

PATRIZIA BUSATO\*

## Applicazione della logistica nella filiera cerealicola

### INTRODUZIONE

Nella relazione sono descritti due esempi di applicazione della logistica nella filiera cerealicola.

I modelli hanno spaziato da indagini svolte su singoli appezzamenti, a studi riferiti all'azienda intera, e sono stati applicati alla raccolta del riso e del mais, dove le operazioni di raccolta, trasporto e stoccaggio del prodotto sono state simulate come parti di un unico sistema.

Lo scopo del primo lavoro è stato quello di dimensionare correttamente un cantiere di raccolta e trasporto del riso, in funzione delle caratteristiche intrinseche degli appezzamenti (forma, dimensione, produzione unitaria e distanza dal centro aziendale).

Nel secondo caso è stato implementato un modello a rete in grado di evidenziare gli effetti dell'aumento della capacità di ricevimento dell'impianto di stoccaggio mais sulla produttività dei cantieri di raccolta e trasporto del prodotto, in termini di riduzione dei tempi di servizio e di aumento dei volumi giornalieri conferiti.

### PRIMO CASO DI STUDIO

#### *Simulazione di cantieri di raccolta del riso: aspetti tecnici e logistici*

Le operazioni di raccolta e trasporto dei cereali rappresentano un sistema complesso, nel quale l'efficienza della singola macchina dipende dalla performan-

\* *Università degli Studi di Torino*

ce dell'insieme nel suo complesso. La capacità di lavoro della mietitrebbia è condizionata dai mezzi di trasporto. Aumentare la disponibilità di rimorchi o manodopera consente di elevare la capacità del cantiere, quando questa è limitata dalla distanza o quando il periodo utile per la raccolta è ridotto.

Il modello di simulazione aiuta a scegliere, in base ai vincoli esistenti (distanza degli appezzamenti dal centro aziendale, produzioni unitarie, ecc.), il cantiere di trasporto necessario alla raccolta di tutta la superficie nel periodo utile.

### *Cantiere considerato*

Il rilievo dei dati in campo è stata effettuato presso un'azienda risicola di 540 ha. La dimensione media degli appezzamenti rilevati era di 3.2 ha e le varietà di riso raccolte erano *Vialone nano* e *Tejo*, con una produzione media di circa 7 t/ha all'umidità di raccolta.

Il cantiere oggetto di rilievo era costituito da una mietitrebbia Claas Lexion 480 con larghezza di barra di taglio di 6.7 m, e capacità di serbatoio di raccolta di circa 4 t. Per il trasporto sono stati utilizzati due rimorchi della capacità di 8 t ciascuno.

I parametri rilevati durante le prove sono stati elaborati in modo statistico e sono stati utilizzati nel modello di simulazione come parametri di input (tab. 1 e tab. 2).

Per descrivere il comportamento della mietitrebbia durante l'operazione di raccolta, nel modello di simulazione gli appezzamenti sono stati rappre-

ATTIVITÀ	OSSERVAZIONI	DISTRIBUZIONE STATISTICA	MEDIA	DEVIAZIONE STANDARD
Velocità di raccolta lungo la direzione principale dell'appezzamento	117	Normale	3.92	0.86
Velocità di raccolta in capezzagna	22	Lognormale	2.11	1.19
Tempo di voltata per l'apertura del campo	16	Lognormale	0.777	0.43
Tempo di voltata a 90°	47	Lognormale	0.252	0.11
Tempo di voltata a 180°	70	Lognormale	0.329	0.15
Tempo di trasferimento per lo scarico	55	Lognormale	0.642	1.64
Tempo di scarico in capezzagna	28	Lognormale	1.76	0.803

Tab. 1 *Distribuzioni statistiche relative alle velocità e ai tempi di lavoro della mietitrebbia, verificate con il test di Kolmogorov-Smirnov (ARENA®, Rockwell software Inc, ). I tempi sono espressi in min e le velocità in km/h*

sentati con una serie di segmenti, corrispondenti alle singole passate. Questo approccio riconduce il movimento bidimensionale della macchina in campo a un movimento unidimensionale, semplificando la simulazione. In questo modo, concettualmente, possono essere descritti campi di qualsiasi forma in modo molto accurato (fig. 1).

ATTIVITÀ	OSSERVAZIONI	DISTRIBUZIONE STATISTICA	MEDIA	DEVIAZIONE STANDARD
Velocità di trasferimento a vuoto su sterrato	9	Normale	16.7	1.29
Velocità di trasferimento a vuoto su asfalto	9	Normale	26.6	2.06
Velocità di trasferimento a pieno su sterrato	11	Normale	13.3	1.27
Velocità di trasferimento a pieno su asfalto	11	Normale	26.7	2.55
Tempo di pesatura del rimorchio in azienda	23	Lognormale	1.25	0.821
Tempo di trasferimento dalla pesa allo scarico	19	Lognormale	4.1	3.85
Tempo di scarico in azienda	15	Lognormale	0.798	1.14

Tab. 2 *Distribuzioni statistiche relative alle velocità e ai tempi di lavoro dei rimorchi, verificate con il test di Kolmogorov-Smirnov (ARENA®, Rockwell software Inc, ). I tempi sono espressi in min e le velocità in km/h*

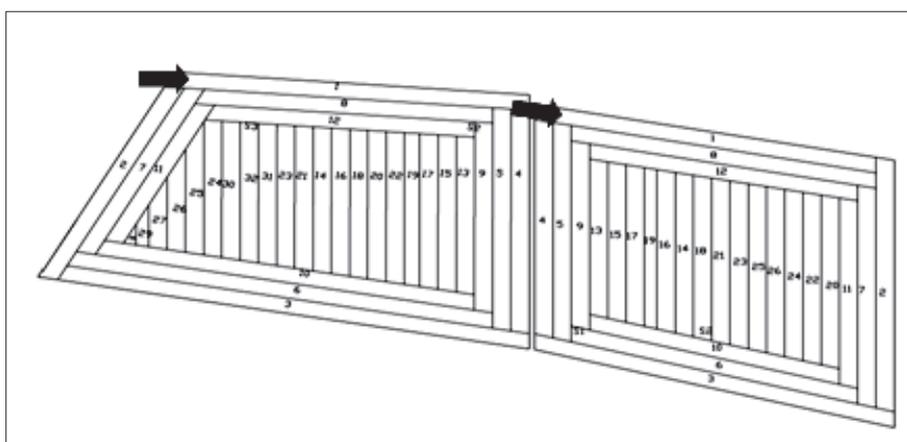


Fig. 1 *Schema della suddivisione degli appezzamenti in singole passate. Il numero progressivo indica la sequenza di raccolta effettuata dalla mietitrebbia in campo. Le frecce identificano i punti di ingresso della mietitrebbia in campo e la direzione iniziale dell'operazione di raccolta*

*Modello di simulazione*

Il caso di studio ha riguardato la performance del cantiere di raccolta e trasporto del riso in funzione della sua composizione – rimorchi, trattrici e manodopera – e della distanza degli appezzamenti dal centro aziendale, variabile da 1 a 15 km:

- Cantiere 1R1T1P. 1 rimorchio, 1 trattrice e 1 persona;
- Cantiere 2R2T1P. 2 rimorchi, 2 trattrici e 1 persona;
- Cantiere 2R2T2P. 2 rimorchi, 2 trattrici e 2 persone;
- Cantiere 3R3T2P. 3 rimorchi, 3 trattrici e 2 persone;
- Cantiere 3R3T3P. 3 rimorchi, 3 trattrici e 3 persone.

Considerando 45 giorni come periodo utile per la raccolta, un coefficiente di sensibilità climatica di 0.6 e 6 ore di lavoro giornaliero, per raccogliere una superficie di 215 ha, occorre impiegare meno di 0,753 h/ha:

$$TU = \frac{P \times u \times x \times h}{A} = \frac{45 \times 0,6 \times 6}{215} = 0,753 \text{ h/ha}$$

*Risultati*

Il modello restituisce i tempi di lavoro del cantiere di raccolta e trasporto rispetto alla distanza dei campi dall'azienda. Gli scenari che consentono di raccogliere tutta la superficie entro il periodo utile sono i seguenti (fig. 2):

- 1R1T1P per distanze fino a 2 km;
- 2R2T1P per distanze tra 3 e 7 km;
- 2R2T2P per distanze tra 8 e 11 km;
- 3R3T2P per distanze tra 12 e 15 km.

Il tempo di utilizzazione minimo è pari a 0,604 h/ha, corrispondente a una capacità massima di cantiere di 1,65 h/ha. Tale risultato è ottenibile con l'impiego di due rimorchi, per appezzamenti situati a distanze inferiori ai 5 km dal centro aziendale, e con tre rimorchi, per appezzamenti compresi tra 6 e 9 km. La presenza di un unico rimorchio non è in grado di garantire l'ottimizzazione della mietitrebbia, nemmeno alle distanze più brevi.

Evidentemente, quando i tempi di utilizzazione sono uguali per due cantieri diversi, risultano economicamente più vantaggiosi quelli che presentano un minore utilizzo di manodopera e di macchine. Ad esempio, con distanze comprese tra 1 e 4 km, 2R2T1P presenta lo stesso tempo di utilizzazione di 3R3T2P, consentendo il risparmio di una persona, una trattrice

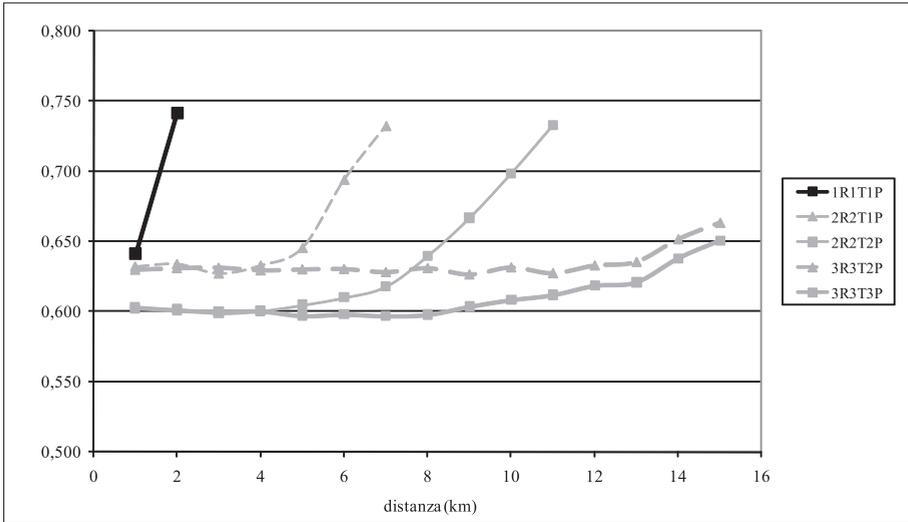


Fig. 2 Tempo di lavoro dei cantieri di raccolta e trasporto rispetto alla distanza dei campi dall'azienda. Valori espressi in h/ha - Produzione unitaria 7 t/ha

e un rimorchio. Con distanze comprese tra 1 e 5 km, 2R2T2P presenta lo stesso tempo di utilizzazione di 3R3T3P, con il risparmio di una persona, una trattrice e un rimorchio. A 8 km di distanza, 2R2T2P ha un tempo di utilizzazione equivalente a 3R3T2P, e ciò consente il risparmio di una trattrice e un rimorchio.

Analizzando i risultati relativi all'impiego di manodopera, si possono trarre alcune considerazioni (fig. 3):

- quando la catena di trasporto è sovradimensionata, all'interno dello stesso cantiere, l'impiego della manodopera rimane costante al variare della distanza degli appezzamenti;
- al contrario, quando la catena di trasporto è un fattore limitante per la mietitrebbia, il tempo necessario a raccogliere tutta la superficie si incrementa all'aumentare della distanza e di conseguenza anche la richiesta di manodopera aumenta.

Inoltre, il modello evidenzia alcuni impieghi particolari di manodopera che non potrebbero essere spiegati con sistemi di calcolo analitico. Ad esempio, per il cantiere 3R3T2P la presenza del terzo rimorchio non paga in termini di manodopera. Infatti, l'utilizzo di una persona in meno determina fino a 7 km di distanza tempi di attesa superiori per la mietitrebbia, cioè un tempo di utilizzazione maggiore rispetto al cantiere 2R2T2P. Al contrario, per il cantiere 2R2T1P il rimorchio aggiuntivo consente un impiego migliore

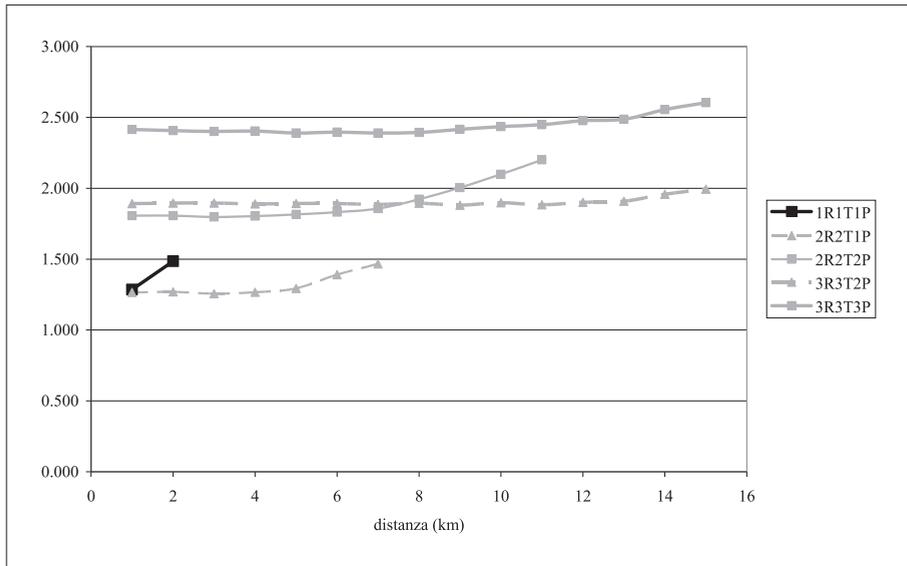


Fig. 3 Impiego di manodopera al variare della distanza dei campi dall'azienda e al variare del numero di rimorchi disponibile. Valori espressi in h/ha - Produzione unitaria 7 t/ha

della manodopera rispetto al cantiere 1R1T1P, la persona che lascia il rimorchio vuoto in campo per portare quello pieno in azienda, riduce i tempi di attesa per lo scarico della mietitrebbia.

In generale, è evidente per alcune distanze la convenienza a utilizzare cantieri che presentino un risparmio di manodopera adibita al trasporto, quando la capacità di lavoro è sufficiente per la mietitrebbia. L'impiego di una persona in meno determina una riduzione di manodopera, a parità di macchine.

La composizione dei costi unitari è data dalla mietitrebbia, dalla manodopera e dal sistema di trasporto, trattrici e rimorchi (fig. 4). La mietitrebbia rappresenta la principale componente di costo, per tale ragione essa deve lavorare con elevata efficienza.

I costi delle macchine sono stati calcolati escludendo i tempi di attesa. È questo il motivo per cui al variare della distanza il costo della mietitrebbia rimane pressoché costante, mentre si incrementa per il sistema di trasporto. Il costo della manodopera non cambia fino a quando l'efficienza operativa della mietitrebbia è uguale a uno, in seguito aumenta con la distanza. In generale, l'impiego di una persona in meno determina maggiori costi per le attese che si verificano in campo a carico della mietitrebbia.

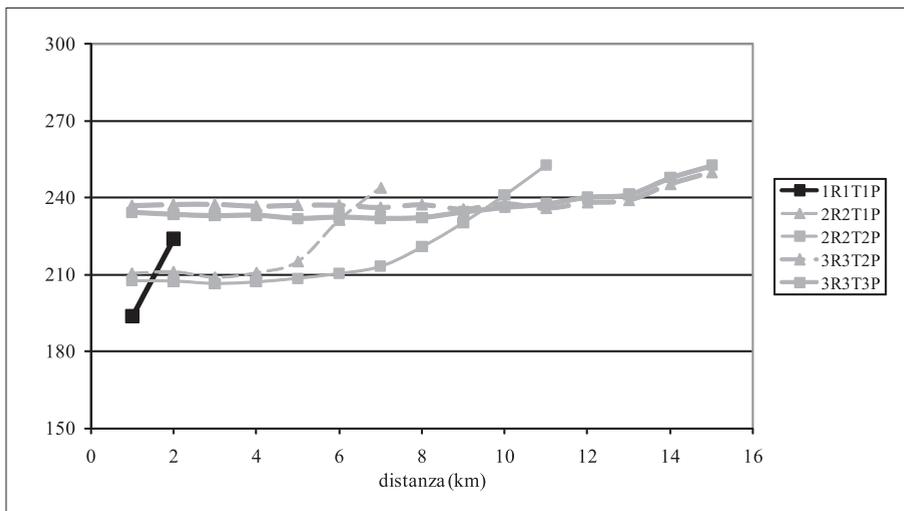


Fig. 4 Costi unitari dei cantieri di raccolta e trasporto al variare della distanza dei campi dall'azienda. Valori espressi in €/ha - Produzione unitaria 7 t/ha

### Considerazioni

Il modello è una rappresentazione semplificata del sistema reale da descrivere, in cui si analizzano le variabili che influenzano il problema in esame. Attraverso il modello è possibile valutare la catena di raccolta e trasporto come un unico sistema, considerando l'interazione tra le singole macchine, identificando il fattore limitante e i possibili miglioramenti.

La descrizione dei campi come un insieme di singole passate, limitando il percorso della mietitrebbia a quello pianificato, semplifica notevolmente la simulazione e consente minime perdite di accuratezza nel modello. In questo modo la dimensione e la forma dell'appezzamento possono essere rappresentate con un elevato livello di dettaglio nel sistema.

Il modello aiuta a scegliere in funzione del tempo disponibile, della distanza degli appezzamenti dal centro aziendale e della produzione unitaria, il cantiere di trasporto che consente la raccolta in modo tempestivo del prodotto, e nel contempo un uso efficace della manodopera impiegata.

L'uso del modello ha sottolineato l'importanza del dimensionamento corretto del sistema di trasporto, tale da garantire una capacità di lavoro della mietitrebbia sufficiente a raccogliere tutta la superficie dell'azienda nel periodo utile. In particolare, per alcune distanze è evidente la convenienza a utilizzare cantieri che consentano un risparmio di manodopera, garantendo comunque capacità di lavoro elevate durante la raccolta.

All'aumentare della produzione unitaria (es. produzione di mais granella), il sistema di trasporto diventa critico per la mietitrebbia determinando una riduzione repentina della sua capacità di lavoro, al crescere della distanza dal centro aziendale. In questo caso la variazione di una risorsa – mezzo di trasporto o manodopera disponibile – comporta quasi sempre un effetto significativo nel determinare la performance del sistema.

## SECONDO CASO DI STUDIO

### *Analisi delle strategie logistiche durante le operazioni di scarico della granella presso i centri di stoccaggio con modelli di simulazione a rete*

In America il conferimento di granella all'impianto di stoccaggio, effettuato mediamente su lunghe distanze, avviene con autocarri di proprietà degli agricoltori o forniti da terzi (fig. 5).

Il layout dell'impianto di stoccaggio in esame è presentato in figura 6.

L'impianto oggetto delle prove, della dimensione tipica per il Corn Belt americano, ha una stazione di prelievo campioni vicino alla costruzione principale, due buche della capacità di 35 t per il ricevimento del prodotto e due stazioni di sollevamento con bilance integrate per il ribaltamento posteriore dei rimorchi. Lo stoccaggio è costituito da diciotto silos in cemento della capacità di 1250 t ciascuno, cinque silos in acciaio della capacità di 12.500 t ciascuno, e un cumulo all'aperto della capacità di 45.000 t.

Nel corso degli anni, le dimensioni delle buche per lo scarico del prodotto si sono gradualmente incrementate, fino a raggiungere una capacità pari alla portata dell'autoarticolato. Nonostante questo il loro sviluppo orizzontale non consentiva lo scarico contemporaneo dei due comparti del mezzo (fig. 7).

Nei giorni con traffico molto elevato, è importante mantenere bassi tempi di servizio, inteso come tempi necessari a campionare e scaricare un singolo autocarro. Se l'impianto è in grado di servire gli agricoltori più velocemente, aumenterà la frequenza dei viaggi e quindi la quantità di granella consegnata. Dal momento che i nastri trasportatori per la movimentazione della granella dalle buche ai silos, hanno una capacità di circa 30 autoarticolati all'ora per buca, si è pensato di implementare delle strategie che consentissero uno svuotamento più rapido di questi.

L'obiettivo dello studio è stato quello di utilizzare un approccio di simulazione a rete, per analizzare l'interazione tra le operazioni di ricevimento della granella presso il centro di stoccaggio e la performance del sistema di raccolta e trasporto, comparando strategie di miglioramento delle operazioni di scarico.



Fig. 5 Autocarro con rimorchio utilizzato per il trasporto della granella dal campo al centro di stoccaggio

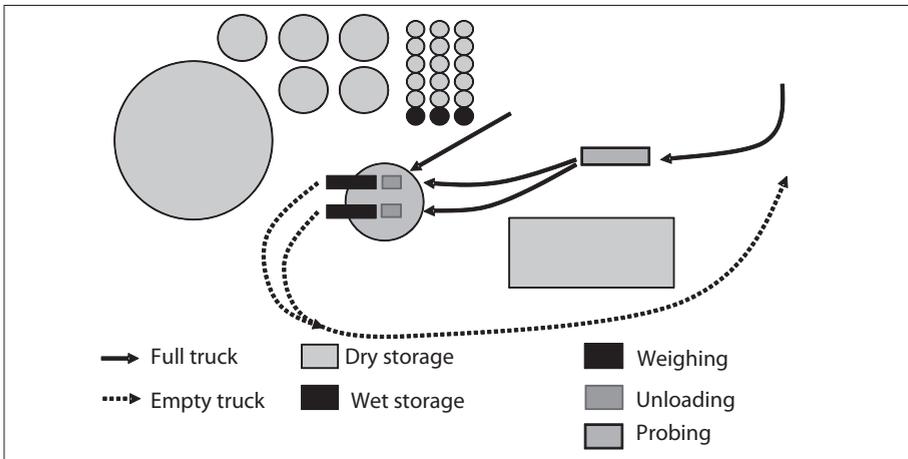


Fig. 6 Layout del centro di stoccaggio. Il layout dell'impianto e il percorso degli autocarri all'interno dell'impianto non cambia con l'allargamento di una o due buche

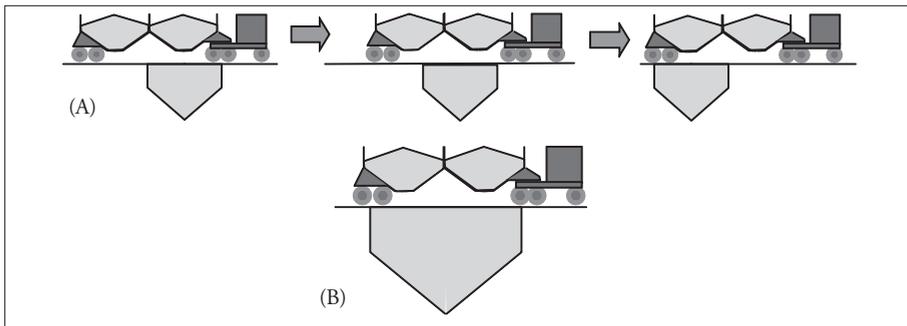


Fig. 7 (A) Configurazione attuale buca. (B) Configurazione innovativa buca



ra degli autocarri vuoti. In questo caso la capacità passa a 31-33 autocarri/ora, considerando entrambe le buche. Il cambiamento del layout dell'impianto è presentato in figura 8.

### *Modello di simulazione a rete*

Per simulare le diverse strategie è stato implementato un modello a rete, considerando come un unico sistema l'operazione di raccolta, il trasporto e lo scarico della granella presso il centro di stoccaggio, con interazione delle operazioni logistiche tra loro.

Nel modello le regole di gestione dei camion, che limitano il numero dei carichi fatti da un singolo autocarro all'impianto, sono le seguenti:

- Regola 1. Ciascun autocarro non può portare più carichi all'impianto di quelli assegnati;
- Regola 2. Ciascun autocarro deve arrivare all'impianto durante le ore di apertura. Se la regola è verificata, il camion è inviato nuovamente in campo, per completare un altro carico, altrimenti esso verrà escluso dal modello.

Se si applica solo la regola 2, la simulazione rappresenterà il massimo potenziale del sistema raccolta-trasporto, in quanto si assume che i clienti consegnino tutta la granella raccolta. In questo caso i risultati predicono la massima capacità del sistema stoccaggio, raccolta e trasporto considerato nel suo complesso.

### *Esperimenti simulati*

Sono stati inoltre simulati due diversi flussi di granella in arrivo all'impianto, in quanto essi hanno influenza sui tempi di pulizia delle buche e quindi sui tempi di scarico del prodotto:

- F1. Mais secco 56%, mais umido 22%, soia 22%;
- F2. Mais secco 41%, mais umido 29%, soia 30%.

In entrambi i casi una delle due buche è riservata al flusso più importante della giornata, ovvero al mais secco. Con il flusso F1 si ha una ripartizione più equilibrata del prodotto; con il flusso F2 la buca che riceve soia e mais umido sarà molto più impegnata e questo determina un utilizzo sbilanciato delle buche. Un sommario degli esperimenti simulati è presentato in tabella 3.

PARAMETRO	EXP. 1-24	EXP. 25-48
Traffico simulato	medio, elevato, molto elevato	medio, elevato, molto elevato
Flusso di granella <sup>(1)</sup>	F1	F2
Strategia simulata <sup>(2)</sup>	A,B,C,D	A,B,C,D
Numero di esperimenti	1200	1200
(1) F1-mais secco 56%, mais umido 22%, soia 22%. F2-mais secco 41%, mais umido 29%, soia 30%		
(2) A-Configurazione attuale, B-Allargamento di una buca, C-Allargamento di due buche, D-Inversione del traffico		

Tab. 3 *Esperimenti simulati e parametri utilizzati per comparare le strategie di configurazione e di gestione del traffico*

## RISULTATI

Il numero di carichi per autocarro e la quantità totale di prodotto conferito al giorno, rappresentano la massima performance del sistema nel suo complesso. Tanto più ridotti saranno i tempi di servizio, tanto più elevato sarà il numero di carichi consegnato giornalmente. Il numero medio di camion arrivati per la strategia A è molto elevato, simile a quello dei giorni di grande traffico, e questo ha consentito di validare il modello rispetto alla realtà. Tutte le strategie hanno avuto una performance significativamente migliore rispetto alla strategia A (tab. 4).

Relativamente al flusso di granella F1, l'allargamento di una buca ha comportato l'aumento della capacità di ricevimento dell'11-14,1%, mentre quello di due buche ha comportato un incremento del 12,5-16,7%, pari a 76 carichi in più al giorno rispetto alla strategia A. Il cambiamento di percorso all'interno dell'impianto di stoccaggio ha consentito un aumento di capacità solo del 3,3-3,9% (tab. 5).

Con il flusso di granella F2 l'allargamento di una buca ha comportato l'aumento della capacità di ricevimento del 5,7-6,5%, mentre l'allargamento di due buche ha comportato un incremento del 6,8-7,2%, pari a 30 carichi in più al giorno rispetto allo scenario di partenza. Il cambiamento di percorso all'interno dell'impianto di stoccaggio ha consentito un aumento di capacità solo del 4-5,4%, con picchi di 22 carichi al giorno in più rispetto allo scenario A.

L'aumento del numero di carichi ottenibile con diverse strategie è di rilevante interesse per i centri di stoccaggio. Questo dato non è ottenibile con i modelli di simulazione tradizionali, dove il flusso di entrata è inserito come un parametro di input, senza la possibilità di valutare i vantaggi per il singolo agricoltore derivanti dalle strategie migliorative del centro di stoccaggio. Inoltre, le strategie simulate hanno comportato risparmi nei tempi di servizio per ogni singolo carico. In particolare, per il flusso di granella F1 i risparmi dovuti

Scenari <sup>(1)</sup>	FLUSSO I			FLUSSO 2		
	medio	elevato	molto elevato	medio	elevato	molto elevato
A	373.8	413.4	455.2	347.6	382.9	416.4
B	414.9	463.5	519.2	369.3	404.6	443.2
C	420.7	469.2	531.2	371.1	408.2	446.4
D	388.0	427.0	473.1	362.6	398.0	438.9
B-A	41.0	50.1	64.0	21.8	21.8	26.9
C-A	46.9	55.8	76.0	23.5	25.3	30.0
D-A	14.2	13.5	17.9	15.0	15.2	22.5
B-A(%)	11.0%	12.1%	14.1%	6.3%	5.7%	6.5%
C-A(%)	12.5%	13.5%	16.7%	6.8%	6.6%	7.2%
D-A(%)	3.8%	3.3%	3.9%	4.3%	4.0%	5.4%

(1) A–Configurazione attuale, B–Allargamento di una buca, C–Allargamento di due buche, D–Inversione del traffico

Tab. 4 *Capacità di ricevimento dell'impianto relative alle quattro strategie (carichi/giorno). Dati medi*

Scenari(1)	FLUSSO I			FLUSSO II		
	medio	elevato	molto elevato	medio	elevato	molto elevato
A <sup>(1)</sup>	45.9	69.9	101.6	57.8	91.9	130.4
B	27.9	46.1	70.8	47.5	79.4	112.4
C	25.6	43.8	67.1	45.2	76.6	109.3
D	39.7	62.7	91.5	50.5	81.3	116.5
A-B	18.0	23.8	30.9	10.3	12.6	17.9
A-C	20.2	26.1	34.6	12.7	15.4	21.1
A-D	6.2	7.2	10.1	7.3	10.6	13.8
A-B(%)	39.2%	34.0%	30.4%	17.8%	13.7%	13.8%
A-C(%)	44.1%	37.3%	34.0%	21.9%	16.7%	16.2%
A-D(%)	13.4%	10.2%	10.0%	12.6%	11.5%	10.6%

A–Configurazione attuale, B–Allargamento di una buca, C–Allargamento di due buche, D–Inversione del traffico

Tab. 5 *Tempi di servizio relativi alle quattro strategie (carichi/giorno). Dati medi*

ti all'allargamento di una buca o di entrambe sono stati del 30,4 e del 44,1% rispetto allo scenario di partenza – strategia A – mentre il cambiamento di traffico all'interno del centro ha comportato la riduzione dei tempi di servizio del 10-13,4%. Per il flusso di granella F2, i risparmi dovuti all'allargamento di una buca o di entrambe sono stati del 21,9% rispetto allo scenario A, mentre il cambiamento di traffico all'interno del centro ha comportato la riduzione dei tempi di servizio del 10,6-12,6% (fig. 9 e fig. 10).

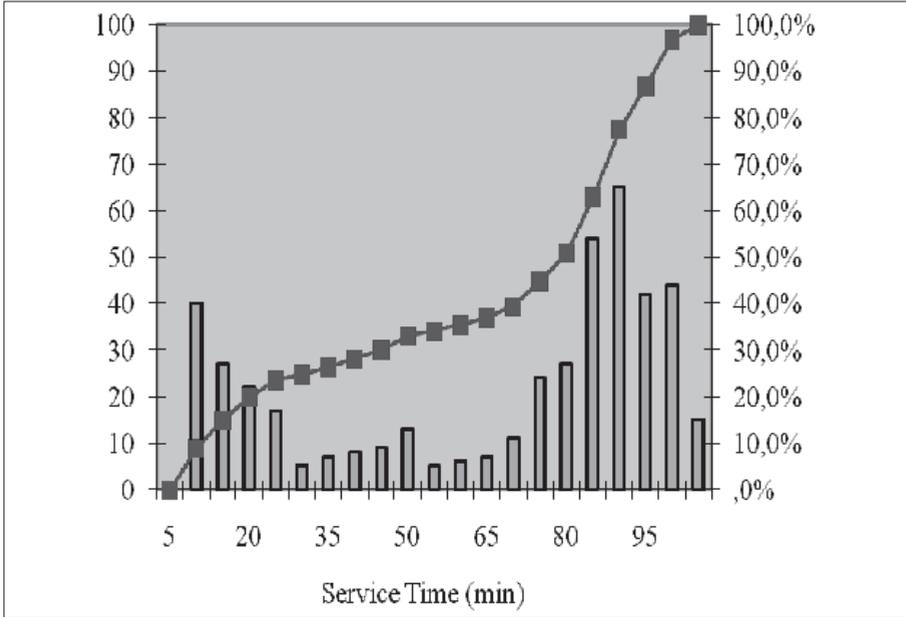


Fig. 9 *Strategia A. Distribuzione dei tempi di servizio nei giorni di traffico molto elevato*

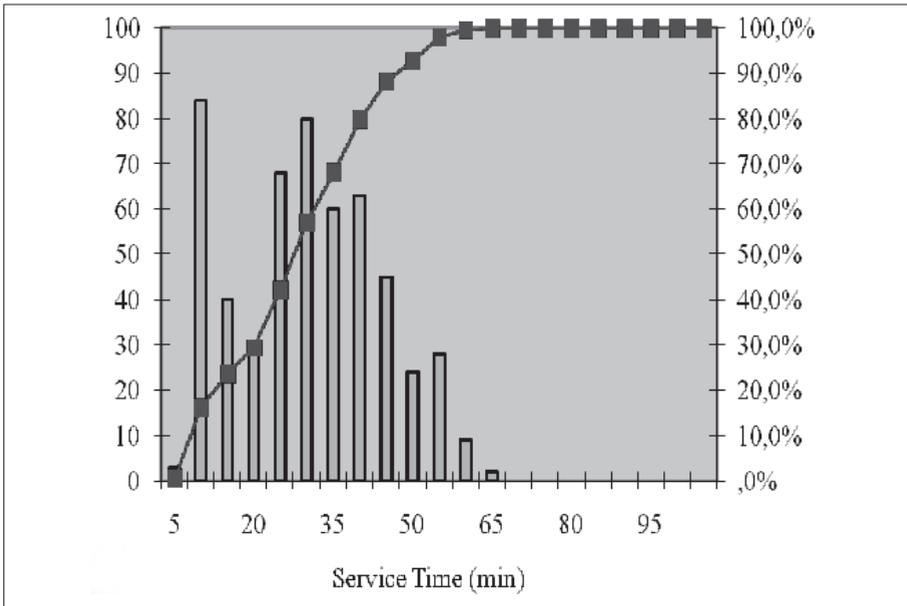


Fig. 10 *Strategia C. Distribuzione dei tempi di servizio nei giorni di traffico molto elevato*

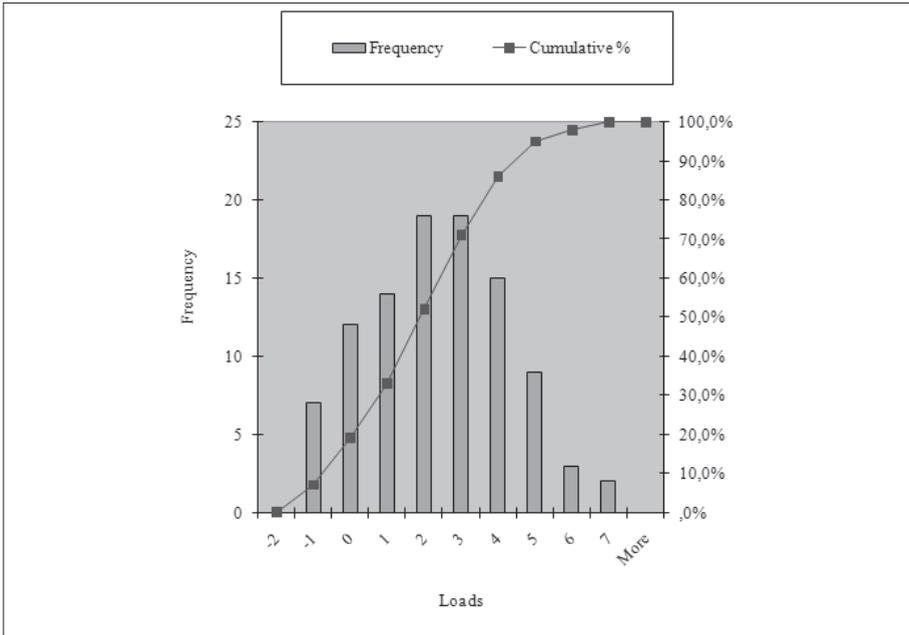


Fig. 11 *Strategia A. Distribuzione del numero di scarichi per autocarro nei giorni di traffico molto elevato*

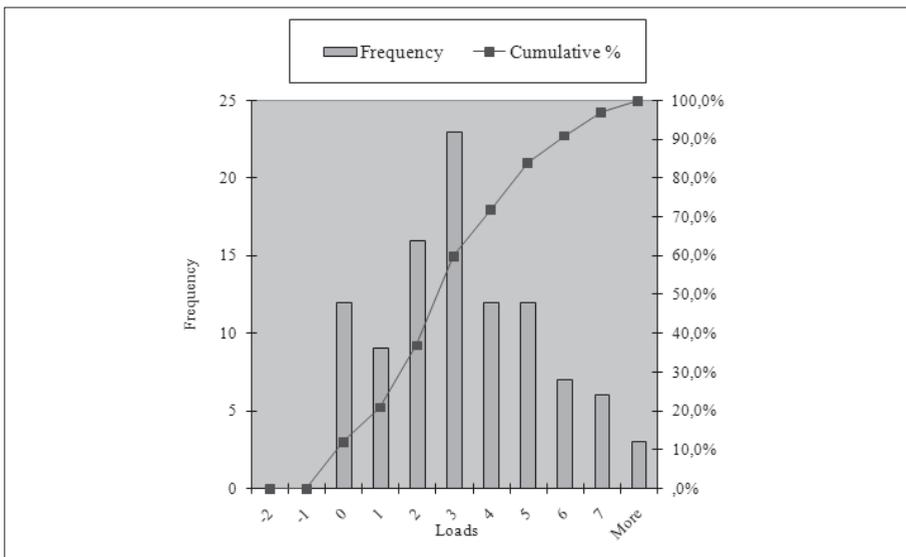


Fig. 12 *Strategia C. Distribuzione del numero di scarichi per autocarro nei giorni di traffico molto elevato*

Nella strategia A il tempo di servizio è stato maggiore e il numero di scari-  
chi per autocarro minore (fig. 11), rispetto alla strategia C (fig. 12).

### *Considerazioni*

La ricerca presentata è riferita all'implementazione di un modello a rete per simulare l'aumento di capacità nelle operazioni di scarico della granella presso il centro di stoccaggio e l'effetto sulla capacità di raccolta-trasporto degli autocarri che conferiscono il prodotto.

Con il modello a rete sono state confrontate quattro diverse strategie di configurazione e gestione del traffico – scenario di partenza, allargamento di una buca, allargamento di due buche, inversione del traffico all'interno dell'impianto – in funzione di due differenti flussi di granella in ingresso (F1 e F2) e di tre diversi livelli di volume di traffico: medio, elevato e molto elevato.

Il modello è stato utilizzato con lo scopo di calcolare la performance massima del sistema raccolta-trasporto e stoccaggio del prodotto. Con il flusso di granella F1, l'allargamento di entrambe le buche ha comportato un incremento del numero di carichi consegnati pari al 16,7%, con una riduzione dei tempi di servizio del 34-44%. Con il flusso di granella F2, l'allargamento di entrambe le buche ha comportato un incremento del numero di carichi consegnati pari al 7,2%, con una riduzione dei tempi di servizio del 16,2%.

In conclusione, si può dire che il modello a rete consente di evidenziare i vantaggi sia per l'impianto di stoccaggio che per gli agricoltori e che i due sistemi, raccolta-trasporto e scarico-stoccaggio del prodotto, sono fortemente interconnessi a costituire un unico sistema.

Le strategie simulate di scarico del prodotto e flussi in arrivo, hanno un effetto importante sulla performance dell'impianto e sull'impatto delle innovazioni che possono interessare sia il centro di stoccaggio, sia il cantiere di raccolta-trasporto, con l'adozione di nuove macchine a elevata capacità.

Il modello implementato consente di investigare entrambe le situazioni, e bene si presta a studiare scenari complessi a livello regionale, che coinvolgono più centri di stoccaggio, quali ad esempio la verifica dell'introduzione di cereali OGM e il loro impatto sulle operazioni post-raccolta.

Anche in questo caso si evidenzia come l'impiego della simulazione consenta di investigare nel dettaglio scenari e sistemi complessi, legati non solo alla dotazione di risorse ma anche alle strategie di gestione delle stesse.

## RIASSUNTO

Nella relazione sono descritti due esempi di applicazione della logistica nella filiera cerealicola, attraverso l'implementazione di modelli di simulazione.

Lo scopo del primo lavoro è stato quello di dimensionare correttamente un cantiere di raccolta e trasporto del riso, in funzione delle caratteristiche intrinseche degli appezzamenti (forma, dimensione, produzione unitaria e distanza dal centro aziendale).

Le operazioni di raccolta e trasporto dei cereali rappresentano un sistema complesso, nel quale l'efficienza della singola macchina dipende dalla performance dell'insieme. L'impiego del modello ha sottolineato l'importanza del dimensionamento corretto del sistema di trasporto, tale da garantire una capacità di lavoro della mietitrebbia sufficiente a raccogliere tutta la superficie dell'azienda nel periodo utile. In particolare, per alcune distanze è evidente la convenienza a utilizzare cantieri che consentano un risparmio di manodopera, garantendo comunque capacità di lavoro elevate durante la raccolta. Inoltre, all'aumentare della produzione unitaria il sistema di trasporto diventa critico per la mietitrebbia determinando una riduzione repentina della sua capacità di lavoro, al crescere della distanza dal centro aziendale. In questo caso la variazione di una risorsa – mezzo di trasporto o manodopera disponibile – comporta quasi sempre un effetto significativo nel determinare la performance del sistema.

Nel secondo caso è stato implementato un modello a rete in grado di evidenziare gli effetti dell'aumento della capacità di ricevimento dell'impianto di stoccaggio mais sulla produttività dei cantieri di raccolta e trasporto, in termini di riduzione dei tempi di servizio e di aumento dei volumi giornalieri conferiti.

Le strategie di scarico del prodotto e flussi in arrivo hanno un effetto importante sulle performance dell'impianto e sull'impatto delle innovazioni che possono interessare sia il centro di stoccaggio, sia il cantiere di raccolta-transporto, con l'adozione di nuove macchine a elevata capacità. Il modello implementato ha consentito di investigare entrambe le situazioni, e bene si presta a studiare scenari complessi a livello regionale, che coinvolgano più centri di stoccaggio, quali ad esempio la verifica dell'introduzione di cereali OGM e il loro impatto sulle operazioni post-raccolta. In particolare, sono state confrontate quattro diverse strategie di configurazione e gestione del traffico – situazione attuale, allargamento di una buca, allargamento di due buche, inversione del traffico all'interno dell'impianto. Anche in questo caso si evidenzia come l'impiego della simulazione consenta di investigare nel dettaglio scenari e sistemi complessi, legati non solo alla dotazione di risorse ma anche alle strategie di gestione delle stesse.

## ABSTRACT

The report describes two examples of application of logistics in the grain sector, through the implementation of simulation models. The purpose of the work was to correctly size a harvest and transport operation for rice, taking into account the intrinsic characteristics of the parcels (shape, size, yield, distance from the farm).

The harvest and transport operations are a complex system in which the efficiency of individual machine depends on the whole system. The use of the model emphasized the importance of the correct size of the transport system, which ensures a sufficient working

capacity of the combine to collect the entire surface within the available days. In particular, for some distance is an obvious convenience to use configuration that allow for labor saving, however, while ensuring enough transport capacity during the harvest operation. Moreover, with increasing yield the transport system becomes critical for the combine resulting in a sudden reduction of its ability to work, when the field distance from the farm center increases. In this case the variation of a resource - means of transportation or labor available - almost always involves a significant effect in determining the system performance.

In the second case was implemented a network model that can show the effects of increasing capacity on the receiving operation at the elevator center in terms of reduced service times for the customers and increased daily volumes delivered.

The unloading strategies have a major impact on elevator performance and the impact of innovations that may affect both the storage center, or the harvest operation, with the adoption of new, high capacity combines. The model implemented has allowed to investigate both situations, and lends itself well to study complex scenarios at regional level, involving more storage facilities, such as verification of the introduction of GM grains and their impact on post-harvest operations . In particular, we compared four different strategies for configuration and traffic management - current, enlargement of a unloading pit, two unloading pit enlargement, reversal of traffic within the plant. Also in this case the simulation allows to investigate in detail scenarios and complex systems, related not only to the allocation of resources but also to strategies for managing them.



Finito di stampare in Firenze  
presso la tipografia editrice Polistampa  
nell'aprile 2010



