

I NODI DELLA LOGISTICA NELLA SUPPLY CHAIN

Per organizzare una supply chain in modo efficiente ed efficace, nel percorso seguito dalle merci dal luogo di produzione al cliente finale, è necessario tener conto dei "nodi" di interscambio. La complessità, e soprattutto il costo, del servizio logistico di trasporto, dipendono infatti fortemente, oltre che dalle distanze da coprire su rete, dalle modalità di organizzazione dei nodi merci dedicati all'interscambio modale e a fornire servizi di logistica avanzata. È questa, in sostanza, la tesi che viene approfondita dal volume recentemente pubblicato da Domenico Gattuso e Gian Carla Cassone, per l'editore **Franco Angeli**, del quale pubblichiamo uno dei capitoli finali, nel quale si tirano le somme di questa approfondita analisi, per fornire una serie di spunti utili ad una pianificazione corretta della supply chain.

di D. Gattuso e G.C. Cassone

Domenico Gattuso, ordinario di Trasporti all'Università Mediterranea di Reggio Calabria
 Gian Carla Cassone, assegnista di ricerca presso il dipartimento DIIES dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria

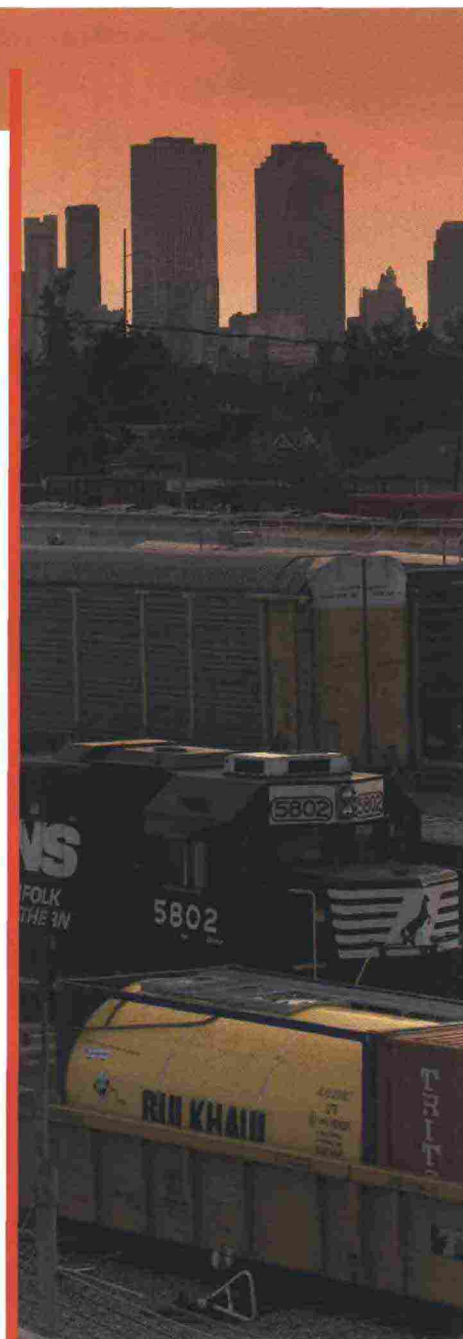
ANALISI DI BREAK-EVEN E POTENZIALITÀ DEI NODI

L'intermodalità nasce dall'utilizzo di più modi di trasporto di base per compiere un trasporto su una predefinita relazione. L'elemento cruciale, cui sono strettamente connessi ruoli e funzioni del trasporto intermodale, è dato dal ripartire la distan-

za complessiva in tratte parziali, ciascuna da percorrere con uno specifico vettore, in modo da minimizzare i costi associati al trasferimento delle merci da origine a destinazione.

In tale ottica i nodi di interscambio merce ricoprono un ruolo cruciale in quanto garantiscono il cambio di modalità e dalla

loro efficienza dipende il vantaggio di effettuare il trasferimento mediante l'utilizzo di una specifica catena di modi di base. Quindi la competitività dei modi di base (strada, mare e ferrovia) è principalmente funzione della distanza da coprire e dell'efficienza dei nodi di interscambio merce di riferimento.



Le funzioni di costo, monetario e temporale, possono essere schematizzate come funzioni lineari della distanza; di conseguenza è possibile costruire diagrammi del tipo in Fig. 7.14; i punti di discontinuità presenti sono indicativi dei tempi e dei costi sostenuti in corrispondenza dei nodi di interscambio merce.

Da tali diagrammi si può valutare una distanza limite di inversione tra i modi di trasporto presi in considerazione. In particolare tale distanza rappresenta la distanza al di sopra della quale è più conveniente scegliere una modalità di trasporto piuttosto che un'altra; naturalmente essa è variabile a seconda che si faccia riferimento al tempo di percorrenza o ai costi monetari che devono essere sostenuti per la produzione del servizio di trasporto.

È possibile ragionare anche in termini di costo generalizzato del trasporto. A titolo esemplificativo, si consideri il trasporto su strada, su ferrovia ed il trasporto combinato strada-ferrovia e si proceda alla costruzione di un diagramma distanza-costi generalizzato come mostrato in Fig. 7.15. Nel caso del trasporto stradale il costo associato alla spedizione cresce proporzionalmente alla distanza in maniera lineare; nel caso in cui si consideri la modalità ferroviaria, dopo un costo di accesso elevato (dovuto al fatto che la ferrovia non è in grado di assicurare capillarità nella penetrazione del territorio), il costo di trasporto cresce linearmente con la distanza, ma in modo più contenuto di quanto accade per la modalità stradale; nel caso poi si consideri un trasporto combinato, in cui il tratto di accesso alla ferrovia è garantito mediante un trasporto stradale, i costi dell'intero trasporto si abbassano notevolmente a patto che il costo associato al transito della merce in corrispondenza del nodo (nella Fig. 7.14 tale costo è rappresentato dalla discontinuità K_c nella curva combinato) si mantengano sotto una certa soglia. In definitiva i costi in corrispondenza del nodo rappresentano una componente importante del costo di trasporto totale; si tratta di costi indipendenti dalla lunghezza del viaggio e variabili, in maniera significativa, in relazione alle modalità di trasporto "coinvolte" ed all'eventuale stoccaggio e trattamento effettuato sulla merce in transito al nodo stesso.

Questo tipo di analisi, nota come break-even analysis, consente di ottenere valide informazioni a supporto delle decisioni riguardanti il modo, ovvero la combinazione dei modi di trasporto, più vantaggiosa, in termini monetari e temporali, per la realizzazione di una spedizione.

L'obiettivo principale dell'analisi è quello di individuare il punto di equilibrio (o break-even point) in cui i costi, monetari e temporali, relativi alle alternative considerate si eguagliano.

Si comprende come agendo sui nodi di interscambio merce ovvero migliorandone l'operatività e l'efficienza si riducono i

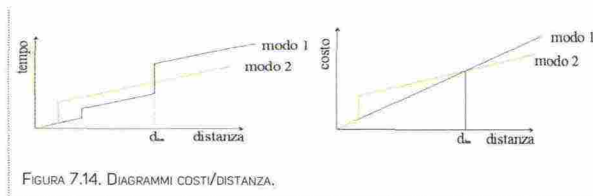


FIGURA 7.14. DIAGRAMMI COSTI/DISTANZA.

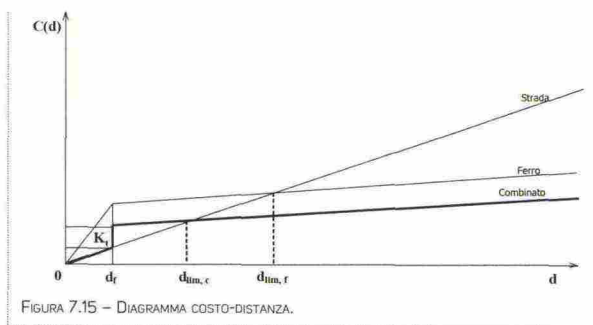


FIGURA 7.15 - DIAGRAMMA COSTO-DISTANZA.

costi (monetari e temporali) e di conseguenza si modifica la posizione del break-even point.

L'analisi dei costi associati alle differenti modalità di trasporto, finalizzata all'individuazione del modo di trasporto o della catena di modi di trasporto più conveniente per effettuare una data spedizione, può essere realizzata utilizzando la teoria delle aree di influenza (Musso, 2012). Tale teoria, in realtà, è un approccio alla scelta localizzativa di un terminale e prevede l'analisi dell'area interessata per individuare specifiche aree di influenza all'interno delle quali esiste convenienza, in termini di minor costo generalizzato del trasporto, ad utilizzare il trasporto combinato rispetto ad un'altra modalità.



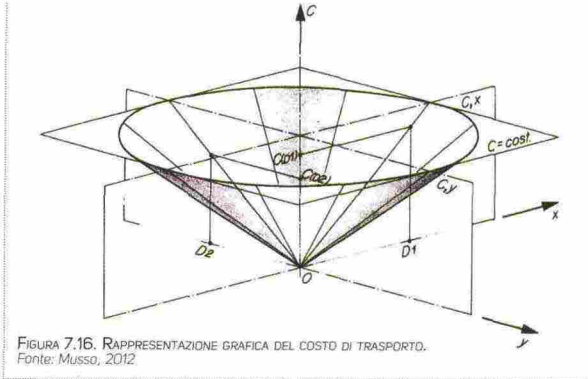


FIGURA 7.16. RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEL COSTO DI TRASPORTO. Fonte: Musso, 2012.

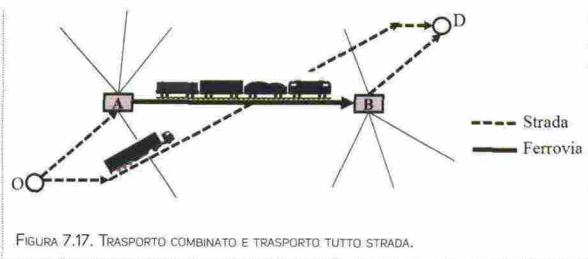


FIGURA 7.17. TRASPORTO COMBINATO E TRASPORTO TUTTO STRADA.

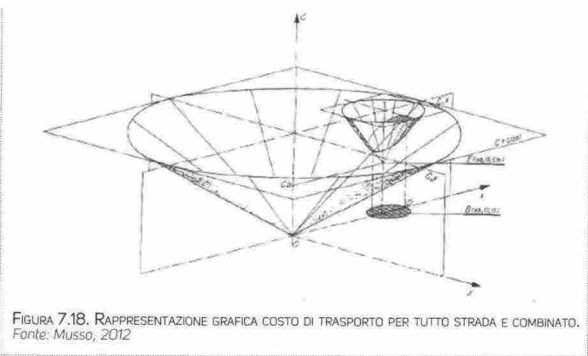


FIGURA 7.18. RAPPRESENTAZIONE GRAFICA COSTO DI TRASPORTO PER TUTTO STRADA E COMBINATO. Fonte: Musso, 2012.

In generale la procedura per l'individuazione dell'area di influenza si può suddividere in tre fasi:

1. sviluppo dei processi decisionali che conducono per operatori del trasporto merci alla scelta del trasporto combinato;
2. individuazione dei risparmi ottenibili dalla scelta del trasporto combinato;
3. confronto delle differenti alternative mediante il ricorso a procedure multi-obiettivo.

Naturalmente, nota la posizione del terminale, è possibile utilizzare la stessa teoria per stabilire se a partire dall'origine O è conveniente raggiungere la destinazione D utilizzando un trasporto combinato che si appoggi ai terminali A e B, basta infatti verificare se l'origine O e la destinazione D ricadono nell'area di influenza dei terminali A e B.

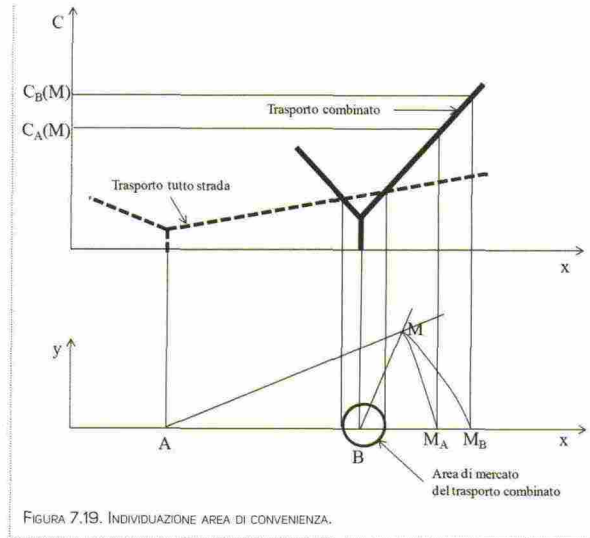


FIGURA 7.19. INDIVIDUAZIONE AREA DI CONVENIENZA.

Per semplicità nel seguito si farà riferimento al trasporto combinato strada-ferrovia confrontandolo con il trasporto tutto-strada. Ragionando per via grafica, nell'ipotesi che il trasporto stradale sia funzione della sola distanza (calcolata in linea d'aria), ma non della direzione, il costo è rappresentabile nello spazio XYZ da una superficie conica capovolta con vertice nel nodo O origine dello spostamento (Fig. 7.16).

Nel piano XY si rappresentano i punti di destinazione, mentre sull'asse C si riporta il costo associato allo spostamento, l'apertura del cono è inversamente proporzionale al costo chilometrico del trasporto.

Si consideri ora di dover effettuare una spedizione di merce da O a D utilizzando il trasporto tutto strada ed il trasporto combinato strada-ferrovia utilizzando i terminali intermodali A e B (Fig. 7.17).

Assumendo che l'asse X coincida con la retta congiungente l'origine O con il terminale B è possibile procedere alla rappresentazione grafica (Fig. 7.18).

Il cono con base maggiore avente vertice in O rappresenta il trasporto tutto strada, mentre il cono con base minore e vertice nel punto E rappresenta il trasporto combinato strada-ferrovia. La rappresentazione del costo del trasporto combinato nasce dal fatto che il costo del trasporto C_{C-OD} può essere valutato come somma di due componenti:

$$C_{C-OD} = C_{OB} + C_{BD}$$

In particolare il costo per andare da O a B (C_{OB}) è valutabile come:



I nodi della logistica nella supply chain

MODO	COSTO [€]	TEMPO [h]	VARIABILI
STRADA	$C=c_u \cdot L$	$T=L/v+T_f+T_s$	L percorrenza (km) v velocità comm (km/h) T_f tempo fermata (h) T_s tempo sosta (h)
FERRO	$C=\gamma \cdot L \cdot Q$	$T=L/v$	L percorrenza (km) Q quantità (t) v velocità comm (km/h)
	$C=c_u \cdot L$		
MARE	$C=c_u \cdot N_{TEU}$	$T=L/v$	L percorrenza (miglia) v velocità comm (nodi) NTEU TEUs trasportati

TAVOLA 7.48. MODELLO DI OFFERTA DI RIFERIMENTO: COSTI DI PERCORSO.

NODO	MODELLO DI RIFERIMENTO	COSTO [€]	VARIABILI
FERROVIARIO	Banca d'Italia (2011)	$C=\eta \cdot Q$	Q quantità movimentate (t) N UC movimentate
PORTO	TRANSHIPMENT MARE-FERRO	$C=q \cdot N$	
	TRANSHIPMENT STRADA-FERRO	$C=q \cdot N$	
	TRANSHIPMENT MARE MARE	$C=\eta \cdot Q$	

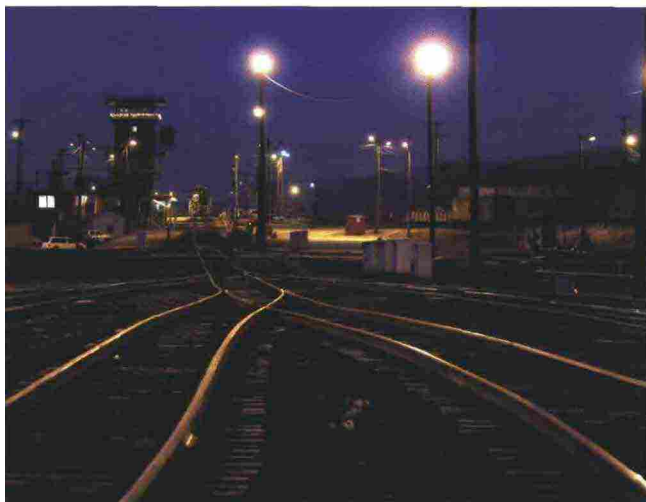
TAVOLA 7.49. MODELLO DI OFFERTA DI RIFERIMENTO: COSTI AI NODI DI INTERSCAMBIO.

$$C_{OB} = C_{OA} + C_{AB} + C_T$$

essendo: C_{OA} il costo di accesso al terminale ferroviario A relativo alla percorrenza stradale OA; C_{AB} il costo associato alla percorrenza ferroviaria; C_T il costo delle terminalizzazioni.

Nell'ipotesi che $A=O$ il costo CC-OD è rappresentato in Fig. 7.18 con un segmento verticale BE rappresentativo del costo COB e da un cono con vertice in E ed apertura inversamente proporzionale ai costi stradali di egresso (termine CBD).

L'intersezione delle due figure coniche dà luogo a superfici chiuse o aperte le cui proiezioni nel piano dello spostamento (XY) definiscono le aree di convenienza del trasporto combinato rispetto al tutto strada (Fig. 7.19). I nodi di origine/destinazione (stabilimenti industriali, centri di interscambio, clienti finali, etc.) localizzati all'interno di tali aree di influenza rappresentano



la fascia di utenza potenzialmente attrai bile dal trasporto combinato in quanto meno costoso rispetto al tutto strada.

La determinazione dell'area di influenza può essere effettuata facendo ricorso agli strumenti propri della geometria analitica che consentono di analizzare l'intersezione di superfici nello spazio tramite lo studio delle loro equazioni rappresentative.

Dalla rappresentazione di Fig. 7.19, ad esempio, emerge che per un'impresa che deve trasferire merce tra il punto A ed il punto M il trasporto combinato non risulta competitivo rispetto al tutto strada poiché l'area di influenza del terminale intermodale B non include né il punto di origine né il punto di destinazione della spedizione.

MODELLO DI OFFERTA DI RIFERIMENTO

Il modello utilizzato per la valutazione dei costi di produzione del servizio di trasporto è di tipo aggregato e considera separatamente le componenti di costo non omogenee ovvero tempo e costo monetario. In tal

modo si ha da un lato la possibilità di considerare esplicitamente le varie componenti di costo che concorrono alla determinazione del costo complessivo di trasporto con l'opportunità di determinare l'incidenza di ogni singolo fattore, d'altro canto la valutazione separata del costo temporale e di quello monetario facilita l'interpretazione dei fenomeni da parte degli addetti del settore. La tabella 7.48 riassume i modelli di costo presi a riferimento per la valutazione dei costi monetari e temporali associati ai percorsi.

Per il caso stradale i valori del parametro c_u presi a riferimento sono quelli forniti dall'Albo degli Autotrasportatori secondo cui il costo chilometrico per percorrenze nazionali è pari a 1,58 €/km (autoarticolato a 5 assi di portata 44 tonnellate che percorre in un anno 100.000 km ad una velocità media di 48 km/h). Per il trasporto via ferro sono state considerate due differenti funzioni di costo: la prima per percorrenze nazionali e la seconda per percorrenze internazionali. Nello specifico il parametro di costo γ è stato posto pari a 0,065 €/t-km tenendo presente che in Italia il costo di un treno merci è di 25€/km, mentre la sua massa media è di circa 400 tonnellate. Invece il parametro c_u è valutato in relazione alle tariffe praticate dagli operatori internazionali su determinate relazioni (ad esempio per trasportare un TEU su una distanza di 650 km un operatore ferroviario tedesco pratica un prezzo di 100 € ne consegue un costo unitario di 0,0102 €/km). Per il trasporto via mare sono stati assunti i valori del parametro c_u proposti nello studio della Banca d'Italia (2011).

La Tab. 7.49 propone un quadro riassuntivo dei modelli assunti per la valutazione dei costi monetari di attraversamento dei nodi di interscambio merci.

		h
TEMPO DI ATTRACCO	Nave madre	2
	Nave feeder	1
TEMPO OPERAZIONI AL NODO PORTO*	Scarico nave madre-carico su camion	24
	Scarico nave madre-carico su treno	36
	Scarico nave madre-carico nave feeder	96

 TAVOLA 7.50. COSTI TEMPORALI AL PORTO DI GIOIA TAURO.
 Fonte: C-Log, 2008

SINGAPORE GIOIA TAURO	GIOIA TAURO MONACO	ALTERNATIVA
MARE INTERMODALE	Tutto Strada	1
	Strada-Ferro	2
	Mare-Strada	3
	Mare-Ferro	4

TAVOLA 7.51. ALTERNATIVE DI PERCORSO PER LA SPEDIZIONE SINGAPORE-GIOIA TAURO-MONACO.

ALTERNATIVA	ARCHI/ NODI	MODO	COSTO (€)	TEMPO (h)
1	Singapore- Gioia Tauro	Mare	711,51	313,65
	Gioia Tauro Porto		24,00	38,00
	Gioia Tauro- Monaco	Strada	2.525,56	27,83
	Totale		3.261,07	379,48
2	Singapore- Gioia Tauro	Mare	711,51	313,65
	Gioia Tauro Porto		40,00	38,00
	Gioia Tauro- Monaco	Ferro	1.695,36	25,00
	Monaco Stazione		64,00	4,00
	Monaco- Monaco centro	Strada	134,60	1,54
Totale		2.645,47	382,19	
3	Gioia Tauro Porto		112,00	99,00
	Gioia Tauro- Amburgo	Mare	1.167,63	127,60
	Amburgo Porto		24,00	36,00
	Amburgo- Monaco	Strada	1.066,03	13,68
Totale		3.081,17	589,93	
4	Singapore- Gioia Tauro	Mare	711,51	313,65
	Gioia Tauro Porto		112,00	99,00
	Gioia Tauro- Amburgo	Mare	1.167,63	127,60
	Amburgo Porto		40,00	2,36
	Amburgo- Monaco	Ferro	153,85	12,50
	Monaco Stazione		64,00	4,00
	Monaco- Monaco Centro	Strada	134,60	1,54
	Totale		2.383,58	560,65

TAVOLA 7.52. COSTI MONETARI E TEMPORALI ASSOCIATI ALLA SC SINGAPORE-GIOIA TAURO-MONACO.



Relativamente alla tempistica associata al transito delle merci attraverso i nodi, poiché tali tempi sono strettamente connessi alla tipologia di nodo, ma soprattutto al management ed alla funzionalità della struttura terminalistica, la loro valutazione è stata effettuata sulla base dell'esperienza e con riferimento ai tempi di attraversamento registrati nel nodo portuale container di Gioia Tauro (Tab. 7.50).

ESEMPIO APPLICATIVO

Si procede di seguito, a titolo esemplificativo, all'analisi dei costi associati alla supply chain per la distribuzione di prodotti dall'Asia (Singapore) all'Europa Occidentale (Germania) passando per il nodo logistico intermodale di Gioia Tauro (Fig. 7.20).

Nel valutare le possibili alternative di distribuzione dei prodotti asiatici verso i mercati tedeschi è stato considerato un quantitativo di merce pari a 20 tonnellate (1 TEU).

Nella Supply Chain considerata si è supposto che la tratta Singapore-Gioia Tauro fosse realizzata via mare; mentre la successiva fase di distribuzione in Europa si è supposto potesse essere realizzata secondo differenti alternative di trasporto derivanti

I nodi della logistica nella supply chain

dall'opportuna combinazione dei modi di base strada, ferro e mare.

Nella Tab. 7.51 sono illustrate in modo sintetico le alternative di percorso considerate.

Nello specifico l'alternativa 1 prevede che il trasporto tra Gioia Tauro e Monaco avvenga con la modalità tutto strada. L'alternativa 2 considera invece il trasporto combinato strada-ferro: la merce giunta a Gioia Tauro viene caricata su un carro ferroviario e trasportata fino a Monaco e da qui raggiunge il cliente finale via strada. Infine le alternative 3 e 4 considerano lo svolgimento del trasporto tra Gioia Tauro e Monaco con un trasporto marittimo intermodale: la merce a Gioia Tauro viene caricata su una nave container feeder diretta ad Amburgo e da qui trasferita a Monaco o via strada o via ferro.

Nella Tab. 7.52 sono riassunti i costi monetari e temporali associati alle alternative di trasporto considerate.

Dal punto di vista monetario l'alternativa più conveniente appare essere la numero 4 che presenta costi comparabili a quelli dell'alternativa 2 permettendo un risparmio del 37% rispetto all'alternativa 1 e del 29% rispetto all'alternativa 3. L'alternativa 2 che prevede l'utilizzo del trasporto ferroviario a partire dal

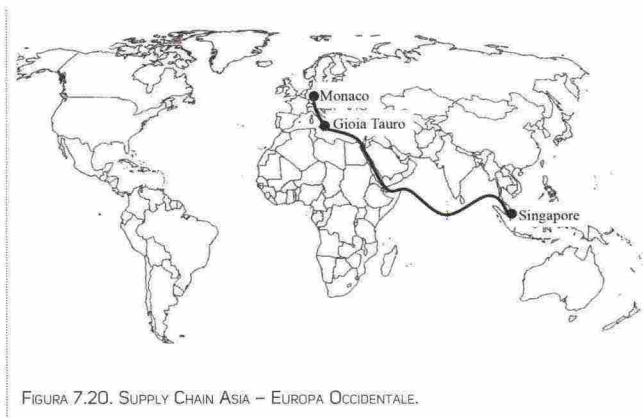


FIGURA 7.20. SUPPLY CHAIN ASIA – EUROPA OCCIDENTALE.

nodo portuale di Gioia Tauro appare comunque competitiva rispetto alla soluzione tutto strada consentendo un risparmio del 23%, potrebbe risultare maggiormente competitiva se il costo su ferro in Italia venisse equiparato a quello degli altri paesi europei.

Dal punto di vista temporale l'alternativa più conveniente appare la 1 a causa del fatto che in tutti gli altri casi aumentano i tempi morti dovuti al transito delle merci attraverso i nodi di interscambio.

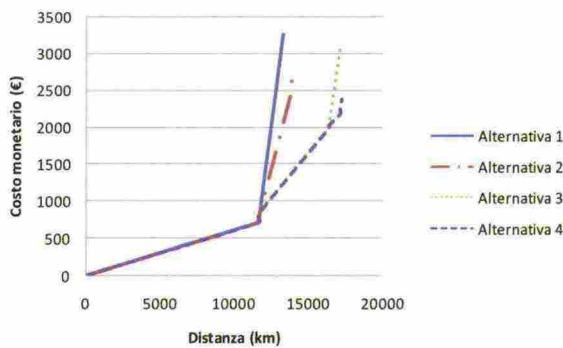



FIGURA 7.21. DIAGRAMMA COSTO-DISTANZA.

Le figure 7.21 e 7.22 riportano rispettivamente i diagrammi costo-distanza e tempo-distanza nel caso specifico preso in esame. I due diagrammi consentono di stabilire la distanza di inversione tra i modi in relazione al costo monetario ed al costo temporale. In termini monetari l'alternativa 4, nonostante preveda il passaggio attraverso tre nodi di interscambio merci (porto di Gioia Tauro, porto di Amburgo e stazione di Monaco) presenta un costo monetario molto basso grazie ai costi contenuti del trasporto ferroviario in Germania. In termini temporali la distanza di inversione tra l'intermodalità mare-ferro (alternativa 4), il tutto strada (alternativa 1) e il tutto ferro (alternativa 2) si aggira intorno ai 13.000 km. 

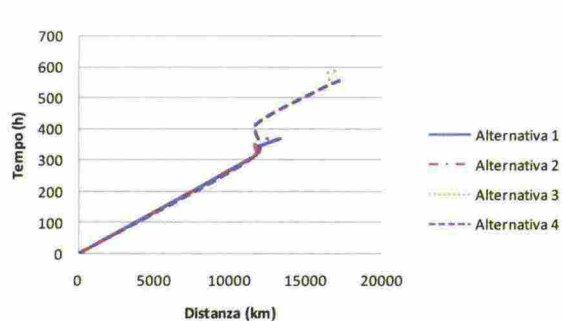
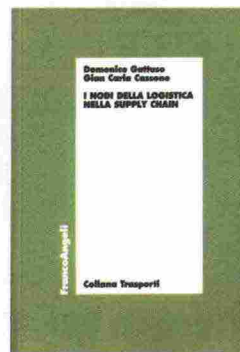


FIGURA 7.22. DIAGRAMMA TEMPO-DISTANZA.



L'articolo ripubblica i capitoli:
7.5. Analisi di break-even e potenzialità dei nodi
7.5.2. Esempio applicativo
7.5.1. Modello di offerta di riferimento del volume:

I nodi della logistica nella supply chain

di Domenico Gattuso e Gian Carla Cassone

298 pagine, 38 €, FrancoAngeli (Collana Trasporti), 2013