

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**  
**FACOLTÀ DI INGEGNERIA**

**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA GESTIONALE**  
**DIPARTIMENTO DI TECNICA E GESTIONE DEI**  
**SISTEMI INDUSTRIALI**

*TESI DI LAUREA DI PRIMO LIVELLO*

**OTTIMIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE IN**  
**UNA AZIENDA CHE OPERA NEL CAMPO**  
**DELL'ELETTRONICA**

*RELATORE: Ch.mo Prof. GIORGIO ROMANIN JACUR*

*LAUREANDA: MARIA MATURO*

ANNO ACCADEMICO 2011-2012

# INDICE

<b>Introduzione .....</b>	<b>3</b>
<b>Capitolo 1: EL.CO. srl .....</b>	<b>5</b>
1.1 La storia .....	5
1.2 Organizzazione aziendale .....	6
1.3 I prodotti .....	8
1.3.1 Relè allo stato solido .....	8
1.3.2 Termoregolatori.....	9
1.3.3 Altri prodotti.....	11
<b>Capitolo 2: Analisi del problema .....</b>	<b>12</b>
2.1 I prodotti di successo e le applicazioni.....	12
2.2 Ciclo di produzione .....	13
2.3 Costo variabile diretto e Prezzo di vendita.....	18
<b>Capitolo 3: Applicazione al caso reale di EL.CO. srl.....</b>	<b>20</b>
3.1 Il modello.....	20
3.2 Ipotesi di crescita.....	23
<b>Conclusioni .....</b>	<b>28</b>
<b>Ringraziamenti .....</b>	<b>29</b>
<b>Bibliografia e Sitografia .....</b>	<b>30</b>

# INTRODUZIONE

La ricerca operativa è una collezione di metodi matematici rigorosi per risolvere problemi decisionali. Questi metodi devono fornire una risposta chiara e veloce. La ricerca operativa trova applicazione in tutti i campi: nel settore primario in particolare nell'agricoltura, nel settore secondario principalmente nella produzione industriale, scheduling e gestione delle scorte e infine nel settore terziario ad esempio nell'organizzazione del commercio e nell'ambito sanitario.

La sua applicazione più diffusa è l'ottimizzazione: analizzando modelli statici e deterministici si definiscono degli obiettivi e dei vincoli, cioè limitazioni rigide, da rispettare. Nella definizione di un problema ci si può porre un unico obiettivo e quindi si parla di ottimizzazione mono-obiettivo, quando invece il problema è più complesso gli obiettivi sono molteplici e si parla quindi di ottimizzazione multi-obiettivo. L'analisi del problema può dare un risultato certo e unico (dimensione finita), ma esistono anche casi in cui la soluzione è ad esempio una funzione dove al variare delle condizioni che la definiscono si ottengono infinite soluzioni (dimensione infinita).

L'obiettivo delle aziende industriali è quello di migliorare la propria capacità produttiva senza incidere sui costi, garantendo il rispetto da una parte dei tempi di consegna e dall'altra dei vincoli produttivi tecnici.

Il problema appare subito complesso soprattutto quando il numero di variabili da considerare aumenta e il tempo richiesto per trovare una soluzione diventa rapidamente non trattabile. I processi logistici e industriali richiedono l'utilizzo di procedure di ottimizzazione a elevato rendimento, sono quindi necessari algoritmi veloci e flessibili. Bisogna perciò ricorrere alle tecniche più avanzate di ottimizzazione messe a punto nei centri di ricerca che consentono non solo di ottimizzare il processo produttivo e di ridurre l'incidenza dei costi ma anche di valutare costi e rischi associati a scenari alternativi. Esistono dei sistemi che calcolano il miglior assetto produttivo tenendo conto dei vincoli di produzione (impianti personale materiale e attrezzature) e delle finestre temporali entro le quali deve avvenire la consegna al cliente finale.

In questa tesi si concentra l'attenzione sull'ottimizzazione del flusso di produzione di EL.CO. s.r.l, azienda specializzata nella produzione di relè allo stato solido e di componenti elettronici per impiantistica ed automazione industriale. L'obiettivo è

quello di trovare una soluzione ottima del flusso produttivo che permetta quindi di massimizzare i margini totali dei prodotti realizzati e venduti dall'azienda rispettando i vincoli di natura interna ed esterna.

Nel primo capitolo è presentata EL.CO. s.r.l., partendo da una breve descrizione storica dell'azienda e poi analizzando la gamma di prodotti venduti. All'interno del capitolo vengono inoltre descritte tutte le funzioni aziendali e le gerarchie.

Nel capitolo successivo viene presentato nel dettaglio il problema da risolvere.

Nel terzo capitolo viene illustrato il modello di soluzione del problema, la sua traduzione in linguaggio GAMS e i risultati ottenuti.

Vengono inoltre valutate le soluzioni ottime in base al piano di crescita dell'Azienda.

# CAPITOLO 1

## EL.CO. s.r.l.

### 1.1 La storia

La EL.CO. è un'azienda che si occupa di produzione, commercializzazione e distribuzione di prodotti elettronici come relè e termostati. L'azienda offre un'ampia gamma di prodotti: alcuni sono realizzati integralmente all'interno dell'azienda, altri soltanto parzialmente, parte della lavorazione infatti è affidata ad altre aziende che collaborano con questa.

EL.CO. Srl ha iniziato la sua attività nel 1986 sviluppando la propria produzione di relè statici di varie potenze, alimentatori lineari e switching, interfacce e termoregolatori analogici e digitali. Tutta la produzione è certificata CE e inoltre i relè statici hanno la certificazione UL e la VDE. In particolare la UL è necessaria per poter commercializzare i prodotti nel mercato USA, importante sbocco per EL.CO. e per le sue aziende clienti.

Parallelamente all'attività produttiva, EL.CO. cura il montaggio e il collaudo di circuiti stampati per conto terzi, fornendone anche, qualora il cliente lo richieda, tutta l'attività di progetto. Inoltre si occupa della progettazione e realizzazione di quadristica elettrica applicata all'automazione di macchine operatrici con l'uso dei PLC e programmazione computerizzata.

L'azienda dispone, inoltre, di adeguate apparecchiature produttive acquisite armonicamente con lo sviluppo del settore ed è dotata d'apparati atti alla progettazione e sviluppo di schemi elettrici ed elettronici. Nella pluriennale esperienza acquisita, EL.CO. è presente sul mercato nazionale ed estero con i vari agenti, rappresentanti e importatori.

Con i propri distributori e importatori è presenti infatti in molti paesi europei come Germania, Francia, Austria, Spagna, Svezia, Regno Unito, Portogallo, Polonia e Romania ma anche nel resto del mondo in particolare negli Stati Uniti in Messico e in Cile, in Australia, Nuova Zelanda e Sudafrica.

## 1.2 Organizzazione aziendale

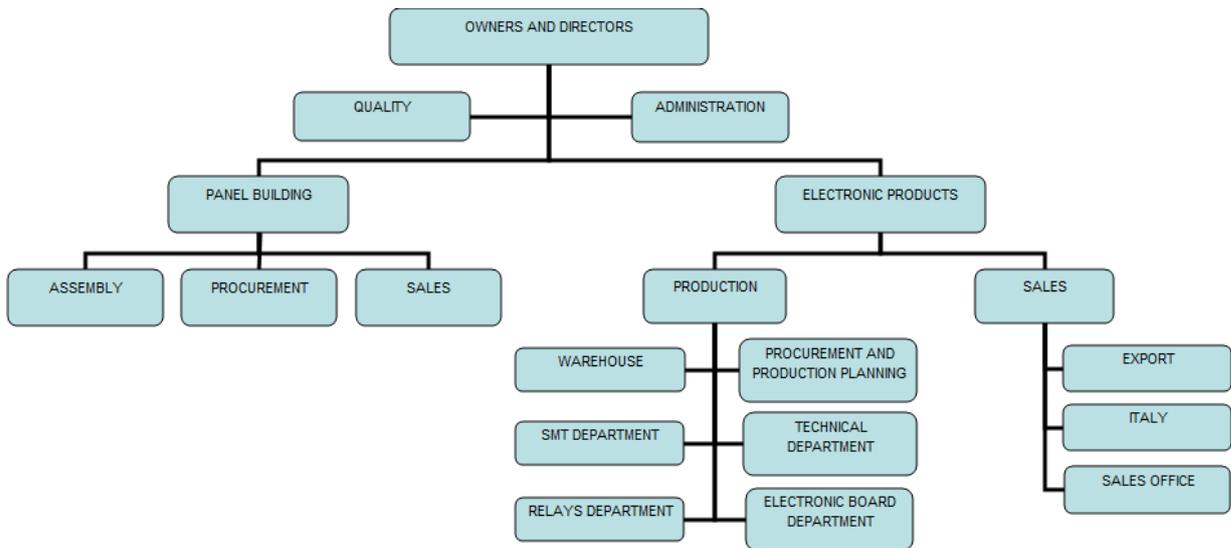


Figura 1 organigramma

L'organizzazione aziendale di EL.CO., rappresentata in *figura 1* è una struttura per prodotto: al vertice non si usa un criterio di specializzazione funzionale ma piuttosto per prodotto: le singole funzioni fanno capo a delle divisioni specializzate nella gestione e produzione di specifiche famiglie di prodotti. Questo si ha quando all'aumentare del grado di diversificazione dei prodotti e/o della complessità di gestirli cresce l'esigenza di spostare l'attenzione dalle funzioni ai prodotti. In questa organizzazione quindi restano centralizzate le funzioni che gestiscono le risorse comuni: nel caso in esame le funzioni di Direzione, Qualità e Amministrazione. Le caratteristiche principali di questo tipo di organizzazione sono:

- Consente lo sviluppo dimensionale per aggregazione di unità e tramite la crescita e diversificazione dei prodotti;
- Consente autonomia decisionale e di comportamento delle singole unità;
- Garantisce l'attenzione e l'impiego del management sui singoli prodotti;
- Consente il decentramento delle responsabilità di profitto;
- Favorisce caratteristiche di elasticità operativa e di flessibilità gestionale e di miglioramento dei prodotti, anche in situazioni multi prodotto;
- Richiede, e quindi comporta un potenziamento e sviluppo degli strumenti di pianificazione e controllo di gestione.

La Struttura per prodotto presenta ovviamente anche dei limiti:

- Se le dimensioni complessive sono rilevanti ogni singola divisione finisce per presentare i problemi della struttura funzionale; non è questo il caso di EL.CO.
- Si possono avere nelle divisioni conflitti tra esigenze di innovazione e stabilità;
- Crescono i problemi di controllo e coordinamento al centro;

Questo tipo di struttura si diffonde in relazione al grado di diversificazione delle linee di prodotto che le aziende tendono perseguire.

Di seguito vengono analizzate nel dettaglio le varie funzioni e divisioni.

Il **Direttore generale** in azienda occupa la più alta carica direttiva e coordina tutte le funzioni. E' responsabile delle strategie e della pianificazione di breve, medio e lungo termine e degli orientamenti generali dell'azienda. Assicura la direzione e il controllo d'ogni attività aziendale. Risponde al consiglio d'amministrazione dei risultati raggiunti dall'azienda. In EL.CO. la direzione è affidata a tre soci che coordinano tutte le attività dell'azienda e prendono assieme le decisioni strategiche.

Come si vede dalla figura le funzioni di Amministrazione e Qualità sono direttamente dipendenti dalla direzione generale che ha la totale responsabilità delle attività svolte all'interno dell'azienda.

L'**Amministrazione** si occupa principalmente di tenuta della contabilità generale e di redazione del bilancio di esercizio per scopi di corretta informazione dei terzi, cioè di quei soggetti che non vivono quotidianamente dall'interno la problematica gestionale d'azienda. Ha il compito di raccogliere, mediante rilevazione contabile, i dati sulle quantità economiche (costi e ricavi) e finanziarie (uscite e entrate) che riflettono le operazioni di gestione avvenute lungo un periodo amministrativo di durata annuale; a tale rilevazione fa seguito poi un processo di valutazione economica grazie al quale viene calcolata l'entità delle due grandezze principali evidenziate dal bilancio di esercizio e cioè il *capitale netto* al termine del periodo considerato e il *reddito netto* prodotto nel periodo medesimo.

Il Responsabile della **Qualità** ha un ruolo fondamentale in azienda in quanto è un supporto indispensabile nella progettazione, nell'implementazione, nel monitoraggio e nel miglioramento del Sistema di Gestione della Qualità. Prepara inoltre la documentazione necessaria per descrivere tale sistema o collaborare nella sua stesura, mantenerla e aggiornarla quando necessario, nella maniera corretta e verifica che le attività aziendali siano svolte rispettando i parametri e le specifiche presenti nella suddetta documentazione. Deve inoltre sviluppare il concetto che il

servizio da fornire al cliente va inteso come una partnership: il prodotto venduto deve allo stesso tempo rispettare le specifiche di progetto e garantire la qualità ma deve anche soddisfare le richieste del cliente.

Nel caso in esame l'organizzazione aziendale con struttura divisionale è incentrata su due categorie di prodotti: costruzione di quadri elettrici o *panel building* e prodotti elettronici o *electronic products*. I primi sono assemblati partendo da materiali e componenti forniti da terzi o acquistati da EL.CO. per conto del cliente, i secondi sono invece progettati e realizzati interamente dall'Azienda. Ciascuna divisione ha le proprie funzioni di Produzione e Vendite ed entrambe devono render conto al direttore generale.

Il responsabile della **Produzione** è referente della realizzazione, da parte delle unità produttive aziendali, della produzione definita all'interno di piani e programmi. Assicura l'efficiente ed efficace pianificazione e programmazione dell'attività produttiva, assegnando ai singoli stabilimenti le quote di produzione e verificandone l'esecuzione nel rispetto dei parametri quantitativi e qualitativi.

Ricerca le possibili sinergie tra singole unità produttive e controlla costantemente gli elementi di costo, ricercando e proponendo soluzioni produttive e tecnologiche innovative. È inoltre responsabile della qualità dei prodotti.

Infine il responsabile delle **Vendite** risponde del conseguimento degli obiettivi di vendita, del coordinamento complessivo delle vendite dirette e indirette e, a volte, anche delle attività di prevendita, a livello nazionale. Definisce in base alle linee guida della Direzione Aziendale le strategie e gli obiettivi di vendita in relazione a quote di mercato e ricerca di nuove opportunità.

## **1.3 I prodotti**

### 1.3.1 Relè allo stato solido

Il prodotto di maggior successo per l'azienda è rappresentato da una vasta gamma di relè allo stato solido ovvero dispositivi elettrici comandati dalle variazioni di corrente per influenzare le condizioni di un altro circuito. I relè allo stato solido detti comunemente Relè Statici o SSRs hanno la caratteristica di *non avere contatti meccanici come i relè elettromeccanici*. Quindi si prestano a molteplici applicazioni ove sia richiesta *una elevata frequenza di commutazione*, che normalmente può invece creare problemi di funzionamento ai contatti dei relè elettromeccanici. Inoltre hanno il vantaggio di essere del tutto silenziosi durante la commutazione. Sono costituiti da due circuiti elettronici separati galvanicamente tra loro tramite un fotoaccoppiatore (Optocoupler) , la parte operante in serie al carico, è costituita da

un Triac, un SCR o un Mosfet che vengono attivati e disattivati tramite un segnale a livello logico che pilota il fotoaccoppiatore. Sono forniti per potenze varie, da pochi watt a qualche chilowatt. In Caso di carichi elevati, ma in generale dai 10 A in su, l'SSR va montato su un Dissipatore (Heat Sink) che consente di smaltire il calore generato dal carico senza surriscaldare i componenti attivi del Relè che altrimenti potrebbe andare in fuga termica e danneggiarsi irreparabilmente.

La produzione base dei relè allo stato solido EL.CO. si divide in tre gruppi principali:

**- Relè a commutazione zero (zero crossing)**

I relè a commutazione di zero innescano quando la tensione di uscita passa in prossimità dello zero e disinnescono sempre a corrente zero. Sono particolarmente indicati alla commutazione di carichi resistivi o capacitativi.

**- Relè a commutazione istantanea**

I relè a commutazione istantanea innescano simultaneamente al segnale di ingresso e quindi in ogni punto della curva sinusoidale della tensione di uscita e disinnescono sempre a corrente zero. Sono normalmente necessari quando si voglia controllare un carico induttivo quale un motore asincrono (ad esempio accoppiato ad una pompa).

**- Relè per commutazione in D.C.**

I relè per commutazione di carichi in corrente continua innescano e disinnescono simultaneamente alla tensione di controllo.

### 1.3.2 Termoregolatori

Assieme ai relè statici i termoregolatori sono un altro prodotto di successo per l'azienda. Sono dei dispositivi che permettono, tramite l'impostazione di uno o più valori di temperatura desiderati (set-point), di controllare e di mantenere costante il valore prefissato della temperatura dell'elemento riscaldante confrontando il valore rilevato dal sensore con quello impostato dall'utilizzatore.

I termoregolatori EL.CO. possono essere di tipo analogico o a microprocessore. In particolare gli strumenti a microprocessore, grazie alla facilità ed alla flessibilità della programmazione dei parametri, offrono un'ampia possibilità di regolazione della temperatura. La maggior parte degli strumenti a microprocessore può utilizzare, come segnali di ingresso per il controllo della temperatura, oltre le tradizionali sonde a termocoppia o a termoresistenza, anche segnali analogici in corrente o in

tensione. I termoregolatori EL.CO. possono svolgere svariati funzioni grazie alle numerose uscite di cui dispongono. Infatti oltre al mantenimento della temperatura, che è la funzione principale possono anche segnalare allarmi, interruzione dell'elemento riscaldante, fasi di raffreddamento o riscaldamento ecc. Il tipo di intervento e la modalità di commutazione delle uscite viene stabilita al momento della programmazione del termoregolatore.

I tipi di regolazione che i termoregolatori possono effettuare sono le seguenti:

- *Regolazione ON-OFF*: regolazione della temperatura semplice e relativamente lenta molto sensibile alle variazioni di alimentazione o di carico. Nel caso ad esempio di una resistenza anticondensa all'interno di un quadro elettrico l'uscita è in condizione ON per temperature più basse del valore prefissato (set point) mentre è in condizione OFF per temperature più alte.
- *Regolazione "P" (proporzionale)*: questo tipo di regolazione viene adottata quando si vuole eliminare l'isteresi della temperatura sull'elemento riscaldante caratteristica della regolazione ON-OFF. In tal senso l'utilizzatore definisce due temperature (banda proporzionale) che comprendono il set-point dove la regolazione della temperatura viene effettuata con continuità secondo un denominato ciclo proporzionale (duty cycle) all'interno del quale variano i tempi di ON e di OFF dell'uscita. Questo tipo di regolazione permette una buona stabilità della temperatura ma è caratterizzata da una differenza della stessa rispetto al valore di setpoint (offset).
- *Regolazione "PD" (proporzionale-derivata)*: la regolazione proporzionale derivata in aggiunta alla regolazione "P" permette di effettuare un rapido ritorno al valore di set-point al verificarsi di una rapida variazione di temperatura dovuta a forti disturbi esterni.
- *Regolazione "PID" (proporzionale-integrata-derivata)*: la regolazione (PID) permette il controllo della temperatura con l'impiego contemporaneo dell'azione "PD" più l'azione integrale "I" con la quale si può eliminare automaticamente l'offset di temperatura tipico della regolazione proporzionale.

Alcuni termoregolatori sono dotati di funzione di auto-tuning che permette, tramite un ciclo di autoapprendimento, di calcolare automaticamente tutti i valori ottimali dei parametri dell'azione "PID" in base alle caratteristiche dell'elemento da riscaldare.

### 1.3.3 Altri prodotti

Temporizzatori: sono relè con speciali contatti anticipati o ritardati, vengono costruiti in modo tale che il contatto si chiuda o si apra in anticipo o in ritardo rispetto a un determinato istante. Si dividono in temporizzatori meccanici e elettronici, i primi sono azionati meccanicamente, i secondi elettronicamente.

Moduli di interfaccia: si differenziano essenzialmente in due categorie: quelli con relè statici caratterizzati da basso assorbimento e elevata frequenza di commutazione, e quelli con relè elettromeccanici caratterizzati da minore commutazione rispetto ai relè statici e relativo minor costo.

Moduli di misura della temperatura: sistemi di misurazione della temperatura programmabili e personalizzabili a seconda delle esigenze. ELCO fornisce i programmi da inserire in questi moduli.

Alimentatori : un alimentatore è un convertitore AC-DC, ossia un apparato elettrico semplice o composto che serve a raddrizzare la tensione elettrica (da alternata AC a continua DC) in modo da fornire energia elettrica adattandola all'uso di altre apparecchiature elettriche. Sono dispositivi utilizzati per l'alimentazione di PLC, elettrovalvole, fotocellule, sensori induttivi, sensori capacitivi, ecc.

Sono disponibili diversi modelli a seconda dell'uso cui sono destinati: i più semplici sono quelli non stabilizzati che vengono utilizzati nei casi in cui non è necessario avere una tensione stabile, quelli switching invece vengono utilizzati quando è richiesta una tensione stabile, e sono indispensabili quando siano richieste potenze elevate in spazi molto piccoli perché caratterizzati da bassa dissipazione termica.

Multimetri: sono strumenti di misura elettronici che integrano diverse funzioni in una sola unità. Sono utilizzati per misurare tensioni, correnti, potenze attive, potenze reattive.

Controllori di Fattore di Potenza: Sono apparecchiature elettroniche che consentono di far intervenire diversi banchi di condensatori di rifasamento, inserendoli attraverso dei contattori, per mantenere il cosfi del carico al valore minimo richiesto per non incorrere in penali da parte del gestore di energia.

# CAPITOLO 2

## Analisi del problema

### 2.1 I prodotti di successo e le applicazioni

1) I relè SSR Slim (6mm) e Pin-to-Pin (12mm)

EL.CO. ha tre principali settori di attività: la produzione di Componenti per l'automazione, la produzione di schede elettroniche per conto terzi (entrambe riconducibili nell'organigramma alla divisione Prodotti Elettronici) e l'assemblaggio di pannelli elettrici. Fino a circa cinque anni fa i tre settori avevano un peso simile nella ripartizione del fatturato aziendale

Nel corso degli ultimi cinque anni è stata fatta un'attività di spinta alla vendita dei prodotti componenti per l'automazione ed in particolare si è visto che il potenziale di crescita dei relè statici è in forte aumento.

Infatti, nonostante gli SSR siano più costosi dei relè elettromeccanici le loro doti di affidabilità e di silenziosità sono state molto apprezzate dalla clientela.

I clienti sono in gran parte

- Costruttori di Macchine e linee di automazione, che possiamo definire OEMs (Original Equipment Manufacturers) e
- Quadristi, ovvero assemblatori di pannelli elettrici di distribuzione e potenza.

Inoltre alcuni SSR di EL.CO. , in particolare quelli che vanno montati sugli zoccoli per interfaccia da 6 e da 12 mm di spessore stanno diventando sempre più importanti perché consentono di ridurre notevolmente gli spazi occupati dai moduli di interfaccia nei quadri elettrici delle apparecchiature.

EL.CO. è uno dei pochi produttori internazionali e l'unico produttore italiano di SSR da 6 e 12 mm ed ha iniziato anche a fornire aziende concorrenti con prodotti a marchio loro (brand label) potendo così arrivare a volumi di produzione elevati e mantenere quindi dei costi competitivi.

Le principali applicazioni degli SSR sono linee automatiche di produzione, sistemi per lo stampaggio della plastica, macchine utensili per lavorazioni varie, macchine impacchettatrici.

2) I termostati elettronici per controllo delle temperature del quadro elettrico

L'azienda da anni produce e commercializza una vasta gamma di termostati elettronici di precisione con diversi gradi di sofisticazione della logica di controllo

utilizzati in tutti i processi ove serve un controllo preciso della temperatura quali forni per panificazione e pasticceria, presse per iniezione di materiale plastico.

Un aumento della domanda da parte degli assemblatori di quadri elettrici ha inoltre indotto EL.CO. a sviluppare nel corso degli ultimi due anni delle nuove serie di prodotti specificatamente studiate per il controllo e la gestione del profilo di temperatura all'interno dei quadri elettrici. E' nata quindi la nuova serie di termoregolatori ELTH, che sta cominciando a farsi apprezzare per le sue doti di precisione e immediatezza di lettura dei parametri con un prezzo di vendita molto competitivo.

In seguito quindi a questa crescita dell'azienda in campo economico e produttivo è stato necessario riorganizzare la produzione principalmente di queste due famiglie di prodotti cercando di ottimizzare i tempi di lavorazione minimizzando i costi e garantendo la qualità cercando quindi di soddisfare il cliente.

I prodotti scelti quindi per l'analisi sono:

- **famiglia di SSR-01/02 (6mm slim)**
- **famiglia di SSR-20/21 (12mm, pin-to-pin)**
- **ELTH 17 Termoregolatore ad 1 contatto con attacco barra din**
- **ELTH 35 Termoregolatore a 2 contatti con attacco barra din**

La capacità produttiva di EL.CO. dipende da una serie di fattori vincolanti quali la disponibilità delle apparecchiature per il montaggio di componenti elettronici SMD (Surface Mounted Device) e della manodopera. Inoltre il mercato pur in crescita, ha ancora in questa fase dei limiti sui volumi che è in grado di assorbire.

## **2.2 Ciclo di produzione**

Di seguito vengono descritte brevemente le fasi di lavorazioni dei quattro prodotti elencati sopra. Dato che la loro realizzazione segue un ciclo di lavorazione abbastanza standard è possibile suddividerla in due parti: le operazioni che vengono effettuate dalla macchina SMD e quelle che vengono fatte manualmente da manodopera specializzata.

### **SSR 01/02**

I prodotti vengono realizzati a lotti di 10000 pezzi e le fasi di lavorazione sono illustrate di seguito.

La prima fase per la realizzazione del relè prevede il prelievo a magazzino dei componenti e materiali che poi verranno lavorati.



Figura 2: Relè SSR 01/02

Operazioni su macchina SMD: inizialmente un quadrotto da 102 pz viene rivestito con un materiale saldante nelle zone dove poi andranno montati i vari componenti. Segue poi un controllo visivo per verificare che il materiale saldante sia stato posizionato correttamente. Nella fase di approntamento viene caricato sulla macchina SMD il programma necessario per realizzare il prodotto. Inizia quindi la fase di produzione vera e propria che consiste nel montaggio dei componenti nella macchina e lavorazione. Il quadrotto viene inserito all'interno di un forno dove la pasta saldante viene fusa sul circuito. Al termine di questa operazione viene effettuato un secondo controllo visivo. Il controllo *in linea (on-line)* cioè durante le fasi di lavorazione dei prodotti è molto importante perché permette di individuare eventuali errori e di correggerli tempestivamente ripetendo solo poche fasi di lavorazione e non l'intero processo.

Operazione svolta da manodopera specializzata: nella fase di taglio dei circuiti il quadrotto viene tagliato per ottenere i singoli relè e poi vengono montate meccanicamente sui circuiti le spadine; queste sono 4 per ogni relè e sono unite ad una barretta metallica che serve sia come supporto durante la lavorazione sia come dima di montaggio per rispettare i corretti interassi tra le spadine. Si procede alla saldatura delle spadine sul PCB e alla successiva tranciatura che separa la barra e rende appuntita l'estremità di ogni spadina. Nella successiva fase di Collaudo 1 una macchina sottopone ad una serie di test elettrici e funzionali ogni singolo relè del lotto e stampa un documento di sintesi che indica i pezzi conformi e i non conformi da ricontrollare ed eventualmente scartare. Il singolo circuito viene quindi inserito all'interno di un contenitore di plastica e poi incapsulato nella resinatrice che sigilla il

circuito con una resina epossidica che richiede un tempo di riposo di 24 ore. I relè subiscono un Collaudo 2 sulla stessa apparecchiatura del collaudo 1 e quindi vengono confezionati per essere consegnati al cliente.

Di seguito vengono riportati i tempi di lavorazione per ciascuna fase produttiva:

<b>TEMPI LAVORAZIONE SSR 01/02( In minuti x lotto)</b>	
Pezzi /lotto	10000
prelievo magazzino	7
approntamento smd	86
montaggio smd ( comprende: serigrafia, controllo visivo 1 e 2e forno)	800
taglio circuiti	300
Montaggio spadine	1400
saldatura e taglio spadine	500
1 collaudo	1250
Incapsulare	600
Resin.-lav-appr.mac.	2700
2 collaudo + confez.	850
<b>Totale tempi</b>	<b>8493</b>

Tabella 1: tempi SSR 01/02

### SSR 20/21



Figura 3: Relè SSR 20/21

Il relè SSR 20/21 viene realizzato in maniera analoga al precedente in lotti di 5000 pezzi; le fasi di prelievo a magazzino, serigrafia, primo controllo visivo, approntamento e montaggio SMD, forno e taglio circuiti sono infatti uguali a quelle dell'SSR 01/02. I prodotti della serie 20/21 hanno dei componenti aggiuntivi come i led e i Mosfet che vengono saldati manualmente sul circuito. Il montaggio delle spadine qui viene fatto manualmente. In questo caso vengono fissate una a una a misura sul relè. Segue poi un collaudo in cui una macchina controlla il lotto appena realizzato informa tramite un documento su quanti pezzi sono stati prodotti correttamente e quanti sono da scartare. Successivamente il prodotto viene inserito nel contenitore di plastica, resinato per incapsulare i componenti, sottoposto al Collaudo 2 e confezionato per la consegna al cliente.

Di seguito vengono riportati i tempi di lavorazione per ciascuna fase produttiva:

<b>TEMPI LAVORAZIONE SSR 20/21( In minuti x lotto)</b>	
Pezzi /lotto	5000
prelievo magazzino	7
approntamento smd	86
montaggio smd (comprende: serigrafia controllo visivo 1 e 2 e forno)	800
taglio circuiti	150
Saldare led	2000
Saldare mosfet	2000
Montaggio spadine	3000
1 collaudo	500
Incapsulare	600
Resin.-lav.-appr. mac.	1200
2 collaudo + confez.	1100
<b>Totale tempi</b>	<b>11443</b>

Tabella 2: tempi SSR 20/21

## TERMOREGOLATORI SERIE ELTH



Figura 4: termoregolatori ELTH 35 ed ELTH17 affiancati

### ELTH 17

Questo termoregolatore viene prodotto a lotti di 250 pezzi secondo le fasi di lavorazione illustrate di seguito.

I componenti necessari per la realizzazione di un lotto vengono prelevati dal magazzino.

Operazioni svolte su macchina SMD: Anche in questo caso il quadrotto è sottoposto a serigrafia dove viene applicato il saldante sul circuito e successivamente si controlla che l'operazione sia stata effettuata correttamente. Nella macchina SMD viene caricato il programma necessario per realizzare il prodotto durante la fase di approntamento, nella fase di produzione vengono montati i componenti sulla macchina e quindi lavorati. terminate le operazioni sulla macchina SMD viene fatto un secondo controllo visivo. Il tutto poi passa nel forno .

Operazioni svolte da manodopera specializzata: saldatura dei componenti tradizionali come morsetti di collegamento con l'esterno, scheda madre e scheda display e montaggio relè di commutazione. Dopo una serie di operazioni di finitura, durante le quali i circuiti vengono divisi manualmente, viene caricato il programma necessario per il funzionamento, inserito il tutto nel contenitore e applicata l'etichetta identificativa. Il prodotto subisce un collaudo e se il risultato è positivo è pronto per essere confezionato e consegnato al cliente.

Di seguito vengono riportati i tempi di lavorazione per ciascuna fase produttiva:

<b>TEMPI LAVORAZIONE ELTH 17( In minuti x lotto)</b>	
Pezzi /lotto	250
prelievo magazzino	50
approntamento smd	60
montaggio smd (comprende: serigrafia, controllo visivo 1 e 2 e forno	176
Saldatura componenti trad	200
Finitura	270
Collaudo + confez.	455
<b>Totale tempi</b>	<b>1211</b>

Tabella 3: tempi ELTH 17

### ELTH 35

Questo prodotto segue le stesse fasi di lavorazione dell'ELTH 17 con gli stessi tempi ad eccezione della fase di finitura e collaudo i cui tempi sono superiori (300 min/lotto anziché 270) per il montaggio del secondo relè in uscita e relativi morsetti.

Di seguito vengono riportati i tempi di lavorazione per ciascuna fase produttiva:

<b>TEMPI LAVORAZIONE ELTH 35 (In minuti x lotto)</b>	
Pezzi /lotto	250
prelievo magazzino	50
approntamento smd	60
montaggio smd ( comprende: serigrafia, controllo visivo 1 e 2 e forno	176
Saldatura componenti trad	200
Finitura	300
Collaudo + confez.	455
<b>Totale tempi</b>	<b>1241</b>

Tabella 4: tempi ELTH 35

### 2.3 Costo Variabile diretto e Prezzo di vendita.

Sono state raccolte le seguenti informazioni:

Costo macchina per le operazioni in SMD:	60,00 €/h
Costo manodopera diretta	21,88 €/h

Nella tabella sono indicati il costo variabile diretto dei singoli prodotti ( ove il costo delle lavorazioni tiene conto delle quote orarie di cui sopra) ed il prezzo medio di vendita rilevato dalle statistiche aziendali.

Inoltre è evidenziato il margine di contribuzione ottenibile per ciascun lotto di produzione.

Articolo	Valori per pezzo (€)				Valori Per Lotto (€)		
	Costo Materiali	Costo Lavorazioni	Costo Variabile Diretto	Prezzo di Vendita	Costo Variabile Diretto	Prezzo di Vendita	MdC/Lotto
SSR01/02	1,40	0,37	1,77	4,55	17.659,39	45.500,00	27.840,61
ssr20/21	1,70	0,95	2,65	5,2	13.234,91	26.000,00	12.765,09
ELTH 17	12,06	2,37	14,43	22,1	3.607,09	5.525,00	1.917,91
ELTH 35	16,75	2,41	19,16	27,95	4.789,91	6.987,50	2.197,59

*Tabella 5: riepilogo costi, prezzi e margini*

Per quanto riguarda l'incidenza degli scarti sui costi di prodotto, va evidenziato che l'azienda vanta un'esperienza pluriennale nella produzione di questi specifici articoli e via via ha affinato il processo produttivo e di controllo qualità fino ad ottenere una percentuale di scarto inferiore all'1%. *Si è deciso quindi per semplicità di non considerare nei costi e nei tempi l'incidenza di tali scarti.*

## CAPITOLO 3

### Applicazione al caso reale di EL.CO. srl

#### 3.1 Il modello

Si considerino i seguenti quattro prodotti realizzati per lotti interi: SSR 01/02, SSR 20/21, ELTH 17 e ELTH 35. Per ciascun lotto di produzione il costo totale variabile diretto, CVD, e il prezzo di vendita, P, sono pari rispettivamente a

- SSR 01/02: CVD 17659,39 €/lotto, P 45500 €/lotto
- SSR 20/21: CVD 13234,91 €/lotto, P 26000 €/lotto
- ELTH 17: CVD 3607,09 €/lotto, P 5525 €/lotto
- ELTH 35: CVD 4789,91 €/lotto P 6987,5 €/lotto

Tutti i prodotti vengono lavorati dalla macchina SMD che lavora su *3 turni* da 8 ore ciascuno e per l'assemblaggio e le altre operazioni successive l'azienda ha a disposizione *3 operatori* che lavorano su *un turno* di 8 ore. Si considerano 220 giorni lavorativi all'anno.

Ogni lotto di SSR 01/02 richiede 886 min sulla macchina SMD e lo stesso vale per SSR 20/21, ogni lotto di ELTH 17 e di ELTH 35 richiedono ciascuno 236 min di lavorazione sulla macchina SMD.

Ogni lotto di SSR 01/02 richiede 7607 min di operatore, mentre per SSR 20/21 sono richiesti 10557 min di operatore, per ELTH 17 975 min di operatore, e infine per ELTH 35 1005 min di operatore.

In questo momento il mercato assorbe SSR 01/02 e SSR 20/21 per un massimo di 30 lotti all'anno per ciascun prodotto (300.000 e 150.000 pezzi rispettivamente) e ELTH 17 e ELTH 35 per un massimo di 8 lotti all'anno per ciascun prodotto (2000 pezzi).

Si vuole calcolare il massimo numero di lotti dei quattro prodotti da lavorare in un anno al fine di ottenere il massimo margine di contribuzione a lotto totale.

Con i dati a disposizione è possibile calcolare il margine di contribuzione a lotto (Mdc) per i quattro prodotti con la seguente formula :  **$Mdc = P - CVD$**  con P che sta per prezzo di vendita e CVD che sta per costo variabile riferiti al lotto.

- SSR 01/02:  $Mdc = 45500 - 17659,39 = 27840,61$  €/lotto
- SSR 20/21:  $Mdc = 26000 - 13234,91 = 12765,09$  €/lotto
- ELTH 17:  $Mdc = 5525 - 3607,09 = 1917,91$  €/lotto
- ELTH 35:  $Mdc = 6987,5 - 4789,91 = 2197,59$  €/lotto

Variabili: SSR 01/02 =  $x_1$  , SSR 20/21 =  $x_2$  , ELTH 17 =  $x_3$  , ELTH 35 =  $x_4$

Obiettivo: massimizzare il Mdc totale

Vincoli:

- Di lavorazione: tempo per cui è disponibile la macchina SMD, e tempo per cui è disponibile l'operatore (3 operatori per un turno)
- Di mercato: volume produttivo massimo assorbito dal mercato.

**MODELLO:**

$$\text{Max } 27840,61 x_1 + 12765,09 x_2 + 1917,91 x_3 + 2197,59 x_4$$

$$886 x_1 + 886 x_2 + 236 x_3 + 236 x_4 \leq 316800$$

$$7607 x_1 + 10557 x_2 + 975 x_3 + 1005 x_4 \leq 316800$$

$$x_1 \leq 30$$

$$x_2 \leq 30$$

$$x_3 \leq 8$$

$$x_4 \leq 8$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

Traducendo quanto scritto sopra in linguaggio GAMS si ottiene:

```
elco.lst | elco.gms
SETS prodotti /ssr0102, ssr2021, elth17, elth35/;
SCALAR minsmd/316800/, minop/316800/;
PARAMETERS guadagno(prodotti)/ssr0102 27840.61, ssr2021 12765.09,
elth17 1917.91, elth35 2197.59/,
smd(prodotti)/ssr0102 886,ssr2021 886, elth17 236, elth35 236/,
op(prodotti)/ssr0102 7607, ssr2021 10557, elth17 975, elth35 1005/;
VARIABLES x(prodotti),gtot; INTEGER VARIABLE x;
x.up('ssr0102')=30;
x.up('ssr2021')=30;
x.up('elth17')=8;
x.up('elth35')=8;
EQUATIONS ob,vincsmd,vincop;
ob..gtot=e= sum(prodotti,x(prodotti)*guadagno(prodotti));
vincsmd..sum(prodotti,x(prodotti)*smd(prodotti))=l=minsmd;
vincop..sum(prodotti,x(prodotti)*op(prodotti))=l=minop;
MODEL elco /all/;
OPTIONS mip=cplex, optcr=0.0;
SOLVE elco USING mip MAXIMIZING gtot;
DISPLAY x.l, gtot.l;
```

Da cui la soluzione:

```
----      19 VARIABLE x.L
          sssr0102 30.000,    sssr2021  7.000,    elth17  6.000,    elth35  8.000

----      19 VARIABLE gtot.L                      =  953662.110

EXECUTION TIME      =      0.000 SECONDS
```

La soluzione ottima con le risorse al momento a disposizione quindi consiste nel produrre il massimo numero di lotti cioè 30 del prodotto che ha il maggiore margine di contribuzione ovvero SSR 01/02 poi con i minuti che rimangono a disposizione vengono prodotti 7 lotti del SSR 20/21, 6 lotti di ELTH 17 e il massimo producibile per ELTH 35 ovvero 8 lotti. Il massimo Mdc totale è pari a 953.662,110 €.

*Dal punto di vista pratico quanto sopra può aiutare l'imprenditore nelle sue valutazioni in merito a quali prodotti sia più opportuno promuovere con le risorse a disposizione.*

Con le attrezzature e manodopera attuali EL.CO. non riesce a far fronte alla richiesta del mercato per tutti e quattro i prodotti infatti riesce a soddisfare appieno soltanto la domanda per SSR 01/02 e ELTH 35 . Sarebbe utile per avere il massimo guadagno totale realizzare anche 30 lotti di SSR 20/21 e 8 di ELTH 17. L'azienda quindi deve riorganizzare la produzione di questi quattro prodotti di successo e per farlo deve investire sul personale perché le ore macchina a disposizione sono più che sufficienti. La soluzione è aumentare gli operatori da 3 a 6. Questo però comporta un aumento dei costi che l'azienda dovrà sostenere; bisogna quindi scegliere la soluzione che permette di aumentare la produttività al minor costo.

Le possibilità sono due:

1. i sei operatori lavorano tutti contemporaneamente
2. i sei operatori lavorano su due turni da 8 ore ciascuno.

La prima soluzione comporta l'acquisto di nuovi macchinari, come ad esempio l'apparecchiatura che effettua i vari collaudi durante le fasi di lavorazione, e 3

nuove postazioni di lavoro per l'assemblaggio e le altre operazioni. Di conseguenza aumentano gli ammortamenti e quindi aumenta il costo industriale del prodotto.

La seconda soluzione comporta una diversa organizzazione dei turni di lavoro ma non ha ulteriori aggravii di costo come invece avrebbe un terzo turno che normalmente prevede un incremento della retribuzione.

Sarà quindi necessario fare una attenta analisi tra le due alternative scegliendo poi quella che, producendo risultati soddisfacenti rispetto agli obiettivi perseguiti richiede l'investimento iniziale migliore.

### 3.2 Ipotesi di crescita

Da una attenta analisi di budget si può vedere come le previsioni di vendita per il futuro siano molto interessanti. Si prevede infatti che nel giro di tre anni si potrà arrivare a volumi per gli SSR slim (SSR 01/02) intorno ai 500.000 pezzi e per SSR 20/21 si potranno raggiungere volumi di 240.000 pezzi. Per quanto riguarda invece i termoregolatori è pensabile che i volumi possano triplicare in questo arco di tempo.

Con queste premesse è quindi necessario riconsiderare l'organizzazione dell'azienda nell'ambito produttivo prendendo in considerazione le ore di manodopera a disposizione e la disponibilità della macchina SMD, valutando se acquistare una nuova linea di produzione oppure affidare a terzi alcune lavorazioni (attività peraltro possibile con relativa facilità dato che in zona vi sono molte aziende che lavorano come terziste nella produzione elettronica).

Con i cambiamenti di volume sopra descritti il modello diventa il seguente ( in rosso sono indicate le variazioni):

$$\text{Max } 2784,61 x_1 + 12765,09 x_2 + 1917,91 x_3 + 2197,59 x_4$$

$$886 x_1 + 886 x_2 + 236 x_3 + 236 x_4 \leq 316800$$

$$7607 x_1 + 10557 x_2 + 975 x_3 + 1005 x_4 \leq 316800$$

$$x_1 \leq 50$$

$$x_2 \leq 48$$

$$x_3 \leq 24$$

$$x_4 \leq 24$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

e quindi in linguaggio GAMS si ottiene:

```
elco ipotesi crescita.lst | elco ipotesi crescita.gms
SETS prodotti /ssr0102, ssr2021, elth17, elth35/;
SCALAR minsmd/316800/, minop/316800/;
PARAMETERS guadagno(prodotti)/ssr0102 27840.61, ssr2021 12765.09,
elth17 1917.91, elth35 2197.59/,
smd(prodotti)/ssr0102 886,ssr2021 886, elth17 236, elth35 236/,
op(prodotti)/ssr0102 7607, ssr2021 10557, elth17 975, elth35 1005/;
VARIABLES x(prodotti),gtot; INTEGER VARIABLE x;
x.up('ssr0102')=50;
x.up('ssr2021')=48;
x.up('elth17')=24;
x.up('elth35')=24;
EQUATIONS ob,vincsmd,vincop;
ob..gtot=e= sum(prodotti,x(prodotti)*guadagno(prodotti));
vincsmd..sum(prodotti,x(prodotti)*smd(prodotti))=l=minsmd;
vincop..sum(prodotti,x(prodotti)*op(prodotti))=l=minop;
MODEL elco /all/;
OPTIONS mip=cplex, optcr=0.0;
SOLVE elco USING mip MAXIMIZING gtot;
DISPLAY x.l, gtot.l;
```

Da cui la soluzione:

```
----      19 VARIABLE x.L

ssr0102 41.000,    elth17  4.000,    elth35  1.000

----      19 VARIABLE gtot.L                      = 1151334.240

EXECUTION TIME      =      0.000 SECONDS
```

Come si può vedere dal programma la soluzione ottima che si ottiene è:

41 lotti di SSR 01/02

4 lotti di ELTH 17

1 lotto di ELTH 35

Ciò non va bene: con la disponibilità attuale l'azienda non riesce a produrre nessun lotto di SSR 20/21 mentre la sua produzione è imprescindibile. Inoltre non riesce a soddisfare appieno la domanda di nessuno dei 4 prodotti, in particolare produce 4 lotti di ELTH 17 e 1 lotto di ELTH 35 quando il mercato ne richiede 24 per entrambi. Bisogna quindi rivalutare le risorse a disposizione e se necessario incrementarle. Attraverso una serie di simulazioni si è visto che modificando i vincoli relativi al tempo dell'operatore e a quello della macchina SMD la soluzione migliore consiste nell'aumentare il numero di operatori passando da 3 della situazione attuale a 9 operatori.

La capacità produttiva della macchina SMD non rappresenta un vincolo (in una delle simulazioni che qui per brevità non viene riportata, si è ipotizzato di avere a disposizione 2 macchine SMD e si è visto che comunque per far fronte alla domanda servivano 9 operatori).

Con 9 operatori aumentano i minuti di tempo a disposizione per la realizzazione dei prodotti e si soddisfa appieno la domanda.

Con un aumento della manodopera il modello a cui far riferimento diventa (in rosso è indicato il cambiamento):

$$\text{Max } 2784,61 x_1 + 12765,09 x_2 + 1917,91 x_3 + 2197,59 x_4$$

$$886 x_1 + 886 x_2 + 236 x_3 + 236 x_4 \leq 316800$$

$$7607 x_1 + 10557 x_2 + 975 x_3 + 1005 x_4 \leq \mathbf{950400}$$

$$x_1 \leq \mathbf{50}$$

$$x_2 \leq \mathbf{48}$$

$$x_3 \leq \mathbf{24}$$

$$x_4 \leq \mathbf{24}$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

e quindi in linguaggio GAMS si ottiene:

```

SETS prodotti /ssr0102, ssr2021, elth17, elth35/;
SCALAR minsmd/316800/, minop/950400/;
PARAMETERS guadagno(prodotti)/ssr0102 27840.61, ssr2021 12765.09,
elth17 1917.91, elth35 2197.59/,
smd(prodotti)/ssr0102 886,ssr2021 886, elth17 236, elth35 236/,
op(prodotti)/ssr0102 7607, ssr2021 10557, elth17 975, elth35 1005/;
VARIABLES x(prodotti),gtot; INTEGER VARIABLE x;
x.up('ssr0102')=50;
x.up('ssr2021')=48;
x.up('elth17')=24;
x.up('elth35')=24;
EQUATIONS ob,vincsmd,vincop;
ob..gtot=e= sum(prodotti,x(prodotti)*guadagno(prodotti));
vincsmd..sum(prodotti,x(prodotti)*smd(prodotti))=l=minsmd;
vincop..sum(prodotti,x(prodotti)*op(prodotti))=l=minop;
MODEL elco /all/;
OPTIONS mip=cplex, optcr=0.0;
SOLVE elco USING mip MAXIMIZING gtot;
DISPLAY x.l, gtot.l;

```

Da cui la soluzione:

```

----      19 VARIABLE x.L

ssr0102 50.000,      ssr2021 48.000,      elth17  24.000,      elth35  24.000

----      19 VARIABLE gtot.L                      = 2103526.820

EXECUTION TIME      =      0.000 SECONDS

```

Con un aumento della manodopera si ottiene che la soluzione ottima consiste nel produrre 50 lotti di SSR 01/02, 48 lotti di SSR 20/21, 24 lotti di ELTH 17 e infine 24 lotti di ELTH 35 ovvero proprio la quantità massima assorbita dal mercato. Il margine di contribuzione totale è di 2.103.526,82 €.

È interessante conoscere anche il limite di capacità produttiva della macchina SMD per meglio comprendere dove sia necessario investire se si ha un aumento della domanda di mercato. A tal proposito con un breve calcolo, ipotizzando per semplicità che il numero di lotti realizzati per ciascun articolo sia lo stesso, si può vedere che la macchina SMD ha una capacità produttiva fino a 141 lotti di tutti i quattro articoli. La manodopera necessaria per far fronte a questi 141 lotti equivale a 27 operatori ( *Figura 5*). Come si può vedere la macchina SMD ha una capacità nettamente superiore alle previsioni di crescita dei prossimi anni e di fatto non rappresenta un vincolo per le strategie di sviluppo dell'azienda alla quale per far fronte alla domanda basterà dotarsi di manodopera e postazione di lavoro che la crescita man mano richiederà.

SMD (su 3 turni)	min/anno		316800	
OPERATORI ( Su 1 turno)			105600	

tempi ciclo per lotto

Item	smd	mdo	totale	Nr. Lotti	mdo necessaria (min)
ssr01	886	7607	8493	141	1072587
ssr20	886	10557	11443	141	1488537
ELTH 17	236	975	1211	141	137475
ELTH 35	236	1005	1241	141	141705

	smd	mdo	totale	Totale Mdo (min)
"Maxilotto"	2244	20144	22388	2840304

Capacità Maxilotti SMD	141,1765	Totale Operatori	27,00
------------------------	----------	------------------	-------

*Figura 5: calcolo capacità produttiva SMD*

## CONCLUSIONI

L'analisi effettuata si rivela utile in particolare per quanto riguarda i piani di crescita aziendali. Infatti nel primo caso analizzato si vede cos'è più conveniente produrre per massimizzare i margini: dato che l'azienda si muove in un mercato competitivo è proprio il mercato che alla fine determina il mix di prodotto venduto da EL.CO. che quindi non sarà necessariamente coincidente con l'ottimo desiderato.

Dopodiché l'analisi effettuata per i due casi successivi consente di valutare quale sarà il piano di investimenti futuro, ovvero se sarà necessario o meno dotarsi di nuove attrezzature automatiche di produzione e/o di nuove postazioni di lavoro in base alle varie ipotesi di crescita.

Con questa tesi è stato dimostrato quindi come un'analisi per mezzo della ricerca operativa e delle tecniche di ottimizzazione che ne derivano sia un ottimo strumento per gestire l'organizzazione della produzione di una azienda e trovare delle soluzioni in caso di imprevisti dovuti alla variazione di vincoli interni o esterni.

# RINGRAZIAMENTI

Ritengo opportuno rivolgere un ringraziamento particolare al Prof. Giorgio Romanin Jacur per la sua disponibilità e per i suoi consigli durante la redazione della tesi.

I miei più sentiti ringraziamenti vanno inoltre alla EL.CO. che mi ha dato l'opportunità di fare questa interessante esperienza in particolare a Mauro Zaffonato per avermi fornito il materiale necessario per le analisi effettuate.

## BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Bernardi G., 1987, *“Sistemi organizzativi aziendali”*, Edizioni Libreria Progetto

Brusa L., 2001, *“L’amministrazione e il controllo. Logiche e strumenti”*, Etas

Dispensa Ricerca Operativa

Dott. Emanuele Papini (Business Developer AntOptima SA), 2006, *“Ottimizzazione per la produzione industriale: le reali opportunità tra presente e futuro”*, Logistica Management, pp. 53-58.

EL.CO. srl, <http://www.elco-italy.com/> dati immagini e definizioni prodotto raccolti attraverso statistiche e valutazioni fornite dalla Direzione Aziendale.