

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI SALERNO

Dipartimento di Scienze Economiche e Statistiche
Scuola di Dottorato "Antonio Genovesi"



Abstract della
Tesi di Dottorato in
"Ingegneria ed Economia dell'Innovazione"

La Reverse Logistics nell'industria manifatturiera: l'impatto dei processi di recovery sulla formulazione dei piani di produzione e di approvvigionamento.

Cordinatore:
Ch.ma Prof. Alessandra Amendola

Candidato:
Dott. Francesco Ventura
matr. 8883100018

Tutor:
Ch.mo Prof. Stefano Riemma

A.A. 2013-2014

Ciclo XIII N.S.

ABSTRACT (ITA)

Ci sono molti modi per progettare la ricerca e scegliere metodi di raccolta dei dati, considerando la selezione di tema di ricerca, paradigmi di ricerca, e le domande di ricerca, ecc. Secondo la letteratura preminente in materia, il metodo scientifico è un mezzo attraverso il quale la visibilità nello “sconosciuto” si ottiene attraverso un processo ciclico, che deve essere affrontato nelle seguenti fasi:

- 1) ANALISI DEL PROBLEMA
- 2) QUADRO TEORICO DI RIFERIMENTO E STATO DELLE CONOSCENZE
- 3) OBIETTIVI DELLA RICERCA
- 4) TECNICA D'ANALISI
- 5) IPOTESI E RISULTATI

- **ANALISI DEL PROBLEMA:** Da una analisi della letteratura di riferimento, in materia di Reverse Logistics, ed in particolare di Production Planning esistono pochi studi in letteratura che si interessano del problema di come l'impatto di un prodotto reso dispiega la propria efficacia in termini di costi all'interno di un processo MRP. Tra gli studi più interessanti si segnalano: Ferrer & Whybark (2001) hanno sviluppato una metodologia MRP-based in grado di fornire agli utenti risposte a domande tipo: quanti e quali componenti acquistare, quale mix di componenti disassemblare e quanti componenti sia necessario assemblare al fine di soddisfare la domanda Souza & Ketzenberg (2002) e Souza & al. (2002) hanno usato a «two-stage GI/G/1 queue-network» model al fine di individuare quel mix produttivo di lungo periodo capace di massimizzare il profitto per le imprese che intendono soddisfare la domanda di prodotti ricondizionati, di soli prodotti nuovi ovvero di un mix di entrambi. Gli autori hanno utilizzato un modello DES (Discrete Event Simulation) che tiene conto di alcuni parametri reali come l'andamento stocastico dei resi e della resa produttiva, fondamentali per testare la robustezza del modello. Jayataman (2006), attraverso un modello di programmazione matematica, ha determinato il numero ottimale di componenti, aventi un certo livello di qualità, che devono essere aquisiti, disassemblati, ricondizionati e stoccati in un dato periodo di tempo; Denizel et al. (2010) hanno sviluppato un modello di pianificazione multiperiodo che teneva conto dell'incertezza della qualità dei prodotti resi.
- **QUADRO TEORICO DI RIFERIMENTO E STATO DELLE CONOSCENZE:** In materia di Reverse Logistics è difficile trovare una definizione compiuta dell'istituto. Analizzando la letteratura di riferimento è possibile notare come nel corso degli anni ci sia stata una profonda evoluzione della materia, che è passata da un semplice studio dei “flussi di ritorno” dei beni dal consumatore o altro anello della catena distributiva all'OEM fino a diventare, a partire dal 1999, un vero e proprio “processo di pianificazione, implementazione e controllo dei flussi atti a generare valore per l'azienda. La Reverse Logistics la si può definire come un “genus”, che dispiega le sue ramificazioni in deversi campi. Infatti, in letteratura sono presenti numerosi studi che spaziano dall'Inventory Management fino allo studio delle problematiche squisitamente operative che coinvolgono la programmazione operativa della produzione. Inoltre si sottolinea che negli ultimi anni, sono fioriti numerosi studi atti a mettere ordine nella materia, ed in questo senso si richiamano: S.M.Gupta « Reverse Supply Chains- Issues and Analysis» CRC Press 2013; M.A.Ilgin-S.M.Gupta «Remanufacturing Modeling and Analysis» CRC Press 2012; K.K.Pochampally-S.Nukala-S.M.Gupta «Strategic Planning models for Reverse e Closed-Loop Supply Chain» CRC Press 2009; K.Govindan-H.Soleimani-D.Kannan «Reverse Logistics and closed-loop supply chain: a comprehensive review to explore the future» European Journal of Operational Research 240 (2015) 603-628; C.Nuss-R.Sahamie-D.Stindt « The Reverse Supply Chain Planning Matrix: A classification

scheme for planning problems in reverse logistics» International Journal of Management Reviews (2014).

- **OBIETTIVI DELLA RICERCA:** Facendo tesoro degli studi condotti durante il triennio del dottorato, ci si è focalizzati su come la gestione dei resi e dei prodotti non conformi durante il processo produttivo, impatta sul costo totale del MRP. La realizzazione del modello MRP fonda le proprie radici sul fatto che, come Gupta (1994) ha teorizzato, esistono numerose difficoltà nella pianificazione delle scorte dovuta all'incertezza legata all'impossibilità di prevedere il tasso di materia prima recuperata dai prodotti resi; Impossibilità di conoscere a priori le condizioni del prodotto fin tanto che questo non venga ispezionato; Necessità di disassemblare il prodotto; Difficoltà nella gestione della domanda connessa alle difficoltà di bilanciamento tra offerta di prodotti resi e relativa domanda dei prodotti: Difficoltà nella coordinazione del flusso dei materiali che derivano dal disassemblaggio di prodotti aventi caratteristiche peculiari e che potranno essere riutilizzati solo nel riassetto di determinati prodotti; Incertezza connessa con i tempi e la quantità di prodotti resi. Queste problematiche impattano sulla determinazione del costo complessivo del MRP, ma tali effetti potrebbero essere annullati dal risparmio in materia di acquisto di materie prime vergini, grazie ad opportuni processi di disassemblaggio.
- **TECNICHE DI ANALISI:** Al fine di dimostrare quanto statuito negli obiettivi di ricerca, è stato realizzato un modello di simulazione ad eventi discreti (DES) attraverso il simulatore Arena. In tale modello si è voluto descrivere come un prodotto, avente una certa qualità residua, subisce il processo di recovery e quali siano i costi ed i tempi connessi all'espletamento di tale pratica. I materiali recuperati vengono poi inseriti all'interno del MRP, in cui si evince come il POH e, conseguentemente, il POR viene influenzato dalla presenza di questi prodotti recuperati.
- **IPOTESI E RISULTATI** Per analizzare la convenienza di un sistema MRPR, si è deciso di sottoporre ad analisi il caso in cui la BOM del prodotto fosse strutturata secondo più livelli ed il caso in cui la distinta base del prodotto sia monolivello (flat). A questo punto, all'interno del software di simulazione Arena, sono stati ipotizzati diversi scenari, facendo variare le seguenti variabili: Recovery Plan, NC Plan; Quality Recovery; Disassembly Time Mean; Disassembly Time Deviation. Non sono stati variati per scelta il livello di Qualità delle NC ed il Tempo di ispezione in, quanto, nelle evidenze aziendali, si sono dimostrati che: la qualità del prodotto non conforme sempre elevata in quanto si trattava di prodotti mai utilizzati e disassemblati in breve tempo mentre, per quanto riguarda il tempo di ispezione, le evidenze aziendali dimostrano che tale lasso temporale può essere ben descritto attraverso una distribuzione uniforme che oscilla tra 4 ed 8 minuti. Dall'analisi ANOVA risulta evidente quanto sia importante il ruolo della Distinta Base nel processo di disassemblaggio. In particolare si rileva quanto l'interazione tra la BOM ed il Flusso dei Resi, tra la BOM ed il Flusso delle Non Conformità, e tra la BOM ed il Tempo di Disassemblaggio sia particolarmente significativo ($p < 2e-16$). Quindi è possibile affermare che quanto statuito nel Box Plot precedente, che descrive come il rapporto esistente tra la Distinta Base ed il Disassembly Time Medio influenzi il risparmio in termini di costo di approvvigionamento sia tutt'altro che casuale. Inoltre continuando a scorrere la tabella, possiamo ottenere un altro dato importante: l'interazione tra Disassembly Time Medio ed il piano dei recuperi risulta essere particolarmente significativo nella determinazione del risparmio in termini di costo all'interno di un piano MRP ($p = 1.77e-12$), mentre l'influenza reciproca che si ha tra il piano di recupero dei prodotti non conformi ed il Disassembly Time Medio risulta essere significativo ma meno importante.

La tesi si sviluppa in quattro capitoli. Nel primo, partendo dal concetto di Closed Loop Supply Chain, si focalizza l'attenzione sulla Reverse Logistics, identificandone gli istituti fondamentali e gli stakeholder coinvolti. Particolare attenzione viene data al concetto di product recovery, che sarà poi il cavallo di battaglia del capitolo vertente sul modello MRP. Il secondo capitolo presenta una review della letteratura in materia di Reverse Logistics, focalizzando l'attenzione sulle strategic issues, sulle problematiche inerenti il Planning & Control e sull'Inventory Management. Il capitolo si chiude con una review della letteratura degli articoli ritenuti più importanti pubblicati fino al 2013. Il terzo capitolo descrive il modello MRP, partendo dalla definizione del problema e fino ad arrivare alla sua formulazione matematica. I dati raccolti verranno poi analizzati nel quarto ed ultimo capitolo, attraverso l'utilizzo delle comuni tecniche di inferenza statistica

ABSTRACT (ENG)

There are several ways to design research and choose methods of data collection, considering the selection of the research topic, the research paradigms, the research questions, etc. According to the preeminent literature, the scientific method is a procedure by which the visibility in the "unknown" is achieved through a cyclical process, which needs to be addressed in the following phases

- 1) PROBLEM ANALYSIS
- 2) THEORETICAL FRAMEWORK AND KNOWING STATE
- 3) RESEARCH OBJECTIVES
- 4) TECHNICAL ANALYSIS
- 5) HYPOTHESIS AND RESULTS

- **PROBLEM ANALYSIS:** It can be seen from the analysis of the Reverse Logistics reference literature and in particular in the Production Planning field, there are few studies that investigate the problem of the EOL impact in terms of costs within an MRP process. Among the most interesting studies we can point out: Ferrer & Whybark (2001) have developed an MRP-based methodology able to give to the users answers to questions like: how many and which components to buy, what mix of components to disassemble, and what kind of components need to be assembled in order to meet and satisfy the demand. Souza & Ketzenberg (2002) and Souza & al. (2002) have used a "two-stage GI / G / 1 queue-network" model in order to identify the Long Term product mix able to maximize the profit of the companies that wish to meet the demand of refurbished products, the demand of only new products or a mix of both. The authors used a DES model (Discrete Event Simulation) which takes in regard some real parameters such as stochastic returns trends and stochastic return production, that are essential to test the robustness of the model. Jayataman (2006), through a mathematical programming model, has determined the optimum number of components, having a certain level of quality, which must be acquired yearly, disassembled, refurbished and stored in a given period of time; Denizel et al. (2010) have developed a multi-period planning model that considered the uncertainty of the EOL products quality.
- **THEORETICAL FRAMEWORK AND KNOWING STATE:** In the field of Reverse Logistics is hard to find a complete definition of the RL. Analyzing of the reference literature, we can note that over the years there has been a profound evolution of matter, which has grown from a simple study of the goods "return flows" from the consumer or another link in the distribution chain up to the OEM until to become, starting from 1999, a real " planning process, implementation and control of the flows suitable to generate value to the company. The Reverse Logistics can be defined as a "genus", which deploys its ramifications in different fields. In fact, in the literature there are many studies that range from the Inventory Management to the study of operational issues that involve the operative production planning. It also points out that in recent years, numerous studies have flourished to put order in the matter, and in this sense we reference: SMGupta "Reverse Supply Chains- Issues and Analysis" CRC Press, 2013; MAILgin-SMGupta "Remanufacturing Modeling and Analysis" CRC Press, 2012; KKPochampally-S.Nukala-SMGupta "Strategic Planning models for Reverse and Closed-Loop Supply Chain" CRC Press, 2009; K.Govindan-H.Soleimani-D.Kannan "Reverse Logistics and closed-loop supply chain: a comprehensive review to explore the future," European Journal of Operational Research 240 (2015) 603-628; C.Nuss-R.Sahamie-D.Stindt "The Reverse Supply Chain Planning Matrix: A classification scheme for planning problems in reverse logistics," International Journal of Management Reviews (2014).

- **RESEARCH OBJECTIVES:** Taking advantage of the studies conducted during the three years of the doctorate, we have focused our attention on how the management of returns and non-compliant products during the production process impacts on the MRP cost. The realization of the MRP model finds its roots in the fact that, as Gupta (1994) has theorized, there are many difficulties in planning the stocks due to the uncertainty related to the impossibility of predicting the rate of raw material recovered from returned products; Impossibility to know a priori the conditions of the product as long as this is not inspected; Need to disassemble the product; Difficulties in demand management related to the difficulties in balancing between returned products offer and relative product demand: Difficulties in the flows coordination of materials resulting from the dismantling of products with peculiar characteristics and that can be reused only in the reassembly of certain products; Uncertainty related to the returned products timing and amount. These issues have an impact on the determination of the MRP total cost, but these effects could be annulled by the savings in virgin raw materials, purchasing through appropriate disassembly processes.
- **TECHNICAL ANALYSIS:** In order to demonstrate what was held in the research objectives, it was created a discrete event simulation model (DES) through the simulator Arena. In this model we wanted to describe how a product, having a certain residual quality, undergoes the process of recovery and what are the costs and time associated to the performing of this operation. The recovered materials are then inserted within the MRP, in which it is deduced on the POH and, consequently, the ORP is affected by the presence of these products recovered.
- **HYPOTHESIS AND RESULTS** In order to analyze the convenience of a MRPR system, it was decided to analyze the case where the BOM of the product was structured according to multiple levels and in the case where the product bill of materials is monolevel (flat). Then, within the simulation software Arena, different scenarios has been hypothesized by varying the following variables: Recovery Plan, NC Plan; Quality Recovery; Disassembly Mean Time; Disassembly Time Deviation. They haven't been changed the NC product quality level and the time of inspection, because, in the evidence of the company experience, was proved: that the quality of the NC uncomfortable product is always high because they wasn't never used and disassembled in a short time while , regarding the inspection time, the company evidences show that this corporate timescale can be well described by an uniform distribution ranging between 4 and 8 minutes. Thanks to the ANOVA analysis, it is demonstrate that the role of the BOM in the process of disassembly is preeminent, in particular, the interaction between the BOM and the flow of Returns, between the BOM and the Flow of Non-Conformity, and between the BOM and time Disassembly is particularly significant ($p < 2e-16$). So it can be said that what was held in the Box Plot earlier, that describes how the relationship between the BOM and the Middle Disassembly Time that affects the savings in terms of procurement cost is not a coincidence. Furthermore continuing scanning the table, we can get another important fact: the interaction between Middle Disassembly Time and the recovery plan is particularly significant in determining the savings in terms of cost within an MRP plan ($p = 1.77e-12$), while the mutual influence that occurs between the recovery plan of the non-compliant products and Middle Disassembly Time appears to be significant but are less important.

The thesis has four chapters. In the first, starting from the concept of Closed Loop Supply Chain, the attention is focused on the Reverse Logistics, identifying essential institutions and stakeholders involved. A particular attention is given to the product recovery concept, which will be the workhorse of the chapter related to the MRP model. The second chapter presents a review of Reverse Logistics literature, focused on strategic issues, on the problem concerning the Planning & Control and the

Inventory Management. The chapter concludes with a review of the literature of the items considered most important published until 2013. The third chapter describes the MRP model, starting from the definition of the problem until its mathematical formulation. The data collected will then be analyzed in the fourth chapter, through the use of common statistical inference techniques