

Ridefinizione dei criteri generali per la pianificazione e il controllo di produzione in aziende alimentari

Popolazione del nuovo sistema ERP aziendale, analisi e documentazione dei cicli di lavorazione e definizione di lotti economici e scheduling ottimale presso lo stabilimento produttivo

Massimo BERTOLINI, Eng., Ph.D.

Assistant Professor
Mechanical Industrial Plants
Production and Operations Management

University of Parma
Department of Industrial
Engineering
via G.P.Usberti, 181/A
43124 Parma (PR)
ITALY

Phone: +39 0521 905861
Fax: +39 0521 905705
Skype: berto1974
Email: massimo.bertolini@unipr.it
Web: www.unipr.it



Agenda

- **I passi del progetto ed i risultati conseguiti:**
 - raccolta ed analisi dei dati
 - studio e supporto all'inserimento dei dati in ERP aziendale
 - nuova raccolta dei dati di produzione
 - riorganizzazione modulistica di produzione
 - identificazione ed analisi dei vincoli produttivi
 - **sviluppo di un controllore di capacità**
 - **indicazione dei lotti ottimali e dello scheduling di produzione**
 - **come rilassare i vincoli - dove recuperare efficienze**
- **Considerazioni e sviluppi conclusivi**

Raccolta ed analisi dei dati ad ottobre 2011

Il progetto è iniziato con la raccolta dai dati relativi alla pianificazione, produzione e consuntivazione disponibili

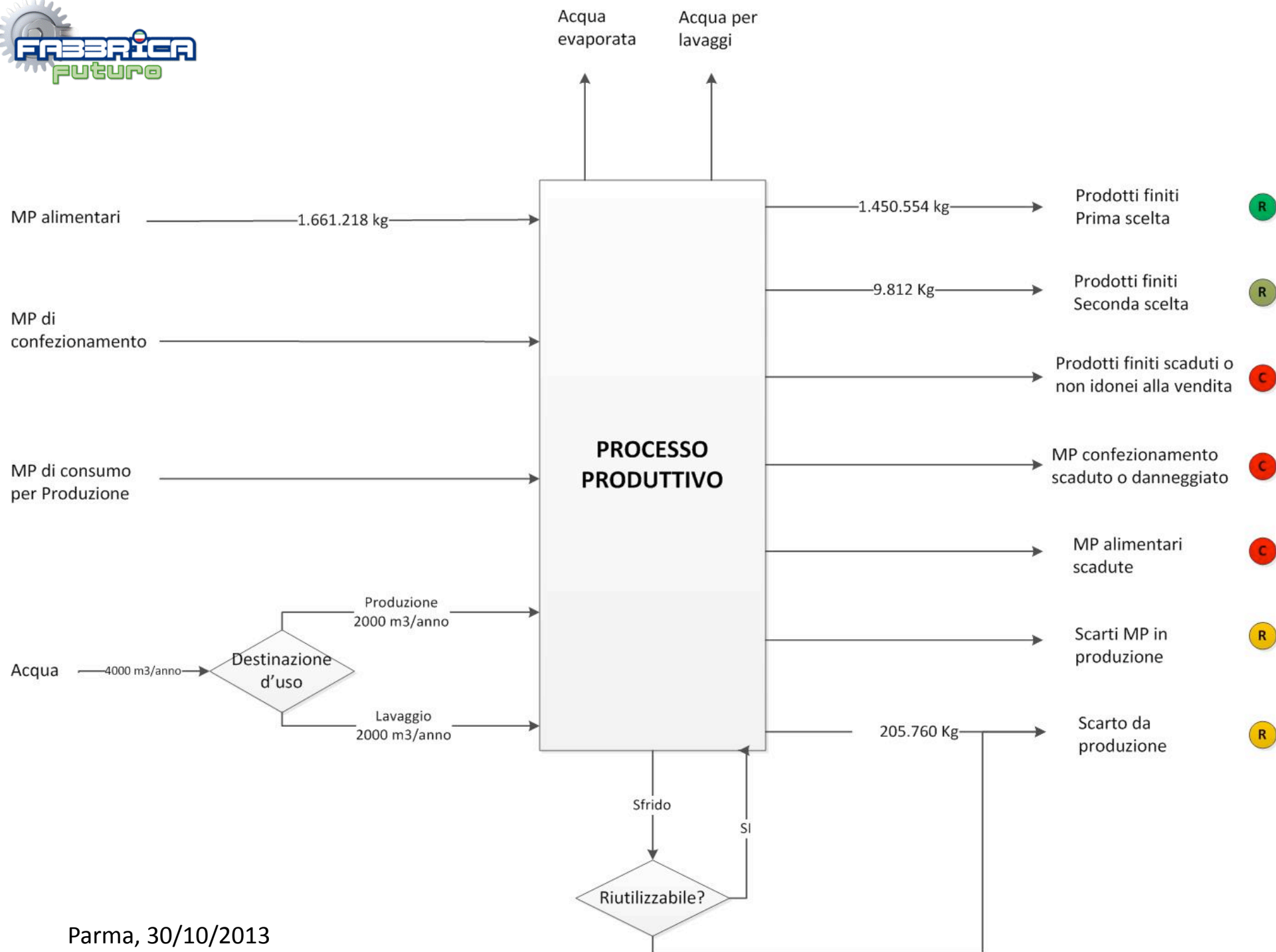
- **Analisi dei processi** - rappresentazioni grafiche con differenti tecniche di mappatura:
 - *si è creato il diagramma IDEFØ relativo a **pianificazione, produzione e controllo**;*
 - *è stato costruito il diagramma di flusso interfunzionale relativo alla **pianificazione**;*
 - *si è creato il diagramma ASME relativo alla **sola produzione***
- **Obiettivo:**
 - **fotografare il processo** a differenti livelli di dettaglio per comprendere a fondo le attività della pianificazione/produzione/controllo di Surgelati Srl
 - *Analisi dei **flussi fisici in ingresso/uscita** dalla produzione Surgelati Srl:*
 - la scarsa quantità di dati a disposizione ha suggerito lo sviluppo di un'analisi approssimativa dei flussi fisici della produzione Surgelati Srl

Analisi dei flussi fisici IN/OUT

- Legenda (dati 2010 e 2011 - fino a settembre):

Simbolo	Descrizione
 R	Ricavo generato dai Prodotti di Prima Scelta venduti a prezzo “pieno”
 R	Ricavo generato dai Prodotti di Seconda Scelta venduti a prezzo ridotto a causa di imperfezioni sul prodotto finito. Vi è un costo opportunità dato dalla differenza tra il prezzo “pieno” e quello scontato.
 R	Ricavo generato dalla vendita degli scarti alimentari di produzione. Rappresenta un ricavo esiguo, inferiore ai costi sostenuti.
 C	Costo per smaltimento rifiuti

- Flusso fisico dell'acqua: (i) di prodotto, (ii) evaporata e (iii) di processo
- Considerazioni iniziali: Prima Scelta, Seconda Scelta, scarti e sfridi



Analisi dei flussi fisici IN/OUT

2010		IN	Scostamento	% out su input
Acquisti MP		1.218		
Versato a magazzino Prima Scelta				98,2%
Versato a magazzino Seconda Scelta				0,0%
Scarto di produzione	205.760			12,6%
Acqua aggiunta		203.807		0,0%
Acqua evaporata	67.936			3,6%
TOTALE	1.734.061	1.865.025	130.963	7,0%
				100,0%

2011	OUT	IN	Scostamento	% out su input
Acquisti MP		887.152		
Versato a magazzino Prima Scelta	1.010.126			98,2%
Versato a magazzino Seconda Scelta	315,00			0,0%
Scarto di produzione	129.720			12,6%
Acqua aggiunta				0,0%
Acqua evaporata	47.000			4,6%
TOTALE	1.187.166			-15,5%
				100,0%

Stima ripartizione
acqua produzione-
lavaggio sbagliata

Scostamenti tra IN/
OUT: dato **NON**
allarmante

Acqua evaporata stimata in
modo estremamente
cautelativo

Scarti di produzione
dichiarati: dato importante

Studio e supporto all'inserimento dei dati in ERP aziendale

- Al fine di poter consentire un passaggio al nuovo gestionale aziendale, era necessario **trovare ed inserire** una serie di **dati** precedentemente non disponibili/strutturati:
 - revisione BOM per il loro inserimento in ERP aziendale
 - individuazione dei centri di costo e delle fasi di lavorazione
 - definizione delle fasi di lavorazione per ciascun prodotto
 - imputazione delle "teste" necessarie per ciascun prodotto su ciascun centro di costo
- Le problematiche riscontrate nell'affrontare i passaggi elencati precedentemente hanno evidenziato la **necessità di svolgere una raccolta dati strutturata** nel reparto produzione di Surgelati Srl
- Al fine di organizzare la raccolta si è condivisa una lista di informazioni da raccogliere e monitorare

Analisi BOM - Criticità

- **BOM non mantenute in relazione ai consumi effettivi:**
 - *è periodicamente necessario confrontare ciò che la distinta prevede con quanto statisticamente consumato - attività non svolta.*
- **I codici utilizzati per identificare MP, SL e PF non sono parlanti:**
 - *ed in alcuni casi le codifiche risultano incomplete e non standardizzate.*
- Le distinte dei ripieni e degli impasti **non** sono interconnesse con le distinte delle brasiera e delle impastate, **sia dal punto di vista della codifica sia a livello informativo:**
 - *le due strutture vengono infatti gestite come entità indipendenti;*
 - *i codici dei ripieni e degli impasti sono slegati dai codici brasiera e impastata che le hanno generate.*
- **Le ricette utilizzate in Produzione non sono codificate**

Analisi BOM - Criticità

- L'utilizzo delle BOM di impastate e brasiere **per la consuntivazione della produzione può generare dati fuorvianti circa i consumi di materie prime:**
 - *impossibile verificare se effettivamente l'operatore abbia seguito con precisione la ricetta riportata a bordo macchina;*
 - *si vincola la registrazione della produzione ai macchinari presenti nei reparti.*
- Mancanza del livello guarnitura (**elementi inseriti in impasto e/o ripieno**)
- Mancanza di alcuni elementi in distinta (es. **farina per sfarinatori ed acqua**)
- I semilavorati Impasto e Ripieno sono gestiti a numero in rapporto 1:1 al kg di prodotto finito:
 - *se un impasto/ripieno è utilizzato da più prodotti finiti in proporzioni differenti, deve essere codificato con codici differenti*

Analisi BOM - Proposte di miglioramento

- i. **Ridefinizione della struttura** della BOM del prodotto nei livelli ed elementi che ne fanno parte
- ii. **Revisione delle unità di misura** utilizzate per i semilavorati e rielaborazione dei coefficienti d'uso per il calcolo dei quantitativi “esplosi”
- iii. **Integrazione dell'acqua** tra le MP in distinta
- iv. Valutazione delle **possibili alternative** in risposta alle **diverse tipologie di impasto** (vergine; rimpastato, rilaminato)
- v. **Riprogettazione della fase di prelievo** delle **MP** da magazzino e della reportistica ad esso associata

i. Ridefinizione struttura



Ritorna alla slide:
[Inserimento dati in ERP](#)

Fasi di lavorazione individuate

#	FASI	CENTRO	DESCRIZIONE
1	PRELIEVO DA MAGAZZINO	CUCINA	Il cuoco preleva dalla cella le materie prime necessarie al ripieno
2	CUTTERAGGIO	CUCINA	Operazione di caricamento, avvio e scarico cutteratrice
3	MISCELAZIONE/COTTURA	CUCINA	Operazione di caricamento, avvio e scarico brasiera
4	GRATTUGIATURA	CUCINA	Operazione di caricamento, avvio e scarico grattugiatrice
5	IMPASTATA	IMPASTO	Operazione di caricamento, avvio e scarico impastatrice
6	IMPASTATA PRIMI PIATTI E LAMINAZIONE	IMPASTO	Operazione di caricamento, avvio e scarico impastatrice per tortelli e cappelletti
7	LAMINAZIONE RONDO 1	LAMINAZIONE	Tutte le operazioni che richiedono la linea rondo 1
8	LAMINAZIONE RONDO 2	LAMINAZIONE	Tutte le operazioni che richiedono la linea rondo 2
9	LAMINAZIONE MANUALE	LAMINAZIONE	Fase inserita solo per erbazzone e gnocco, per maggior probabilità di ricorrere al macchinario
10	FORMATURA PRIMI PIATTI	FORMATURA	Operazione di caricamento e avvio macchina di formatura per primi piatti
11	FORMATURA LINEA 1	FORMATURA	Operazione di caricamento e avvio linea formatura 1
12	FORMATURA LINEA 2	FORMATURA	Operazione di caricamento e avvio linea formatura 2
13	SURGELAZIONE LINEA 1	SURGELAZIONE	Surgelamento nel tunnel 1
14	SURGELAZIONE LINEA 2	SURGELAZIONE	Surgelamento e controlli nel tunnel 2
15	CONF. LINEA 1	CONFEZIONAMENTO	Confezionamento e controlli prodotti della linea 1 (astuccio/sacchetto dentro fino al cartone)
16	CONF. LINEA 2	CONFEZIONAMENTO	Confezionamento prodotti della linea 2 (astuccio/sacchetto dentro fino al cartone)
17	CONF. TERZIARIO	CONFEZIONAMENTO	Creazione del pallet
18	STABILIZZAZIONE	STABILIZZAZIONE	Trasporto e "attesa" in cella di stabilizzazione

Nuova raccolta dati di produzione

- Metodologia scelta: monitorare un reparto/centro di costo alla volta
- Moduli strutturati in due categorie:
 - moduli per uso quotidiano: più snelli, solo informazioni indispensabili
 - moduli per uso a campione: raccolta dati intensiva (attenzione a tempi e masse)
- Sono stati appositamente creati moduli per entrambe le categorie (maggiore attenzione alla seconda)
- I dati sono stati raccolti con monitoraggi diretti in produzione svolti dal 16/01 al 02/03/ ed organizzati nei seguenti reparti:
 - cucina
 - impasti/laminazione
 - formatura
 - confezionamento

Reparto Cucina

- Monitorati **6 tipi di ripieno in brasiera**:
 - *B001*
 - *B102*
 - *B104*
 - *B058*
 - *B055*
 - *B032*
- Monitorati **3 tipi di ripieno al cutter**:
 - *B018*
 - *B020*
 - *B017*
- Monitorate **lavorazioni al cutter** ed alla **grattugiatura** per rilevazione dei tempi ciclo delle macchine

Reparto Cucina - Masse

- La misurazione delle masse in gioco nel reparto cucina è un'operazione complessa:
 - *mancanza di strumenti adeguati* per la misurazione delle masse in gioco
 - *il transpallet con bilancia non può essere utilizzato per la pesatura dei vagonetti*
 - *la bilancia di cucina è ad oltre 1m di altezza - difficoltà nella pesatura dei vagonetti*
 - *la misura di ciascuna brasiera: 10 pesature da circa 40 kg + trasferimento ripieno da una cassa al vagonetto*
- Calo peso:
 - *Circa il 3% per il **primo ciclo** su ciascuna **brasiera** (1 misurazione)*
 - *Circa l'1,5% per i **cicli successivi** al primo su ciascuna brasiera (2 misurazioni)*
 - *Il calo peso è inferiore all'1% per i ripieni **cutterati***

Reparto Cucina - Tempi e personale

- Tempi registrati per 39 brasiere (8 al dettaglio della singola operazione) e 4 ripieni cutterati (tutti al dettaglio della singola operazione)
- I tempi di impiego della macchina (cutter o brasiera) variano da prodotto a prodotto (dai 15 ai 55 minuti)
- Tuttavia, i tempi di impiego del personale possono essere raggruppati in cluster
 - *produzione ripieni tipo A:*
 - 30 minuti personale, 2 persone (15 minuti ciascuno)
 - *produzione **altri ripieni:***
 - 15 minuti personale, 1 persona
 - ***cutteraggio** ripieni:*
 - mediamente 15 minuti personale, 1 persona

Reparto Cucina - Tempi e personale - 2

- Monitorati anche i tempi di **cutteraggio/grattugiatura** dei seguenti prodotti:
 - ***lardo***: 30 kg in 10 minuti (tempo uomo 5 minuti)
 - ***formaggio*** (parmigiano/grana): 40 kg in 20 minuti (tempo uomo 10 minuti)
 - ***mozzarella***: 25 kg in 5 minuti (tempo uomo 3 minuti)
 - ***speck***: 20 kg in 8 minuti (tempo uomo 6 minuti)
- **Note:**
 - attività di **produzione e controllo**: **totalmente manuali** (automazione insufficiente)
 - impossibilità degli operatori di compilare i moduli con tutte le informazioni
 - **manca** di **strumenti** per pesare l'output del reparto
 - i tempi si mantengono **quasi costanti** al **variare della massa** in brasiera
 - lavaggio delle cutteratrici fatto con **sola acqua fredda** (risciacquo)
 - tempi di set up extra produzione (sanificazione) e grande affidabilità della cucina
 - pur avviando la produzione alle ore 4:30, **la cucina non è mai utilizzata al 100%**

Reparto Impasti

- Monitorati 3 tipi di impasto e 5 laminazioni:
 - I044
 - I031
 - I014
- Tempi ed impiego delle macchine più costanti rispetto alla cucina:
 - 30 minuti di impiego della **macchina** per ogni impastata
 - 10 minuti di impiego del **personale** per ogni impastata
 - valori **poco variabili** con la **massa** trattata
 - nessuna automazione delle macchine
- L'operatore impegnato al reparto impasti rimane disponibile anche per supporto sulle linee di laminazione (impiego alla fase di impasto: 10 minuti/ora ca.)

Reparto Laminazione

- **Laminazioni diverse in funzione degli impasti** e degli accoppiamenti di prodotti in produzione (linea 1 e linea 2)
- **Grande differenza di produttività tra le linee** - difficile bilanciamento:
 - *produzione di panetti: produttività oltre i **1.200 kg/ora***
 - *produzione di cannelle: produttività media di circa **450 kg/ora***
- **Impiego medio: 1 operatore** per ciascuna fase di laminazione
 - *eccezione: rondò 1 nella produzione di pasta sfoglia, almeno 1,5 operatori*
- Note:
 - *la fase di impasto/laminazione presenta **tempi di set up molto contenuti** (10-20 minuti per ogni cambio formato) ed una elevata affidabilità*
 - *come il reparto cucina, risente delle fermate che avvengono nei **reparti successivi***
 - *impossibilità degli operatori di **compilare i moduli** con tutte le informazioni*
 - *pur avviando la produzione alle ore 4:30, **la cucina non è mai utilizzata al 100%***

Reparto Formatura

- Al reparto formatura si concretizza la massima parte della varietà dei prodotti:
 - *differenti impasti*
 - *differenti ripieni*
 - *differenti forme e dimensioni dei prodotti*
- Richiede il monitoraggio di parecchi dati, molti dei quali sono prodotti sfusi:
 - *difficile misurazione dei materiali bulk, data la rapidità delle operazioni, le esigenze della linea e la produzione just in time di molti semilavorati*
- Tempi di set up consistenti, elevata presenza di personale (da 1 a 5 persone per linea di formatura) e creazione di parecchi scarti e sfridi
- Difficile monitoraggio di scarti e sfridi per mancanza di strumentazione:
 - *bilancia non adatta a pesare le cassette e non disponibilità del trans pallet a cella*

Reparto Formatura - 2

- Le due linee possono spaziare su diversi livelli di produttività differenti:
 - Linea 1: da 370 a 600 kg/ora di prodotto in uscita
 - Linea 2: da 250 a 450 kg/ora di prodotto in uscita
- La quantità di scarti/sfridi prodotta varia molto a seconda del prodotto:
 - Dati imprecisi indicano una produzione massima di 180 - 190 kg/ora di scarti/sfridi
 - Le valutazioni delle pesate di cassette bianche e rosse sono poco attendibili
(mancanza di uno strumento adeguato per la pesatura)
 - A volte lo sfrido è conseguenza diretta dell'accoppiamento di produzioni a larghezze differenti e non conciliabili → problema di pianificazione
- Affidabilità del reparto molto elevata: risente di tunnel e confezionamento
- Guarnitura: bassa efficienza!

Reparto Confezionamento

- Il reparto di confezionamento presenta **tempi di set up consistenti**, parziale automazione (confezionamento primario) e presenza di circa 1,5 persone per linea, oltre ad una elevata produzione di scarti
- È il reparto che, insieme al tunnel, presenta la **minore affidabilità**
- Le **produttività puntuali** sono **superiori a quelle della formatura**, ma con un elevato numero di fermate/scarti:
 - *confezionamento tortini 252, **8 minuti di fermata su 40 (20%)** per incastro degli astucci in ingresso*
 - *confezionamento dei salatini Happy Wurstel prevede l'**asportazione manuale** da parte dell'operatore **di 5 pezzi ogni confezione**, per **mantenere il peso di 3 kg** (contro i 3,1 misurati dalla macchina)*
 - ***mancato controllo sulla permanenza dei prodotti a temperatura ambiente fuori dal tunnel di surgelazione***

Reparto Confezionamento - 2

- Produttività misurata **fino a 700 kg/ora**
- Note:
 - *problemi legati al confezionamento terziario: riconfezionamento manuale per poter venire incontro alle esigenze dei clienti (si smembrano e ricompongono cartoni)*
 - **mancato adattamento della bilancia multiteste al prodotto** (conf. Happy Wurtzel)
 - **mancata corrispondenza tra la massa misurata al confezionamento e quella misurata in linea; es. del codice 28 – Bellavista:**
 - massa media misurata **in formatura: 143,5 g (pre guarnitura)**
 - massa media misurata **al confezionamento: 132,5 g (- 8%)**
 - **errata indicazione della tara (da bilancia 220 g, misurati 187 = + 17% !)**

Nuova raccolta dati: risultati

- La raccolta dati svolta si può riassumere nella [seguinte tabella](#) (risultati)
 - *il confezionamento è l'attività a minor produttività (frequenti fermate)*
 - *il tunnel di surgelazione è la macchina collo di bottiglia dell'impianto*
 - *la massima manodopera è richiesta da laminazione 1 e confezionamento*
 - *i reparti di laminazione, impasti e ripieni sono **fortemente sopradimensionati***
 - *a valle della raccolta dati [si sono tratte le seguenti conclusioni](#)*
- I dati raccolti sono **poco sistematici per la pianificazione della produzione**
 - *necessità di raccogliere i dati su base giornaliera in modo sistematico*
 - *dati successivamente organizzati a livello mensile*
- Si è quindi scelto di **reformulare il report** di raccolta giornaliera dei dati di produzione (il report precedente non risultava completo)
- In particolare, il vecchio modello presentava lacune riguardo ai dati relativi al singolo prodotto, produttività orarie e di linea

Considerazioni

- Problemi di taratura tra bilancia al confezionamento e bilance in linea di formatura portano ad **elevati valori di “buon peso”**
- I moduli di produzione raccolgono **parecchie informazioni ridondanti** e la loro registrazione è impegnativa: si potrebbero raccogliere solo i dati da report?
- I dati da report potrebbero essere riorganizzati in modo da massimizzare la loro utilità (livello di servizio e produttività della MDO per ciascun prodotto/linea)
- La mancanza di strumenti di misura rende la **pesatura delle masse impossibile** – controllo limitato su scarti e sfridi
- Alcune **lavorazioni non** sono **razionalizzate** (approvvigionamento wurstel, speck etc.) o sono **poco efficienti** (guarnitura, mancata retrazione tra confezionamento e formatura sulla massa dei prodotti confezionati)
- Automazione quasi inesistente: elevata richiesta di operazioni manuali

Riorganizzazione modulistica di produzione

- A livello giornaliero: i [report](#) sono stati riorganizzati in 4 temi
 - **produzione**: dati relativi alle quantità di prodotto e al packaging utilizzato
 - **personale**: dati relativi al personale ed alle ore lavorate per reparto
 - **macchine**: dati sulla produttività delle linee, le fermate e i tempi di setup
 - **qualità**: quantità di extraconsumo, di scarti e di sfridi della giornata.
- A livello mensile: dati utilizzati per popolare un [database mensile](#)
 - *presenta l'andamento di ogni dato di produzione con dettaglio giornaliero e li riassume in un solo foglio, con grafici e formattazioni condizionali*
 - *permette un confronto coi mesi precedenti, data la sua compilazione standard*
 - *permette un'individuazione grafica ed immediata di outliers e colli di bottiglia*
 - *facilita l'analisi statistica*
 - *individua facilmente sprechi e relativi costi ad essi correlati*

Sviluppo di un controllore di capacità

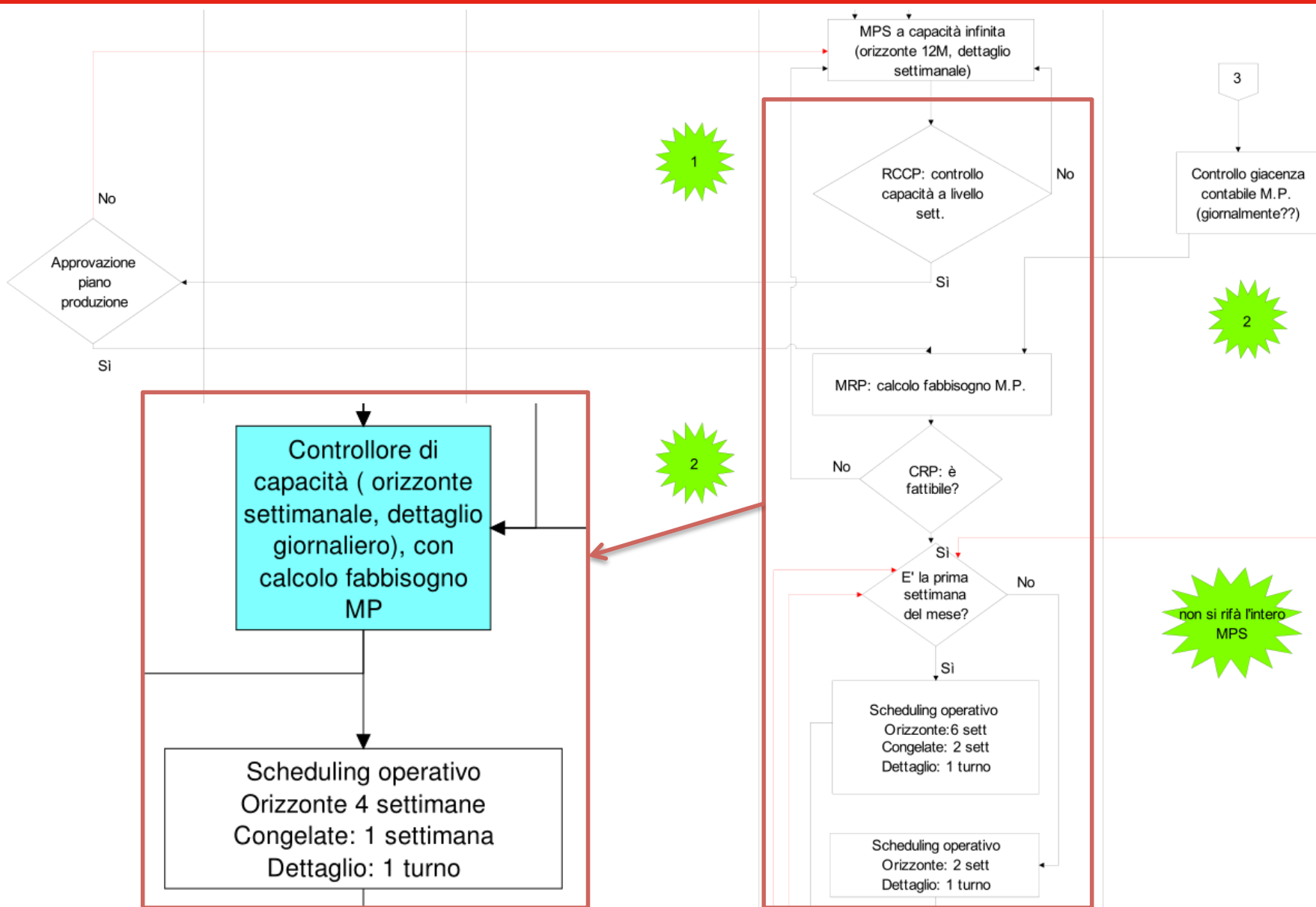
- Oltre al database mensile esistono **altri due database**, i cui dati sono in aggiornamento continuo, e che presentano valori medi dei seguenti:
 - database dei [dati di produzione relativi ai singoli prodotti](#)
 - matrice / database dei [tempi di setup](#)
- **NOTA:** questi database sono **storici** di valori medi aggiornati. Essi raccolgono ed organizzano i database mensili **al fine di ottenere**:
 - *tempi medi di setup, tra giorni e nel giorno (da qualsiasi codice a qualsiasi codice)*
 - *fermate medie per ciascun prodotto e per ciascuna linea*
 - *produttività media dell'ora effettiva per ciascun prodotto*
- Grazie a queste **informazioni organizzate** per ciascun codice è stato possibile ottenere un controllore di capacità che funziona nel seguito modo
- Un esempio del funzionamento del programma è visibile [qui](#)

Esempio di utilizzo

- Supponiamo di dover realizzare i seguenti prodotti (esempio puramente fittizio di compilazione del foglio):
 - *cod 84* *x 12 plt*
 - *cod 178* *x 4 plt*
 - *cod 2* *x 5 plt*
 - *cod 217* *x 1 plt*
 - *cod 21* *x 1 plt*
- Il funzionamento del programma sarà **illustrato** con questo semplice esempio pratico

Indicazione dei lotti ottimali e dello scheduling

- In questo modo si ottengono lotti di produzione perseguendo i seguenti:
 - *saturazione dell'unità di carico prevista*
 - *saturazione del turno previsto*
 - *obiettivi stimolanti e raggiungibili per la produzione*
- Una volta ottenuti i lotti di produzione, si potranno **ottenere altre informazioni** a supporto della produzione, in particolare **stimare il consumo previsto** (base settimanale e giornaliera) **di materie prime** (utilizzando il lotto indicato)
- Si è infine proceduto a **compilare il**
nuovo diagramma interfunzionale di pianificazione della produzione
grazie al nuovo programma
- Il **confronto con il vecchio diagramma** permette di **verificare i miglioramenti**
ottenuti, con particolare riferimento alle
ipotesi di miglioramento dello stato futuro



Ridefinizione dei criteri generali per la pianificazione e il controllo di produzione in aziende alimentari

Popolazione del nuovo sistema ERP aziendale, analisi e documentazione dei cicli di lavorazione e definizione di lotti economici e scheduling ottimale presso lo stabilimento produttivo

Massimo BERTOLINI, Eng., Ph.D.

Assistant Professor
Mechanical Industrial Plants
Production and Operations Management

University of Parma
Department of Industrial Engineering
via G.P.Usberti, 181/A
43124 Parma (PR)
ITALY

Phone: +39 0521 905861
Fax: +39 0521 905705
Skype: berto1974
Email: massimo.bertolini@unipr.it
Web: www.unipr.it

