Interreg MARITTIMO–IT FR–MARITIME
Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

SIGNAL

REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Il modello di ottimizzazione della distribuzione del GNL nell'area di Cooperazione

Simona Mancini

CULLETTIVITÀ DI CORSICA
COLLECTIVITÉ DE CORSE
Uffizio di i Trasporti di a Corsica
Office des Transports de la Corse

REGIONE LIGURIA

CCI VAR

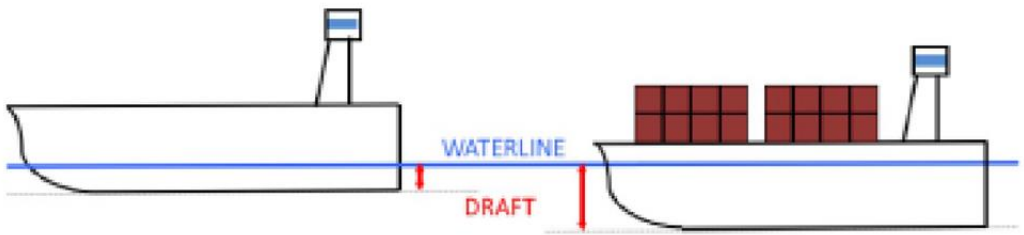
AdSP MTS

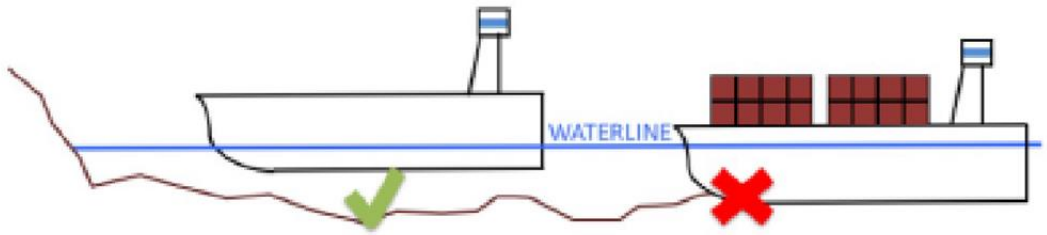
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA

La coopération au cœur de la Méditerranée
La cooperazione al cuore del Mediterraneo

Descrizione del problema

- Vehicle routing problem
  - Porti
    - Domanda: q_i
    - Profondità di fondale: $Dmax_i$
  - Diverse tipologie di navi
    - Capacità: Q_s
    - Pescaggio da scarica: D^E
    - Pescaggio a pieno carico: D^F
    - Costo orario di navigazione (Euro/h): c_s
    - Costo di accesso al porto: r_{is}
  - Goal: Minimizzazione del costo totale


WATERLINE
DRAFT


WATERLINE

Massimo carico consentito per accedere ad un porto con una data tipologia di nave

- Se $Dmax_i \geq D^F \rightarrow L_{is} = Q_s$ nessuna limitazione
- Se $Dmax_i \leq D^E \rightarrow L_{is} = 0$ la nave s non può entrare nel porto i
- Se $D^E \leq Dmax_i \leq D^F \rightarrow L_{is} = \frac{Dmax_i - D^E}{D^F - D^E} Q_s$

Input data:

- I=[1,Imax]: set of ports
- I0=[0,Imax]: set of ports included the depot
- S=[1,Smax]: set of ships

- Q_s: ship capacity
- q_s: port demand
- L_{is}: maximum loading for ship s to access port i
- t_{ij}: sailing time between port i and port j
- c_s: hourly sailing cost for ship s
- r_{is}: access cost for ship s entering port i

Decision Variables:

- x_{ijs} binary variables taking value 1 if arc ij is traversed by ship s
- y_{is} binary variables taking value 1 if if port i is served by ship s
- l_{is} loading of ship s entering port i
- u_i position of port i in the sequence of visited ports
- p_s total load for ship s

Modello di ottimizzazione

costi di viaggio costi di accesso al porto

$$\min \sum_{i \in I0} \sum_{j \in I0} \sum_{s \in S} c_s t_{ijs} X_{ijs} + \sum_{i \in I} \sum_{s \in S} r_{is} Y_{is} \qquad (1)$$

$$\sum_{s \in S} Y_{is} = 1 \quad \forall i \in I \qquad (2)$$

Tutti i porti devono essere serviti

$$\sum_{i \in I} q_i Y_{is} \leq Q_s \quad \forall s \in S \qquad (3)$$

Capacità di carico rispettata

$$\sum_{i \in I0} X_{ijs} = Y_{is} \quad \forall J \in I \;\; \forall s \in S \tag{4}$$

$$\sum_{i \in I0} X_{ijs} = X_{jis} \quad \forall i \in I \;\; \forall s \in S \tag{5}$$

$$X_{0js} \leq \sum_{j \in I} Y_{js} \quad \forall s \in S \tag{6}$$

$$X_{0js} \geq \sum_{j \in I} Y_{js}/|I| \quad \forall s \in S \tag{7}$$

$$u_j \geq u_i + 1 - |I|(1 - \sum_{s \in S} X_{ijs}) \quad \forall i \in I \;\; \forall j \in I0 \;\; \forall s \in S \tag{8}$$

Vincolo per la eliminazione di sottocicli

$$l_{js} \geq l_{is} - q_i - Q_s(1 - X_{ijs}) \quad \forall i \in I \;\; \forall j \in I0 \;\; \forall s \in S \tag{9}$$

$$l_{is} \leq L_{is} \quad \forall i \in I \;\; \forall s \in S \tag{10}$$

$$l_{0s} = \sum_{i \in I} q_i Y_{is} \quad \forall s \in S \tag{11}$$

Vincoli di carico

Dominio delle variabili

$$X_{ijs} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I0 \;\; \forall j \in I0 \;\; \forall s \in S \tag{12}$$

$$Y_{is} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \;\; \forall s \in S \tag{13}$$

$$u_i \in N^+ \quad \forall i \in I \tag{14}$$

Porti

APPROVVIGIONAMENTO

- Barcellona (Spagna)
- Delimara (Malta)
- Skikda (Algeria)
- Marsa el Brega (Libia)
- Idku (Egitto)

IMPORTAZIONE

- Bastia (Francia);
- Cagliari (Italia);
- Genova (Italia);
- Livorno (Italia);
- Nizza (Francia);
- Oristano (Italia)
- Tolone (Francia).

Caratteristiche dei terminal marittimi

	Capacità di stoccaggio nominale [m^3]	Capacità di stoccaggio effettiva [m^3]	Pescaggio massimo nominale [m]	Pescaggio operativo ridotto di un franco di sicurezza pari a 1.3 m [m]
Bastia	5.000	2.500	8	6,7
Cagliari	22.000	11.000	8,5	7,2
Genova	6.600	3.300	5,6	4,3
Livorno	9.000	4.500	9	7,7
Nizza	5.000	2.500	8	5,7
Oristano	10.000	5.000	11	9,7
Tolone	10.000	5.000	8	6,7

Distanze in miglia nautiche

	Tolone	Genova	Livorno	Bastia	Cagliari	Oristano	Nizza	Barcellona	Malta	Skikda	Marsa El Brega	Idku
Tolone		163	195	178	327	239	82	202	610	377	1000	1758
Genova	163		78	105	349	304	86	352	590	460	989	1685
Livorno	195	78		61	294	292	131	380	532	441	895	1632
Bastia	178	105	61		245	283	126	362	490	400	882	1610
Cagliari	327	349	294	245		142	355	370	337	174	737	1377
Oristano	239	304	292	283	142		276	313	491	248	1000	1465
Nizza	82	86	131	126	355	276		270	764	408	985	1737
Barcellona	202	352	380	362	370	313	270					
Malta	610	590	532	490	337	491	764					
Skikda	377	460	441	400	174	248	408					
Marsa el Brega	1000	989	895	882	737	1000	985					
Idku	1758	1685	1632	1610	1377	1465	1737					

Categoria	Capacità di carico [m^3]	Pescaggio a pieno carico [m]	Pescaggio a vuoto [m]	Costo operativo [€/mn]
1 – extra small	3.000	4,3	3,9	17,6
2 - small	7.500	6	5,5	18,5
3 - medium	10.000	6,6	5,9	19,3
4 - large	20.000	7,8	6,8	20,4
5 – extra large	30.000	8	7,5	21,3

Scenari

- Scenario 1: i nodi compratori dello spazio di cooperazione si approvvigionano ciascuno in modo autonomo e indipendente (assetto di approvvigionamento Business As Usual - BAU, assimilabile a quanto avviene attualmente);
- Scenario 2: i nodi compratori dello spazio di cooperazione si approvvigionano in modo coordinato agendo in coalizione come pool organizzato (assetto di approvvigionamento di progetto - coalizione). Le caratteristiche dei depositi costieri in termini di capacità di stoccaggio e pescaggio sono derivate dai documenti sviluppati nell'ambito di Signal e si riferiscono allo stato di fatto o di progetto presso i relativi nodi;
- Scenario 3: l'off shore di Livorno è ipotizzato porto di approvvigionamento dei nodi compratori dello spazio di cooperazione;
- Scenario 4: i nodi compratori dello spazio di cooperazione si approvvigionano in modo coordinato agendo in coalizione come pool organizzato. L'obiettivo del test è individuare le caratteristiche di capacità ottimali della nave da mettere a servizio della rete di distribuzione e le caratteristiche minime di pescaggio e di capacità di stoccaggio dei depositi costieri che garantirebbero il funzionamento ottimale della rete di approvvigionamento (scenario prospettico).

Tabella 8 - Costo di trasporto del GNL per via marittima nell'assetto senza coalizione (€/mese).

	Costo di approvvigionamento dei singoli nodi compratori (€/mese)							*Costo di rete (€/mese)*	*Distanza (mn/mese)*	*Δ_{costo} (€/m^3)*
	Bastia	Cagliari	Genova	Livorno	Nizza	Oristano	Tolone			
Barcellona	**12742**	13690	**74342**	**66180**	11018	**9504**	**7474**	**194951**	10832	-
Malta	17248	11862	124608	92231	17283	26893	21472	311598	17312	2,5
Skikda	14080	**6125**	97152	72668	**8730**	14362	13270	226387	12578	0,9
Marsa el Brega	31046	25942	208877	153424	35200	34672	35200	524361	29132	7,3
Idku	56672	48470	355872	265864	51568	61142	61882	901470	50082	15,6

Tabella 14 - Risparmio percentuale sui costi di trasporto ottenibile nel passaggio dall'assetto senza coalizione (BAU) all'assetto con coalizione (Gruppo A).

	Risparmio percentuale (%)							
	Bastia	Cagliari	Genova	Livorno	Nizza	Oristano	Tolone	Totale
Barcellona	95%	58%	0%	25%	92%	87%	29%	29%
Malta	95%	33%	0%	25%	92%	94%	66%	32%
Skikda	96%	5%	0%	25%	89%	92%	59%	27%
Marsa el Brega	96%	50%	0%	25%	94%	92%	66%	32%
Idku	96%	57%	0%	25%	93%	93%	69%	33%

Tabella 15 - Variazione percentuale dei costi di trasporto ottenibile nel passaggio dall'assetto senza coalizione (BAU) all'assetto con coalizione e potenziamenti infrastrutturali (Gruppo B).

	Variazione percentuale (%)							
	Bastia	Cagliari	Genova	Livorno	Nizza	Oristano	Tolone	Totale
Barcellona	93%	35%	-42%	-19%	87%	81%	-10%	32%
Malta	93%	3%	-33%	-18%	89%	91%	50%	39%
Skikda	93%	-45%	-32%	-17%	83%	87%	37%	29%
Marsa el Brega	94%	28%	-31%	-17%	91%	89%	51%	43%
Idku	95%	39%	-29%	-15%	91%	90%	55%	46%

Tabella 12 - Istanze del Gruppo C - Costo di trasporto del GNL nell'ipotesi in cui Livorno diventi porto di approvvigionamento.

ID	Nodo esportatore	Descrizione	Costo di approvvigionamento dei nodi in coalizione con ipotesi potenziamenti infrastrutturali nodi Genova e Cagliari (€/mese)						*Costo di rete (€/mese)*	*Distanza (mn/mese)*
			Bastia	Cagliari	Genova	Nizza	Oristano	Tolone		
C1.1	Livorno	No coalizione	2147	10349	16474	10278	4611	6864	50723	2768
C1.2	Livorno	No coalizione + potenziamento Genova e Cagliari	2147	10349	8237	10278	4611	6864	42486	2144
C2.1	Livorno	Sì coalizione	907	8810	16474	1445	1845	8231	37712	1148
C2.2	Livorno	Sì coalizione + potenziamento Genova e Cagliari	907	8810	8237	1445	1845	8231	37712	662

Conclusioni

- Il problema è talmente complesso che per ottenere la configurazione di rete ottima è necessario usare un modello di ottimizzazione
- L'ingresso in coalizione porta enormi vantaggi dal punto di vista economico
- L'ampiamento di alcuni fondali e serbatoi comporterebbe un ulteriore elevata riduzione dei costi
- Livorno, data la sua posizione strategica, garantirebbe costi di rete più bassi ma non essendo produttore di GNL dovrebbe imporre un costo di acquisto più alto
- Barcellona tra i porti fornitori di GNL è quello che garantisce il costo di rete più basso ma se Skikda applicasse prezzi di acquisto leggermente più bassi diventerebbe competitivo
- La coalizione potrebbe comportare anche un ulteriore sconto per elevate quantità di GNL acquistato e quindi un ulteriore beneficio economico rispetto a quelli derivanti dal solo costo di rete

GRAZIE PER L'ATTENZIONE