

Tecnica della scorta di sicurezza virtuale

Stefania Tattoni,
Massimiliano M.
Schiraldi

Dipartimento di
Ingegneria dell'Impresa,
Università degli Studi
di Roma "Tor Vergata"

Applicazione alla distribuzione di grandi elettrodomestici nella grande distribuzione organizzata

Il ruolo della scorta all'interno del sistema produttivo è ormai nota come una delle leve fondamentali, insieme a capacità produttiva e tempo, su cui l'impresa può agire per soddisfare la domanda. Ciò nonostante, troppe volte capita di imbattersi in aziende in cui l'impatto del costo di stoccaggio sul costo di prodotto venga ancora trascurato e in cui non si ponga la dovuta attenzione al fatto che tutta la giacenza imputabile ad acquisti anticipati (scorte in eccesso, codici bassorotanti e materiali obsoleti) ha comunque il pesante effetto di impegnare capitale circolante, aumentando i costi d'esercizio e riducendo il margine di contribuzione.

Sotto questa luce risulta anche chiaro il paradosso rappresentato dalla presenza della scorta di sicurezza: un livello di giacenza volutamente innalzato al di sopra del fabbisogno medio per cautelarsi dall'eventualità di imprevisti, che si spera di non avere. Aumenti troppo bruschi e repentini del tasso di consumo oppure ritardi negli approvvigionamenti e nella produzione sono indiscutibilmente eventi che l'impresa amerebbe evitare di fronteggiare, ma il pericolo di queste evenienze porta alla necessità di dotarsi di scorte di sicurezza per poter soddisfare gli ordini nel tempo previsto.

In questo contesto, i criteri di determinazione analitica del più opportuno investimento in scorta di sicurezza, che minimizzi i costi di stoccaggio pur garantendo il livello di servizio desiderato, assumono una importanza strategica. Nel contempo, qualsiasi tecnica che consenta di ridurre l'impegno in circolante a parità di prestazioni del sistema produttivo diventa ancora più apprezzabile. La *scorta di sicurezza virtuale* nasce nel 2002 esattamente con questo obiettivo.

Da molti anni si sente spesso parlare di *virtualizzazione* di organizzazioni, risorse e servizi. La virtualizzazione, nella sua accezione più pura, si fonda su due condizioni applicative:

- sostituzione del concetto di *fisicità* (presenza fisica) con il concetto di *disponibilità*;



La scorta ricopre un ruolo strategico all'interno della gestione dei sistemi produttivi, in primo luogo poiché è una variabile critica su cui si può agire per complementare la carenza di tempo e capacità produttiva, in secondo luogo perché al mantenimento di materiali a scorta è associato un costo, che auspicabilmente dovrebbe essere ridotto. In contesti con grande aleatorietà della domanda, gli alti livelli di scorta di sicurezza comportano spesso un problema, che può essere efficacemente affrontato e risolto con la tecnica della virtualizzazione della scorta di sicurezza. In questo articolo viene presentata una applicazione della tecnica della scorta di sicurezza virtuale a un caso nella grande distribuzione organizzata.

Inventory Reduction through Virtual Safety Stock: an Application in the Large-Scale Retail Trade

Stock can be considered a complementary substitute for time and/or capacity in production systems, thus it is a critical variable to be carefully managed. Reducing logistics costs and increasing service level are two important goals in any make-to-stock environment; however, facing an unstable demand increases average stock levels due to the necessary presence of safety stock. Virtual Safety Stock technique, which is based on the exploitation of delivery slack time, may succeed in reducing safety stock while simultaneously increasing service level. In this paper the VSS technique effectiveness has been validated in a large-scale retail trade case, under several inventory management policies.



- prestazione del sistema *virtuale*, che deve perlomeno uguagliare quelle dell'originario sistema reale.

Nell'ambito della gestione aziendale, tramite l'adozione di *tecniche di virtualizzazione*, la complessità derivante dalla gestione degli aspetti *fisici* all'interno dei sistemi produttivi o logistici viene ridotta; e ciò porta generalmente a evidenti vantaggi in termini di abbattimento dei costi, miglioramento di performance, incremento di flessibilità ed elasticità.

All'interno della cosiddetta *virtual logistics*, le tecniche di virtual stockholding (Clarke, 1998) si pongono essenzialmente come soluzione per l'abbassamento del livello delle scorte, sfruttando principi di compensazione con il tempo o con la

capacità produttiva disponibile. In particolare, la tecnica denominata *virtual safety stock* (Schiraldi e Van de Velde, 2002) consente di ridurre la scorta di sicurezza in ambito *make-to-stock*, quando non siano previste consegne immediate o quando il cliente sia disposto ad accettare brevi ritardi nelle forniture.

La dimensione della scorta di sicurezza si basa sulla necessità di cautelarsi rispetto all'evenienza di condizione inattese e quindi indesiderate; tra queste, le più classiche sono appunto quelle imputabili a ritardi di fornitura o incrementi di domanda troppo repentini (Hadley e Whitin, 1963) oppure errori di previsione (Zinn, 1990). Virtualizzare la scorta di sicurezza di prodotti finiti implica ridurre il livello di stoccaggio e fare leva sulla disponibilità di un pur esiguo intervallo di tempo all'interno del processo ordine-consegna. L'inevitabile limite di questa tecnica risiede ovviamente nell'impossibilità di essere adottata quando il momento di ordine del cliente e di consegna coincidono. Esistono però moltissimi contesti dove tali eventi sono effettivamente ben separati nel tempo. Ad esempio, si può richiedere al cliente di accettare una consegna differita rispetto all'istante dell'ordine, ma tale negoziazione comporta una perdita di valore. In altri casi invece, come ad esempio quando il processo prevede a priori spedizioni solo in alcuni giorni della settimana oppure quando è il cliente a richiedere una successiva consegna a domicilio, le prestazioni del sistema produttivo sono comunque massime anche se i momenti di ordine e di consegna sono separati.

In questo lavoro vengono sintetizzati i risultati della convalidazione dell'applicazione della tecnica di *virtual safety stock* per la vendita al pubblico di grandi elettrodomestici nel contesto della grande distribuzione organizzata. Per evidenti ragioni logistiche, gli acquirenti dei grandi elettrodomestici richiedono infatti quasi costantemente la consegna a domicilio, che è comunque differita rispetto al momento della scelta e dell'acquisto del prodotto. Inoltre, questo specifico ambito di applicazione è caratterizzato da altri fattori di particolare interesse:

- il fatto di trattare articoli di costo unitario elevato, ingombranti, con ciclo di vita sempre più breve e a forte rischio di obsolescenza; ciò rende ancor più critica la necessità di minimizzare lo stock per ridurre l'immobilizzo di capitale, l'occupazione di spazio e il rischio di invento;
- una domanda di prodotti estremamente irregolare e sporadica (*lumpy*), cosa che comporta una complicazione applicativa poiché questa condizione è particolarmente distante dalle ipotesi di base dei modelli tradizionali di gestione delle scorte (Harris, 1913) su cui si fonda la teoria classica della scorta di sicurezza (Hadley e Whitin, 1963).

Fondamenti della teoria della "virtual safety stock"

La distanza temporale tra gli istanti di ordine e di consegna al cliente, denominata *delivery slack time* (DST), è la principale variabile del modello della *virtual safety stock* (VVS). Il DST è un intervallo di tempo non sufficientemente lungo per consentire di trasformare un processo *make-to-stock* in un processo *make-to-order*, per quanto, come si vedrà, sia sufficiente a contribuire alla riduzione della scorta di sicurezza. Si noti che, a seconda della durata del DST e in base alle variabili dello scenario (tra cui il livello di servizio desiderato), la scorta di sicurezza può essere completamente eliminata oppure solamente ridotta, permanendo in tal caso la necessità dello stoccaggio di un pur minimo quantitativo di prodotti in stock. Tale quantitativo viene denominato *physical safety stock* (PSS), perché si distingue dall'equivalente quantitativo di scorta *virtualizzato* (VSS). Il livello di servizio (SL, *service level*) viene calcolato nel caso generale (Nenni, Schiraldi, Van de Velde, 2005) dall'espressione:

$$SL = 1 - \int_0^{\infty} \left[\left[-\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{t(t+s)} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) dz \right] \cdot \left[1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{M(t)} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) dz \right] \right] dt$$

nella quale si ha:

$$k(t) = d \cdot (DT - t) \cdot \left(\frac{\sqrt{DT}}{\sigma_d \cdot t} \right)$$

$$h(t) = (t - DT + DST) \cdot \sigma_{DT}$$

e nella quale si è utilizzata la seguente notazione per le variabili:

- DT durata media del tempo di consegna, in unità di tempo;
- σ_{DT} deviazione standard del tempo di consegna;
- d domanda media, in numero di prodotti per unità di tempo;
- σ_d deviazione standard della domanda.

In sintesi, il livello di servizio ottenuto con lo sfruttamento della VSS è formulato come complemento a 1 di un prodotto di probabilità:

- la prima è associata alla condizione che il cliente richieda il prodotto quando questo non è presente in magazzino;
- la seconda è associata al fatto che il ripristino della scorta (ad esempio tramite il fornitore) non avvenga nell'intervallo di tempo tra l'ordine e la consegna al cliente.

Per maggiori approfondimenti sulla costruzione della formula presentata si rimanda agli articoli citati.

L'innovazione nella struttura di questo modello, rispetto a quello della formulazione classica delle scorte di sicurezza di Hadley e Whitin, risiede nella sola introduzione della variabile DST all'interno dell'espressione del livello di servizio, pur nel rispetto dell'impostazione complessiva del modello originale, di cui conserva le stesse varia-

bili. Purtroppo, tale apparentemente piccola modifica comporta un notevole incremento di complessità matematica, per cui è possibile riconoscere delle opportunità di ulteriori speculazioni scientifiche, soprattutto tese alla definizione di una formula più compatta e pratica da utilizzare.

Applicazione della VSS alla distribuzione di grandi elettrodomestici nella GDO

La funzione principale di un'azienda operante nel settore della Grande Distribuzione Organizzata (GDO) si esplica nella gestione dei flussi logistici, per cui la criticità risiede nella gestione al minimo costo e nel minor tempo possibile delle merci in entrata e in uscita. In questo settore, tra le leve essenziali per massimizzare i profitti, oltre alla politica dei prezzi e all'ampiezza dell'offerta, vi sono sicuramente le modalità di gestione, di approvvigionamento e di mantenimento delle scorte.

Nel caso della distribuzione dei grandi elettrodomestici, il DST consiste nell'intervallo di tempo che intercorre tra il momento dell'acquisto del

prodotto alla cassa del punto vendita, in seguito alla sua selezione nella zona di esposizione, e il momento della spedizione al cliente, tipicamente tramite corriere, a partire dal magazzino di stoccaggio dell'ipermercato, dal centro di distribuzione aziendale oppure direttamente dall'azienda produttrice. A giudizio della funzione marketing dell'azienda della GDO che ha cortesemente messo a disposizione i propri dati per queste analisi, il valore massimo del DST può essere imposto pari a 5 o 6 giorni, sulla base della prestazioni e della puntualità del gestore del servizio di consegna a domicilio.

All'interno del reparto grandi elettrodomestici (GED, Grandi Elettrodomestici) di un ipermercato come quelli presi in analisi si registra mediamente una giacenza di 5 o 6 unità per singolo codice (referenza), con indice di rotazione medio straordinariamente basso.

Come accennato, l'andamento della domanda presenta un'elevata lumpyness (irregolarità) pur con una bassa *variability* (variabilità), ovvero essa è:

- *sporadica*, caratterizzata da numerosi periodi

parametri	livello PSS	LS reale con PSS	LS reale con VSS	incremento LS con VSS	LS teorico	% stock-out salvati
Lotto Q=7 DST = 5	PSS = 3	100,00%	100,00%	-	100,00%	-
	PSS = 2	99,50%	100,00%	0,50%	100,00%	100,00%
	PSS = 1	99,00%	100,00%	1,00%	100,00%	100,00%
	PSS = 0	96,50%	97,94%	1,44%	78,00%	41,00%
Lotto Q=4 DST = 5	PSS = 3	100,00%	100,00%	-	100,00%	-
	PSS = 2	100,00%	100,00%	-	100,00%	-
	PSS = 1	99,00%	99,50%	0,50%	99,00%	50,00%
	PSS = 0	94,70%	96,87%	2,17%	78,20%	41,00%
Lotto Q = 2 DST = 5	PSS = 3	99,00%	99,00%	-	100,00%	-
	PSS = 2	98,50%	99,40%	0,90%	100,00%	60,00%
	PSS = 1	95,80%	97,06%	1,26%	99,50%	30,00%
	PSS = 0	86,00%	90,90%	4,90%	78,00%	35,00%
Lotto Q=7 DST = 5	PSS = 3	100,00%	100,00%	-	100,00%	-
	PSS = 2	99,00%	99,00%	-	100,00%	-
	PSS = 1	99,50%	99,50%	-	99,50%	-
	PSS = 0	97,60%	98,32%	0,72%	67,60%	30,00%
Lotto Q=4 DST = 5	PSS = 3	100,00%	100,00%	-	100,00%	-
	PSS = 2	99,80%	99,88%	0,08%	99,80%	40,00%
	PSS = 1	98,00%	99,04%	1,04%	95,50%	52,00%
	PSS = 0	98,00%	98,60%	0,60%	61,00%	30,00%
Lotto Q = 2 DST = 5	PSS = 3	100,00%	100,00%	-	100,00%	-
	PSS = 2	100,00%	100,00%	-	100,00%	-
	PSS = 1	99,00%	99,86%	0,86%	98,00%	86,00%
	PSS = 0	90,00%	94,40%	4,40%	65,00%	44,00%

Tab. 1 - Risultati più significativi ottenuti attraverso simulazioni con politiche di gestione di tipo ROC e ROL nel caso di distribuzione di grandi elettrodomestici nella grande distribuzione organizzata

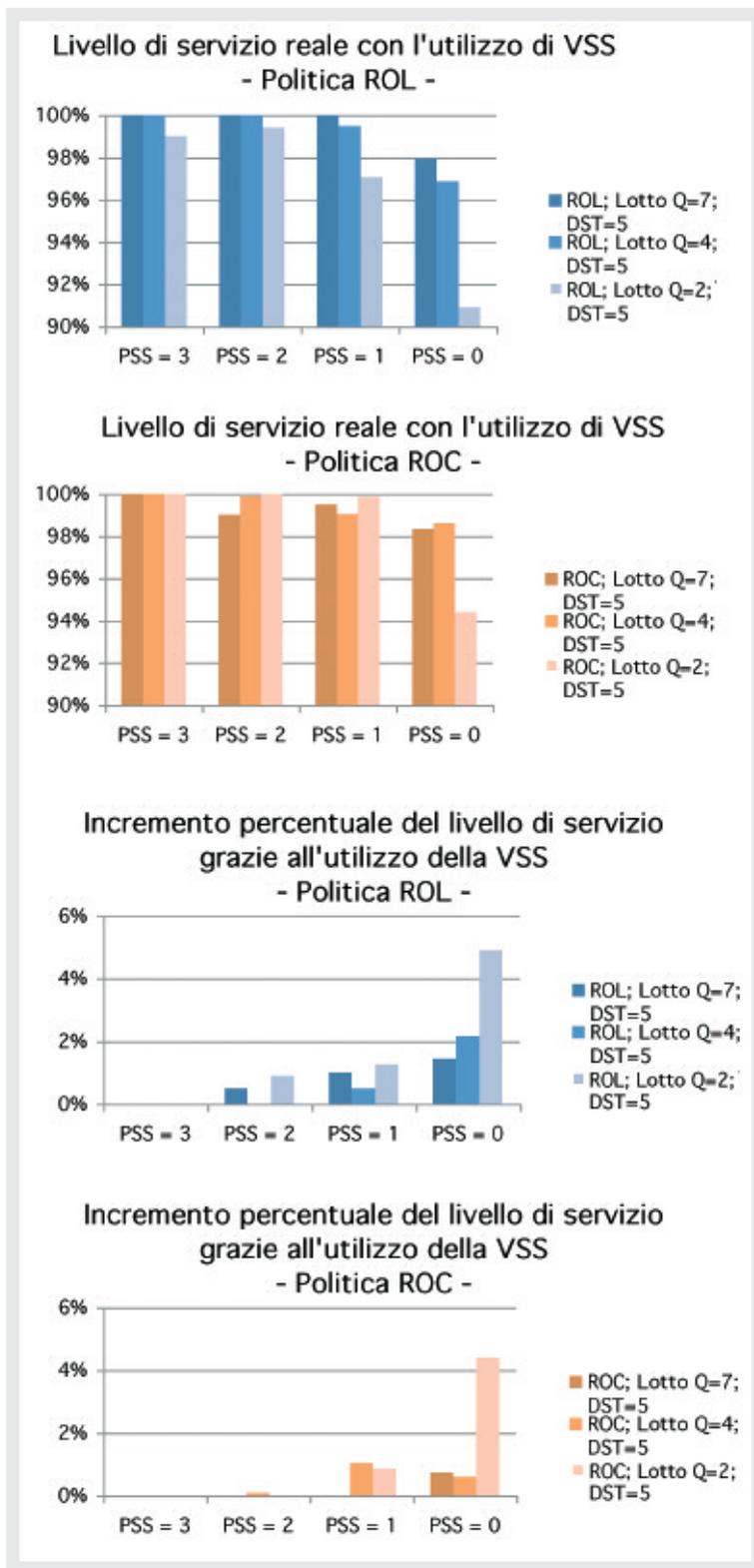


Figura 1

con domanda nulla;

- *nervosa*, con una relativa assenza di lunghi periodi a domanda costante maggiore di zero;
- *poco variabile*, caratterizzata da piccole fluttuazioni.

Tutto questo rende più complicata la gestione delle scorte (Croston, 1972). Tale particolare andamento della domanda dei clienti finali si rispecchia nelle politiche di approvvigionamento del punto vendita, caratterizzate da

ordini sporadici, anche di singole unità di prodotto in assenza di vincoli di riordino con lotto minimo. Questa modalità operativa, non certo comoda per chi si trova a monte nella filiera logistica, costituisce probabilmente una delle cause di una elevata incertezza sui tempi di consegna da parte dei fornitori.

La particolare caratteristica della domanda e la relativa scarsità di dati hanno comportato la necessità di generare delle simulazioni del comportamento del mercato per ciascun punto vendita e per ciascun prodotto. Sono stati definiti diversi scenari di simulazione, sulla base delle combinazioni di:

- politiche di gestione della scorta ciclo, di cui quattro tra le più note sono: *re-order level* (ROL), *re-order cycle* (ROC), *intervallo di riordino fisso con livello obiettivo* (LO), *scorta minima e massima* (s/S);
- livelli di scorta di sicurezza fisica (0, 1, 2 o 3 unità per prodotto);
- dimensione dei lotti di approvvigionamento (2, 4 o 7 unità);
- durata del DST (5 o 6 giorni).

Per ogni scenario sono state eseguite 50 simulazioni, valutando i seguenti indicatori:

- livello di servizio ottenuto in presenza della sola PSS;
- livello di servizio ottenuto in presenza della VSS;
- livello di servizio teoricamente ottenibile sulla base della formula VSS;
- percentuale di stock-out salvati grazie alla presenza della VSS.

Il minimo livello di servizio accettabile è stato imposto pari al 95%.

Le simulazioni degli scenari con politiche di gestione delle scorte di tipo LO ed s/S hanno mostrato una varianza dei risultati eccessivamente ampia, per cui si conclude che, pur se l'adozione della tecnica di VSS ha comportato una generalizzata riduzione dei costi, questa non può essere precisamente quantificata. Al contrario, le simulazioni con politiche di gestione di tipo ROC e ROL hanno prodotto risultati tendenzialmente allineati. Nei dati della *tabella 1* e nei grafici della *figura 1* si riportano i risultati più significativi.

Alla luce dei risultati ottenuti è emersa la chiara convenienza dell'utilizzo della tecnica della *virtual safety stock* in particolare negli scenari in cui si è adottata la politica di gestione delle scorte di tipo ROC o ROL. In questi scenari, lo sfruttamento del *delivery slack time* pari a 5 giorni ha consentito il raggiungimento del livello di servizio medio pari a circa il 97%, pur in completa assenza della scorta di sicurezza. In presenza di VSS, la necessità di mantenere in stock una unità di scorta di sicurezza fisica si verifica nell'esclusivo caso in cui si punti a ottenere un livello di servizio pari al 99,9%.

Volendo fornire qualche dato economico indicativo, si consideri che il valore dello stock relativo

al reparto grandi elettrodomestici di un ipermercato può aggirarsi intorno al valore di 70.000 euro. Di questo, le classi di prodotto prese in considerazione nell'analisi pesano il 60%, di cui il 50% è costituito dalla scorta di sicurezza, noto il fatto che negli spazi espositivi del reparto viene tenuta una sola unità per ogni modello di prodotto. Anche al costo di negoziare tempi di consegna più lunghi con i clienti a fronte di una riduzione del margine, l'opportunità di adozione della tecnica di VSS risulta comunque evidente, considerata la sua efficacia nell'assicurare un livello di servizio comunque alto in assenza di mantenimento di scorta di sicurezza fisica.

Considerazioni conclusive

Da un punto di vista operativo purtroppo, nonostante l'indubitabile solidità dell'azienda analizzata, l'inaspettata scarsità di dati storici sulla domanda nei vari punti vendita ha comportato la necessità di restringere l'analisi ai soli prodotti di "fascia alta" (10 referenze su un totale di 86 nel reparto GED). Ciò non ha consentito di evitare di ricorrere a uno strumento di simulazione software per la generazione di vari set per la convalida del modello, tali da costituire una base statisticamente significativa e al tempo stesso adeguata al contesto analizzato. La soluzione di simulare gli andamenti della domanda è certamente meno preferibile rispetto a una eventuale futura applicazione su dati reali.

Inoltre, la formula che esprime il livello di servizio in presenza di DST è, come detto, difficilmente utilizzabile, considerato che le espressioni integrali ivi contenute non possono essere risolte in forma chiusa. Se, da un lato, ciò stimola i ricercatori a determinarne una espressione più compatta, dall'altro, allo stato attuale risulta comunque di difficile applicazione a molti casi aziendali, se non tramite risoluzioni numeriche, come si è reso necessario effettuare nell'esempio in esame.

Per una tecnica che ha dimostrato ancora una volta una così grande efficacia, pur adattata a un

contesto applicativo particolarmente ostico come quello della domanda *lumpy*, sarebbe auspicabile la formulazione di una espressione più compatta, che ne consenta una più facile fruibilità in ambito aziendale. ■

Bibliografia

- [1] Chang C.: *The Interchangeability of Safety Stock and Safety Time* - Journal of Operations Management, Vol. 6, 1985, 35-42
- [2] Clarke M.P.: *Virtual Logistics: an Introduction and Overview of the Concepts* - International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 28, n. 7, 1998, 486-507
- [3] Croston J.D.: *Forecasting and Stock Control for Intermittent Demands* - Operational Research Quarterly (1970-1977), Vol. 23, n. 3, September 1972, 289-303
- [4] Franke U., Jockel E.O.: *Virtual Logistics: an Exploratory Case Study* - Centre for Logistics and Transportation, Cranfield School of Management, Working paper, 2000
- [5] Hadley G., Whitin T.M.: *Analysis of Inventory Systems* - Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1963
- [6] Harris F.W.: *How Many Parts to Make at once* - The Magazine of Management, Vol. 10, n. 2, February 1913, 135-136, 152
- [7] Landers T.L., Cole M.H. e al.: *The Virtual Warehousing Concept* - Transportation Research, Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 36, Issue 2, June 2000, 115-126
- [8] Nenni M.E., Schiraldi M.M., Van de Velde S.L.: *Determining Safety Stock with Backlogging and Delivery Spare Time* - XVIII ICPR Conference Proceedings, Salerno, May 2005
- [9] Pujawana N., Kingsman B.G.: *Properties of Lot-Sizing Rules under Lumpy Demand* - International Journal of Production Economics, Vol. 81-82, 2003, 295-307
- [10] Schiraldi M.M.: *La gestione delle scorte. Fondamenti e principi applicativi* - Sistemi Editoriali - Edizioni Simone, 2007
- [11] Schiraldi M.M., Van De Velde S.L.: *Substituting Stock with Time: the Effect of Delivery Spare Time on Safety Stock* - Paper presented in 7th ELA Doctorate Workshop, 2002
- [12] Wijngaard J.: *The Effect of Foreknowledge of Demand in Case of a Restricted Capacity: the Single-Stage, Single-Product Case with Lost Sales* - European Journal of Operational Research, Vol. 159, Issue 1, November 2004, 95-109
- [13] Williams T.M.: *Reorder Levels for Lumpy Demand* - The Journal of the Operational Research Society, Vol. 33, n. 2, 1982, 185-189
- [14] Zinn W., Marmostein H.: *Comparing Two Alternative Methods of Determining Safety Stock Levels: the Demand and the Forecast System* - Journal of business logistic 111, 1990, 95-110



Stefania Tattoni è attualmente impegnata nell'ottenimento del dottorato in Operations Management presso l'Università di Roma "Tor Vergata", grazie ad una borsa di studio sponsorizzata da una nota società internazionale di consulenza. I suoi temi di ricerca sono: l'ottimizzazione di processo nei servizi (con particolare riferimento al settore della sanità), la logistica e il supply chain management (incentrato su reverse logistics e scorte di sicurezza virtuali). In passato ha partecipato a numerosi progetti, fra cui: la pianificazione del layout nello stoccaggio di materiali, la pianificazione di impianto, l'analisi di processo e il miglioramento dell'efficienza nei flussi della logistica e la re-ingegnerizzazione di processo del servizio di Ingegneria Medica presso il Policlinico di Tor Vergata. Sta inoltre collaborando a due progetti di ricerca che si avvalgono del supporto scientifico dell'Università "Federico II" di Napoli, dell'Università di Salerno e del Politecnico di Torino.



Massimiliano M. Schiraldi è ricercatore in impianti industriali (SSD ING-IND17) e collabora con le cattedre del settore presso l'Università di Roma "Tor Vergata" dal 2000. Titolare del corso di Impianti Industriali per Ingegneria Gestionale, è docente del corso dal 2003. Dal 2001 è codocente del corso di Gestione degli

Impianti Industriali e ha insegnato Gestione della Produzione Industriale dal 2003 al 2008. Dal 2002 ha organizzato e partecipato alla pianificazione di oltre 20 progetti di ricerca tra nazionali e internazionali, ivi compresi diversi progetti EU-FP6. In qualità di risorsa dell'Università strutturato all'interno del Dipartimento di Ingegneria dell'Impresa, effettua interventi di ottimizzazione della produzione ed efficientamento di impianto, prevalentemente in aziende del comparto manifatturiero.