarrow anti-cella

Flussi: $8 \rightarrow (5, 9)$

- Movimento 6: anti-cella \rightarrow insaccatrici

Flussi: $(5, 9) \rightarrow 11$

Per raggiungere le due insaccatrici più a valle, i vagonetti percorrono un corridoio dedicato.

- Movimento 7: insaccatrici \rightarrow pesa

Flusso: $12 \rightarrow 13$

I carretti provenienti dalle tre insaccatrici a monte attraversano l'area di insacco a valle tramite un corridoio dedicato.

- Movimento 8/8b: pesa \rightarrow asciugatura / pesa \rightarrow mantenimento e carico

Flussi: $13 \rightarrow (14, 15, 16, 17) / 13 \rightarrow (18, 19, 20)$

- Movimento 9: magazzino \rightarrow sala aromi

Flusso: $21 \rightarrow 22$

- Movimento 10: sala aromi \rightarrow linea di impasto (cutter e dosatore)

Flussi: $22 \rightarrow (7, 23)$

- Movimento 11: celle carne \rightarrow taglia-lardelli

Flusso: $2 \rightarrow 24$

- Movimento 12: taglia-lardelli \rightarrow pesa

Flusso: $25 \rightarrow 6$

- Movimento 13: pesa \rightarrow cutter \rightarrow anti-cella

Flussi: $6 \rightarrow 7 \rightarrow (5, 9)$

- Movimento 14: anti-cella \rightarrow impastatrice
Flussi: $(9, 5) \rightarrow 8$
- Movimento 15: insaccatrici \rightarrow lava-vagonetti \rightarrow magazzino; insaccatrici \rightarrow area di stoccaggio vagonetti
Flussi: $11 \rightarrow 26 \rightarrow 27$; $11 \rightarrow 4$
- Movimento 16: magazzino \rightarrow pesa; area di stoccaggio vagonetti \rightarrow pesa
Flussi: $27 \rightarrow 6$; $4 \rightarrow 6$
- Movimento 17: pesa \rightarrow ricevimento carni; pesa \rightarrow piazzale
Flussi: $6 \rightarrow 20$; $6 \rightarrow 29$
- Movimento 18: magazzino \rightarrow insaccatrici
Flusso: $28 \rightarrow 12$
- Movimento 19: lava-carrettoni \rightarrow insaccatrici
Flusso: $30 \rightarrow 12$
- Movimento 20: piazzale \rightarrow magazzino \rightarrow insaccatrici; piazzale \rightarrow insaccatrici
Flussi: $32 \rightarrow 28 \rightarrow 12$; $32 \rightarrow 12$

- Movimentazioni complessive

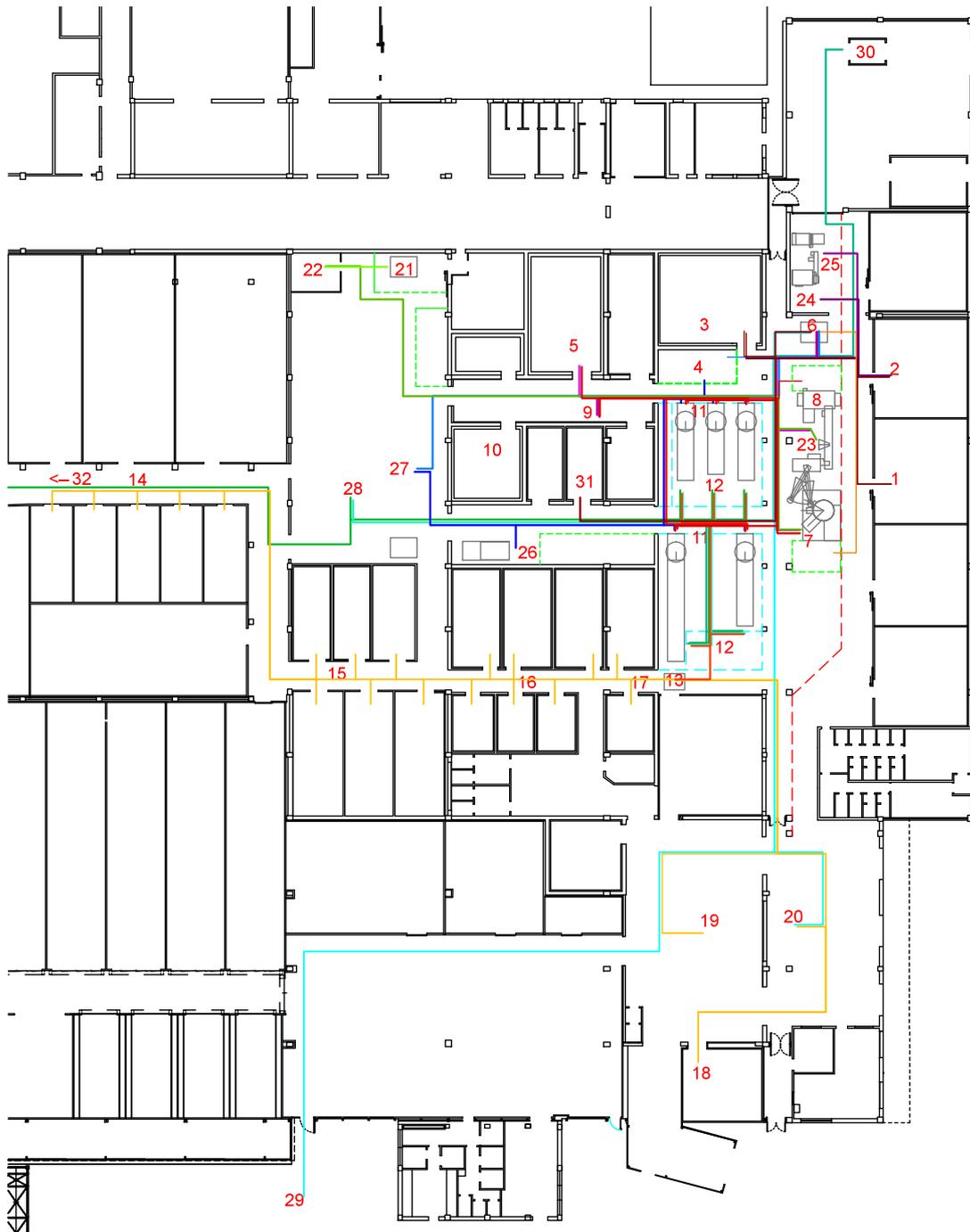


Figura 3.2: Movimentazioni complessive

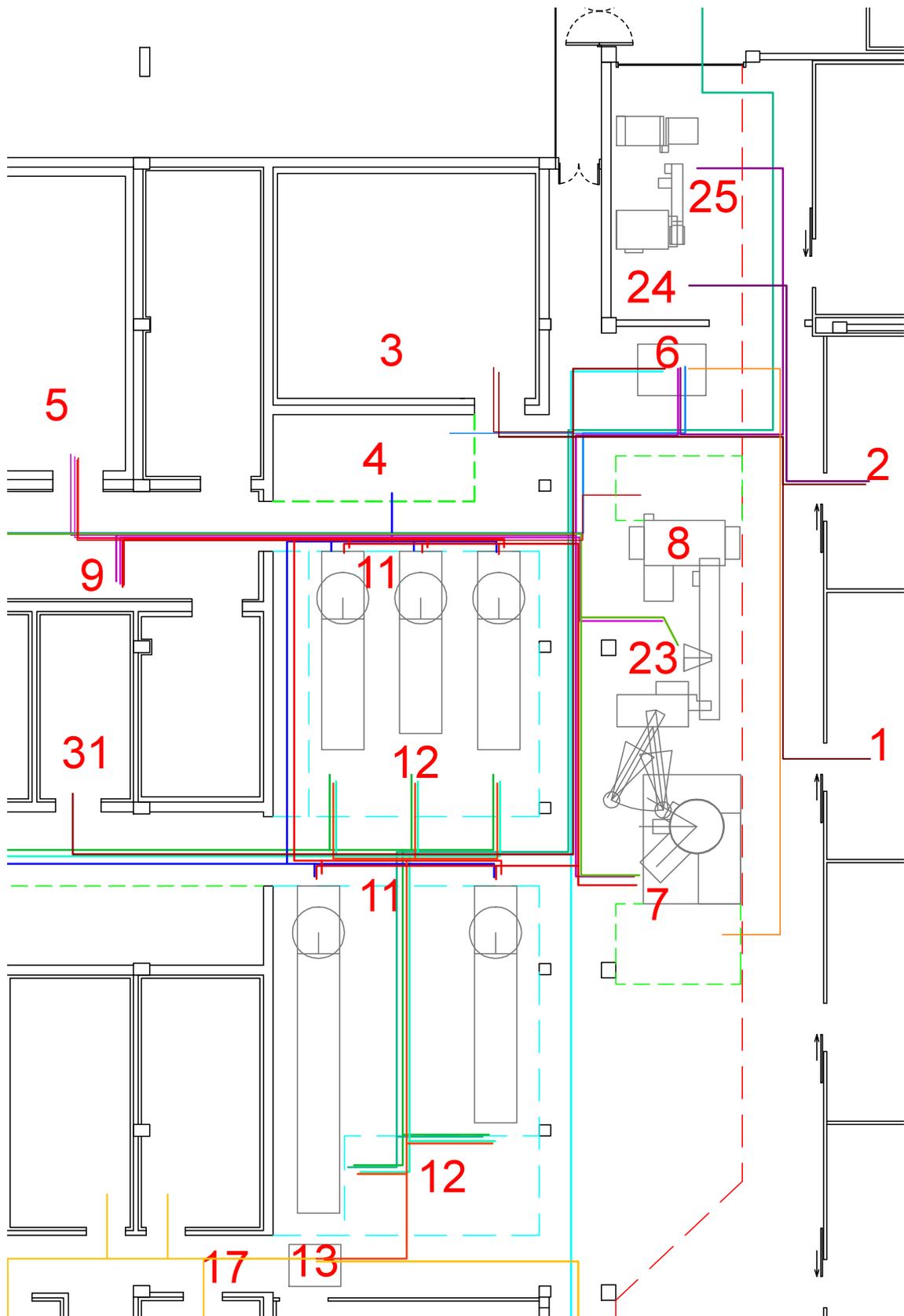


Figura 3.3: Particolare Movimentazioni

3.2 Descrizione delle modifiche

La *soluzione B* è una variante della *soluzione A* e se ne differenzia solo per alcuni aspetti fondamentali.

- Si amplia la cella 6 (posizione 3 in planimetria) e la si dispone di un'unità di trattamento aria dedicata al rinvenimento carni. La metratura ottenuta con l'ampliamento è sufficiente alla mole di lavoro giornaliera. Un'ipotesi iniziale prevedeva di utilizzare la cella 2 (posizione 5 in planimetria) per il rinvenimento delle carni, e adibire la cella 6 allo stoccaggio dei vagonetti carichi di impasto. Questa soluzione, pur risultando meno onerosa (non previsto l'ampliamento di alcuna cella), risultava svantaggiosa in termini di percorrenza dei movimenti e di congestione dei corridoi (vedi Sezione 2.4).
- Viene eliminato lo spazio "polmone" per lo stoccaggio delle giostre ed arelle in prossimità della pesa, questo per evitare di rendere caotica l'area di lavoro. Le carni vengono portate in pesa a necessità e la vicinanza della cella di rinvenimento agevola questo metodo di lavoro.
- Si adibisce la cella 2 (posizione 5 in planimetria) allo stoccaggio dei vagonetti colmi, essendo di ampia metratura e provvista di un impianto frigorifero idoneo al mantenimento della temperatura ottimale di impasto; eventuali vagonetti in esubero sono stoccati in anti-cella (posizione 9 in planimetria).

3.3 Tempi di movimentazione

In Tabella 3.1 si esaminano le percorrenze medie con questa nuova disposizione dei macchinari e delle celle.

Mov	Punti di collegamento							Distanza media (d) [m]
	Distanza [m]							
	Percentuale di influenza							
1	1 → 3 23,5	2 → 3 14,5						19,00
2	3 → 6 9 87,72%	31 → 6 35 12,28%						12,19
3	6 → 7 22							22,00
4	7 → 11 13,5							13,50
5	8 → 9 18,5	8 → 5 21						19,75
6	9 → 11 14,8	5 → 11 18,8						16,80
7	12 → 13 13,5							13,50
8/8b	13 → 14 58,5	13 → 15 31,5	13 → 16 15	13 → 17 6,5 79,22%	13 → 18 52	13 → 19 37	13 → 20 32,5 20,78%	30,50
9	21 → 22 5							5,00
10	22 → 7 58 20,78%	22 → 23 51 79,22%						52,45
11	2 → 24 11,5							11,50
12	25 → 6 12							12,00
13	6 → 7 → 9 48,5	6 → 7 → 5 52,5						50,50
14	9 → 8 20	5 → 8 24						22,00
15	11 → 4 9,5	11 → 26 → 27 37,7						23,60
16	4 → 6 9,5	27 → 6 42						25,75
17	6 → 20 50	6 → 29 108,5						79,25
18	28 → 12 35,5							35,50
19	30 → 12 63,5							63,50
20	32 → 12 100,5	32 → 28 → 12 104,5						102,50

Tabella 3.1: Distanze medie

Si riportano anche le tabelle di calcolo dei tempi unitari di movimentazione per operazione (Tabella 3.2) ed di calcolo di tempo di movimentazione parziale e globale riferito alla settimana lavorativa (Tabella 3.3).

M	d [m]	um [1/mov]	TF [s]	IS [kg/mov]	Tmo [s/kg]	Confronto con Lab. Attuale	
						Tmo	Differenziale
1	19,00	1	20	260	0,30	0,39	-29,27%
2	12,19	1	15	260	0,21	0,44	-108,06%
3	22,00	2	10	100	0,21	0,12	42,86%
4	13,50	1	10	150	0,31	0,31	0,00%
5	19,75	2	15	150	0,17	0,16	3,02%
6	16,80	1	15	150	0,42	0,42	1,73%
7	13,50	1	10	193	0,24	0,18	25,53%
8	30,50	1,5	12	193	0,22	0,23	-3,07%
9	5,00	1	25	139	0,43	1,20	-178,33%
10	52,45	1	20	48	3,02	1,47	51,42%
11	11,50	1	15	200	0,27	0,59	-120,75%
12	12,00	2	10	100	0,16	0,19	-18,75%
13	50,50	2	25	100	0,50	0,47	5,72%
14	22,00	1	15	100	0,74	0,67	10,14%
15	23,60	1	15	150	0,51	0,93	-81,35%
16	25,75	2	15	150	0,19	0,32	-69,51%
17	79,25	1	14	260	0,72	1,06	-47,99%
18	35,50	4	12	245	0,04	0,04	5,99%
19	63,50	1	12	220	0,69	1,08	-57,62%
20	102,50	4	12	172	0,11	0,10	7,64%

Tabella 3.2: Tempo unitario di movimentazione per operazione

Layout Riorganizzato – Soluzione B										Confronto con Lab. Attuale			
Linea	M	Tmo [s/kg]	Produz. media sett. Impasto						Tmp [1'/set]	Tmp Lab. Attuale	Diff. Tmp	Diff. %	
			Aromi										
			Carne										
			Lardello										
			GENERICI	FRESCHI	TIPICI	SPIANATE CON LARDEL	CON LARDEL	SPIANATE					
			33.457	14.442	8.534	5.382	6.024	1.672					
			1.338	578	341	215	241	67					
			32.119	13.864	8.193	4.090	4.579	1.605					
			0	0	0	1.076	1.205	0					
									[min/set]				
Carni e Insaccati	1	0,30	1	1	0	1	1	1	281,28	363,62	-82,34	-29,3%	
	2	0,21	1	1	1	1	1	1	224,68	467,47	-242,79	-108,1%	
	3	0,21	1	1	1	1	1	1	225,57	128,90	96,67	42,9%	
	4	0,31	0	1	0	0	0	0	75,42	75,42	0,00	0,0%	
	5	0,17	1	1	1	1	1	1	192,12	147,61	44,51	23,2%	
	6	0,42	1	0	1	1	1	1	389,15	382,42	6,73	1,7%	
	7	0,24	1	1	1	1	1	1	281,85	201,62	80,23	28,5%	
	8	0,22	1	1	1	1	1	1	258,51	255,97	2,54	1,0%	
Aromi	9	0,43	1	1	1	1	1	1	20,00	55,67	-35,67	-178,3%	
	10	3,02	1	1	1	1	1	1	139,90	67,96	71,94	51,4%	
Lardello	11	0,27	0	0	0	1	1	0	10,08	22,24	-12,17	-120,8%	
	12	0,16	0	0	0	1	1	0	6,08	7,22	-1,14	-18,8%	
	13	0,50	0	0	0	1	1	0	19,10	18,01	1,09	5,7%	
	14	0,74	0	0	0	1	1	0	28,13	25,28	2,85	10,1%	
Vuoti	15	0,51	1	1	1	1	1	1	596,25	1081,28	-485,03	-81,3%	
	16	0,19	1	1	1	1	1	1	215,29	364,93	-149,64	-69,5%	
	17	0,72	1	1	1	1	1	1	770,50	1140,25	-369,76	-48,0%	
	18	0,04	0	1	0	0	0	0	10,25	9,64	0,61	6,0%	
	19	0,69	0	0	0	1	0	1	80,81	127,37	-46,56	-57,6%	
	20	0,11	1	0	1	0	1	0	87,63	80,93	6,70	7,6%	
Tmg									[1'/set]	3912,60	5023,82	-1111,21	
									[h/set]	65,21	83,73	-18,52	-22,1%

Tabella 3.3: Tempo di movimentazione parziale e globale

Da Tabella 3.3 si evince una ulteriore riduzione del tempo di movimentazione globale. L'impiego della cella 6 (posizione 3 in planimetria) per il rinvenimento delle carni, e la sua vicinanza alla bilancia a terra ed alle celle carne, permette di

abbattere considerevolmente i tempi movimentazione attribuibili alle operazioni 1 e 2 (celle carne → cella rinvenimento, cella rinvenimento → pesa).

Per valutare graficamente i risultati ottenuti, si riportano in Figura 3.4: il diagramma di influenza percentuale dei Tmp del laboratorio attuale, ed il diagramma del tempo differenziale con la soluzione studiata.

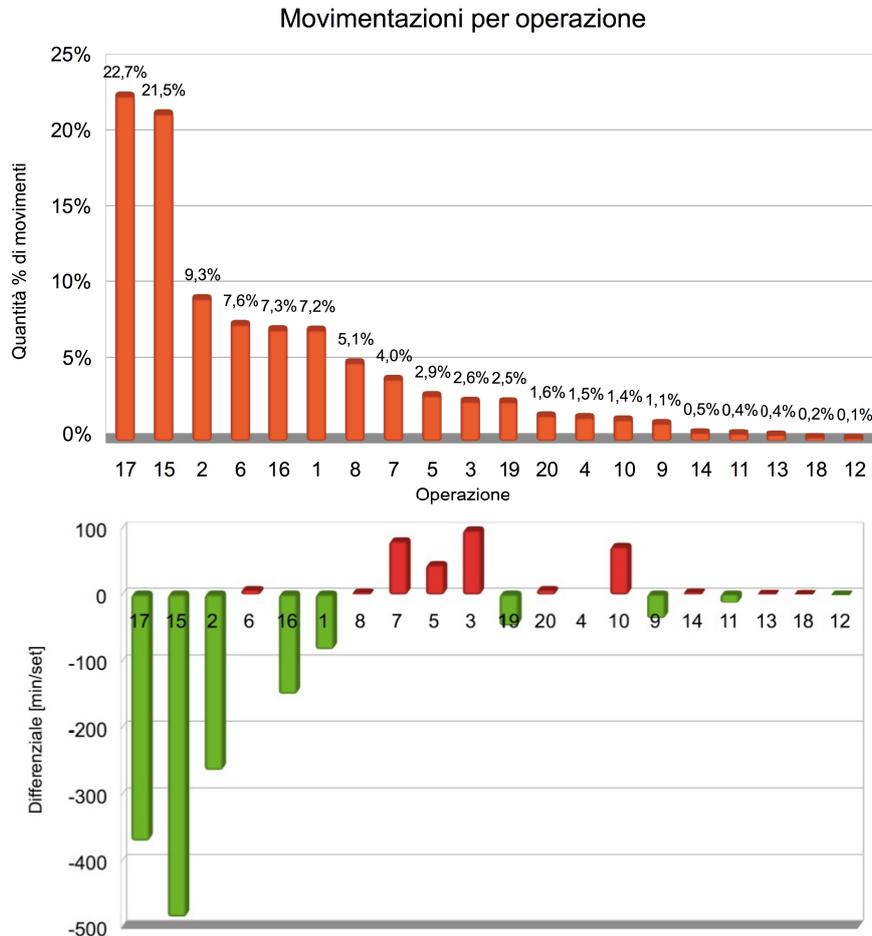


Figura 3.4: Obiettivi e risultati

Si nota immediatamente che gli obiettivi prefissati, di ridurre i tempi attribuiti alle operazioni 15 e 17, sono ampiamente raggiunti. Inoltre si nota che delle 6 operazioni di maggiore influenza, 5 beneficiano della nuova organizzazione del layout.

In Tabella 3.4 si riporta il calcolo della riduzione annuale di ore di lavoro rispetto alla condizione attuale.

Descrizione	Quantità	U.M.
Tempo differenziale	1111	[min/set]
Settimane lav. Annuali	52	[set/anno]
Ore annuali	963	[ore/anno]

Tabella 3.4: Riduzione annuale delle ore lavorative

3.4 Congestione dei punti critici

Variando la collocazione del laboratorio si devono indicare nuovamente i corridoi critici da prendere in analisi.

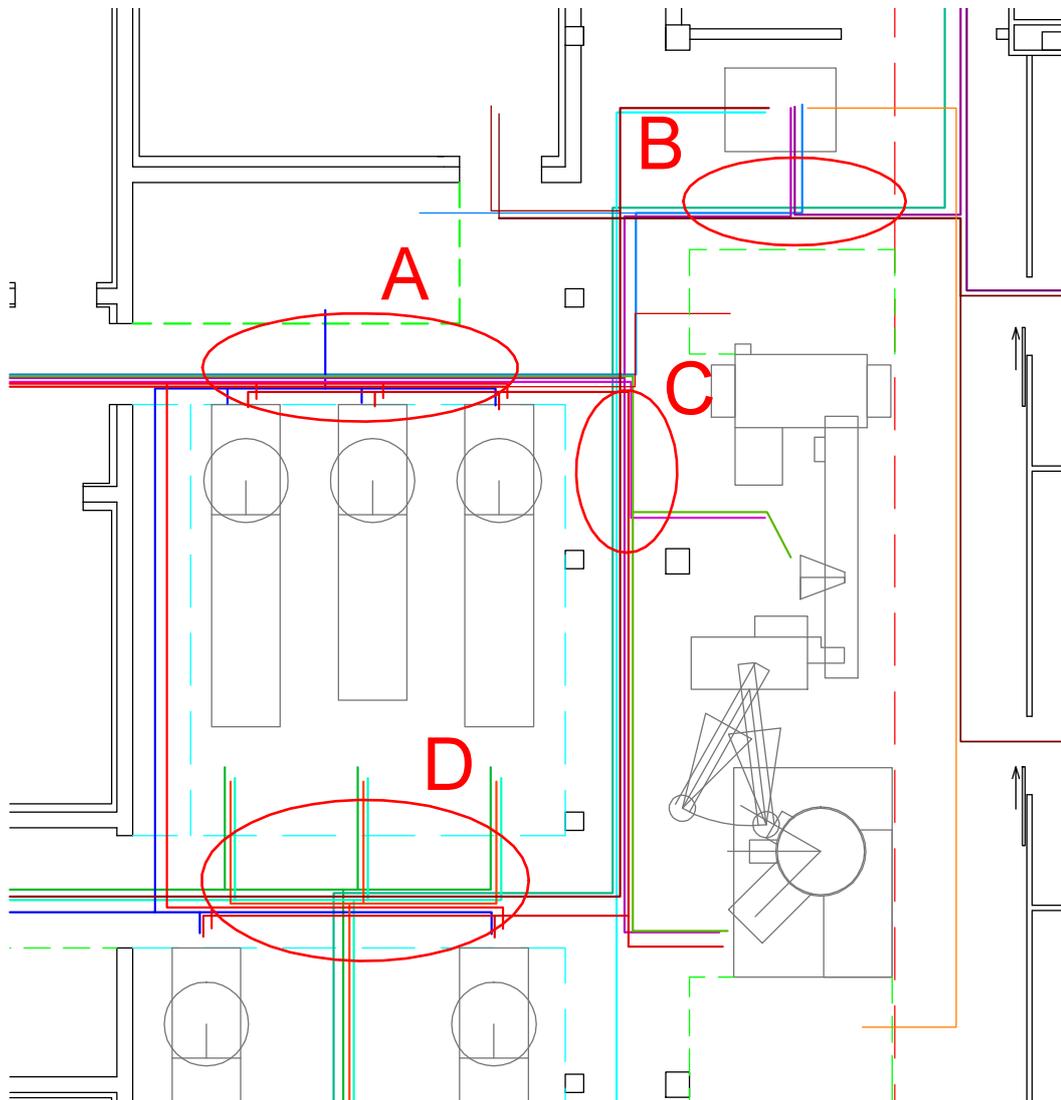


Figura 3.5: Corridoi Critici

Si individuano i 4 corridoi di maggiore interesse:

- A. corridoio a monte delle linee di insacco, è attraversato da 7 movimenti e non è molto ampio;
- B. corridoio tra impastatrice e bilancia a terra, gli operatori lavorano nelle vicinanze ed è attraversato da 5 movimenti;
- C. corridoio sotto il colonnato, è di l'ampiezza limitata ed è frequentato da 7 diversi movimenti;
- D. corridoio tra le due linee di insacco, è ampio, ma molto frequentato (8 movimenti).

La Tabella 3.5 espone i risultati ottenuti in simulazione, questi mettono in luce una complessiva decongestione dei corridoi più trafficati rendendo più scorrevoli le movimentazioni.

Laboratorio Futuro Sol.B						Confronto con Lab. Attuale	
Corridoio	Ampiezza (x) [cm]	Tiu (y) [s]	Frt [incr/set]	Tip [h/set]	Tip (20%) [h/set]	Tip (20%) [h/set]	Differenziale
A	150	6	1222	2,04	0,41	0,66	-0,25
B	180	5	270	0,38	0,08	0,50	-0,42
C	150	6	589	0,98	0,20	0,02	0,17
D	225	4	1406	1,56	0,31	0,15	0,17
Frequenza max degli icroci			3487				
Tig [h/set]				4,96	0,99	1,32	-0,33

Tabella 3.5: Tempi morti di incrocio

In Tabella 3.6 si riporta il calcolo delle ore lavorative annuali risparmiate rispetto alla condizione di congestione attuale.

Descrizione	Quantità	U.M.
Tempo differenziale	0,33	[ore/set]
Settimane lav. Annuali	52	[set/anno]
Ore annuali	17	[ore/anno]

Tabella 3.6: Riduzione annuale delle ore lavorative

Capitolo 4

Confronto tra le soluzioni

4.1 Tempi di movimentazione

Si comparano le due soluzioni proposte per evidenziarne vantaggi e svantaggi.

Soluzione B			Confronto con Soluzione A		
Linea	M	Tmp [1'/set]	Tmp Sol.A	Diff. Tmp	Diff. %
			[min/set]		
Carni e Insaccati	1	281,28	441,76	-160,48	-57,1%
	2	224,68	396,97	-172,29	-76,7%
	3	225,57	225,57	0,00	0,0%
	4	75,42	75,42	0,00	0,0%
	5	192,12	167,98	24,14	12,6%
	6	389,15	368,96	20,19	5,2%
	7	281,85	281,85	0,00	0,0%
	8	258,51	258,51	0,00	0,0%
Aromi	9	20,00	20,00	0,00	0,0%
	10	139,90	139,90	0,00	0,0%
Lardello	11	10,08	10,08	0,00	0,0%
	12	6,08	6,08	0,00	0,0%
	13	19,10	18,11	1,00	5,2%
	14	28,13	24,33	3,80	13,5%
Vuoti	15	596,25	596,25	0,00	0,0%
	16	215,29	215,29	0,00	0,0%
	17	770,50	770,50	0,00	0,0%
	18	10,25	10,25	0,00	0,0%
	19	80,81	80,81	0,00	0,0%
	20	87,63	87,63	0,00	0,0%
Tmg		3.912,60	4.196,24	-283,64	-6,8%
		65,21	69,94	-4,73	

Tabella 4.1: Differenziale Tmp e Tmg

Si nota una diminuzione del tempo di movimentazione globale, a favore della soluzione B (ampliamento della cella 6), imputabile alla riduzione delle distanze di

percorrenza delle movimentazioni delle carni.

Per valutare graficamente i risultati ottenuti, si riportano in Figura 4.1: il diagramma di influenza percentuale dei Tmp del laboratorio attuale, ed il diagramma del tempo differenziale tra le due soluzioni studiate.

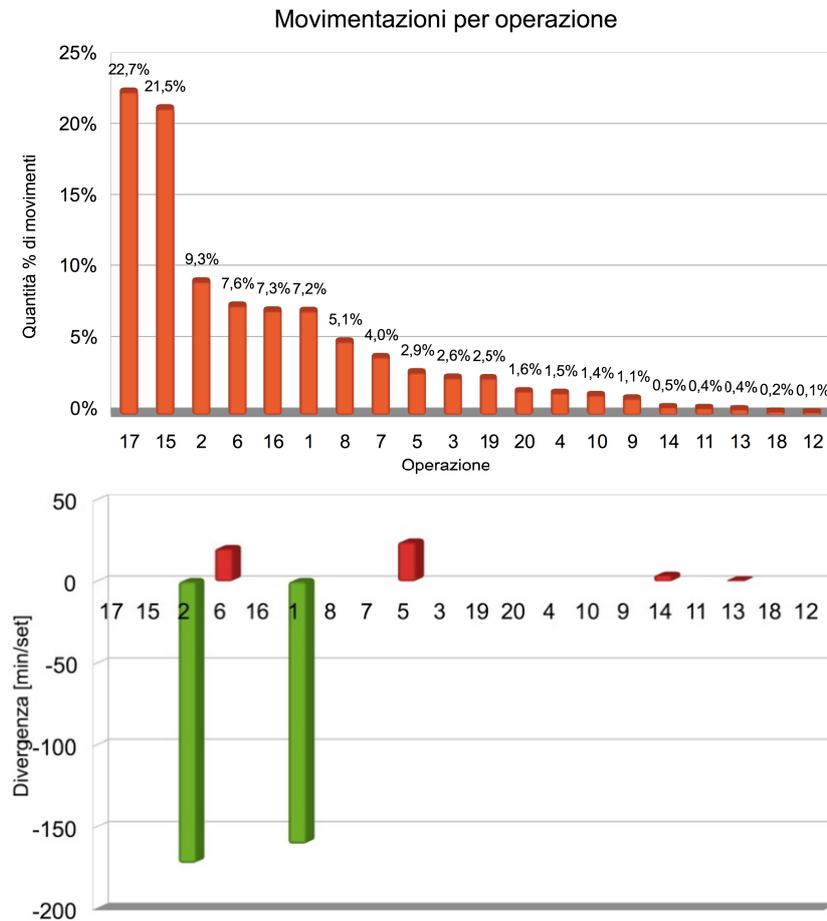


Figura 4.1: Diagrammi differenziale

Si nota immediatamente che le operazioni che beneficiano della soluzione B sono tra le più influenti, e che i movimenti penalizzati sono di importanza ridotta e comunque poco danneggiati.

In Tabella 4.2 si riporta il calcolo del Tmg differenziale annuale tra le due soluzioni.

Descrizione	Quantità	U.M.
Tmg differenziale	284	[min/set]
Settimane lav. Annuali	52	[set/anno]
Ore annuali	246	[ore/anno]

Tabella 4.2: Tmg differenziale

La soluzione B comporta una riduzione sensibile delle ore lavorative annuali, attribuibili alla movimentazione dei materiali.

4.2 Congestione dei punti critici

Si vuole valutare la congestione differenziale dei corridoi critici tra le due soluzioni.

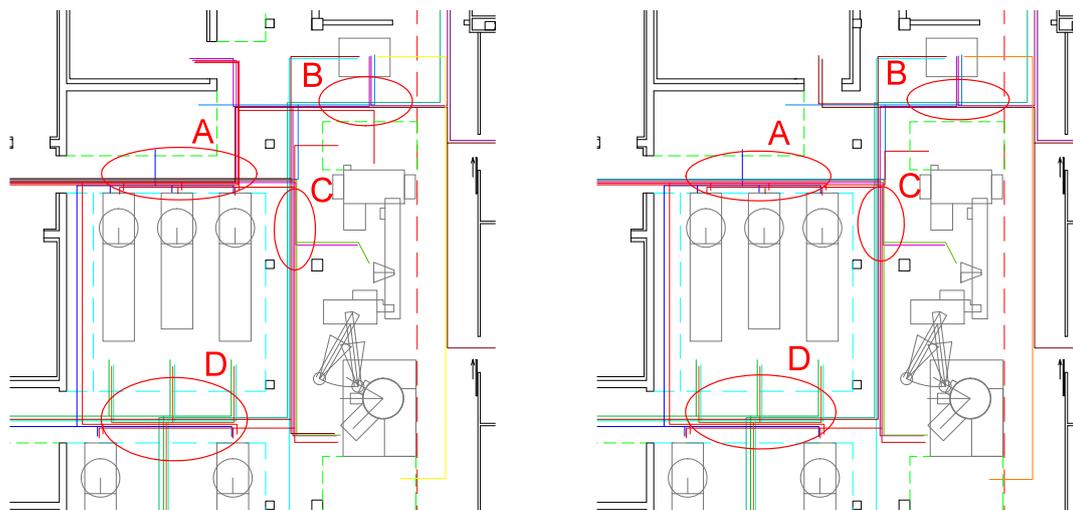


Figura 4.2: Soluzione A e Soluzione B

Le corsie di maggiore interesse, per le soluzioni A e B, sono le medesime. Unica variante tra le due ipotesi è la riduzione del numero movimentazioni che attraversano il corridoio A, queste passano da 10 a 7.

Laboratorio Futuro Sol. B			Confronto con Sol. A			
Corridoio	Frt [incr/set]	Tip (20%) [h/set]	Frt [incr/set]	Tip (20%) [h/set]	Differenziale	
					Frt	Tip
A	1222	0,41	2906	0,97	-1684	-0,56
B	270	0,08	270	0,08	0	0,00
C	589	0,20	589	0,20	0	0,00
D	1406	0,31	1406	0,31	0	0,00
Fr. max icroci	3487		5171		-1684	
Tig [h/set]		0,99		1,55		-0,56

Tabella 4.3: Differenziale frequenza di incrocio e tempo globale

Si osserva una sensibile riduzione degli intersezioni possibili nel corridoio A e del tempo di incrocio globale stimato. La soluzione B risulta quindi la meno congestionata delle due.

In Tabella 4.4 e 4.5 si riporta il calcolo del *Tig* differenziale annuale tra le due soluzioni e le ore totali risparmiate annualmente.

Descrizione	Quantità	U.M.
Tig (20%) differenziale	0,56	[ore/set]
Settimane lav. Annuali	52	[set/anno]
Ore annuali	29	[ore/anno]

Tabella 4.4: *Tig* differenziale

		Attuale	sol. A	sol. B
Tmg	[h/anno]	4.354	3.637	3.391
Tig (20%)		69	81	52
Totale		4.423	3.717	3.442
Ore risparmiate			705	980
Differenziale A-B				275

Tabella 4.5: Ore risparmiate

4.3 Valutazioni economiche

Un corretto confronto economico tra le due soluzioni proposte richiede la definizione di alcuni parametri ([2, 3, 4, 5]):

- **Net Present Value (NPV)**. Definisce il “valore attuale netto” di una serie attesa di flussi di cassa non solo sommandoli contabilmente, ma attualizzandoli sulla base del tasso di rendimento. Questo parametro rappresenta il vantaggio economico che l’investimento apporta al tempo T :

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{Fc(t)}{(1+r)^t} - I$$

Dove:

- T = orizzonte temporale di controllo;
- $Fc(t)$ = risparmio economico dell’investimento al tempo t ;
- r = tasso di rendimento minimo richiesto;
- I = investimento iniziale.

Il risparmio economico annuo fornito da una soluzione viene quantificato proporzionalmente alle ore risparmiate, applicando la seguente relazione:

$$Fc(t) = \Delta h \cdot C_h \cdot (1+i)^t$$

Dove:

- Δh = ore risparmiate annualmente;
- C_h = Costo orario della manodopera;
- i = tasso di inflazione.

- **Pay Back Time (PBT)**. Rappresenta il tempo in cui il vantaggio economico eguaglia l’investimento iniziale, di cui si riporta la relazione di calcolo:

$$\sum_{t=1}^{PBT} \frac{Fc(t)}{(1+r)^t} - I = 0$$

- **Internal Rate of Return (IRR)**. Rappresenta quel valore di r (se esiste ed è unico) che annulla NPV nella scadenza temporale T e che quindi soddisfa la relazione:

$$\sum_{t=1}^T \frac{Fc(t)}{(1+IRR)^t} = I$$

ne consegue che IRR rappresenta il “tasso di rendimento annuale effettivo” che l’investimento genera per pareggiare bilancio nel tempo T (paragonabile a tassi di rendimenti di altre attività finanziarie). Se $IRR > r$ l’investimento è conveniente.

- **Profitability Index (PI)**. Rappresenta una misura di profittabilità dell’investimento come quoziente fra il risparmio economico e l’investimento iniziale, di cui si riporta la relazione di calcolo:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{Fc(t)}{(1+r)^t}}{I}$$

La proposta di investimento verrà accettata se PI è superiore al valore unitario.

In Tabella 4.6 si riportano i dati necessari alle valutazioni dei vari indici.

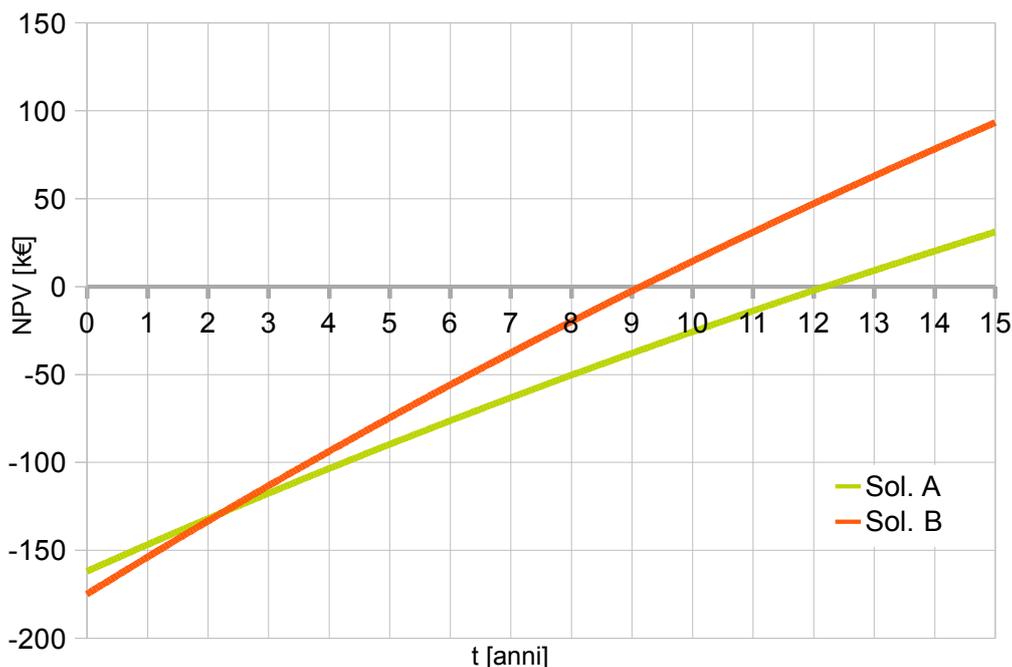
Dato	Soluzione A	Soluzione B
Ch [€]	22	22
i	2,5%	2,5%
Δh	705	980
r	5%	5%
C realiz. [€]	394.000	407.000
C ristruttur. [€]	232.000	
I [€]	162.000	175.000

Table 4.6: Dati iniziali

Gli investimenti necessari sono considerati al netto della spesa che si dovrebbe sostenere per ristrutturare il laboratorio attuale. Se non si disponesse la modifica del lay-out di produzione, si dovrebbero revisionare e aggiornare le superfici e gli impianti del laboratorio già esistente. Questo non potrebbe avvenire senza spostare tutti i macchinari, disponendo un laboratorio provvisorio durante i lavori di ristrutturazione (la produzione è ininterrotta durante tutto l’anno, il laboratorio non può essere fermato).

In Tabella 4.7 si riporta il calcolo del *NPV* e del *PBT*, esaminando un orizzonte temporale di 5, 10 e 15 anni. In Figura 4.3 si fornisce anche una rappresentazione grafica di questi indici.

		NPV e PBT		
		Soluzione A	Soluzione B	Differ. B-A
t	0	-162.000,00	-175.000,00	-13.000,00
	1	-146.853,39	-153.947,26	-7.094,05
	2	-132.067,41	-133.395,77	-1.328,71
	3	-117.633,48	-113.333,60	4.299,35
	4	-103.543,22	-93.749,10	9.793,41
	5	-89.788,44	-74.630,90	15.156,67
	6	-76.361,15	-55.967,90	20.392,22
	7	-63.253,56	-37.749,25	25.503,12
	8	-50.458,05	-19.964,38	30.492,33
	9	-37.967,20	-2.602,96	35.362,75
	10	-25.773,75	14.345,09	40.117,21
	11	-13.870,63	30.889,62	44.758,47
	12	-2.250,90	47.040,23	49.289,22
	13	9.092,16	62.806,30	53.712,10
	14	20.165,14	78.196,99	58.029,66
	15	30.974,49	93.221,24	62.244,43
Risult.	NPV (5)	-89.788,44	-74.630,90	15.156,67
	NPV (10)	-25.773,75	14.345,09	40.117,21
	NPV (15)	30.974,49	93.221,24	62.244,43
	PBT	12,20	9,15	2,24

Table 4.7: *NPV* e *PBT*Figure 4.3: Rappresentazione grafica degli indici *NPV*

In Tabella 4.8 si riporta il calcolo del *IRR* per un orizzonte temporale di 5, 10 e 15 anni.

		Soluzione A			Soluzione B		
		IRR 5 anni	IRR 10 anni	IRR 15 anni	IRR 5 anni	IRR 10 anni	IRR 15 anni
Dati	Ch [€]	22			22		
	i	2,50%			2,50%		
	Δh	705			980		
	IRR	-18,42%	1,70%	7,54%	-12,09%	6,59%	11,61%
	I [€]	162.000			175.000		
t	1	-142.506	-146.363	-147.211	-149.854	-154.262	-155.194
	2	-118.013	-130.603	-133.114	-120.533	-134.319	-137.005
	3	-87.240	-114.719	-119.677	-86.346	-115.142	-120.300
	4	-48.577	-98.712	-106.870	-46.483	-96.701	-104.959
	5	0	-82.579	-94.663	0	-78.968	-90.870
	6		-66.320	-83.027		-61.915	-77.931
	7		-49.933	-71.936		-45.517	-66.048
	8		-33.419	-61.365		-29.748	-55.135
	9		-16.775	-51.288		-14.584	-45.113
	10		0	-41.684		0	-35.909
	11			-32.529			-27.456
	12			-23.803			-19.692
	13			-15.486			-12.563
	14			-7.558			-6.015
	15			0			0

Table 4.8: *IRR* a 5, 10 e 15 anni

In Tabella 4.9 si riporta il calcolo del *PI* per un orizzonte temporale di 5, 10 e 15 anni.

		Profitability Index	
		Soluzione A	Soluzione B
t	1	0,09	0,12
	2	0,18	0,24
	3	0,27	0,35
	4	0,36	0,46
	5	0,45	0,57
	6	0,53	0,68
	7	0,61	0,78
	8	0,69	0,89
	9	0,77	0,99
	10	0,84	1,08
	11	0,91	1,18
	12	0,99	1,27
	13	1,06	1,36
	14	1,12	1,45
	15	1,19	1,53

Table 4.9: *PI*

4.4 Valutazioni Finali

Realizzare il laboratorio nella variante B presenta costi di realizzazione maggiori, essendo previsto l'ampliamento di una cella già esistente, tuttavia si dimostra maggiormente efficace nella riduzione dei tempi di movimentazione e decongestione dei corridoi e risulta vincente in tutti i parametri economici calcolati.

		Attuale	sol. A	sol. B
Tmg	[h/anno]	4.354	3.637	3.391
Tig (20%)		69	81	52
Totale		4.423	3.717	3.442
Ore risparmiate			705	980
Differenziale A-B				275

Table 4.10: Ore risparmiate

	Soluzione A	Soluzione B
Investim. [€]	162.000	175.000
NPV (5) [€]	-89.788,44	-74.630,90
NPV (10) [€]	-25.773,75	14.345,09
NPV (15) [€]	30.974,49	93.221,24
PBT [anni]	12,20	9,15
IRR (5)	-18,42%	-12,09%
IRR(10)	1,70%	6,59%
IRR(15)	7,54%	11,61%
PI (5)	0,45	0,57
PI (10)	0,84	1,08
PI (15)	1,19	1,53

Table 4.11: Valutazioni economiche

Questa soluzione offre un ulteriore vantaggio nell'ottica di sviluppi futuri: qualora il laboratorio fosse soggetto a una nuova riorganizzazione del lay-out, ad esempio riportando le linee di insacco nell'area attuale, la cella di rinvenimento risulterebbe già collocata in una posizione strategica, riducendo le probabilità di ottenere movimentazioni intricate, a vantaggio dell'ordine in reparto.

Appendice A

Mappe dei flussi fisici - Laboratorio attuale

- Movimento 2: celle rinvenimento → pesa → linea di impasto

Flussi: (3, 4, 5, 31) → 6 → 7



Figura A.2: Movimento 2

Le giostre e arelle di carne giunte in area pesa sostano in uno spazio “polmone” a fianco di questa mentre si caricano i vagonetti da pesare. In posizione 31 è stoccata la carne per prodotti tipici (diversa conservazione).

- Movimento 3: pesa → stoccaggio linea di impasto

Flusso: 6 → 7

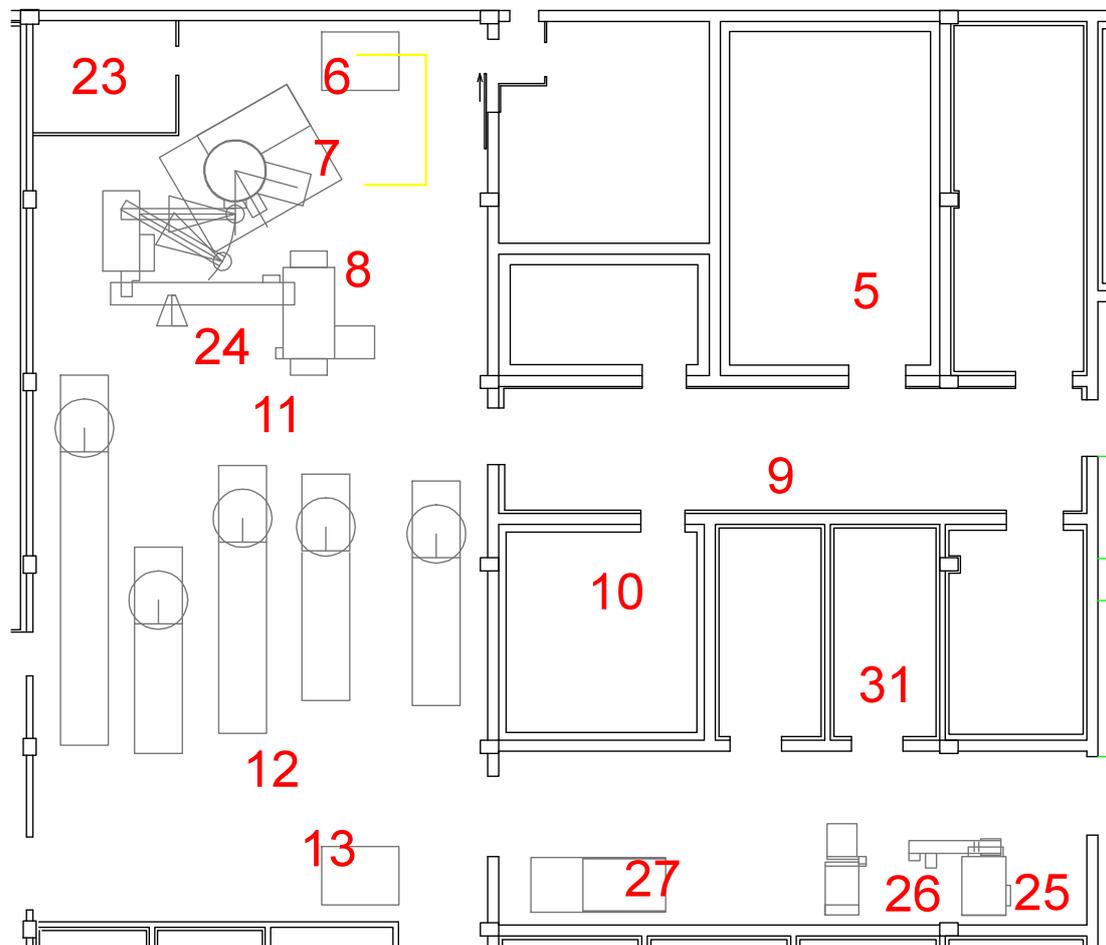


Figura A.3: Movimento 3

- Movimento 4: linea di impasto → insaccatrici

Flusso: 8 → 11

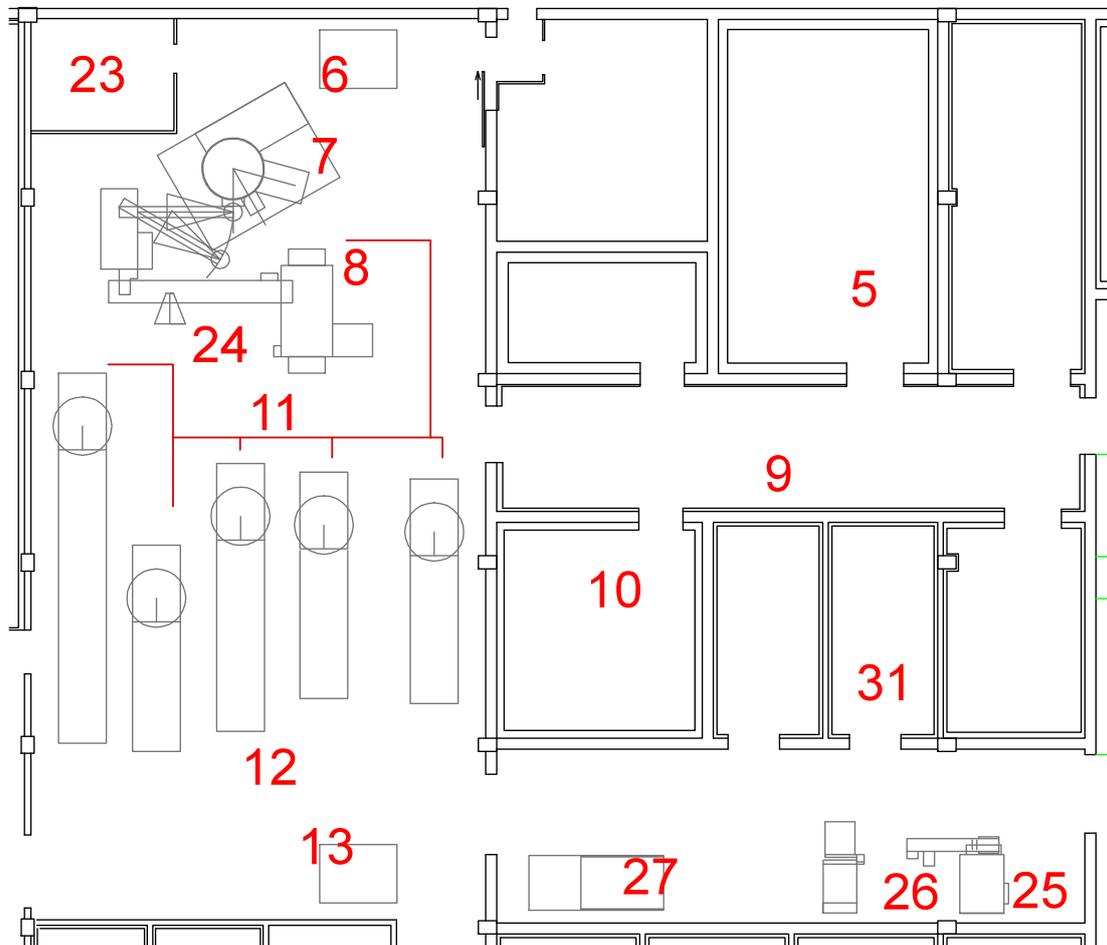


Figura A.4: Movimento 3

- Movimento 5: linea di impasto → anti-cella

Flussi: 8 → (9, 10)

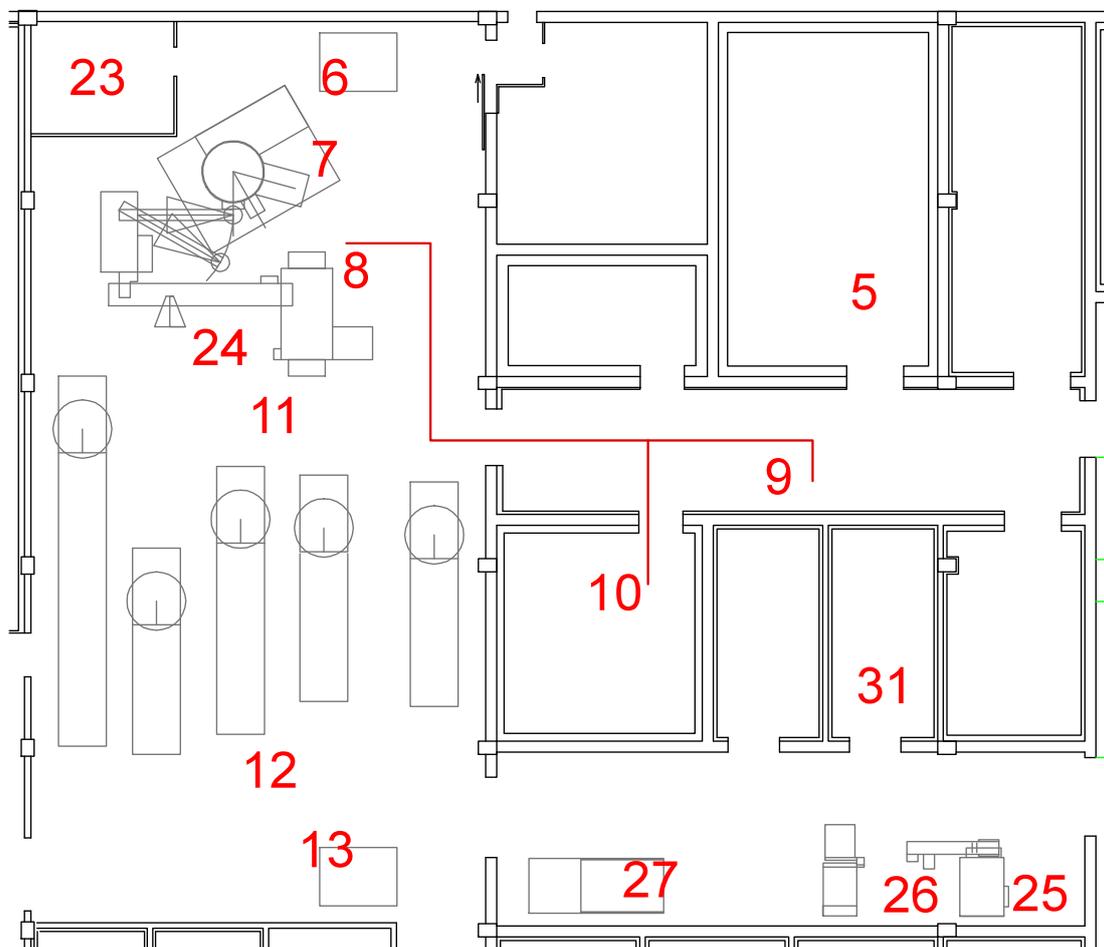


Figura A.5: Movimento 3

- Movimento 6: anti-cella → insaccatrici

Flussi: (9, 10) → 11

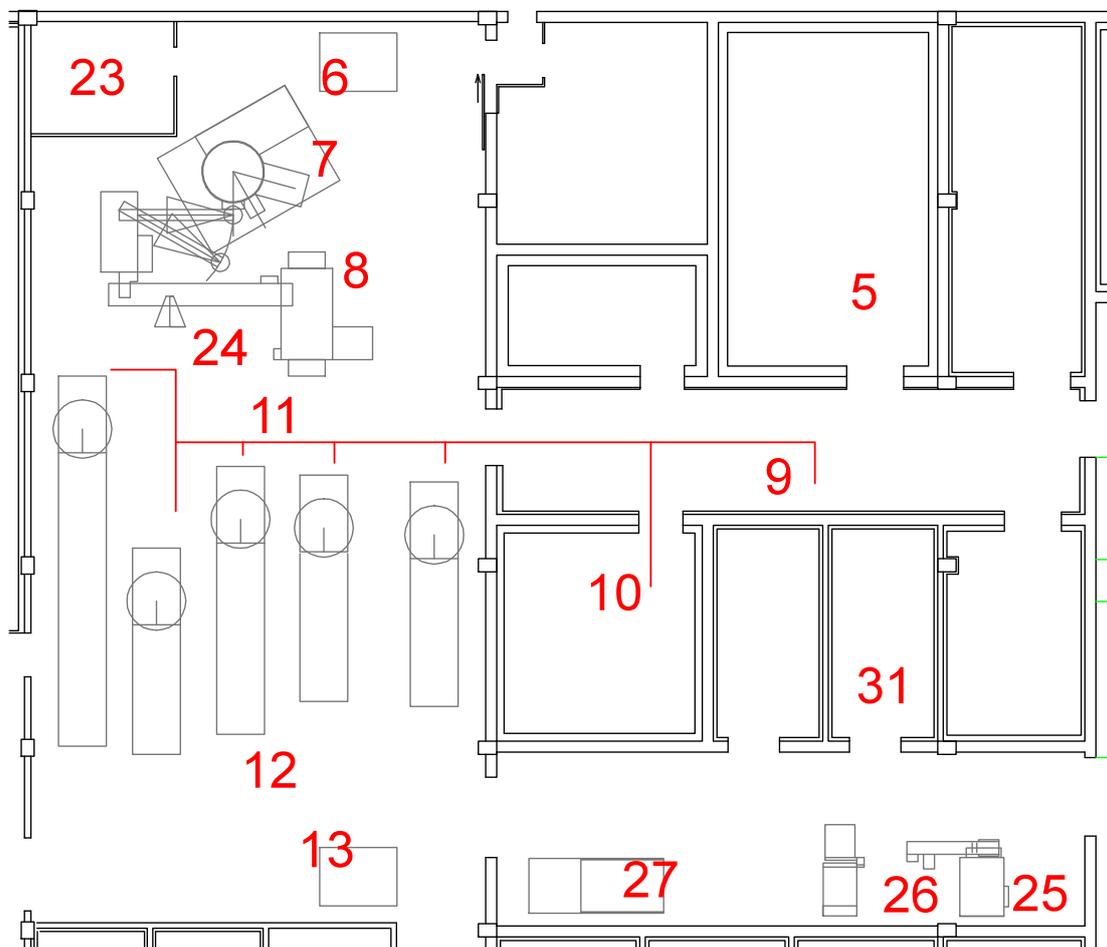


Figura A.6: Movimento 6

Questo movimento è caratteristico dei soli impasti per salumi stagionati.

- Movimento 7: insaccatrici → pesa

Flussi: 12 → 13

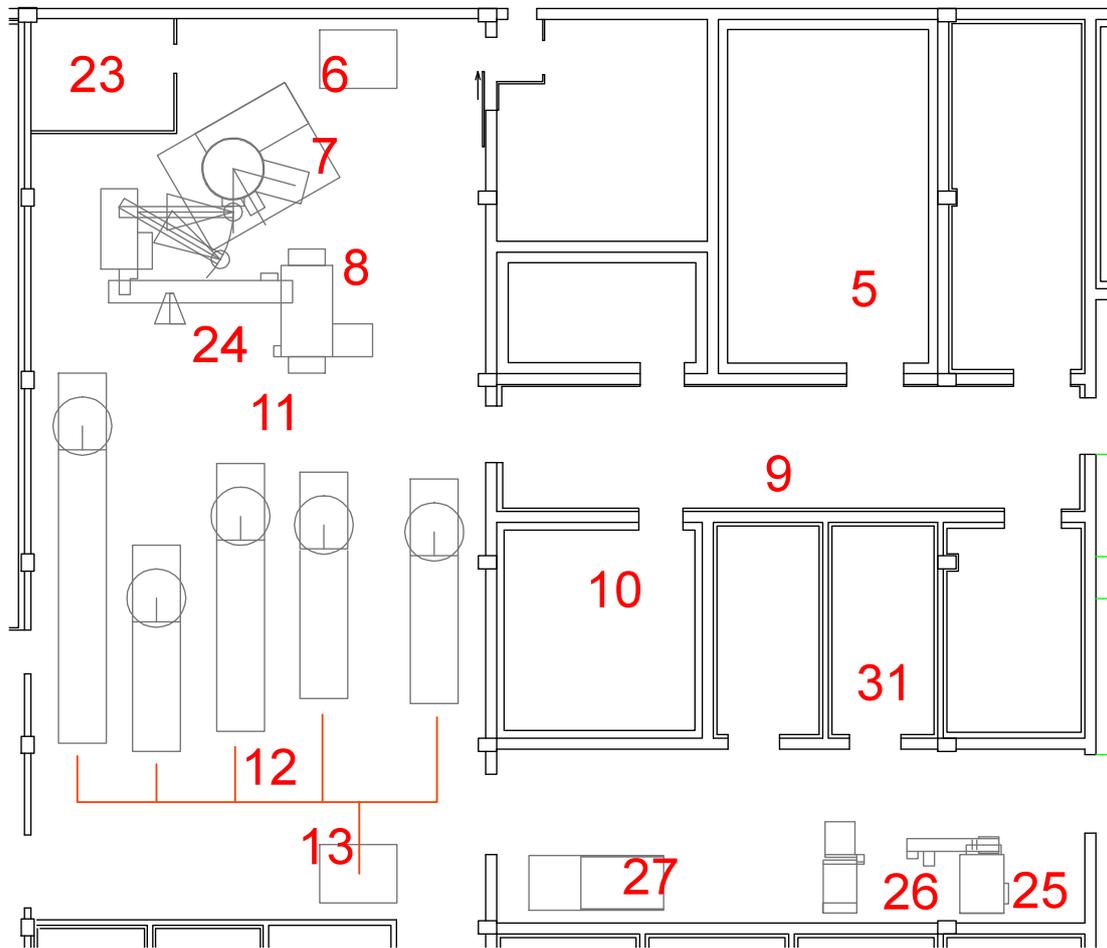


Figura A.7: Movimento 7

I carretti e carrettoni attendono a valle delle insaccatrici che la pesa sia disponibile.

- Movimento 9: magazzino → sala aromi

Flussi: (21, 22) → 23



Figura A.9: Movimento 9

Questo movimento è caratteristico degli aromi di maggiore consumo (sale,..), una scorta settimanale delle altre spezie è già presente nella sala aromi.

- Movimento 10: sala aromi → linea di impasto

Flussi: 23 → (7, 24)

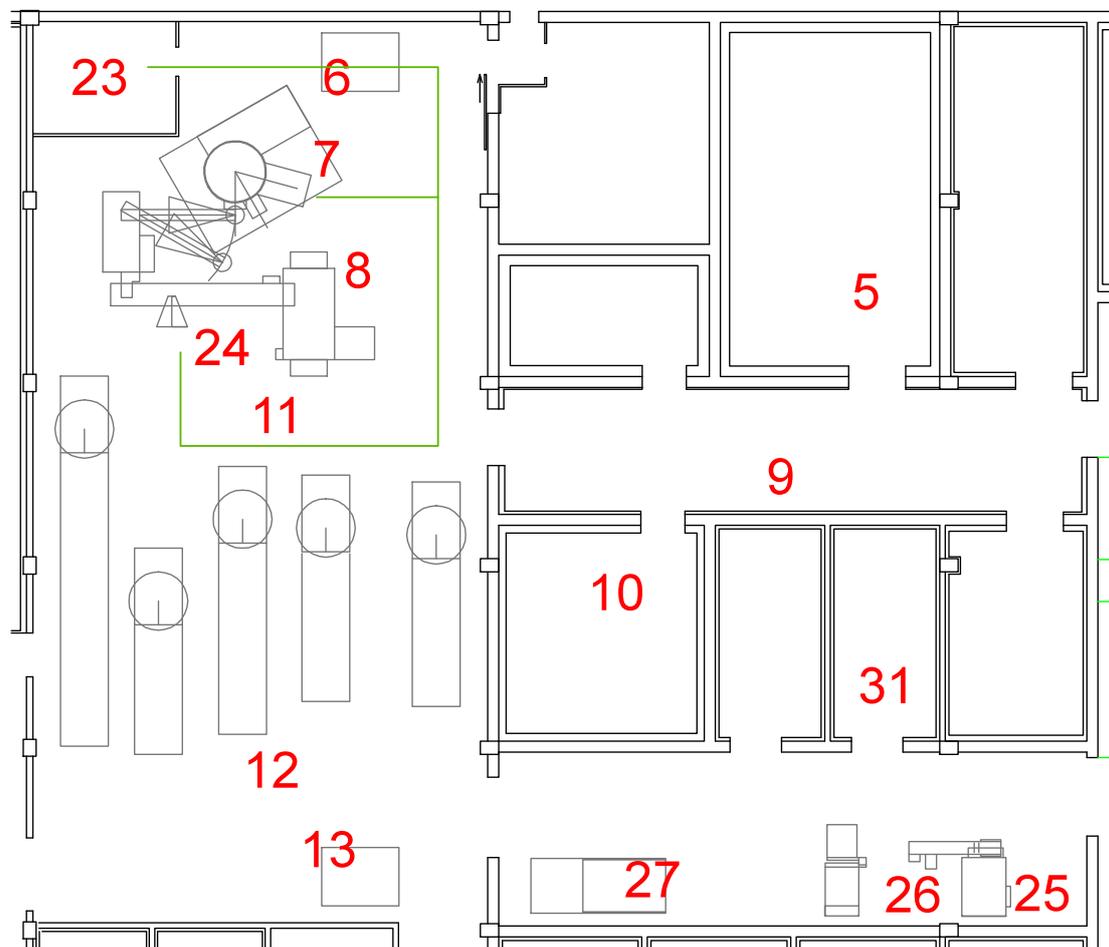


Figura A.10: Movimento 10

Gli aromi sono miscelati alla carne nel cutter (posizione 7) per salumi freschi o nel nastro di alimentazione dell'impastatrice (posizione 24) per salumi stagionati.

- Movimento 11: celle carne → taglia-lardelli

Flussi: 2 → 25



Figura A.11: Movimento 11

La giostra di gole (grasso) viene fatta sostare a monte della taglia-lardelli.

- Movimento 12/13: taglia-lardelli → pesa, pesa → cutter → anti-cella

Flussi: 26 → 13; 13 → 7 → (9, 10)

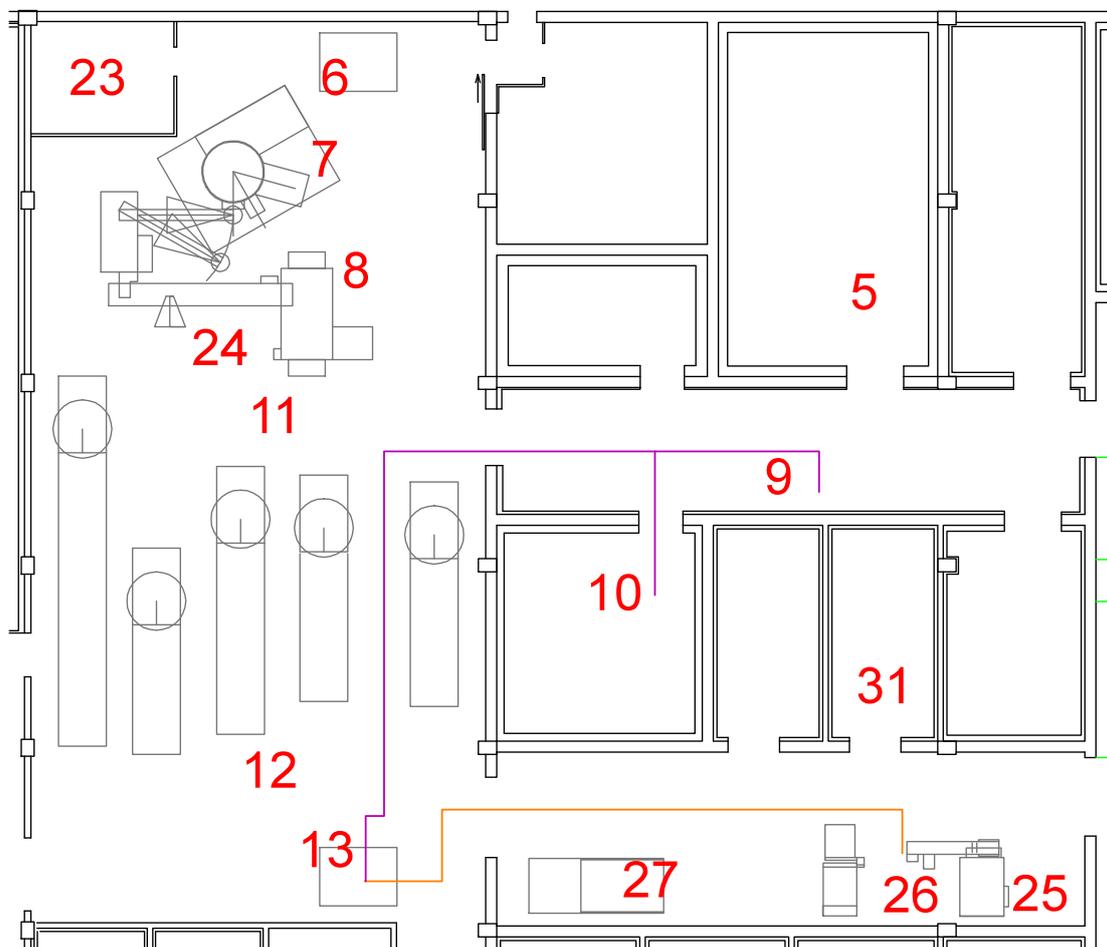


Figura A.12: Movimento 10/11

Un piccolo nastro, a valle della taglia lardelli, carica il vagonetto che prosegue alla pesa. I lardelli attendono di essere trattati, stando nell'area polmone a monte del cutter.

- Movimento 14: anti-cella → impastatrice

Flussi: (9, 10) → 8

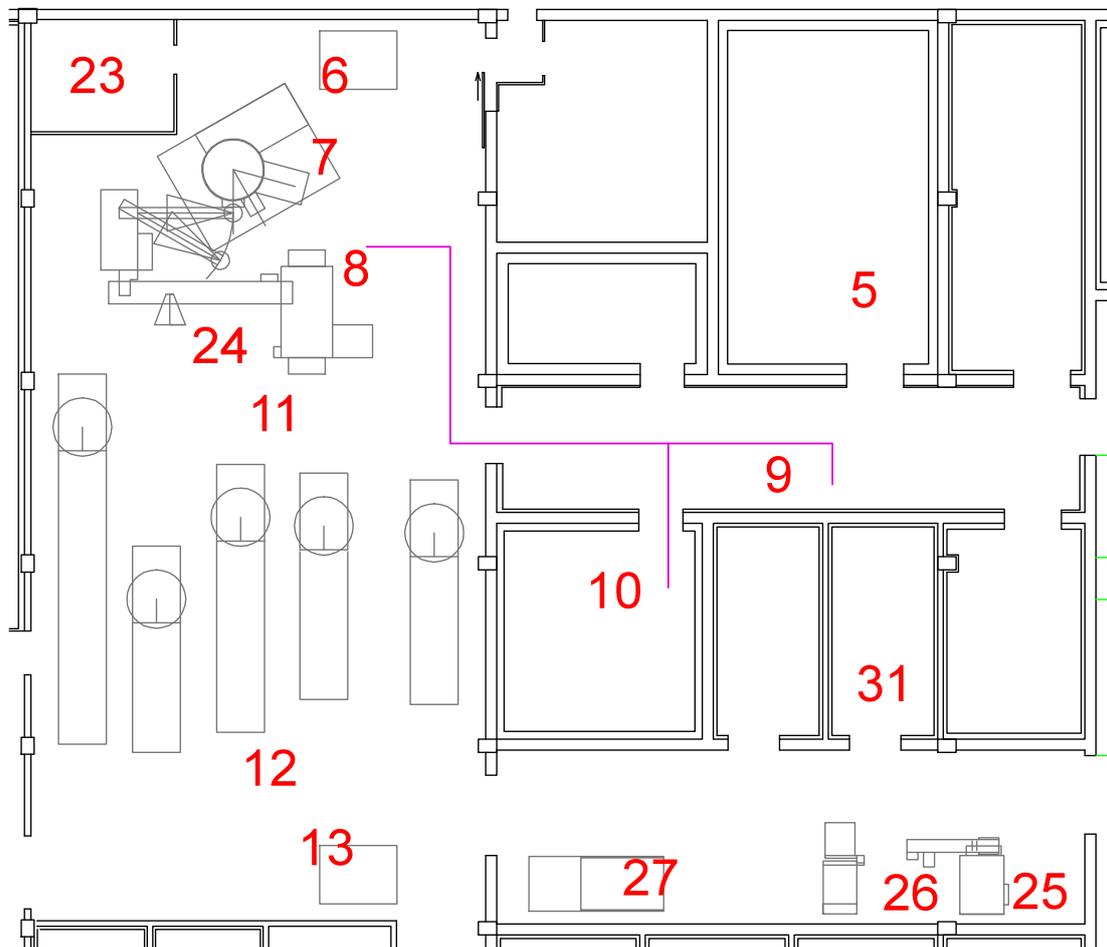


Figura A.13: Movimento 14

Il vagonetto di lardelli è scaricato nell'impastatrice mediante un montacarichi annesso a questa.

- Movimento 15: insaccatrici → lava-vagonetti → magazzino, insaccatrici → magazzino

Flussi: 11 → 27 → 28; 11 → 28



Figura A.14: Movimento 15

I vagonetti vengono lavati se l'impasto conteneva aromi sensibili, quali latticini o peperoncino, o se il vagonetto dovrà sostare in magazzino per un periodo prolungato.

- Movimento 16: magazzino → pesa

Flussi: 28 → 6



Figura A.15: Movimento 16

I vagonetti sono portati alla pesa dall'addetto all'approvvigionamento della linea di impasto.

- Movimento 17/18: pesa → ricevimento carni, pesa → piazzale; magazzino → insaccatrici

Flussi: 6 → 20, 6 → 29; 28 → 12



Figura A.16: Movimento 17/18

Solo i carretti per i salumi freschi sono trasportati dal magazzino fino a valle delle insaccatrici.

- Movimento 19: lava-carrettoni → magazzino, magazzino → insaccatrici

Flussi: 30 → 28; 28 → 12

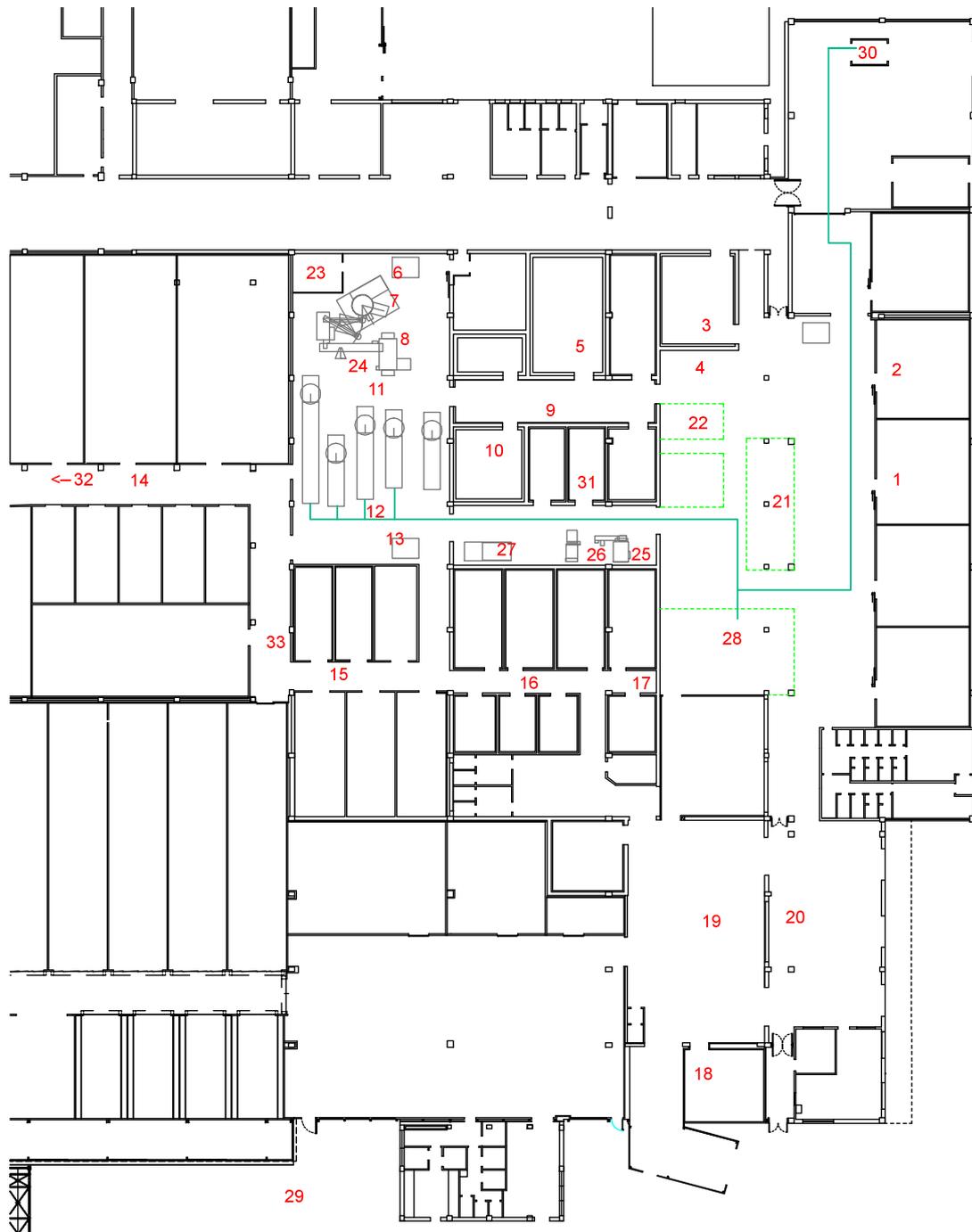


Figura A.17: Movimento 19

I carrettoni sono lavati e stoccati a necessità.

- Movimento 20: piazzale → corridoio → insaccatrici, piazzale → insaccatrici

Flussi: 32 → 33 → 12; 32 → 12



Figura A.18: Movimento 20

Appendice B

Mappe dei flussi fisici - Soluzione A

- Movimento 1: celle carne → celle rinvenimento

Flussi: (1, 2) → 5

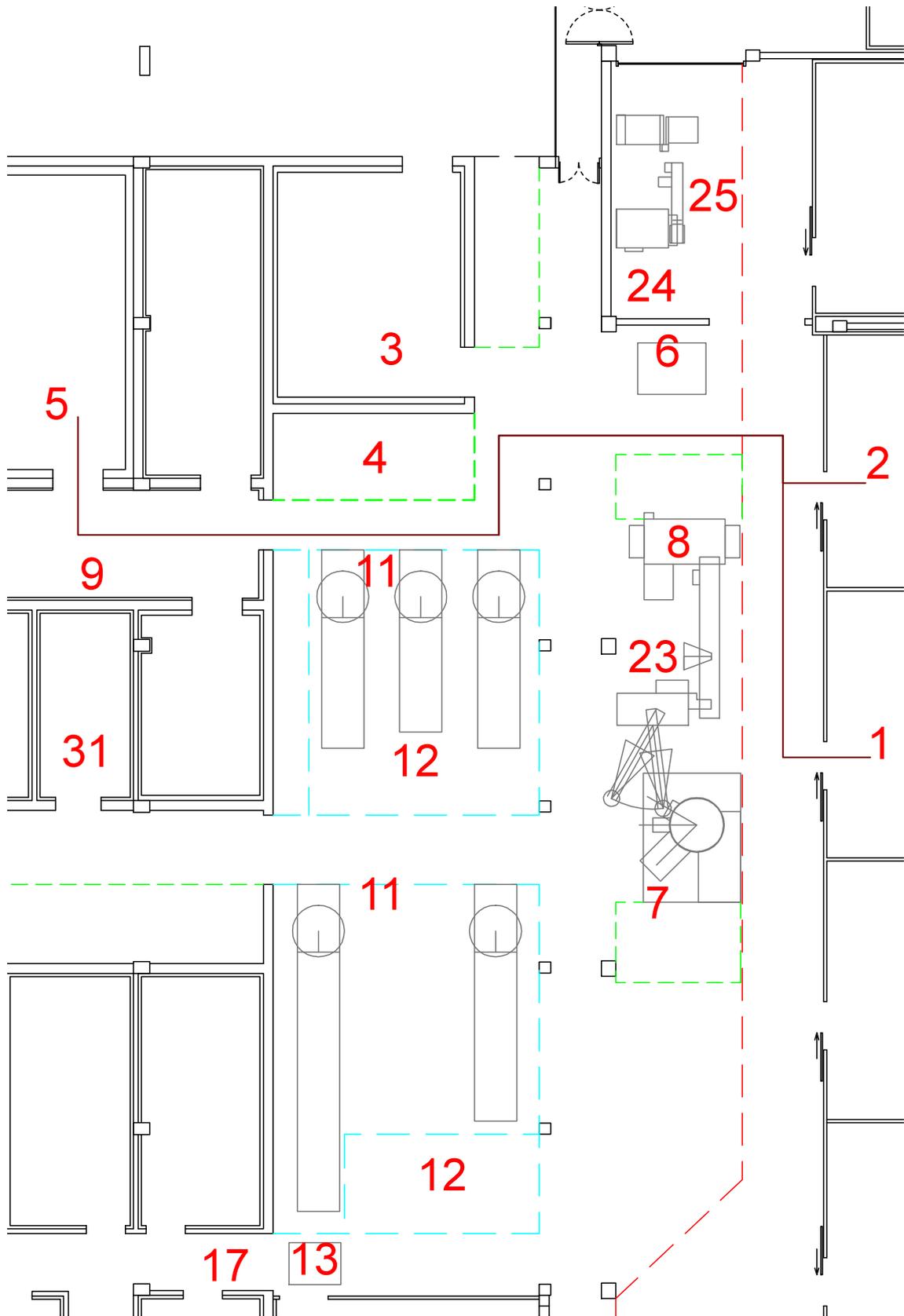


Figura B.1: Movimento 1

- Movimenti 2/3: celle rinvenimento → pesa / pesa → stoccaggio linea di impasto

Flussi: (5, 31) → 6 / 6 → 7

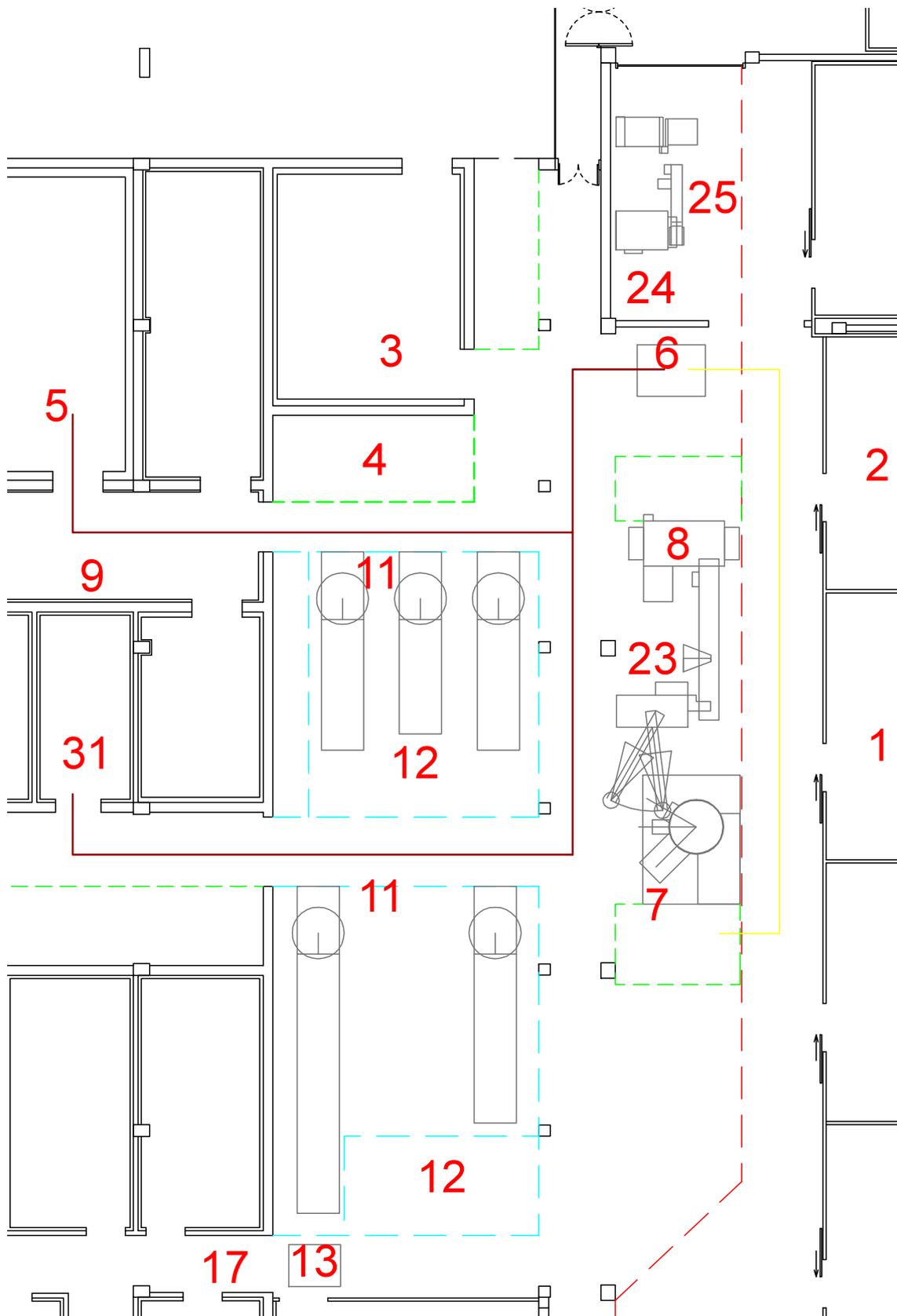


Figura B.2: Movimenti 2/3

- Movimenti 4/5: cutter → insaccatrici / impastatrice → anti-cella

Flussi: 7 → 11 / 8 → (5, 9)

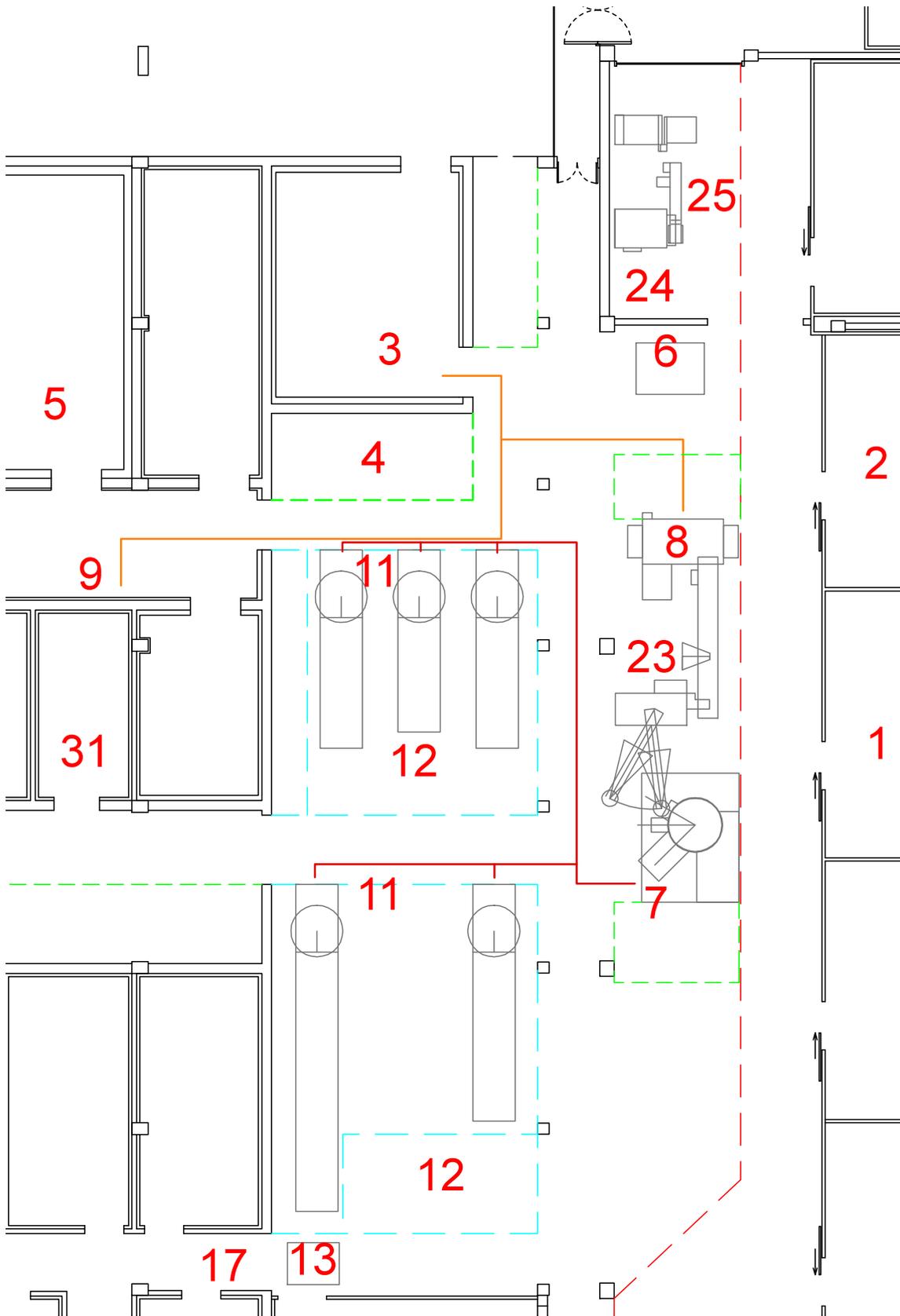


Figura B.3: Movimenti 4/5

- Movimento 6: anti-cella → insacatrici

Flussi: (5, 9) → 11

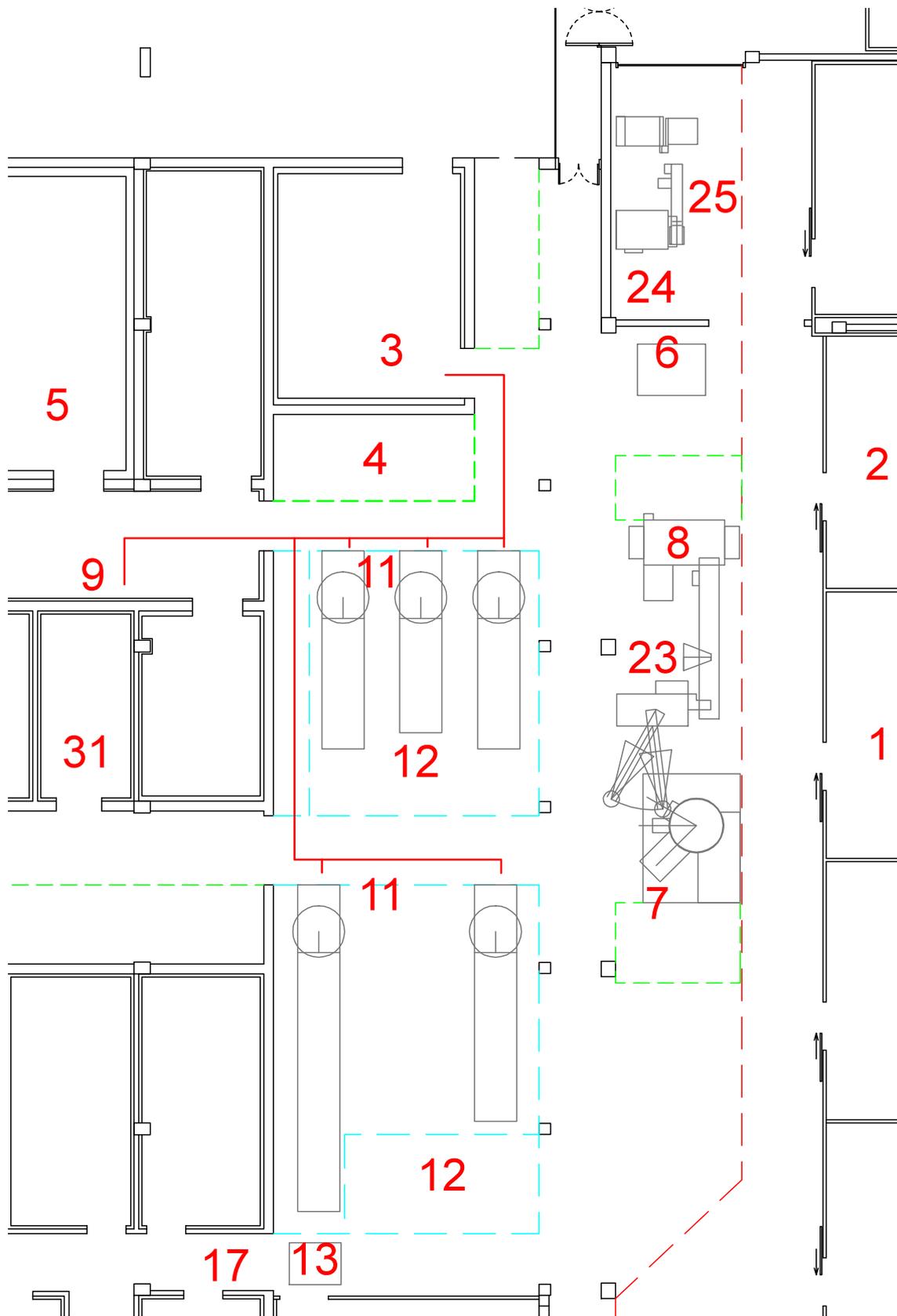


Figura B.4: Movimento 6

- Movimento 7: insaccatrici → pesa

Flussi: 12 → 13

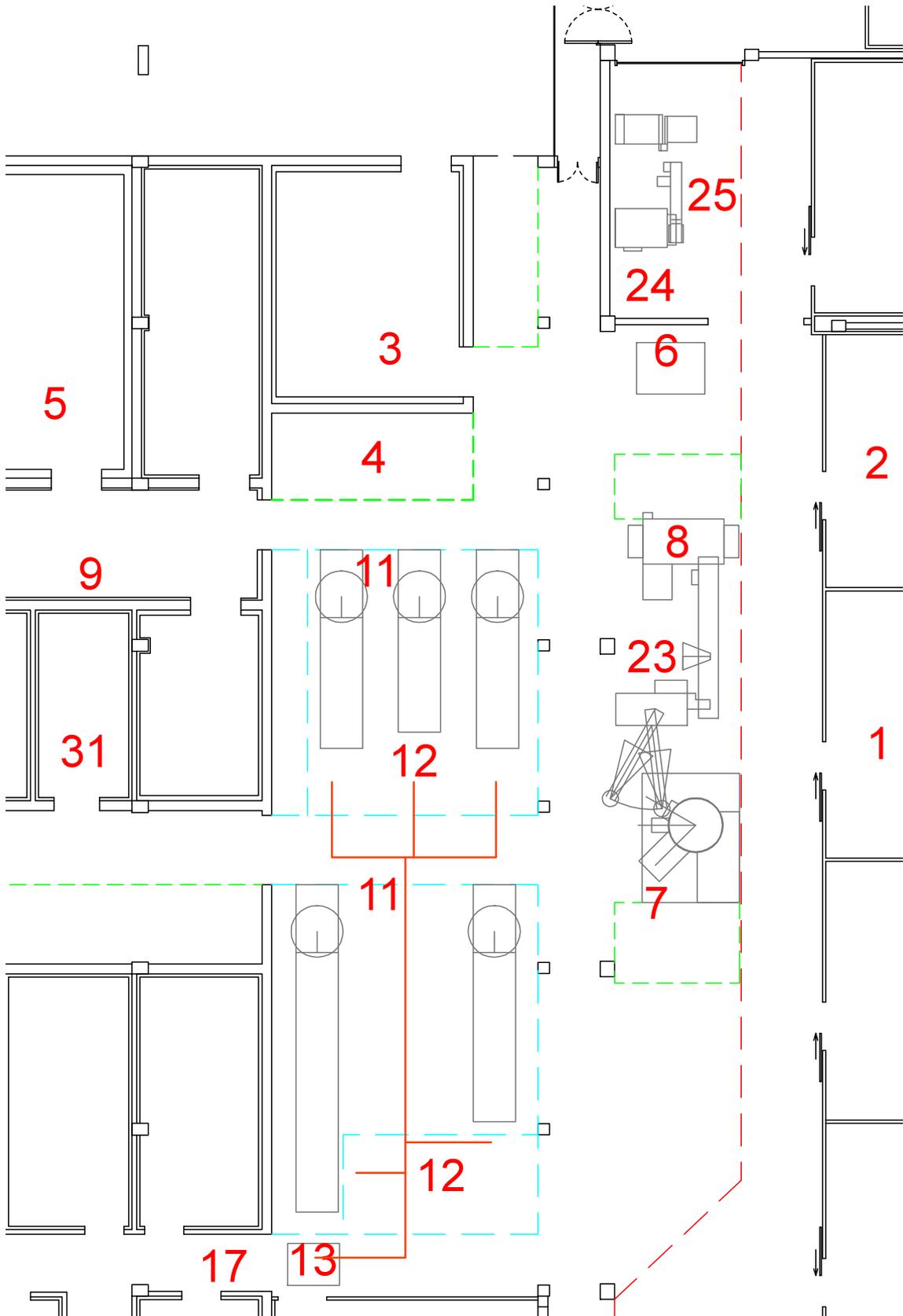


Figura B.5: Movimento 7

- Movimenti 8/8b: pesa → asciugatura / pesa → mantenimento e carico

Flussi: 13 → (14, 15, 16, 17) / 13 → (18, 19, 20)



Figura B.6: Movimenti 8/8b

- Movimento 9: magazzino → sala aromi

Flussi: 21 → 22

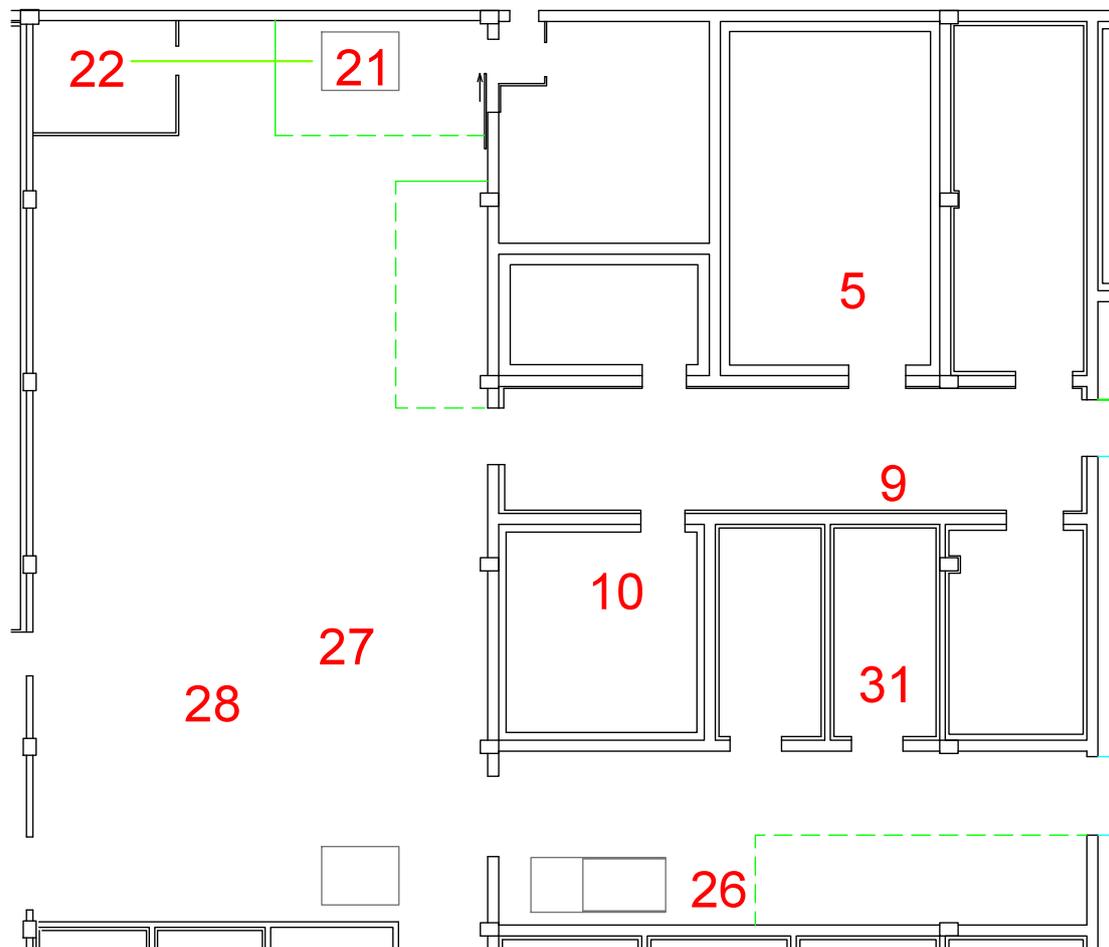


Figura B.7: Movimento 9

- Movimenti 10/11: sala aromi → linea di impasto / celle carne → taglia-lardelli

Flussi: 22 → (7, 23) / 2 → 24



Figura B.8: Movimenti 10/11

- Movimenti 12/13: taglia-lardelli → pesa / pesa → cutter → anti-cella

Flussi: 25 → 6 / 6 → 7 → (3, 9)

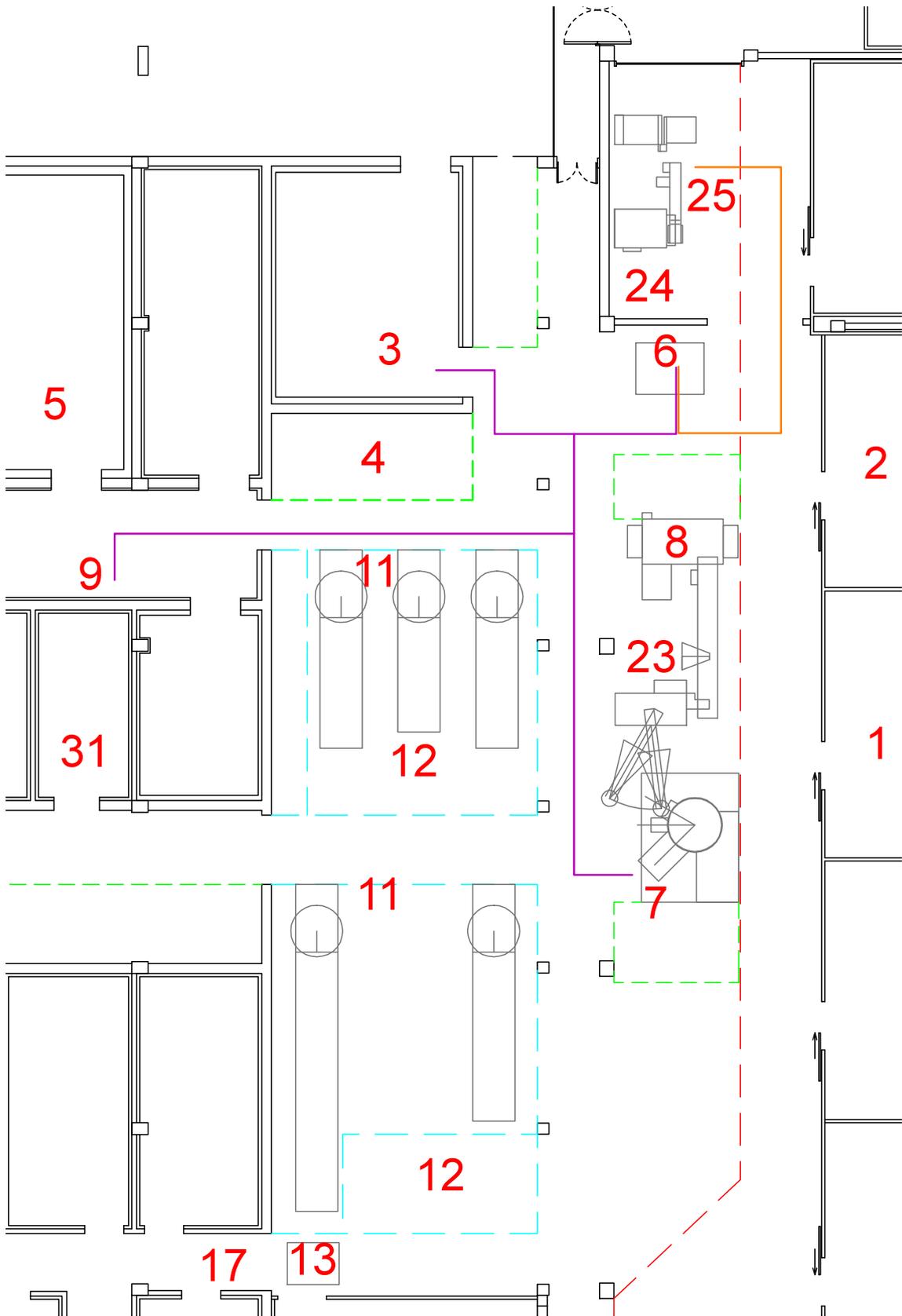


Figura B.9: Movimenti 12/13

- Movimento 14: anti-cella → impastatrice

Flussi: (9, 3) → 8

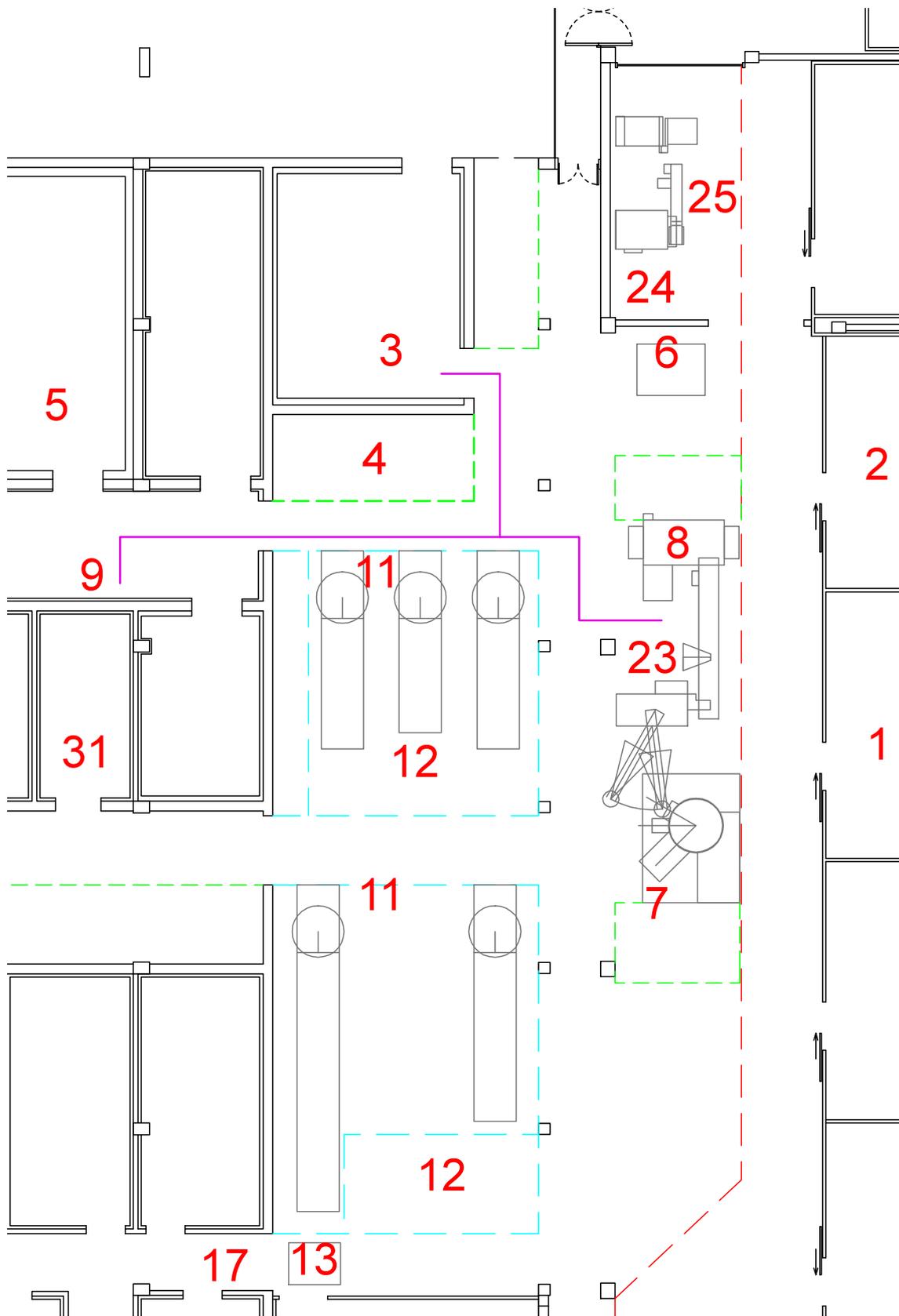


Figura B.10: Movimento 14

- Movimenti 15/16: pesa → ricevimento carni; pesa → piazzale / magazzino → insaccatrici

Flussi: 6 → 20; 6 → 29 / 28 → 12



Figura B.11: Movimenti 15/16

- Movimenti 17/18: pesa → ricevimento carni; pesa → piazzale / magazzino → insaccatrici

Flussi: 6 → 20; 6 → 29 / 28 → 12

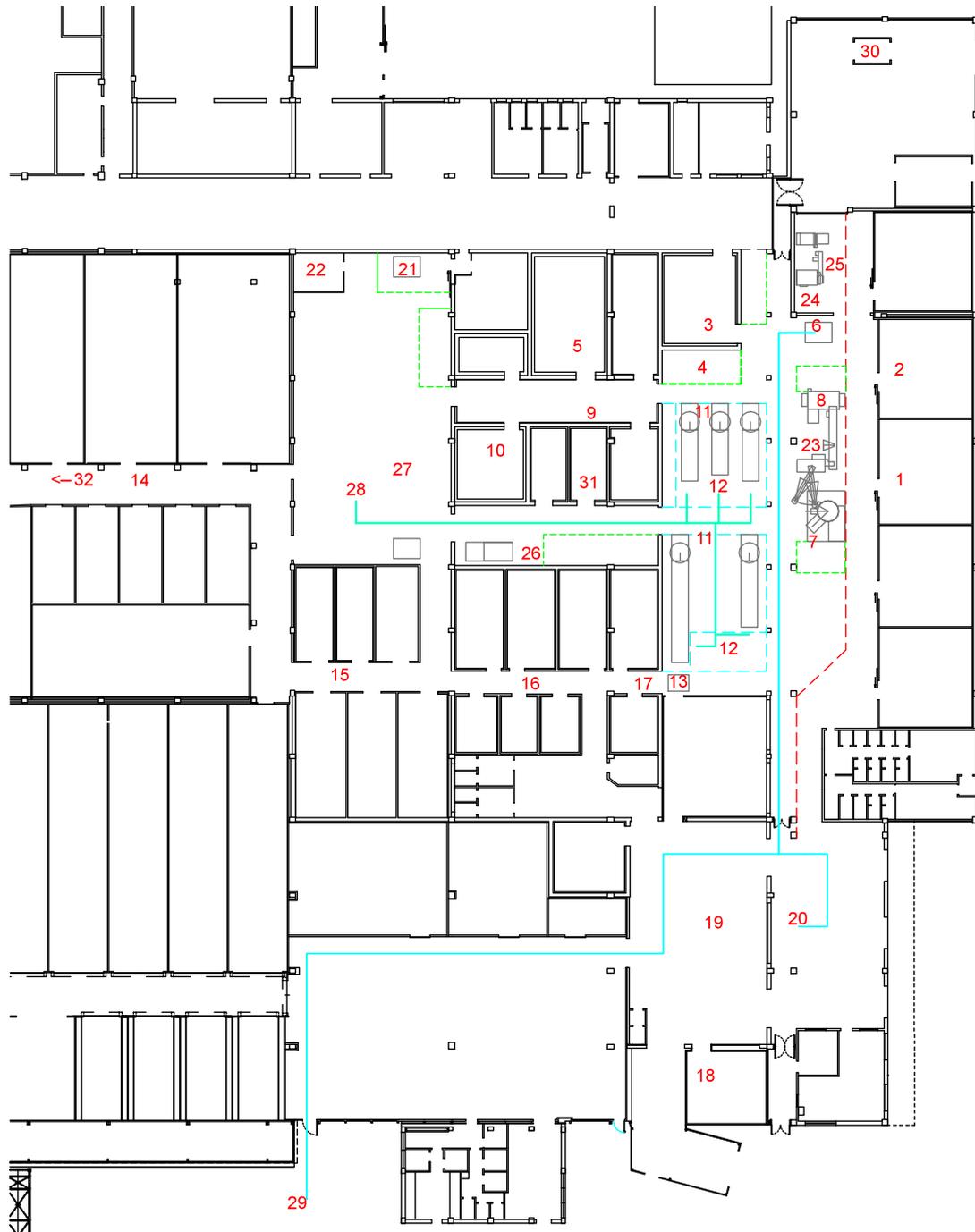


Figura B.12: Movimenti 17/18

- Movimenti 19/20: lava-carrettoni → insaccatrici / piazzale → magazzino → insaccatrici; piazzale → insaccatrici

Flussi: 30 → 12 / 32 → 28 → 12; 32 → 12

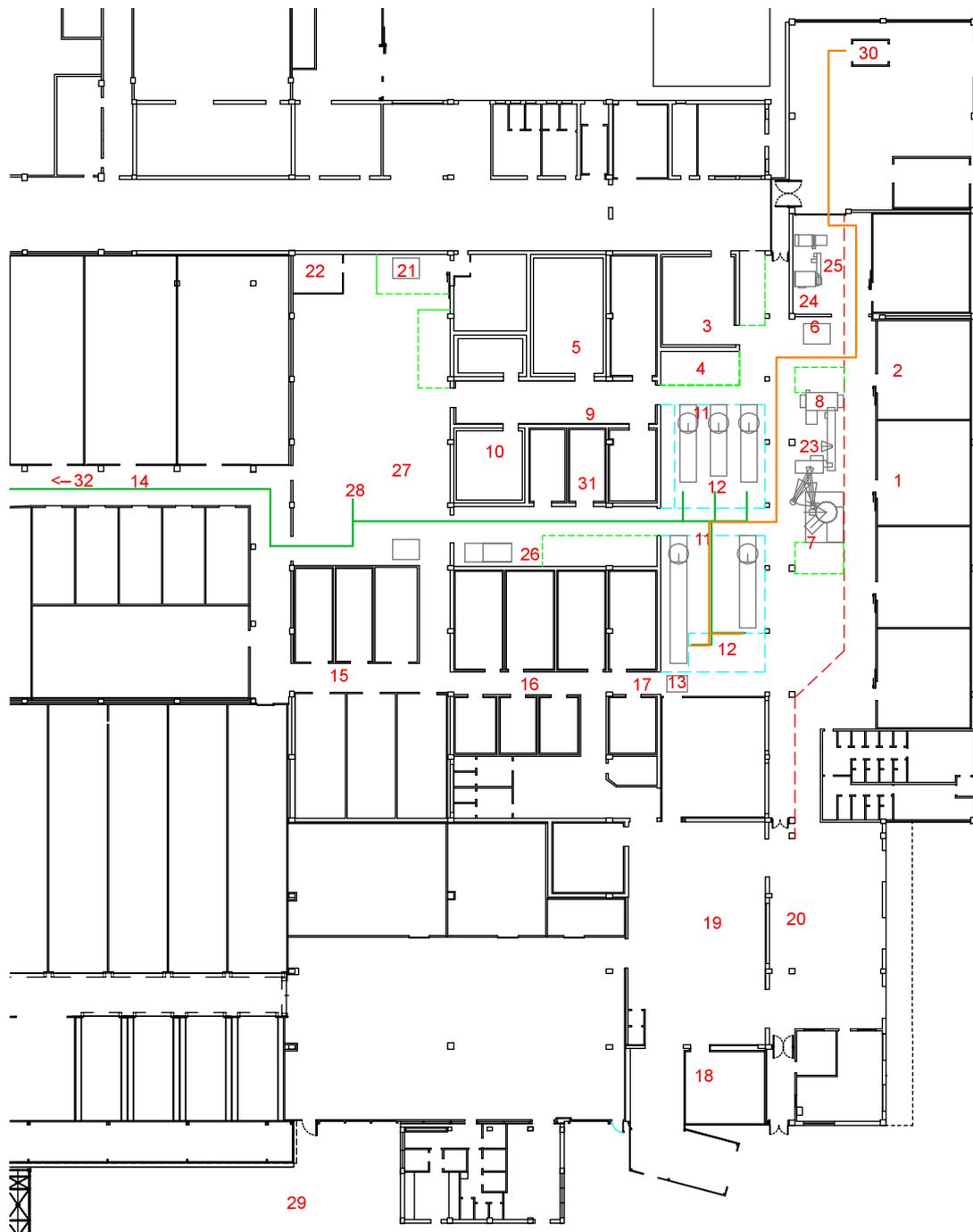


Figura B.13: Movimenti 19/20

Appendice C

Mappe dei flussi fisici - Soluzione B

- Movimento 1: celle carne → celle rinvenimento

Flussi: (1, 2) → 3

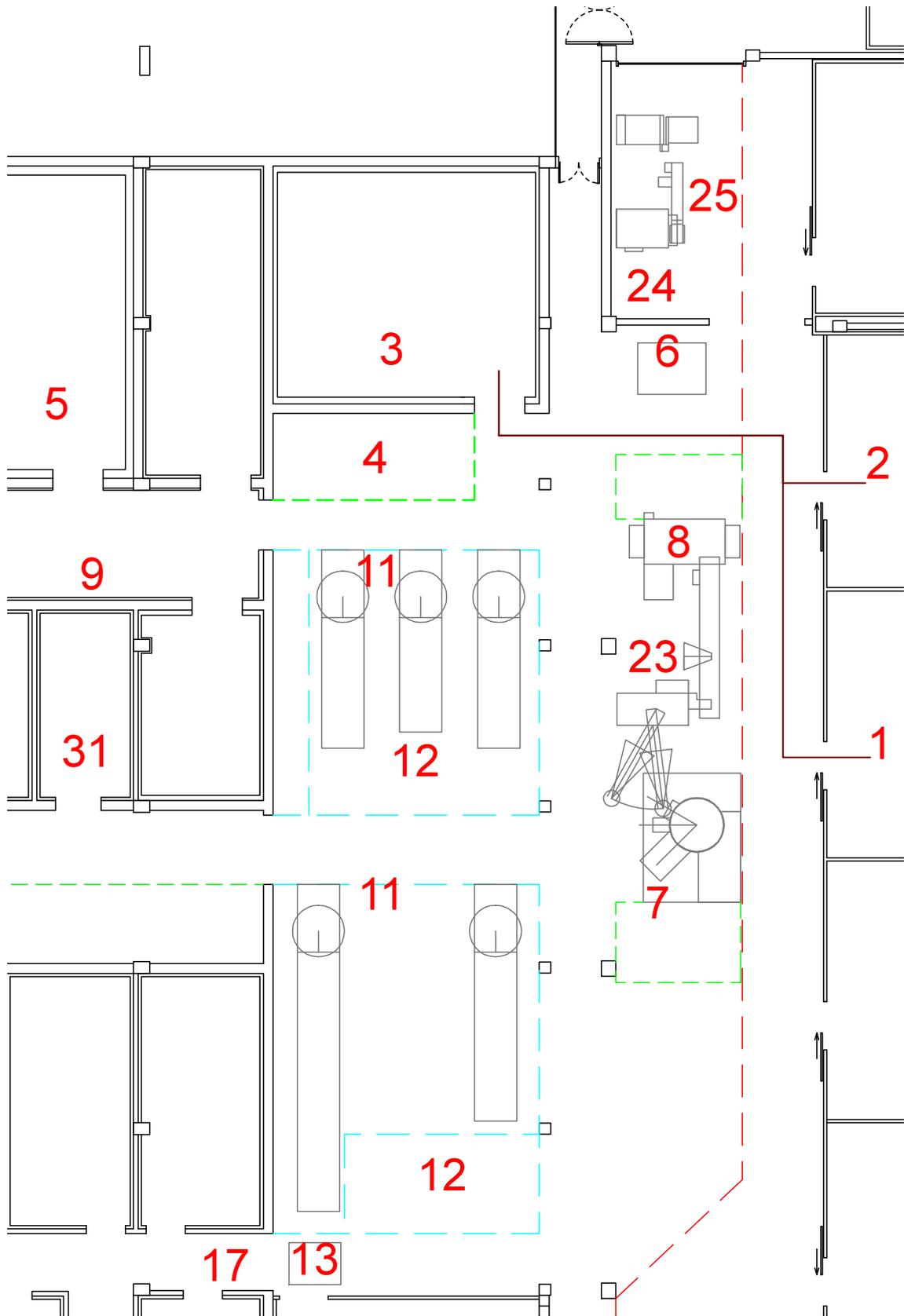


Figura C.1: Movimento 1

- Movimenti 2/3: celle rinvenimento → pesa / pesa → stoccaggio linea di impasto

Flussi: (3, 31) → 6 / 6 → 7

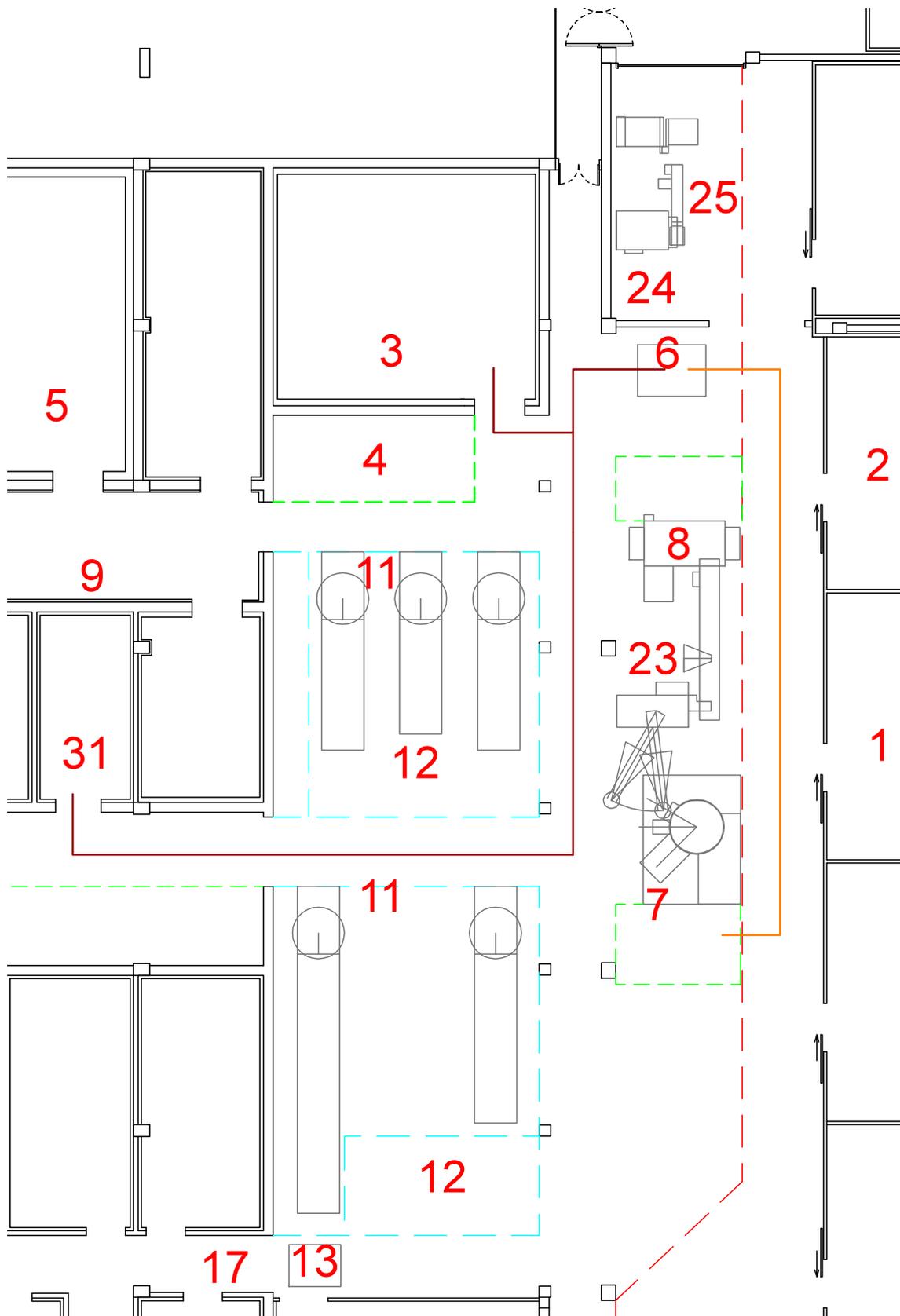


Figura C.2: Movimenti 2/3

- Movimenti 4/5: cutter → insaccatrici / impastatrice → anti-cella

Flussi: 7 → 11 / 8 → (5, 9)

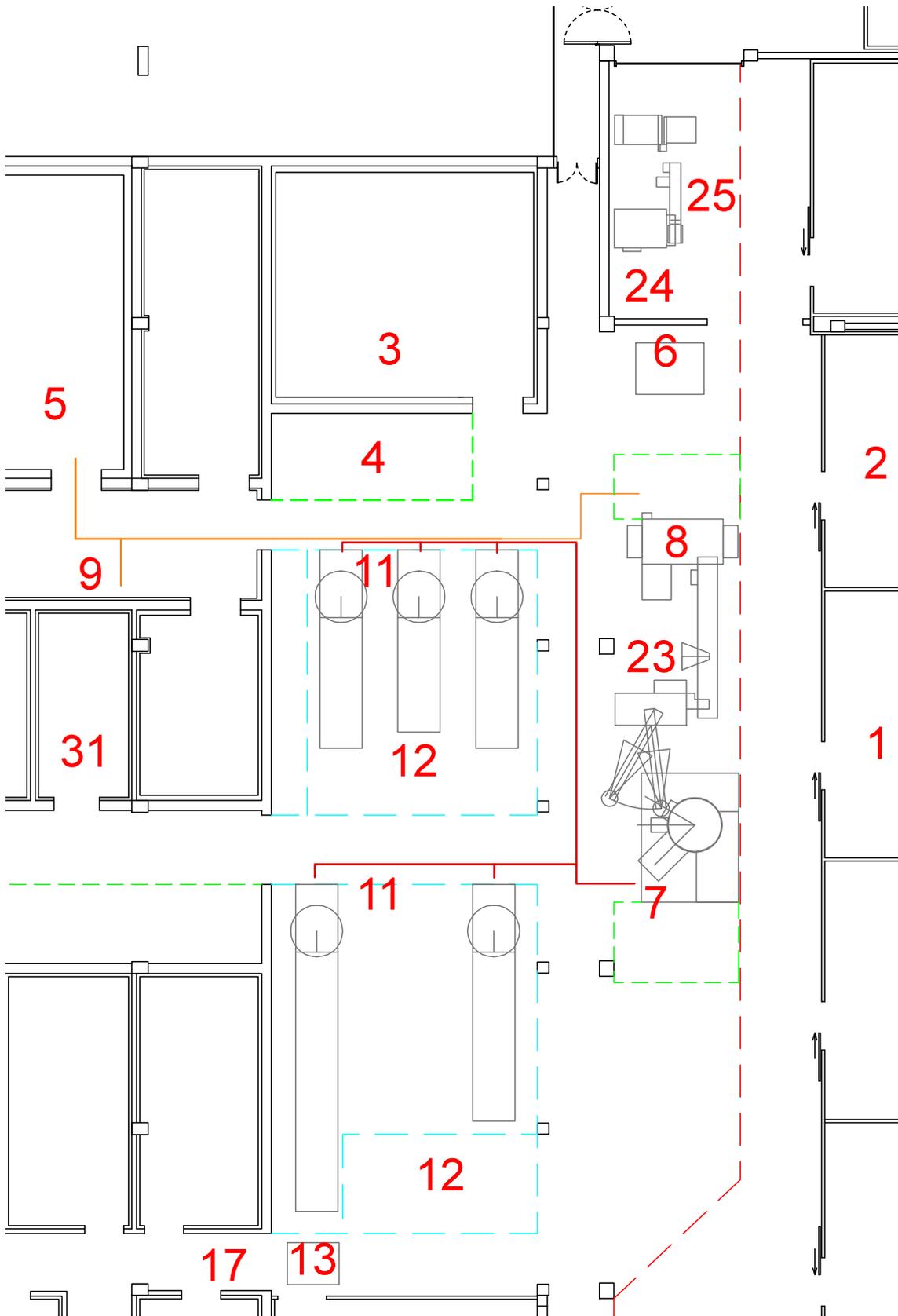


Figura C.3: Movimenti 4/5

- Movimento 6: anti-cella → insacatrici

Flussi: (5, 9) → 11

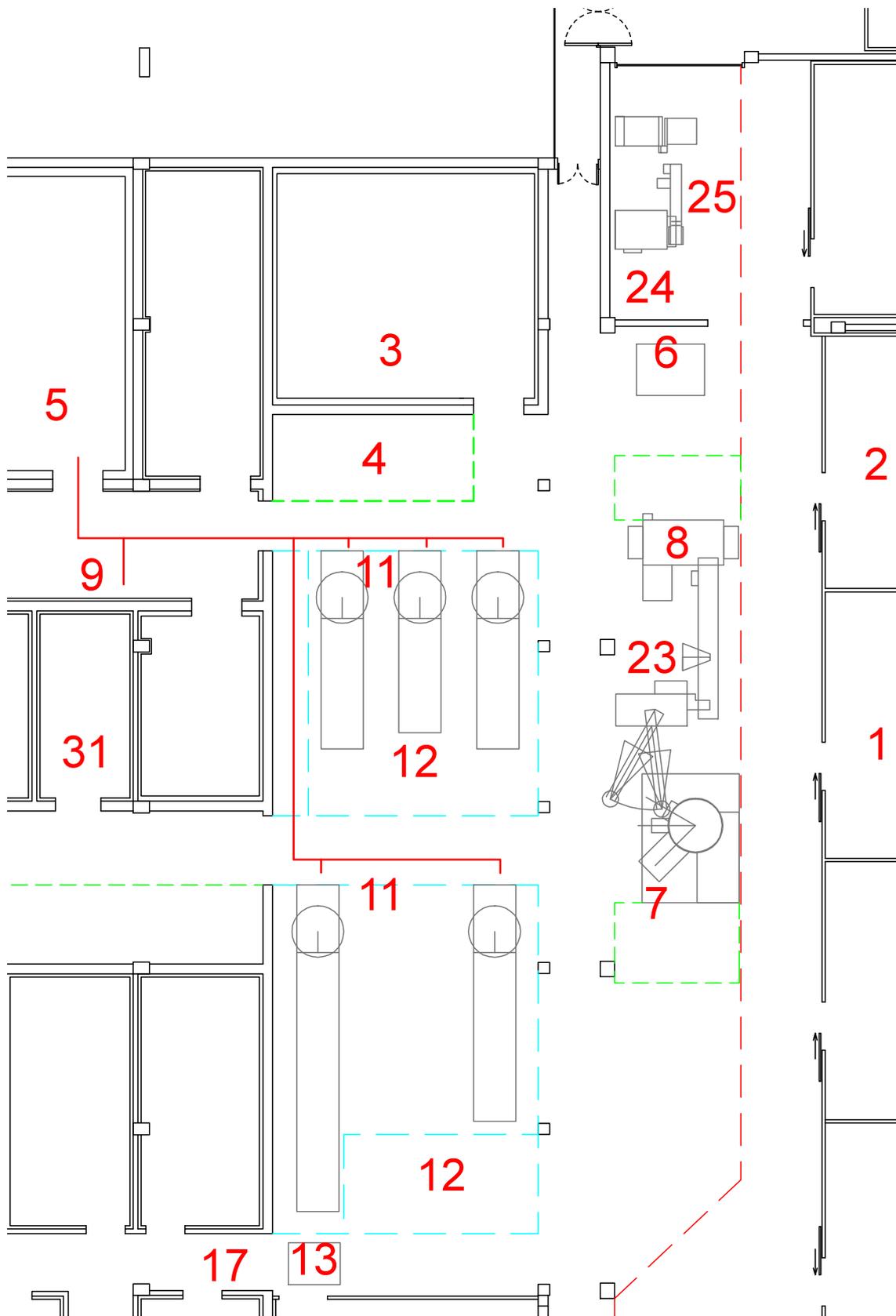


Figura C.4: Movimento 6

- Movimento 7: insaccatrici → pesa

Flussi: 12 → 13

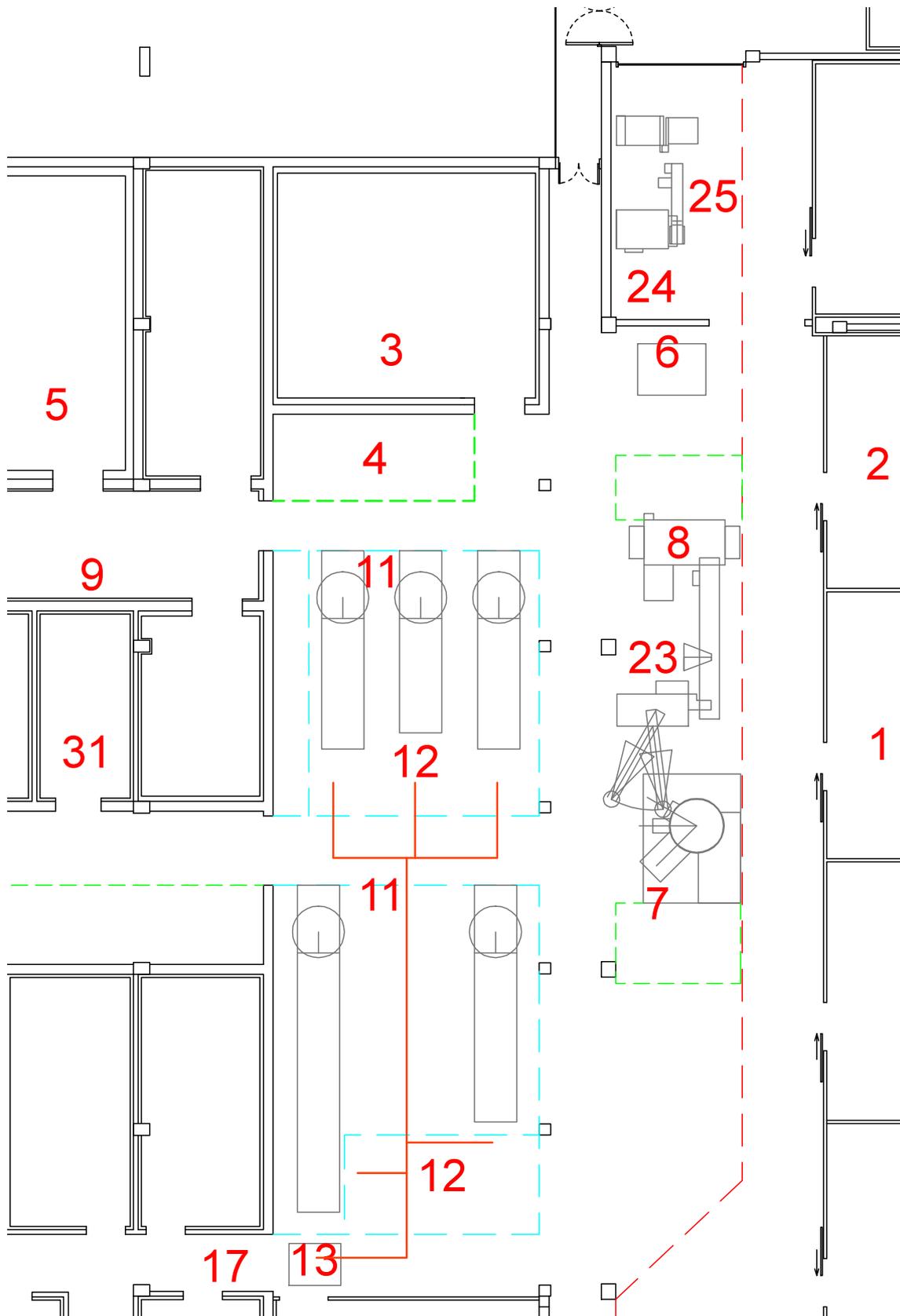


Figura C.5: Movimento 7

- Movimento 9: magazzino → sala aromi

Flussi: 21 → 22

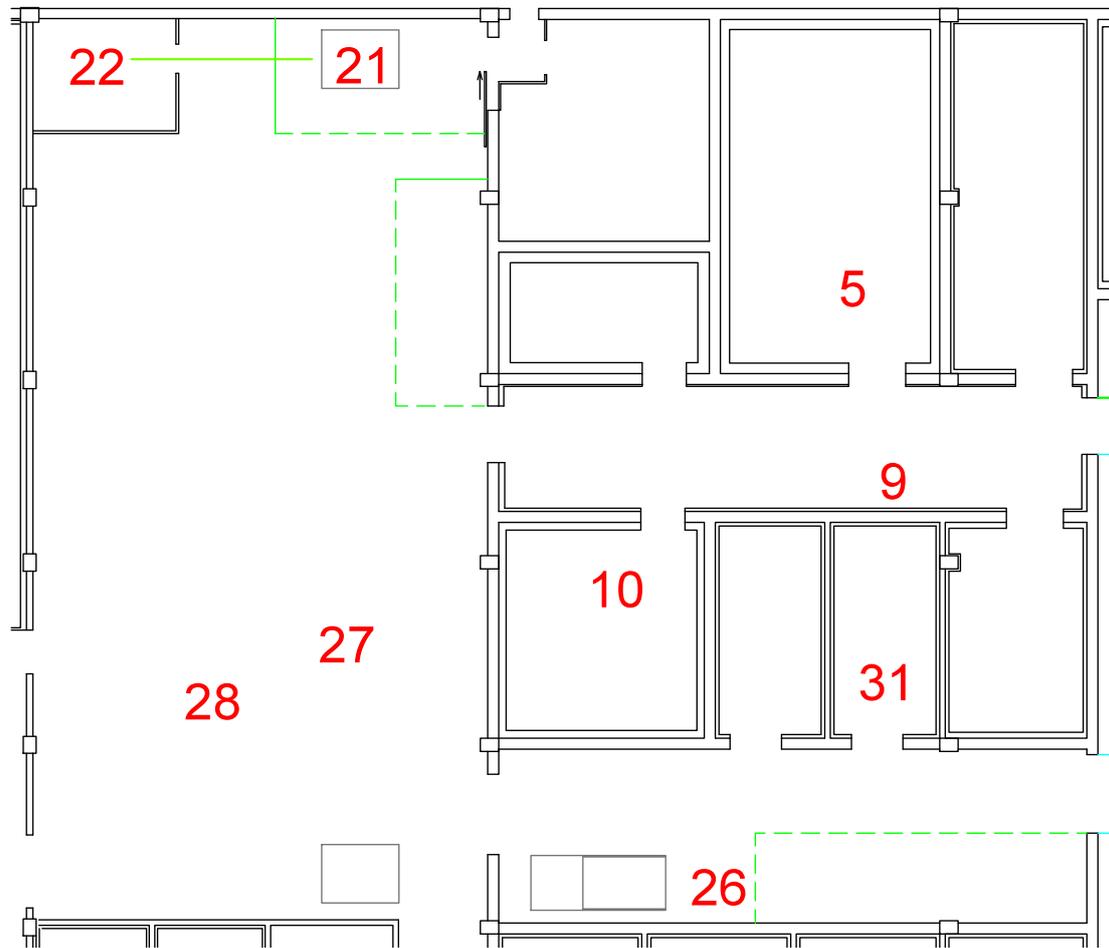


Figura C.7: Movimento 9

- Movimenti 12/13: taglia-lardelli → pesa / pesa → cutter → anti-cella

Flussi: 25 → 6 / 6 → 7 → (5, 9)

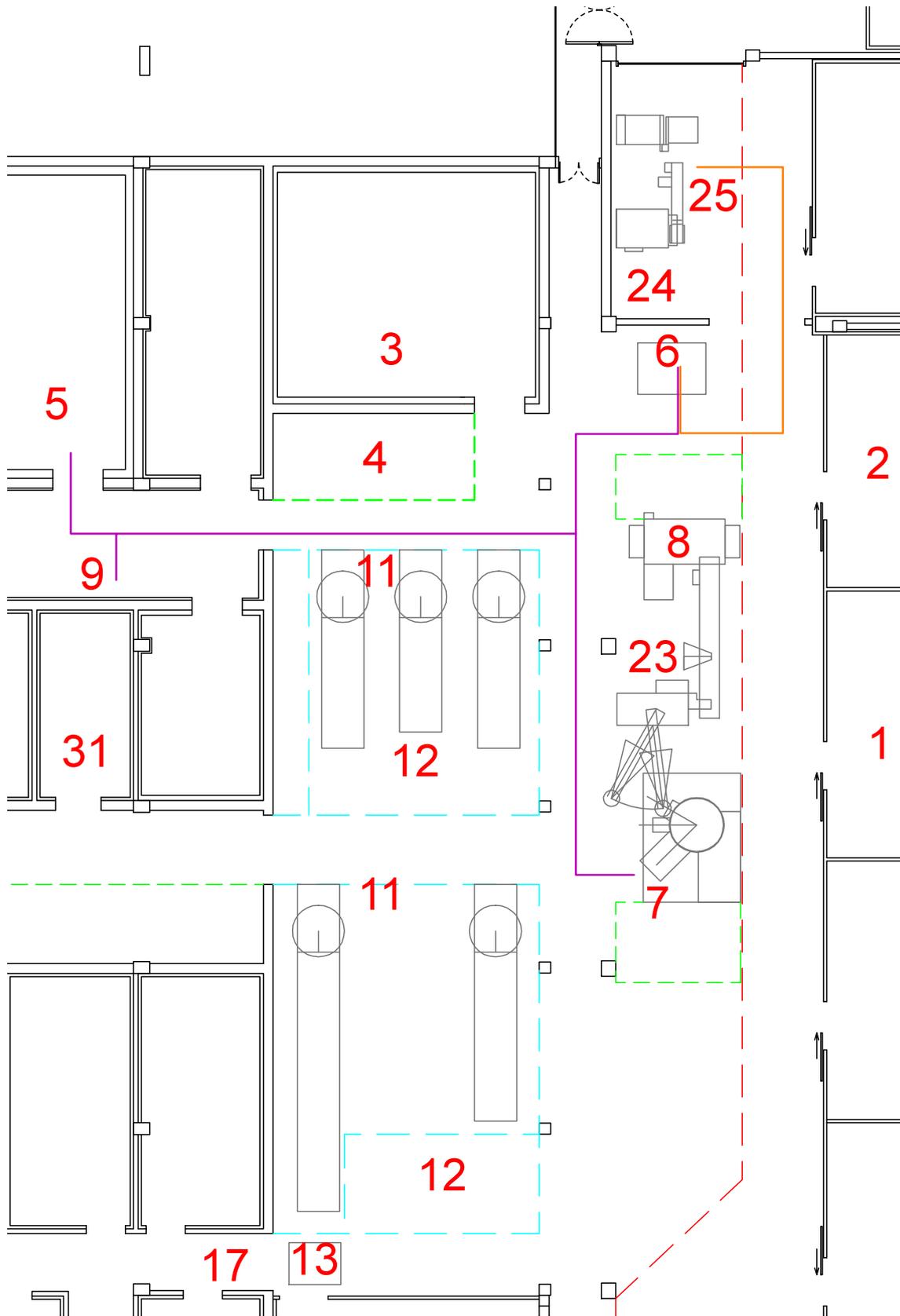


Figura C.9: Movimenti 12/13

- Movimento 14: anti-cella → impastatrice

Flussi: (9, 5) → 8

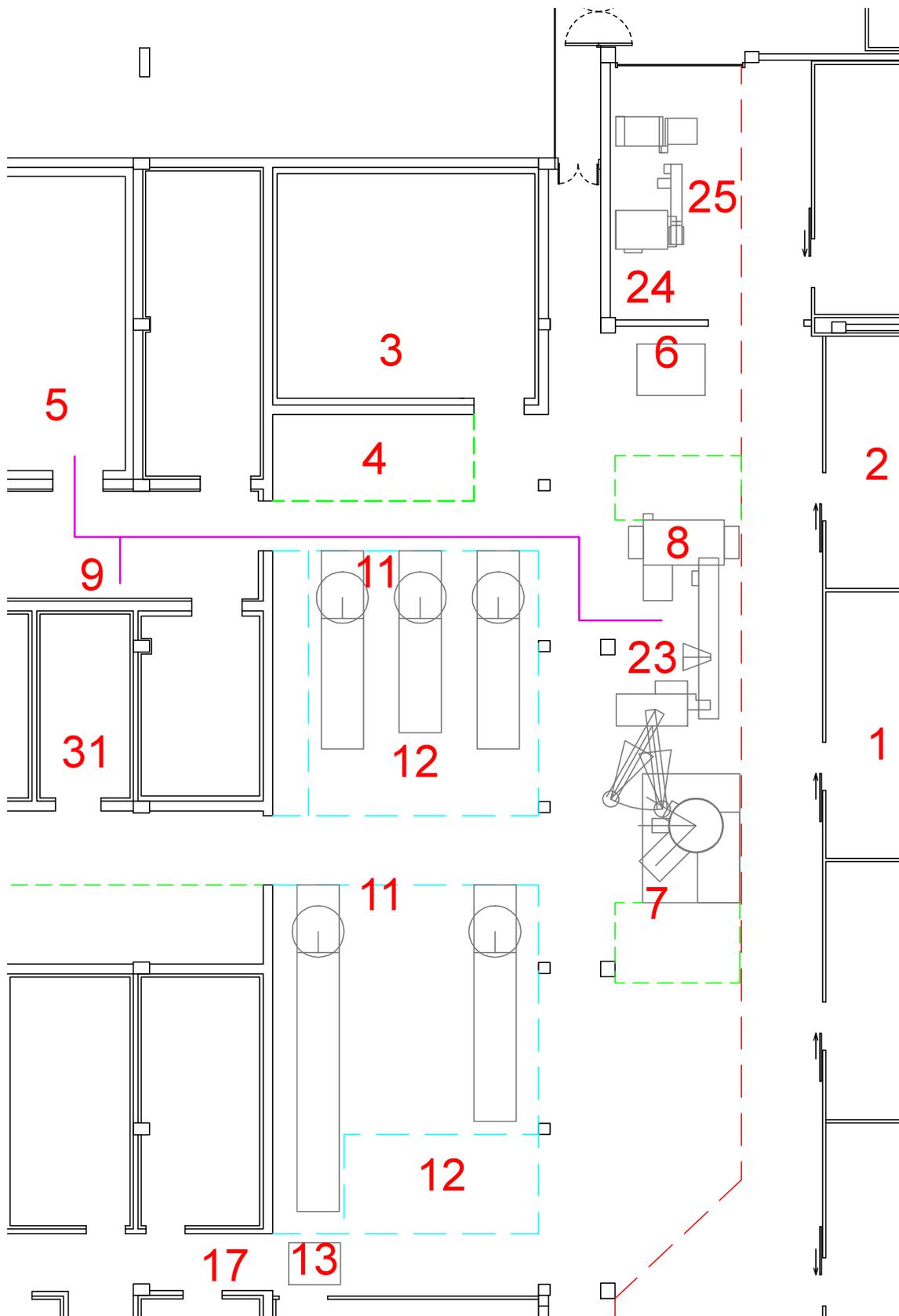


Figura C.10: Movimento 14

- Movimenti 15/16: pesa → ricevimento carni; pesa → piazzale / magazzino → insaccatrici

Flussi: 6 → 20; 6 → 29 / 28 → 12

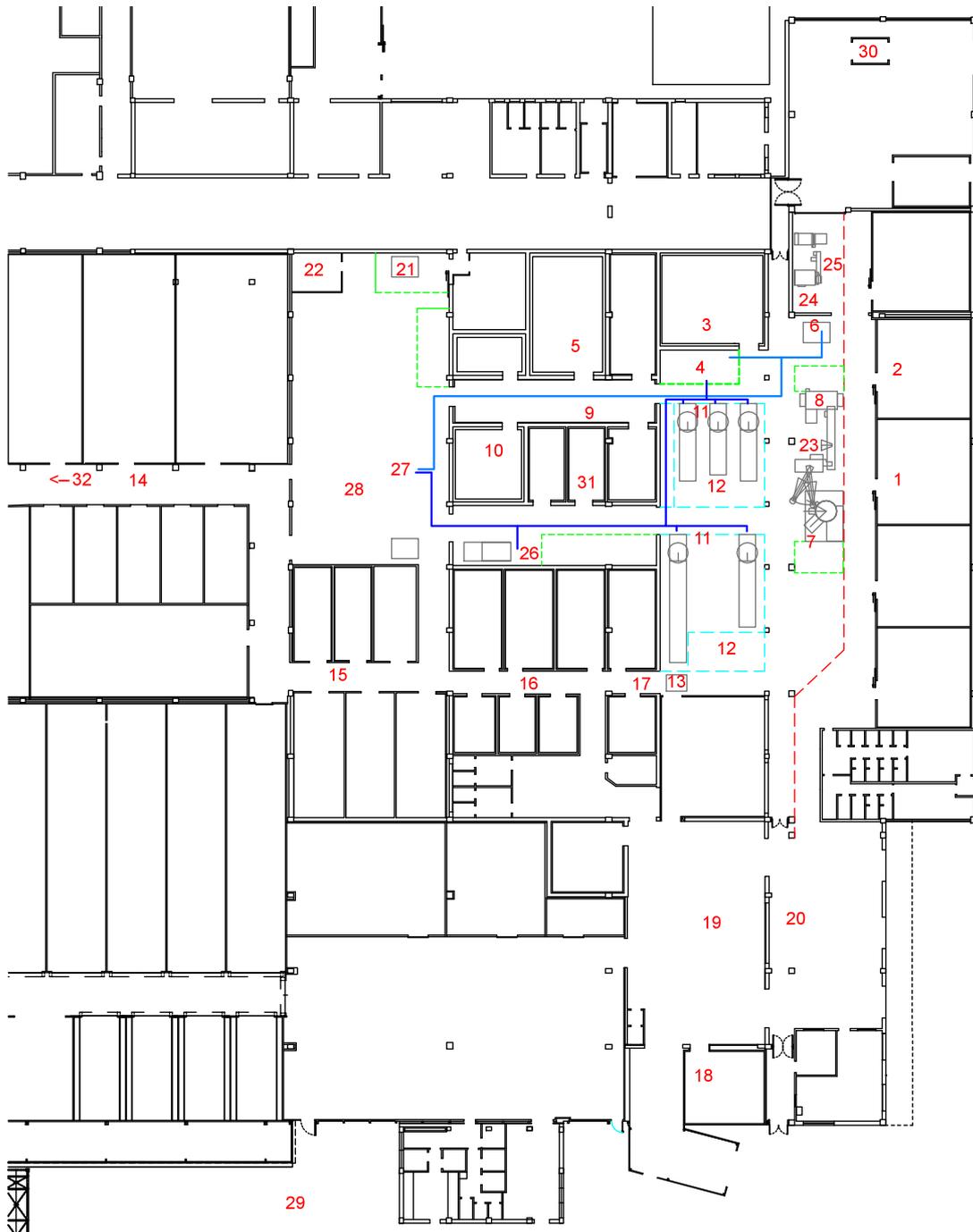


Figura C.11: Movimenti 15/16

- Movimenti 17/18: pesa → ricevimento carni; pesa → piazzale / magazzino → insaccatrici

Flussi: 6 → 20; 6 → 29 / 28 → 12

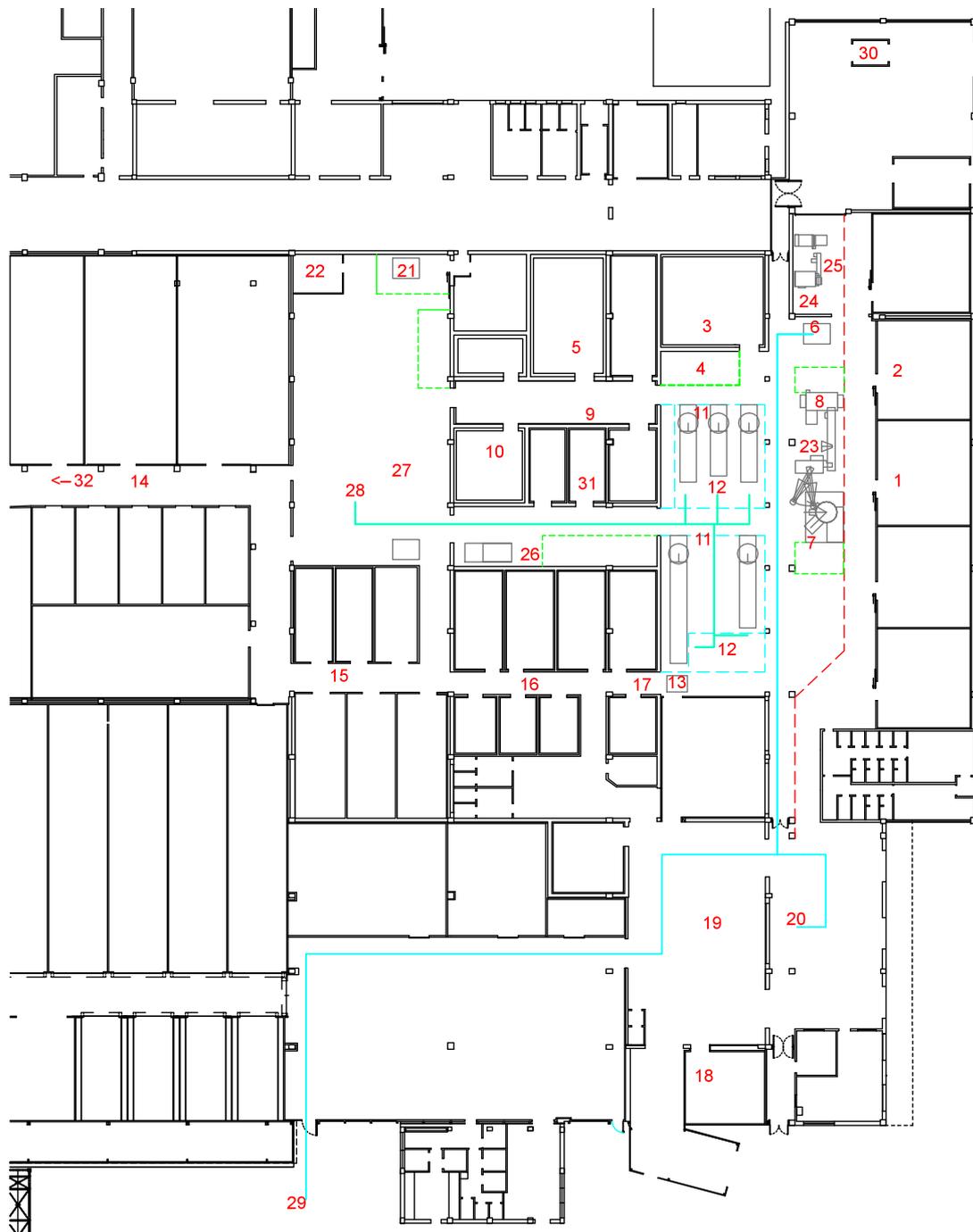


Figura C.12: Movimenti 17/18

- Movimenti 19/20: lava-carrettoni → insaccatrici / piazzale → magazzino → insaccatrici; piazzale → insaccatrici

Flussi: 30 → 12 / 32 → 28 → 12; 32 → 12



Figura C.13: Movimenti 19/20

Appendice D

Fotografie



Figura D.1: Vagonetto



Figura D.2: Vagonetti colmi di Impasto



Figura D.3: Vagonetto colmo di Lardelli



Figura D.4: Linea di impasto



Figura D.5: Carretto



Figura D.6: Carrettone grigliato



Figura D.7: Giostra carica di spalle



Figura D.8: Colonna di arelle carica di rifiature

Ringraziamenti

Vorrei ringraziare tutte le persone che hanno reso possibile la stesura della presente tesi e la conclusione della mia carriera universitaria. In particolare ringrazio:

- la CLAI s.c.a. ed il suo direttore generale e di stabilimento Pietro D'Angeli, che mi ha permesso di partecipare alle attività produttive mettendomi nelle condizioni ottimali per lo sviluppo di questo elaborato;
- l'assistente alla direzione di stabilimento Rudy Magnani, il responsabile dei laboratori di produzione Maurizio Tantini ed il responsabile della manutenzione Mauro Tedaldi, per la pazienza ed il tempo dedicatomi nel condividere la loro esperienza e per avermi fornito tutti i dati necessari;
- Massimiliano Berardi, per essersi reso disponibile ad assolvere tutte le mie richieste, anche le più seccanti e laboriose;
- Simone Carri, ricerca e sviluppo CLAI, per l'esuberante compagnia e le conversazioni più disparate in cui ci siamo intrattenuti;
- i miei compagni d'avventura, Enrico, Alberto, Stefano, Mattia e tutti coloro che, nonostante la differenza di età, mi hanno accolto nel loro gruppo di studio, sostenendomi negli ultimi esami e regalandomi momenti piacevoli e tante risate;
- gli amici di una vita, con cui sono cresciuto e che ora, seppur distribuiti nella regione, sono ancora a me vicini;
- la mia famiglia, per avermi temprato alle avversità della vita con gioie e con dolori;
- la mia ragazza Valeria, per avermi incoraggiato ed aver creduto in me ogni istante.

Heimildir

[1] <http://www.clai.it>

[2] "Prontuario dell'ingegnere", Andrea Guadagni, Hoepli.

[3] "Manuale dell'ingegnere", Nuovo Colombo 84^a edizione, Hoepli.

[4] "Impianti industriali", Arrigo Pareschi, Progetto Leonardo, Esculapio, Bologna.

[5] <http://www.wikipedia.it>