



### Caso 1. "Power Co."

La Power Company è un autoproduttore di energia elettrica e dispone di 3 centrali elettriche per alimentare il fabbisogno di energia richiesto da 4 aree metropolitane. Ogni impianto di generazione può rifornire le seguenti quantità di elettricità (esprese in milioni di kwh):

|                         | <i>Impianto 1</i> | <i>Impianto 2</i> | <i>Impianto 3</i> |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <i>Energia generata</i> | 35                | 50                | 40                |

La richiesta di energia elettrica da parte delle 4 città (in termini di milioni di kwh) è pari a :

|                          | <i>Città 1</i> | <i>Città 2</i> | <i>Città 3</i> | <i>Città 4</i> |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <i>Energia assorbita</i> | 45             | 20             | 30             | 30             |

Noto infine il costo di distribuzione dell'energia da ciascun impianto alle 4 città (esprese in euro per milione di kwh)

|                   | <i>Città 1</i> | <i>Città 2</i> | <i>Città 3</i> | <i>Città 4</i> |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <i>Impianto 1</i> | 8              | 6              | 10             | 9              |
| <i>Impianto 2</i> | 9              | 12             | 13             | 7              |
| <i>Impianto 3</i> | 14             | 9              | 16             | 5              |

si chiede di :

- 1) modellizzare il problema mediante la programmazione intera (variabili discrete);
- 2) determinare la scelta più conveniente di allocazione degli impianti alle città.

### Caso 2. "Food Co."

Foodco produces food at three plants. Food can be shipped directly to customers or it can first be shipped to warehouses and then to customers. The cost of producing food at each plant is the same, so Foodco is concerned with minimizing the total shipping cost incurred in meeting customer demands. The production capacity of each plant and the demand of each customer are listed below.

| <b>Capacity (tons/year)</b> |     | <b>Demand (tons/year)</b> |     |
|-----------------------------|-----|---------------------------|-----|
| Plant 1                     | 200 | Customer 1                | 400 |
| Plant 2                     | 300 | Customer 2                | 180 |
| Plant 3                     | 100 |                           |     |

The cost of shipping a ton of food (in thousands of US dollars) between each pair of points is given below, where a dash indicates that Foodco cannot ship from one location to itself. Assuming that :

- at most 200 tons of food can be shipped between any two locations;
- the two warehouses have unlimited storage capacity (the total inbound flow equals the total outbound flow);
- unit transportation costs depend on the route between two locations;
- the handling cost at the warehouses is not relevant;

determine a minimum cost shipping schedule.

|      |             | To      |         |         |             |             |            |            |
|------|-------------|---------|---------|---------|-------------|-------------|------------|------------|
|      |             | Plant 1 | Plant 2 | Plant 3 | Warehouse 1 | Warehouse 2 | Customer 1 | Customer 2 |
| From | Plant 1     | -       | 5       | 3       | 2           | 1           | 2          | 4          |
|      | Plant 2     | 9       | -       | 9       | 1           | 1           | 8          | 9          |
|      | Plant 3     | 0.4     | 8       | -       | 1.0         | 0.5         | 10         | 8          |
|      | Warehouse 1 | 1       | 1       | 0.5     | -           | 1.2         | 5          | 1          |
|      | Warehouse 2 | 2       | 1       | 0.6     | 0.8         | -           | 2          | 7          |
|      | Customer 1  | 2       | 9       | 1       | 0.6         | 0.7         | -          | 3          |
|      | Customer 2  | 7       | 3       | 6       | 1           | 0.3         | 7          | -          |

### Caso 3. “Centro di gravità 1”

Un grossista di bevande alcoliche distribuisce i suoi prodotti in 10 bar e ristoranti a Milano e hinterland a partire dal suo stabilimento di Pavia. Dove si colloca il baricentro (centro di gravità) dei consumi ?

| Locale | $X_i$<br><i>km</i> | $Y_i$<br><i>km</i> | $Q_i$<br><i>ton</i> |
|--------|--------------------|--------------------|---------------------|
| A      | 50                 | 0                  | 9.000               |
| B      | 10                 | 10                 | 1.600               |
| C      | 30                 | 15                 | 3.000               |
| D      | 40                 | 20                 | 700                 |
| E      | 10                 | 25                 | 2.000               |
| F      | 30                 | 40                 | 400                 |
| G      | 0                  | 35                 | 500                 |
| H      | 45                 | 5                  | 8.000               |
| I      | 45                 | 40                 | 1.500               |
| J      | 20                 | 50                 | 4.000               |

#### Caso 4. “Centro di gravità 2”

Determinare la localizzazione ottimale di un centro distributivo ricambi che riceve in ingresso i materiali da tre fornitori (F1, F2, F3) e serve cinque concessionari (C1,... C5), note le coordinate dei nodi di origine e di destinazione nonché i costi unitari di trasporto (usare il metodo “esatto”).

| Punto | Località | $R_i$<br>(€/km-t) | $Q_i$<br>t | $X_i$<br>km | $Y_i$<br>km |
|-------|----------|-------------------|------------|-------------|-------------|
| F1    | Pierre   | 0,85              | 400        | 0           | 1.150       |
| F2    | Chicago  | 0,60              | 300        | 600         | 1.000       |
| F3    | Syracuse | 0,70              | 200        | 1.100       | 1.200       |
| C1    | Houston  | 1,00              | 250        | 300         | 250         |
| C2    | Memphis  | 1,00              | 75         | 550         | 600         |
| C3    | Atlanta  | 1,00              | 125        | 800         | 550         |
| C4    | Tampa    | 1,00              | 250        | 1.000       | 200         |
| C5    | New York | 1,00              | 200        | 1.200       | 1.100       |

#### Caso 5. “Candeggina”

Disponendo degli ordini ricevuti da un’importante azienda leader in Italia nella produzione di candeggina, si chiede di :

- effettuare un’analisi di assorbimento geografico a livello di Regione suddivisa per i clienti delle 3 tipologie : GD, DO e Grossisti.
- successivamente, a partire dai dati di assorbimento geografico con dettaglio a livello di Provincia e con riferimento a quanto spedito da ciascuno dei 3 magazzini di fabbrica attuali (NELS = Parma, COCA = Campobasso, POME = Roma), si chiede di calcolare la localizzazione ideale dei 3 depositi centrali, adottando il metodo del centro di gravità esatto.

NB: si assuma, che il costo del unitario del trasporto, effettuato con semirimorchi a carico completo, sia pari a 4 cent di euro/km\_pallet. Inoltre, per le consegne effettuate in Sicilia (servita da COCA), si consideri Salerno come porto di imbarco. Per le consegne in Sardegna (servite da NELS) si consideri Livorno come porto di imbarco.

## Caso 7. “Exotech”

Exotech realizza diversi componenti per il settore dei personal computer, che vende in tutto il mondo. Vuole costruire un nuovo magazzino per la distribuzione all’ingrosso nei mercati emergenti del Far East. Ha identificato tre siti alternativi (Shanghai, Hong Kong e Singapore), per ciascuno dei quali ha attribuito un giudizio in merito a 10 fattori rilevanti per la localizzazione. Si chiede di individuare il sito ottimale sulla base delle informazioni raccolte.

| Fattori rilevanti per la localizzazione | Peso | Valutazione (da 0 a 100) |           |           |
|---|------|--------------------------|-----------|-----------|
|   |      | Shanghai                 | Hong Kong | Singapore |
| Stabilità politica                      | 0,25 | 50                       | 60        | 90        |
| Crescita economica                      | 0,18 | 90                       | 70        | 75        |
| Accessibilità ai porti                  | 0,15 | 60                       | 95        | 90        |
| Presenza infrastrutture di trasporto    | 0,10 | 50                       | 80        | 90        |
| Costi di edificazione                   | 0,08 | 90                       | 20        | 30        |
| Costi di trasporto                      | 0,08 | 50                       | 80        | 70        |
| Regime fiscale                          | 0,07 | 70                       | 90        | 90        |
| Norme lavorative                        | 0,05 | 70                       | 95        | 95        |
| Servizio aereo                          | 0,02 | 60                       | 80        | 70        |
| Rete viaria                             | 0,02 | 60                       | 70        | 80        |

## Caso 8. “FerCar”

La FerCar trasporti S.p.A. sta pianificando la realizzazione di una nuova piaffattorma logistica di transito per effettuare le consegne in tutto il Nordest d’Italia. Sono state prese in considerazione le seguenti località: Rovigo, Belluno e Verona.

Per ciascuna di queste località, sono stati individuati i costi fissi annuali (relativi l’affitto dell’immobile, agli oneri assicurativi, apparecchiature, etc.) e i costi unitari medi variabili per le attività di logistica (movimentazione, trasporto e servizi accessori). Si è stimato che il numero annuo di viaggi possa variare da 450.000 a 600.000. Si chiede di :

- tracciare le curve dei costi totali per le tre diverse località alternative;
- evidenziare la città che fornisce i minori costi totali

| Località | Costi fissi<br>[€/anno] | C. variabili unitari<br>[€/viaggio] |
|----------|-------------------------|-------------------------------------|
| Rovigo   | 4.000.000               | 6,25                                |
| Belluno  | 4.300.000               | 5,50                                |
| Verona   | 3.800.000               | 7,25                                |

## Caso 9. “Progettazione di una rete distributiva”

Una società produttrice di detersivo in polvere vuole analizzare la propria rete distributiva, con particolare riferimento all’area di mercato relativa alla Lombardia ed al Triveneto, nella quale vengono serviti 100 punti vendita (supermercati e ipermercati), raggruppati in 12 zone di consegna locale ( $Z_1, \dots, Z_{12}$ ). La rete distributiva è a due livelli con un deposito centrale (di proprietà dell’azienda) situato a Prato che alimenta settimanalmente tutti i depositi periferici (affidati a società di servizi logistici) che a loro volta riforniscono i punti vendita delle singole zone mediante giri di consegna locale.

La famiglia di prodotti “smacchiatutto” viene gestita a UdC intere (dimensioni  $1,2 \times 0,8 \times h=1,1m$ ; peso medio 550 kg), di valore unitario pari a 2.700 €.

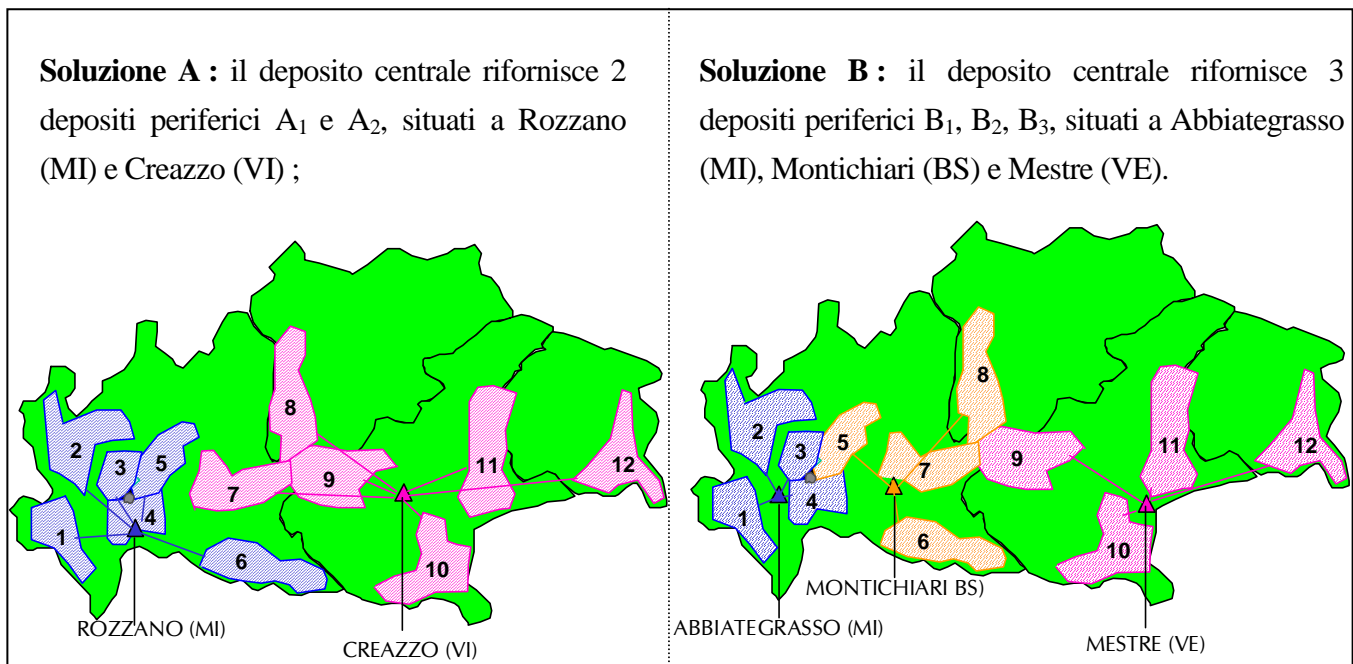
L’analisi delle serie storiche di vendita ha rivelato un comportamento pressoché stazionario delle domande settimanali delle singole zone, rappresentabili mediante una distribuzione normale, i cui valori medi ed i relativi scarti quadratici medi (espressi in termini di UdC) sono riportati in tabella 1. Tale analisi ha altresì evidenziato l’assenza di autocorrelazione delle domande relativamente ai diversi periodi per ciascuna zona, mentre ha evidenziato una correlazione lineare tra le domande di alcune zone, espressa dai seguenti valori del coefficiente di correlazione lineare:

$$\rho_{Z_1, Z_2} = -0,1 ; \quad \rho_{Z_3, Z_4} = +0,4 ; \quad \rho_{Z_7, Z_8} = +0,2 ; \quad \rho_{Z_{10}, Z_{11}} = +0,5$$

|   |            | Zone di consegna locale |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |
|---|------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|   |            | Z <sub>1</sub>          | Z <sub>2</sub> | Z <sub>3</sub> | Z <sub>4</sub> | Z <sub>5</sub> | Z <sub>6</sub> | Z <sub>7</sub> | Z <sub>8</sub> | Z <sub>9</sub> | Z <sub>10</sub> | Z <sub>11</sub> | Z <sub>12</sub> |
| Domanda settimanale [UdC]                                 | $\bar{D}$  | 26                      | 19             | 16             | 24             | 21             | 24             | 19             | 16             | 20             | 21              | 17              | 17              |
|   | $\sigma_D$ | 4                       | 3              | 4              | 4              | 3              | 4              | 3              | 2              | 3              | 5               | 3               | 2               |
| Numero di giri di consegna settimanali                    |            | 1                       | 2              | 1              | 1              | 2              | 1              | 1              | 1              | 2              | 1               | 1               | 2               |
| Percorrenza media all’interno della zona di consegna [km] |            | 110                     | 125            | 90             | 97             | 142            | 190            | 101            | 258            | 215            | 271             | 240             | 254             |

Tabella 1

Si vogliono confrontare due soluzioni alternative per la distribuzione locale (si veda figura 1):



*Figura 1*

Assumendo le seguenti ipotesi:

- il deposito centrale di Prato viene approvvigionato secondo una politica a punto fisso di riordino, con lotti pari a 100 UdC pallettizzate, il cui lead time di approvvigionamento è rappresentabile mediante una distribuzione normale avente valor medio pari a 5 gg e deviazione standard 1,2 gg;
- ogni deposito periferico viene rifornito una volta alla settimana (a giorno fisso), con lead time di consegna costante e pari a 2 gg;
- i punti vendita di ogni zona sono serviti da un solo deposito periferico, secondo la frequenza di consegna riportata in tabella 1;
- il trasporto primario (DC → DP) avviene mediante autoarticolati (28 ton, 33 pallet) ed è affidato a terzi sulla base di un costo unitario medio di trasporto, riportato nelle tabelle 2A e 2B ;
- il trasporto secondario (dai depositi periferici alle zone di consegna) viene effettuato mediante autocarri (portata 18 ton, 19 pallet) ad un costo di 1 €/km (i percorsi di consegna locale all'interno delle zone e le distanze dei DP dalle rispettive zone di consegna sono riportati nelle tabelle 1 e 2);
- i depositi periferici sono gestiti da fornitori di servizi logistici, che applicano tariffe sul costo di gestione di un pallet (comprehensive delle operazioni di ricevimento merci, messa a dimora, prelievo, spedizione e assicurazione), riportato nelle tabelle 2A e 2B; il corrispondente costo per il deposito centrale può essere assunto pari a 9 €UdC;
- gli oneri di mantenimento delle scorte (finanziari e di stoccaggio) sono pari al 12%/anno;
- i depositi lavorano 52 settimane all'anno, 5 gg/settimana;
- il grado richiesto di copertura scorte (inteso come probabilità di non andare in stock-out durante ciascun ciclo di approvvigionamento) non sia inferiore al 98%.

|                                    | DP A <sub>1</sub> Rozzano |                |                |                |                |                | DP A <sub>2</sub> Creazzo |                |                |                 |                 |                 |
|------------------------------------|---------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                    | Z <sub>1</sub>            | Z <sub>2</sub> | Z <sub>3</sub> | Z <sub>4</sub> | Z <sub>5</sub> | Z <sub>6</sub> | Z <sub>7</sub>            | Z <sub>8</sub> | Z <sub>9</sub> | Z <sub>10</sub> | Z <sub>11</sub> | Z <sub>12</sub> |
| Distanza : DP – zona [km]          | 42                        | 54             | 35             | 1              | 47             | 51             | 120                       | 48             | 57             | 32              | 86              | 169             |
| Distanza : DC – DP [km]            | 288                       |                |                |                |                |                | 240                       |                |                |                 |                 |                 |
| Costo trasporto primario [€/ km_t] | 0,077                     |                |                |                |                |                | 0,084                     |                |                |                 |                 |                 |
| Costo gestione pallet [€/ UdC]     | 11                        |                |                |                |                |                | 9                         |                |                |                 |                 |                 |

Tabella 2A

|                                | DP B <sub>1</sub> Abbiategrasso |                |                |                | DP B <sub>2</sub> Montichiari |                |                |                | DP B <sub>3</sub> Mestre |                 |                 |                 |
|--------------------------------|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                | Z <sub>1</sub>                  | Z <sub>2</sub> | Z <sub>3</sub> | Z <sub>4</sub> | Z <sub>5</sub>                | Z <sub>6</sub> | Z <sub>7</sub> | Z <sub>8</sub> | Z <sub>9</sub>           | Z <sub>10</sub> | Z <sub>11</sub> | Z <sub>12</sub> |
| Distanza : DP – zona [km]      | 24                              | 38             | 18             | 8              | 64                            | 43             | 1              | 86             | 89                       | 20              | 14              | 75              |
| Distanza : DC – DP [km]        | 306                             |                |                |                | 253                           |                |                |                | 238                      |                 |                 |                 |
| C trasporto primario [€/ km_t] | 0,075                           |                |                |                | 0,082                         |                |                |                | 0,085                    |                 |                 |                 |
| C gestione pallet [€/ UdC]     | 15                              |                |                |                | 13                            |                |                |                | 12                       |                 |                 |                 |

Tabella 2B

Si chiede di determinare, per ciascuna delle due alternative in esame (soluzioni A e B) :

- 1) l'entità complessiva delle scorte di sicurezza nei casi di sistema dipendente e di sistema indipendente;
- 2) l'entità complessiva delle scorte di ciclo;
- 3) le componenti del costo complessivo annuo di distribuzione (specificando gli oneri di mantenimento delle scorte, le spese di gestione dei depositi, i costi di trasporto primario e secondario), assumendo per ciascuna delle due alternative in esame la modalità di allocazione delle scorte di sicurezza più conveniente.

### Caso 10. “Square root law”

A luxury car dealer has 4 retail outlets serving the entire Chicago area (option A). Weekly demand at each outlet is normally distributed with a mean of  $D = 25$  cars and a standard deviation of  $\sigma_D = 5$  cars. The lead time for replenishment from the manufacturer is  $LTA = 2$  weeks. Each outlet covers a separate geographical area. The car dealer is considering the possibility of replacing the 4 outlets by a single large outlet (option B). assume that the demand in the central outlet would be the sum of the demand cross all four areas (100 cars). The dealership is targeting a cycle service of 90% ( $k=1,28$ ).

Compare the level of safety inventory needed in the two options with different:  $\rho = 0$   $\rho = 0,2$   $\rho = 0,5$   
 $\rho = 0,8$   $\rho = 1$