

---

Esercitazione in Laboratorio:  
risoluzione di problemi di programmazione  
lineare tramite Excel – il mix di produzione

Versione 11/03/2004

---

# Contenuto e scopo esercitazione

## Contenuto

- esempi di problema di programmazione lineare risolto tramite Excel
  - problema del mix di produzione di piccole dimensioni

## Scopo

- presentare i passi che portano alla risoluzione di problemi di programmazione lineare tramite Excel

---

## File necessari

Per svolgere l'esercitazione sono necessari i seguenti file Excel:

- ProduzionePiccolo.xls
- ProduzioneCommentato.xls

Il problema produzione commentato contiene delle macro.

---

# Mix di Produzione

Si vuole risolvere tramite excel il problema del mix di produzione descritto nei seguenti lucidi.

## Esempio: mix di produzione

- $n$  prodotti ognuno dei quali necessita di una data quantità di materie prime
- $m$  materie prime in disponibilità limitata
- $c_i$  profitto per ogni unità prodotta

| <b>Product:</b>     | <b>P1</b>                            | <b>P2</b> | <b>P3</b> | <b>P4</b> | <b>P5</b> | <b>P6</b> |              |              |
|---------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| <b>Profit/Unit:</b> | <b>30</b>                            | <b>45</b> | <b>24</b> | <b>26</b> | <b>24</b> | <b>30</b> |              |              |
|                     |                                      |           |           |           |           |           |              |              |
|                     |                                      |           |           |           |           |           |              | <b>Start</b> |
|                     | <b>Product Resource Requirements</b> |           |           |           |           |           |              | <b>Inv.</b>  |
|                     |                                      |           |           |           |           |           |              |              |
| <b>Steel</b>        | <b>1</b>                             | <b>4</b>  | <b>0</b>  | <b>4</b>  | <b>2</b>  | <b>0</b>  | <b>&lt;=</b> | <b>1200</b>  |
| <b>Wood</b>         | <b>4</b>                             | <b>5</b>  | <b>3</b>  | <b>0</b>  | <b>1</b>  | <b>0</b>  | <b>&lt;=</b> | <b>1160</b>  |
| <b>Plastic</b>      | <b>0</b>                             | <b>3</b>  | <b>8</b>  | <b>0</b>  | <b>1</b>  | <b>0</b>  | <b>&lt;=</b> | <b>1780</b>  |
| <b>Rubber</b>       | <b>2</b>                             | <b>0</b>  | <b>1</b>  | <b>2</b>  | <b>1</b>  | <b>5</b>  | <b>&lt;=</b> | <b>1050</b>  |
| <b>Glass</b>        | <b>2</b>                             | <b>4</b>  | <b>2</b>  | <b>2</b>  | <b>2</b>  | <b>4</b>  | <b>&lt;=</b> | <b>1360</b>  |

---

# Esempio: mix di produzione

## Descrizione del problema.

- **obiettivo:**
  - massimizzare i profitti
- **vincoli:**
  - non consumare più materie prime di quelle disponibili
- **leve decisionali:**
  - quantità prodotte di beni
- **dati tecnologici:**
  - $c_i$  profitto unitario del bene  $i$ -mo
  - $a_{ji}$  consumo unitario di materia prima  $j$ -ma per produrre il bene  $i$ -mo
  - $b_j$  disponibilità materia prima  $j$ -ma

---

# Esempio: mix di produzione

## Formulazione del problema.

- Le variabili:  
le quantità prodotte di ogni bene

$$x_i \in \mathcal{R}, \quad \text{per } i = 1, \dots, n$$

tali variabili sono continue

- La funzione obiettivo:  
il profitto complessivo

$$\sum_{i=1..n} c_i x_i$$

---

## Esempio: mix di produzione

- I vincoli:
  - per ciascuna risorsa la quantità totale di risorsa utilizzata per eseguire le produzioni non può superare la disponibilità massima della risorsa stessa

$$\sum_{i=1..n} a_{ji} x_i \leq b_j, \quad \text{per } j = 1, \dots, m$$

- per ciascun bene la quantità prodotta è sempre non negativa

$$x_i \geq 0, \quad \text{per } i = 1, \dots, n$$

---

# Esempio: mix di produzione

Formulazione generale: per  $n$  prodotti e  $m$  risorse

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{i=1..n} c_i x_i \\ & \sum_{i=1..n} a_{ji} x_i \leq b_j, & \text{per } j=1,\dots,m \\ & x_i \geq 0 & \text{per } i=1,\dots,n \end{aligned}$$

Estensioni:

- vincoli sulla capacità minima/massima di assorbimento del mercato

---

## Esempio: mix di produzione

### Formulazione istanza specifica

$$\begin{array}{ll} \text{(profit)} & \max \quad 30 x_1 + 45 x_2 + 24 x_3 + 26 x_4 + 24 x_5 + 30 x_6 \\ \text{(steel)} & x_1 + 4 x_2 + 4 x_4 + 2 x_5 \leq 1200 \\ \text{(wood)} & 4 x_1 + 5 x_2 + 3 x_3 + x_5 \leq 1160 \\ \text{(plastic)} & 3 x_2 + 8 x_3 + x_5 \leq 1780 \\ \text{(rubber)} & 2 x_1 + x_3 + 2 x_4 + x_5 + 5 x_6 \leq 1050 \\ \text{(glass)} & 2 x_1 + 4 x_2 + 2 x_3 + 2 x_4 + 2 x_5 + 4 x_6 \leq 1360 \\ & x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 \geq 0 \end{array}$$

# Struttura file ProduzionePiccolo.xls

note

celle con i dati

celle con commenti

foglio coi dati iniziali

foglio con il problema pronto per la soluzione

|    | A               | B  | C  | D  | E  | F  | G  | H      | I | J     |
|----|-----------------|----|----|----|----|----|----|--------|---|-------|
| 1  |                 |    |    |    |    |    |    |        |   |       |
| 2  |                 |    |    |    |    |    |    | I.h.s. |   |       |
| 3  | Product:        | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |        |   |       |
| 4  |                 | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 |        |   |       |
| 5  | Decis Variables | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |        |   |       |
| 6  | Profit/Unit:    | 30 | 45 | 24 | 26 | 24 | 30 |        |   |       |
| 7  |                 |    |    |    |    |    |    |        |   |       |
| 8  |                 |    |    |    |    |    |    |        |   | Start |
| 9  |                 |    |    |    |    |    |    |        |   | Inv.  |
| 10 |                 |    |    |    |    |    |    |        |   |       |
| 11 | Steel           | 1  | 4  | 0  | 4  | 2  | 0  | <=     |   | 1200  |
| 12 | Wood            | 4  | 5  | 3  | 0  | 1  | 0  | <=     |   | 1160  |
| 13 | Plastic         | 0  | 3  | 8  | 0  | 1  | 0  | <=     |   | 1780  |
| 14 | Rubber          | 2  | 0  | 1  | 2  | 1  | 5  | <=     |   | 1050  |
| 15 | Glass           | 2  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | <=     |   | 1360  |
| 16 |                 |    |    |    |    |    |    |        |   |       |
| 17 |                 |    |    |    |    |    |    |        |   |       |
| 18 |                 |    |    |    |    |    |    |        |   |       |
| 19 |                 |    |    |    |    |    |    |        |   |       |

# Struttura file ProduzionePiccolo.xls

Lavorare sul foglio  
**ProduzioneIniziale!!**

L'altro foglio serve  
solo per verificare di  
avere svolto  
l'esercitazione in maniera  
corretta

Celle in cui scrivere il  
valore delle variabili,  
ovvero il numero di  
prodotti realizzati.

|    | A               | B  | C  | D  | E  | F  | G  | H      | I | J     |
|----|-----------------|----|----|----|----|----|----|--------|---|-------|
| 1  |                 |    |    |    |    |    |    | I.h.s. |   |       |
| 2  |                 |    |    |    |    |    |    |        |   |       |
| 3  | Product:        | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |        |   |       |
| 4  |                 | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 |        |   |       |
| 5  | Decis Variables | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |        |   |       |
| 6  | Profit/Unit:    | 30 | 45 | 24 | 26 | 24 | 30 |        |   |       |
| 7  |                 |    |    |    |    |    |    |        |   |       |
| 8  |                 |    |    |    |    |    |    |        |   | Start |
| 9  |                 |    |    |    |    |    |    |        |   | Inv.  |
| 10 |                 |    |    |    |    |    |    |        |   |       |
| 11 | Steel           | 1  | 4  | 0  | 4  | 2  | 0  | <=     |   | 1200  |
| 12 | Wood            | 4  | 5  | 3  | 0  | 1  | 0  | <=     |   | 1160  |
| 13 | Plastic         | 0  | 3  | 8  | 0  | 1  | 0  | <=     |   | 1780  |
| 14 | Rubber          | 2  | 0  | 1  | 2  | 1  | 5  | <=     |   | 1050  |
| 15 | Glass           | 2  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | <=     |   | 1360  |
| 16 |                 |    |    |    |    |    |    |        |   |       |
| 17 |                 |    |    |    |    |    |    |        |   |       |
| 18 |                 |    |    |    |    |    |    |        |   |       |
| 19 |                 |    |    |    |    |    |    |        |   |       |

# Struttura file ProduzionePiccolo.xls

esempio di commento  
che si visualizza passando  
col mouse sul triangolino  
rosso

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "DietaPiccolo.xls". The spreadsheet is divided into two sheets: "ProduzioneIniziale" (active) and "ProduzioneCompleto". The active sheet contains a table with columns A through J. The table is structured as follows:

|    | A                      | B         | C | D | E | F | G | H | I | J |
|----|------------------------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1  |                        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2  |                        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 3  | <b>Product:</b>        | <b>P1</b> |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4  | <b>Decis Variables</b> | 0         |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 5  | <b>Profit/Unit:</b>    | 30        |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 6  |                        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 7  |                        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 8  |                        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 9  |                        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 10 |                        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 11 | <b>Steel</b>           | 1         | 4 | 0 | 4 | 2 | 0 |   |   |   |
| 12 | <b>Wood</b>            | 4         | 5 | 3 | 0 | 1 | 0 |   |   |   |
| 13 | <b>Plastic</b>         | 0         | 3 | 8 | 0 | 1 | 0 |   |   |   |
| 14 | <b>Rubber</b>          | 2         | 0 | 1 | 2 | 1 | 5 |   |   |   |
| 15 | <b>Glass</b>           | 2         | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 |   |   |   |
| 16 |                        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 17 |                        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 18 |                        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 19 |                        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 20 |                        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |

A tooltip is displayed over the red triangle in cell B3, providing the following information:

Dalla prima colonna della tabella sottostante si deduce che per produrre un'unità di prodotto P1 si consuma

- 1 unità di acciaio
- 4 unità di legno
- 0 unità di plastica
- 2 unità di gomma
- 2 unità di vetro

Ogni unità di prodotto P1 realizzato e venduto dà luogo ad un profitto di 30

The spreadsheet also includes a "Start Inv." column in column J, with values 1200, 1160, 1780, 1050, and 1360 for rows 11 through 15 respectively. The status bar at the bottom indicates "Pronto".

# Inserimento formula

Inserire nelle celle gialle delle formule che permettano di valutare il valore della funzione obiettivo e del primo termine dei vincoli al variare dei valori presenti nelle celle verdi delle variabili.

|                               | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |            |
|-------------------------------|----|----|----|----|----|----|------------|
| Product:                      | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 |            |
| Decis Variables               | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |            |
| Profit/Unit:                  | 30 | 45 | 24 | 26 | 24 | 30 |            |
| Product Resource Requirements |    |    |    |    |    |    | Start Inv. |
| Steel                         | 1  | 4  | 0  | 4  | 2  | 0  | ≤ 1200     |
| Wood                          | 4  | 5  | 3  | 0  | 1  | 0  | ≤ 1160     |
| Plastic                       | 0  | 3  | 8  | 0  | 1  | 0  | ≤ 1780     |
| Rubber                        | 2  | 0  | 1  | 2  | 1  | 5  | ≤ 1050     |
| Glass                         | 2  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | ≤ 1360     |

Il primo termine dei vincoli è detto anche *left hand side* (lhs)

# Esempio di inserimento formula

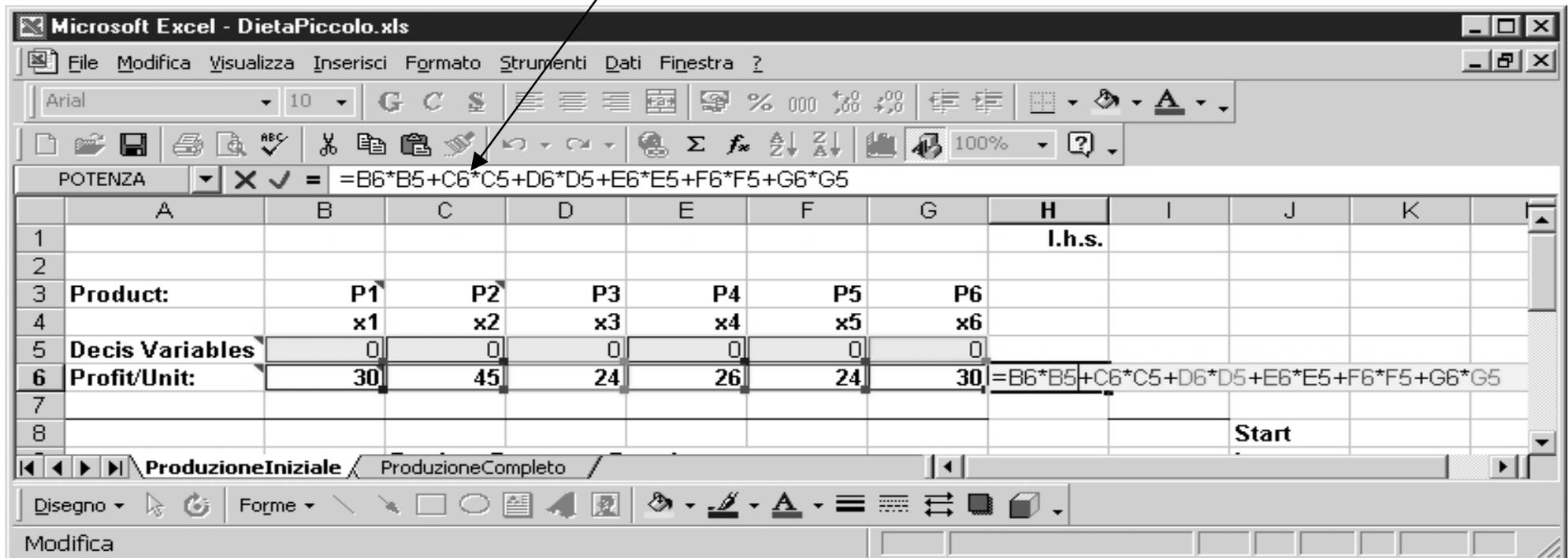
Selezionare la cella H6 e scrivere la formula, preceduta dal segno =, che descrive la funzione facendo riferimento alle celle che contengono i valori dei profitti unitari e delle variabili tramite le loro coordinate.

Ad esempio, B6\*B5 indica il prodotto tra il profitto unitario di ogni P1 per il numero di unità P1 prodotte.

|   | A                      | B  | C  | D  | E  | F  | G  | H                                    | I | J     | K |
|---|------------------------|----|----|----|----|----|----|--------------------------------------|---|-------|---|
| 1 |                        |    |    |    |    |    |    |                                      |   |       |   |
| 2 |                        |    |    |    |    |    |    |                                      |   |       |   |
| 3 | <b>Product:</b>        | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |                                      |   |       |   |
| 4 |                        | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 |                                      |   |       |   |
| 5 | <b>Decis Variables</b> | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |                                      |   |       |   |
| 6 | <b>Profit/Unit:</b>    | 30 | 45 | 24 | 26 | 24 | 30 | =B6*B5+C6*C5+D6*D5+E6*E5+F6*F5+G6*G5 |   |       |   |
| 7 |                        |    |    |    |    |    |    |                                      |   |       |   |
| 8 |                        |    |    |    |    |    |    |                                      |   | Start |   |

# Esempio di inserimento formula

In alternativa, selezionare la cella H6 e scrivere la formula, preceduta dal segno =, all'interno del campo disponibile nella barra della formula invece che direttamente nella cella



The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the following data in the spreadsheet:

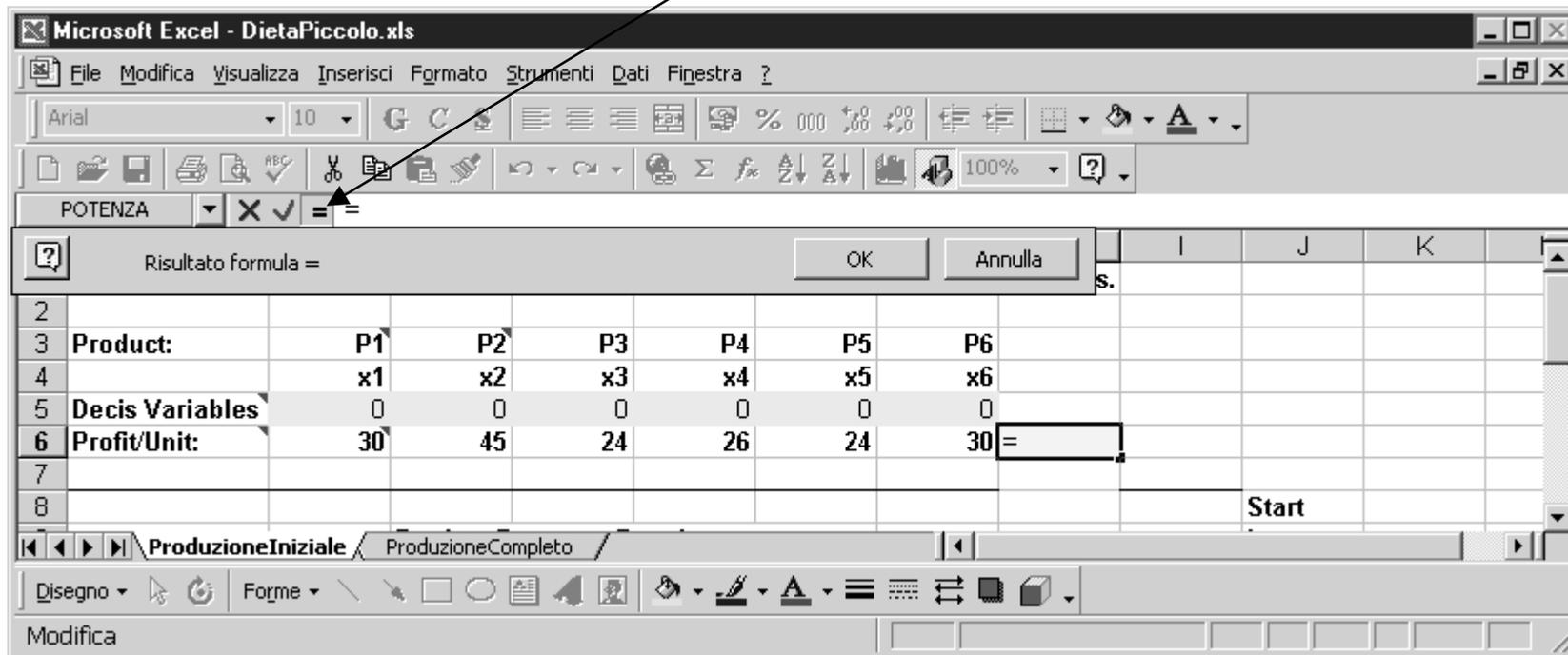
|   | A                      | B  | C  | D  | E  | F  | G  | H                                    | I | J     | K |
|---|------------------------|----|----|----|----|----|----|--------------------------------------|---|-------|---|
| 1 |                        |    |    |    |    |    |    | l.h.s.                               |   |       |   |
| 2 |                        |    |    |    |    |    |    |                                      |   |       |   |
| 3 | <b>Product:</b>        | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |                                      |   |       |   |
| 4 |                        | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 |                                      |   |       |   |
| 5 | <b>Decis Variables</b> | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |                                      |   |       |   |
| 6 | <b>Profit/Unit:</b>    | 30 | 45 | 24 | 26 | 24 | 30 | =B6*B5+C6*C5+D6*D5+E6*E5+F6*F5+G6*G5 |   |       |   |
| 7 |                        |    |    |    |    |    |    |                                      |   |       |   |
| 8 |                        |    |    |    |    |    |    |                                      |   | Start |   |

The formula bar at the top displays the formula: `=B6*B5+C6*C5+D6*D5+E6*E5+F6*F5+G6*G5`. An arrow points from the text above to the formula bar.

# Esempio di inserimento formula

In alternativa, selezionare la cella H6 e scrivere la funzione obiettivo utilizzando le formule messe a disposizione da Excel.

A tal fine, dopo avere selezionato H6, cliccare il segno uguale sulla barra della formula. Apparirà quanto segue



The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the following data in the spreadsheet:

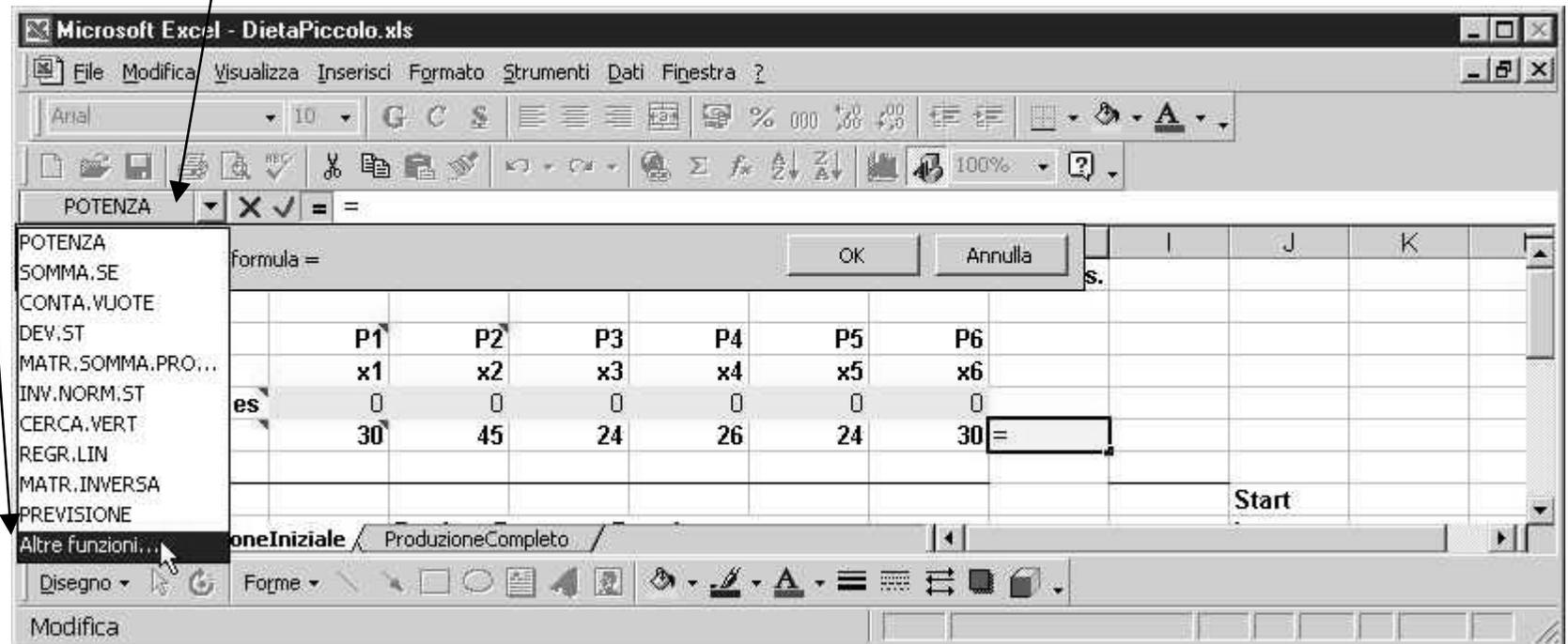
|                 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |   |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|---|
| Product:        | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 |   |
| Decis Variables | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |   |
| Profit/Unit:    | 30 | 45 | 24 | 26 | 24 | 30 | = |

The formula bar at the top shows "Risultato formula =" and the equals sign button is highlighted. The spreadsheet also shows a "Start" label in cell J8.

# Esempio di inserimento formula

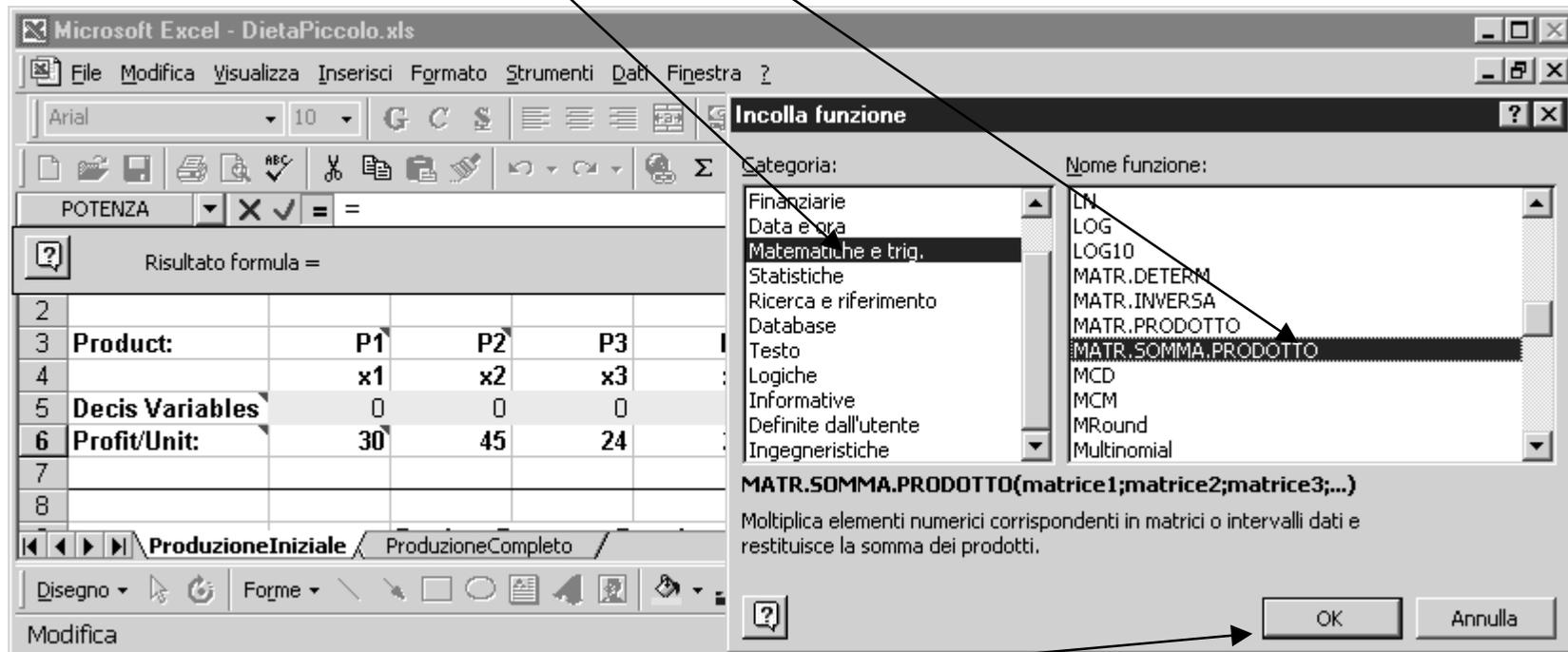
Selezionare quindi la tendina delle formule sull'estrema sinistra.

Scegliere *Altre funzioni...*



# Esempio di inserimento formula

Selezionando *Altre funzioni ...* compare una maschera in cui selezionare nell'elenco *Categoria: Matematiche e trig.*, nell'elenco *Nome funzione: Matr.Somma.Prodotto*.



Cliccare OK

# Esempio di inserimento formula

La funzione *Matr.Somma.Prodotto*, quando utilizzata con solo due argomenti, esegue il prodotto scalare tra i due argomenti.

Scrivere nei campi le celle estreme dei vettori di cui si vuole il prodotto scalare

MATR.SOMMA.PRODOTTO

Matrice1: B6:G6 = {30;45;24;26;24;30}

Matrice2: B5:G5 = {0;0;0;0;0;0}

Matrice3: = matrice

= 0

Moltiplica elementi numerici corrispondenti in matrici o intervalli dati e restituisce la somma dei prodotti.

Matrice2: matrice1;matrice2;... sono da 2 a 30 matrici di cui moltiplicare e quindi aggiungere gli elementi. Le matrici devono avere le stesse dimensioni.

Risultato formula = 0

OK Annulla

# Esempio di inserimento formula

vettori selezionati

risultato formula

Cliccare OK

The screenshot shows the following data in the spreadsheet:

|   | A                      | B  | C  | D  | E  | F  | G  | H      | I | J |
|---|------------------------|----|----|----|----|----|----|--------|---|---|
| 1 |                        |    |    |    |    |    |    | I.h.s. |   |   |
| 2 |                        |    |    |    |    |    |    |        |   |   |
| 3 | <b>Product:</b>        | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |        |   |   |
| 4 |                        | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 |        |   |   |
| 5 | <b>Decis Variables</b> | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |        |   |   |
| 6 | <b>Profit/Unit:</b>    | 30 | 45 | 24 | 26 | 24 | 30 |        |   |   |

The dialog box 'MATR.SOMMA.PRODOTTO' displays:

- Matrice1: B6:G6 = {30;45;24;26;24;30}
- Matrice2: B5:G5 = {0;0;0;0;0;0}
- Matrice3: = matrice
- Result: = 0

Additional data on the right side of the spreadsheet:

|    | Start Inv. |  |
|----|------------|--|
| <= | 1200       |  |
| <= | 1160       |  |
| <= | 1780       |  |
| <= | 1050       |  |
| <= | 1360       |  |

# Verifica inserimento corretto

Si è finito di inserire la formula della funzione obiettivo.

Verificare di avere operato correttamente assegnando dei valori arbitrari alle celle delle variabili e controllando che il valore ottenuto nella cella che contiene la funzione obiettivo corrisponda a quello atteso.

Nell'esempio, avendo imposto  $x_1=1$ ,  $x_2=3$ ,  $x_3=3$ ,  $x_4=4$ ,  $x_5=2$ ,  $x_6=1$ , si deve verificare che il valore della funzione obiettivo  $30*1+45*3+24*3+26*4+24*2+30*1$  sia effettivamente 419.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

|   | B               | C  | D  | E  | F  | G  | H  | I   | J      | K | L | M | N |
|---|-----------------|----|----|----|----|----|----|-----|--------|---|---|---|---|
| 1 |                 |    |    |    |    |    |    |     | i.h.s. |   |   |   |   |
| 2 |                 |    |    |    |    |    |    |     |        |   |   |   |   |
| 3 | Product:        | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |     |        |   |   |   |   |
| 4 |                 | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 |     |        |   |   |   |   |
| 5 | Decis Variables | 1  | 3  | 3  | 4  | 2  | 1  |     |        |   |   |   |   |
| 6 | Profit/Unit:    | 30 | 45 | 24 | 26 | 24 | 30 | 419 |        |   |   |   |   |
| 7 |                 |    |    |    |    |    |    |     |        |   |   |   |   |

Arrows from the text above point to the cells containing the values 1, 3, 3, 4, 2, 1 in row 5, and the value 419 in cell J6.

# Inserimento delle formule esprimenti il lhs dei vincoli

Ripetere le operazioni precedentemente viste per i lhs di ogni vincolo.

Nell'esempio la formula inserita calcola  $1x_1 + 4x_2 + 0x_3 + 4x_4 + 2x_5 + 0x_6$  il cui valore poi si dovrà imporre essere inferiore a 1160

Verificare per ogni vincolo la correttezza di quanto inserito

Microsoft Excel - ProduzionePiccolo.xls

File Modifica Visualizza Inserisci Formato Strumenti Dati Finestra ?

Arial 10

MATR.SOMMA... X ✓ = =MATR.SOMMA.PRODOTTO(B11:G11;B5:G5)

|    | A               | B  | C  | D  | E  | F  | G  | H                                   | I | J     | K    | L |
|----|-----------------|----|----|----|----|----|----|-------------------------------------|---|-------|------|---|
| 1  |                 |    |    |    |    |    |    | I.h.s.                              |   |       |      |   |
| 2  |                 |    |    |    |    |    |    |                                     |   |       |      |   |
| 3  | Product:        | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |                                     |   |       |      |   |
| 4  |                 | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 |                                     |   |       |      |   |
| 5  | Decis Variables | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |                                     |   |       |      |   |
| 6  | Profit/Unit:    | 30 | 45 | 24 | 26 | 24 | 30 | 0                                   |   |       |      |   |
| 7  |                 |    |    |    |    |    |    |                                     |   |       |      |   |
| 8  |                 |    |    |    |    |    |    |                                     |   | Start |      |   |
| 9  |                 |    |    |    |    |    |    |                                     |   | Inv.  |      |   |
| 10 |                 |    |    |    |    |    |    |                                     |   |       |      |   |
|    |                 |    |    |    |    |    |    |                                     |   |       |      |   |
|    |                 |    |    |    |    |    |    |                                     |   |       |      |   |
| 11 | Steel           | 1  | 4  | 0  | 4  | 2  | 0  | =MATR.SOMMA.PRODOTTO(B11:G11;B5:G5) |   |       |      |   |
| 12 | Wood            | 4  | 5  | 3  | 0  | 1  | 0  | <=                                  |   |       | 1160 |   |
| 13 | Plast           |    |    |    |    |    |    |                                     |   |       | 1780 |   |
| 14 | Rubb            |    |    |    |    |    |    |                                     |   |       | 1050 |   |
| 15 | Glass           |    |    |    |    |    |    |                                     |   |       | 1360 |   |
| 16 |                 |    |    |    |    |    |    |                                     |   |       |      |   |
| 17 |                 |    |    |    |    |    |    |                                     |   |       |      |   |
| 18 |                 |    |    |    |    |    |    |                                     |   |       |      |   |
| 19 |                 |    |    |    |    |    |    |                                     |   |       |      |   |
| 20 |                 |    |    |    |    |    |    |                                     |   |       |      |   |
| 21 |                 |    |    |    |    |    |    |                                     |   |       |      |   |

MATR.SOMMA.PRODOTTO

Matrice1: B11:G11 = {1;4;0;4;2;0}

Matrice2: B5:G5 = {0;0;0;0;0;0}

Matrice3: = matrice

= 0

Moltiplica elementi numerici corrispondenti in matrici o intervalli dati e restituisce la somma dei prodotti.

Matrice1: matrice1;matrice2;... sono da 2 a 30 matrici di cui moltiplicare e quindi aggiungere gli elementi. Le matrici devono avere le stesse dimensioni.

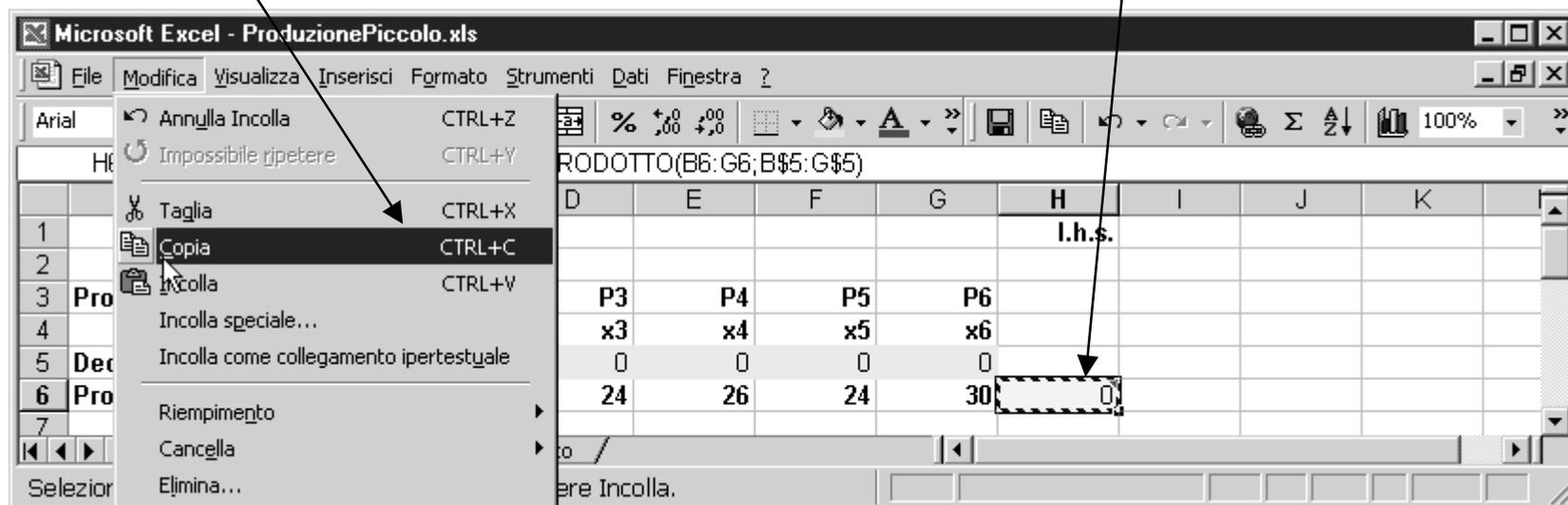
Modifica Risultato formula = 0 OK Annulla



# Inserimento delle formule esprimenti il lhs dei vincoli

Copiare la cella H6 utilizzando la tendina *Modifica* come in figura o  $\text{ctrl} + \text{C}$ .

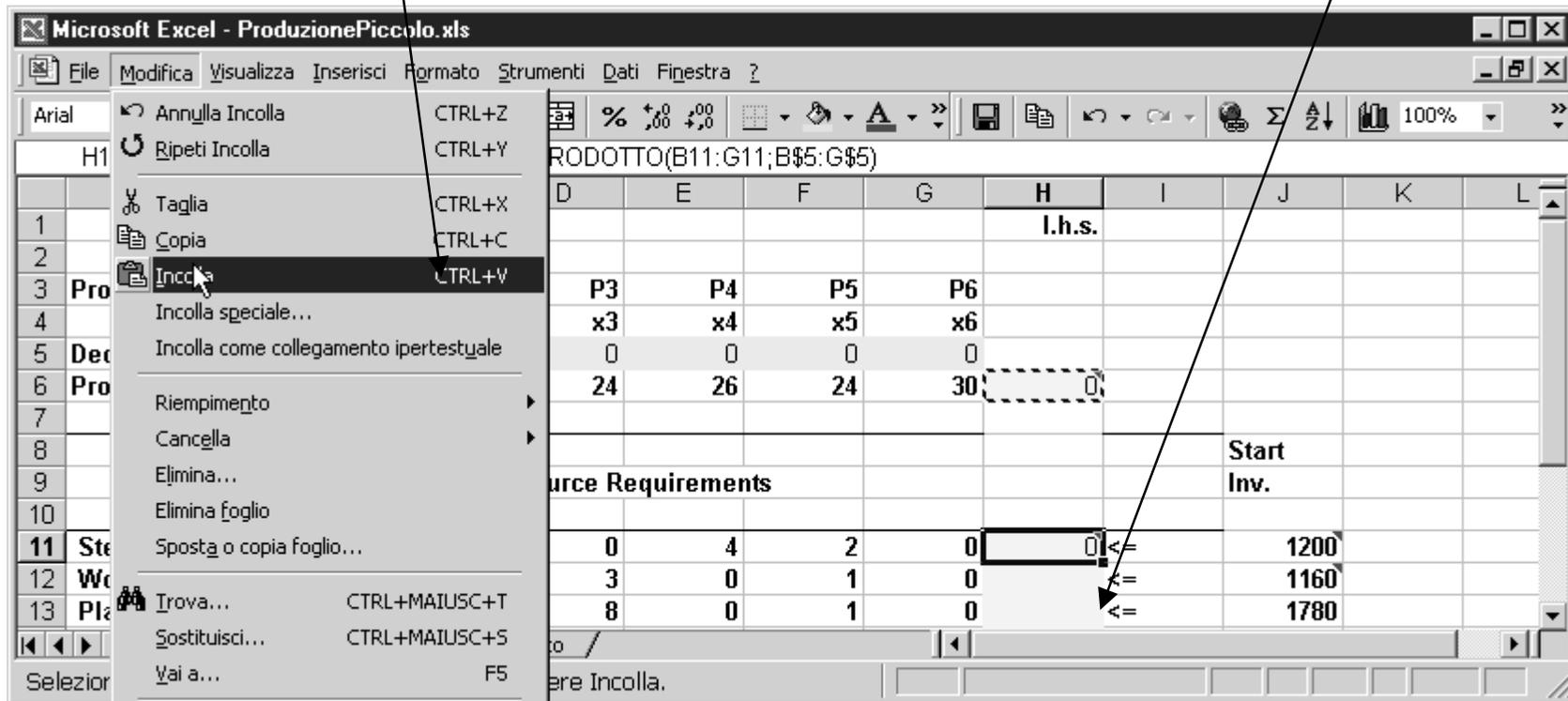
Il bordo della cella inizierà a lampeggiare.



# Inserimento delle formule esprimenti il lhs dei vincoli

Spostarsi sulla cella H11 e  
incollare la formula copiata  
utilizzando la tendina *Modifica*  
come in figura o  $\text{ctrl} + \text{V}$ .

Ripetere l'operazione per le celle  
H12, H13, H14, H15.



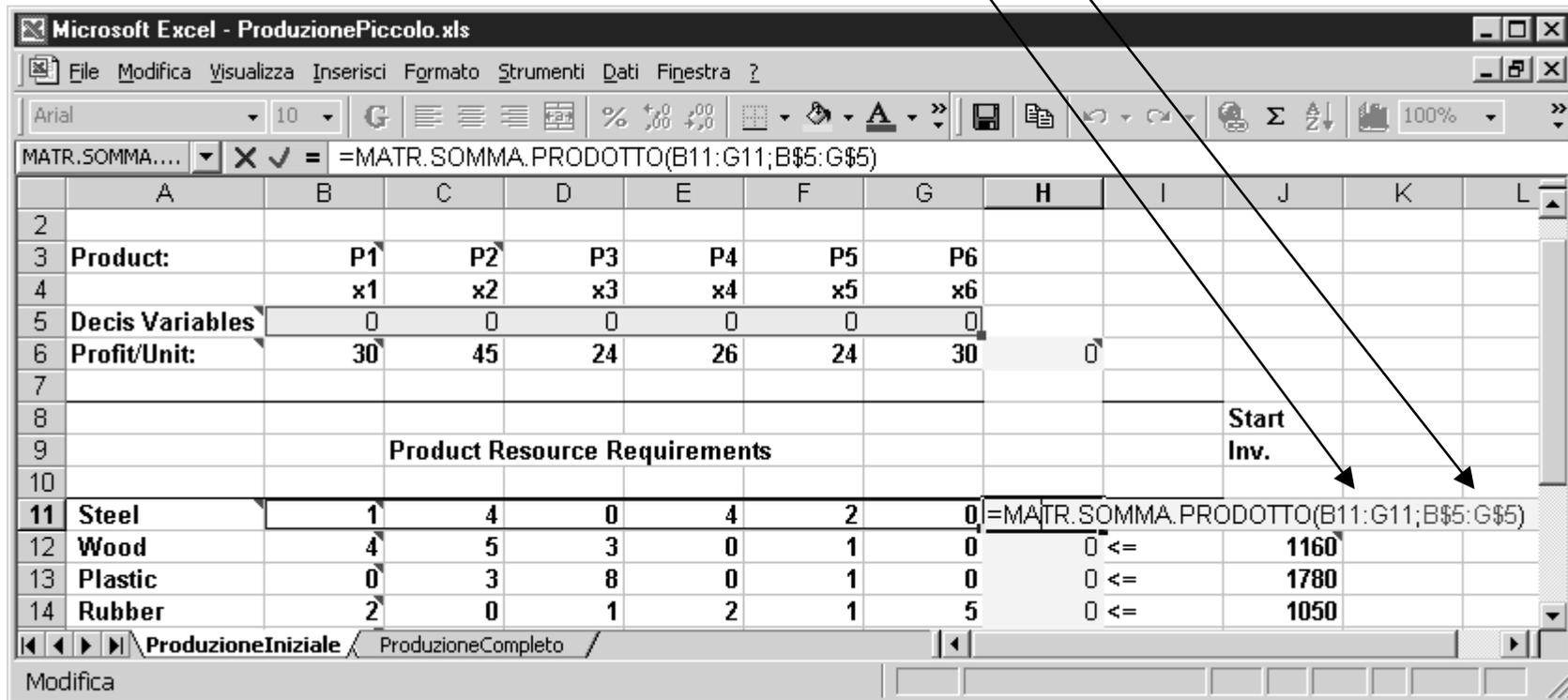
# Verifica inserimento corretto

Cliccare due volte su H11 e controllare la formula che e' stata inserita.

Osservare che i riferimenti preceduti da \$ (detti assoluti) non sono stati modificati dall'operazione di copiatura. Gli altri riferimenti (detti relativi) sono cambiati.

Nella cella H6, il vettore B6:G6 era immediatamente sulla sinistra della cella.

L'operazione di copiatura ha fatto si che nella cella H11, il corrispondente vettore B11:G11 si riferisca alle celle sulla destra di H11 e non di H6.



|    | A                      | B                                    | C  | D  | E  | F  | G  | H                                       | I | J    | K | L |  |
|----|------------------------|--------------------------------------|----|----|----|----|----|---|---|------|---|---|--|
| 2  |                        |                                      |    |    |    |    |    |   |   |      |   |   |  |
| 3  | <b>Product:</b>        | P1                                   | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |   |   |      |   |   |  |
| 4  |                        | x1                                   | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 |   |   |      |   |   |  |
| 5  | <b>Decis Variables</b> | 0                                    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |   |   |      |   |   |  |
| 6  | <b>Profit/Unit:</b>    | 30                                   | 45 | 24 | 26 | 24 | 30 | 0                                       |   |      |   |   |  |
| 7  |                        |                                      |    |    |    |    |    |   |   |      |   |   |  |
| 8  |                        |                                      |    |    |    |    |    |   |   |      |   |   |  |
| 9  |                        | <b>Product Resource Requirements</b> |    |    |    |    |    |   |   |      |   |   |  |
| 10 |                        |                                      |    |    |    |    |    |   |   |      |   |   |  |
| 11 | <b>Steel</b>           | 1                                    | 4  | 0  | 4  | 2  | 0  | =MATR.SOMMA.PRODOTTO(B11:G11;B\$5:G\$5) |   |      |   |   |  |
| 12 | <b>Wood</b>            | 4                                    | 5  | 3  | 0  | 1  | 0  | 0 <=                                    |   | 1160 |   |   |  |
| 13 | <b>Plastic</b>         | 0                                    | 3  | 8  | 0  | 1  | 0  | 0 <=                                    |   | 1780 |   |   |  |
| 14 | <b>Rubber</b>          | 2                                    | 0  | 1  | 2  | 1  | 5  | 0 <=                                    |   | 1050 |   |   |  |

# Verifica inserimento corretto

Inserire dei valori arbitrari nelle celle delle variabili e controllare a mano che i valori indicati nelle celle che contengono le formule della funzione obiettivo e dei lhs dei vincoli corrispondano ai valori attesi. Ad esempio dovrebbero venire i valori indicati nella figura.

Il foglio ProduzioneIniziale dovrebbe contenere ora le stesse formule del foglio ProduzioneCompleto.

|    | A                      | B  | C  | D  | E  | F  | G  | H     | I | J            | K | L |
|----|------------------------|----|----|----|----|----|----|-------|---|--------------|---|---|
| 2  |                        |    |    |    |    |    |    |       |   |              |   |   |
| 3  | <b>Product:</b>        | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |       |   |              |   |   |
| 4  |                        | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 |       |   |              |   |   |
| 5  | <b>Decis Variables</b> | 2  | 1  | 3  | 5  | 7  | 1  |       |   |              |   |   |
| 6  | <b>Profit/Unit:</b>    | 30 | 45 | 24 | 26 | 24 | 30 | 505   |   |              |   |   |
| 7  |                        |    |    |    |    |    |    |       |   |              |   |   |
| 8  |                        |    |    |    |    |    |    |       |   | <b>Start</b> |   |   |
| 9  |                        |    |    |    |    |    |    |       |   | <b>Inv.</b>  |   |   |
| 10 |                        |    |    |    |    |    |    |       |   |              |   |   |
| 11 | <b>Steel</b>           | 1  | 4  | 0  | 4  | 2  | 0  | 40 <= |   | 1200         |   |   |
| 12 | <b>Wood</b>            | 4  | 5  | 3  | 0  | 1  | 0  | 29 <= |   | 1160         |   |   |
| 13 | <b>Plastic</b>         | 0  | 3  | 8  | 0  | 1  | 0  | 34 <= |   | 1780         |   |   |
| 14 | <b>Rubber</b>          | 2  | 0  | 1  | 2  | 1  | 5  | 29 <= |   | 1050         |   |   |
| 15 | <b>Glass</b>           | 2  | 4  | 2  | 2  | 2  | 4  | 42 <= |   | 1360         |   |   |
| 16 |                        |    |    |    |    |    |    |       |   |              |   |   |

# Esercizio

Cercare di determinare il valore ottimo del problema di programmazione lineare per tentativi. Assegnare dei valori arbitrari positivi o nulli alle celle variabili in modo da massimizzare il valore della funzione obiettivo e rispettare i vincoli. Provare a fare meglio che nell'esempio. Si può fare molto meglio.

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "ProduzionePiccolo.xls". The spreadsheet is set up for a linear programming problem. The decision variables are x1 through x6, representing the quantity of six different products. The profit per unit for each product is given in row 6. The resource requirements for five materials (Steel, Wood, Plastic, Rubber, Glass) are given in rows 11 through 15. The right-hand side (R.H.S.) values for the constraints are given in row 11. The spreadsheet is currently showing the "ProduzioneIniziale" worksheet, which contains the initial values for the decision variables (x1=160, x2=44, x3=0, x4=0, x5=300, x6=0) and the total profit (13980).

|    | A               | B   | C  | D  | E  | F   | G  | H      | I  | J     |
|----|-----------------|-----|----|----|----|-----|----|--------|----|-------|
| 1  |                 |     |    |    |    |     |    | I.h.s. |    |       |
| 2  |                 |     |    |    |    |     |    |        |    |       |
| 3  | Product:        | P1  | P2 | P3 | P4 | P5  | P6 |        |    |       |
| 4  |                 | x1  | x2 | x3 | x4 | x5  | x6 |        |    |       |
| 5  | Decis Variables | 160 | 44 | 0  | 0  | 300 | 0  |        |    |       |
| 6  | Profit/Unit:    | 30  | 45 | 24 | 26 | 24  | 30 | 13980  |    |       |
| 7  |                 |     |    |    |    |     |    |        |    |       |
| 8  |                 |     |    |    |    |     |    |        |    | Start |
| 9  |                 |     |    |    |    |     |    |        |    | Inv.  |
| 10 |                 |     |    |    |    |     |    |        |    |       |
| 11 | Steel           | 1   | 4  | 0  | 4  | 2   | 0  | 936    | <= | 1200  |
| 12 | Wood            | 4   | 5  | 3  | 0  | 1   | 0  | 1160   | <= | 1160  |
| 13 | Plastic         | 0   | 3  | 8  | 0  | 1   | 0  | 432    | <= | 1780  |
| 14 | Rubber          | 2   | 0  | 1  | 2  | 1   | 5  | 620    | <= | 1050  |
| 15 | Glass           | 2   | 4  | 2  | 2  | 2   | 4  | 1096   | <= | 1360  |
| 16 |                 |     |    |    |    |     |    |        |    |       |
| 17 |                 |     |    |    |    |     |    |        |    |       |

---

# Esercizio

Prima di andare avanti.

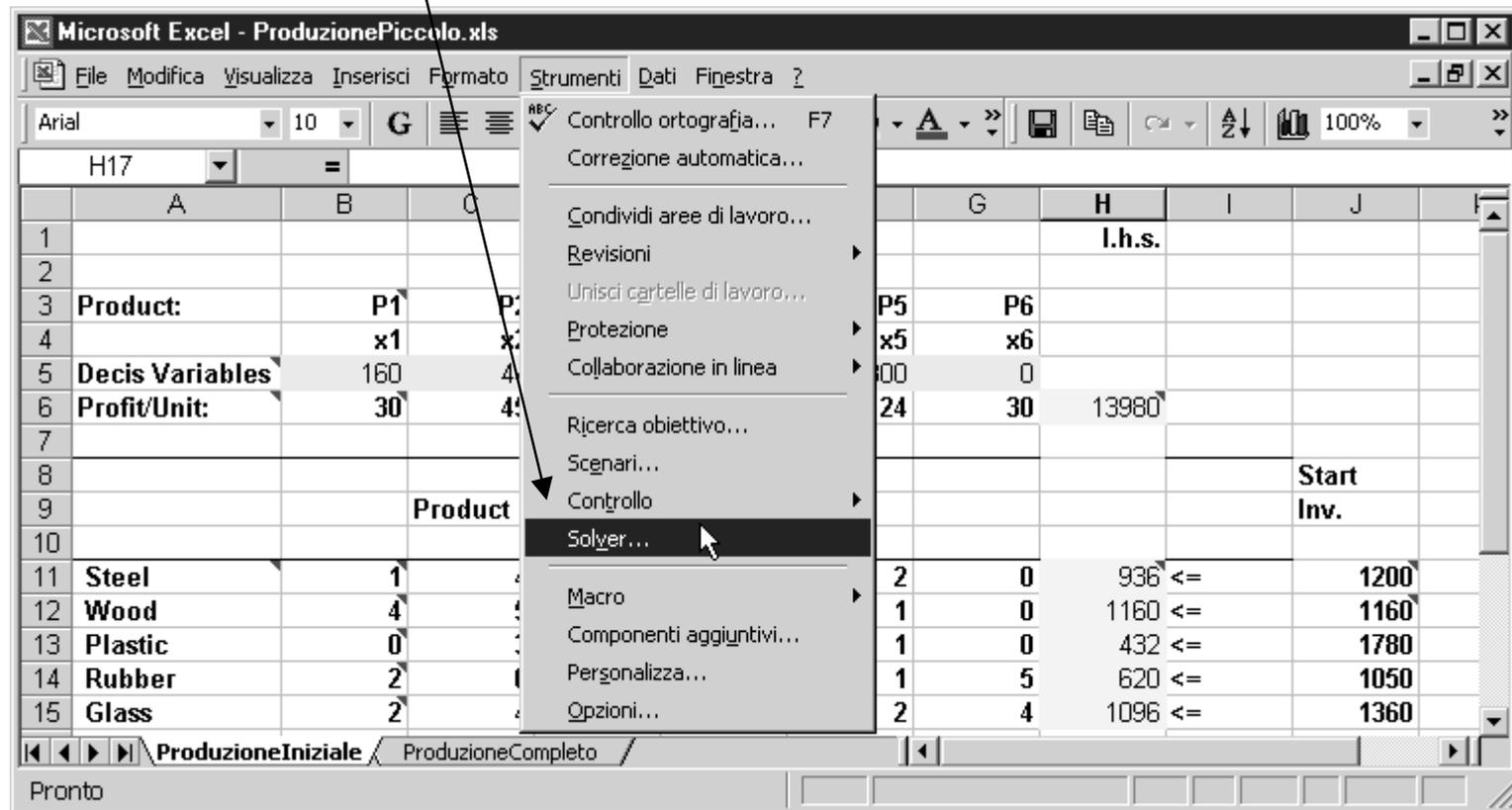
Provare a risolvere l'esercizio proposto per almeno 5 minuti per rendersi conto della difficoltà di risolvere ad occhio anche un problema estremamente piccolo di programmazione lineare.

Confrontare i valori ottenuti con quelli dei colleghi e ricordarsi che nel mercato reale solo l'azienda che fa maggiori profitti ha speranza di sopravvivere.

# La procedura Risolutore (Solver)

Per determinare la soluzione ottima del problema si utilizza la procedura *Risolutore* che implementa il semplice.

Selezionare *Risolutore* (oppure *Solver* se si ha la versione inglese) dalla tendina *Strumenti*.





# La procedura Risolutore (Solver)

Cliccare su *Aggiungi* per inserire i vincoli. Compare un'ulteriore maschera.

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the Solver Parameters dialog box open. The spreadsheet contains a linear programming problem with the following data:

|   | A               | B   | C  | D  | E  | F   | G  | H     | I | J | K |
|---|-----------------|-----|----|----|----|-----|----|-------|---|---|---|
| 3 | Product:        | P1  | P2 | P3 | P4 | P5  | P6 |       |   |   |   |
| 4 |                 | x1  | x2 | x3 | x4 | x5  | x6 |       |   |   |   |
| 5 | Decis Variables | 160 | 44 | 0  | 0  | 300 | 0  |       |   |   |   |
| 6 | Profit/Unit:    | 30  | 45 | 24 | 26 | 24  | 30 | 13980 |   |   |   |
| 7 |                 |     |    |    |    |     |    |       |   |   |   |

The Solver Parameters dialog box is configured as follows:

- Set Target Cell:  $\$H\$6$
- Equal To:  Max  Min  Value of: 0
- By Changing Cells:  $\$B\$5:\$G\$5$
- Subject to the Constraints: (empty list)

The 'Add' button in the 'Subject to the Constraints' section is highlighted with a red arrow. The spreadsheet also shows a 'Start Inv.' section with the following data:

|   | H    | I  | J    | K |
|---|------|----|------|---|
| 0 | 936  | <= | 1200 |   |
| 0 | 1160 | <= | 1160 |   |
| 0 | 432  | <= | 1780 |   |
| 5 | 620  | <= | 1050 |   |
| 4 | 1096 | <= | 1360 |   |

# La procedura Risolutore (Solver)

Inserire un vincolo alla volta.

Inserire cella termine noto del vincolo (per il primo vincolo J11)

Inserire cella lhs del vincolo (per il primo vincolo H11)

Cliccare *Aggiungi* per inserire un alto vincolo.

The screenshot shows the Microsoft Excel Solver interface. The spreadsheet contains the following data:

|    | A               | B   | C  | D  | E  | F   | G  | H       | I | J    | K     |
|----|-----------------|-----|----|----|----|-----|----|---------|---|------|-------|
| 3  | Product:        | P1  | P2 | P3 | P4 | P5  | P6 |         |   |      |       |
| 4  |                 | x1  | x2 | x3 | x4 | x5  | x6 |         |   |      |       |
| 5  | Decis Variables | 160 | 44 | 0  | 0  | 300 | 0  |         |   |      |       |
| 6  | Profit/Unit:    | 30  | 45 | 24 | 26 | 24  | 30 | 13980   |   |      |       |
| 7  |                 |     |    |    |    |     |    |         |   |      |       |
| 8  |                 |     |    |    |    |     |    |         |   |      | Start |
| 9  |                 |     |    |    |    |     |    |         |   |      | Inv.  |
| 10 |                 |     |    |    |    |     |    |         |   |      |       |
| 11 | Steel           | 1   | 4  | 0  | 4  | 2   | 0  | 936 <=  |   | 1200 |       |
| 12 | W               |     |    |    |    | 1   | 0  | 1160 <= |   | 1160 |       |
| 13 | PI              |     |    |    |    | 1   | 0  | 432 <=  |   | 1780 |       |
| 14 | Ri              |     |    |    |    | 1   | 5  | 620 <=  |   | 1050 |       |
| 15 | G               |     |    |    |    | 2   | 4  | 1096 <= |   | 1360 |       |
| 16 |                 |     |    |    |    |     |    |         |   |      |       |
| 17 |                 |     |    |    |    |     |    |         |   |      |       |
| 18 |                 |     |    |    |    |     |    |         |   |      |       |
| 19 |                 |     |    |    |    |     |    |         |   |      |       |
| 20 |                 |     |    |    |    |     |    |         |   |      |       |

The 'Add Constraint' dialog box is open, showing the following fields:

- Cell Reference: \$H\$11
- Constraint: \$J\$11
- Operator: <=
- Buttons: OK, Cancel, Add, Help

# La procedura Risolutore (Solver)

Ripetere l'operazione per tutti i vincoli.

Cliccare *OK* per quando si sono inseriti tutti i vincoli

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the Solver dialog box open. The spreadsheet contains the following data:

|    | A               | B   | C  | D  | E  | F   | G  | H       | I | J | K     |
|----|-----------------|-----|----|----|----|-----|----|---------|---|---|-------|
| 3  | Product:        | P1  | P2 | P3 | P4 | P5  | P6 |         |   |   |       |
| 4  |                 | x1  | x2 | x3 | x4 | x5  | x6 |         |   |   |       |
| 5  | Decis Variables | 160 | 44 | 0  | 0  | 300 | 0  |         |   |   |       |
| 6  | Profit/Unit:    | 30  | 45 | 24 | 26 | 24  | 30 | 13980   |   |   |       |
| 7  |                 |     |    |    |    |     |    |         |   |   |       |
| 8  |                 |     |    |    |    |     |    |         |   |   | Start |
| 9  |                 |     |    |    |    |     |    |         |   |   | Inv.  |
| 10 |                 |     |    |    |    |     |    |         |   |   |       |
| 11 | Steel           | 1   | 4  | 0  | 4  | 2   | 0  | 936 <=  |   |   | 1200  |
| 12 | W               |     |    |    |    | 1   | 0  | 1160 <= |   |   | 1160  |
| 13 | P               |     |    |    |    | 1   | 0  | 432 <=  |   |   | 1780  |
| 14 | R               |     |    |    |    | 1   | 5  | 620 <=  |   |   | 1050  |
| 15 | G               |     |    |    |    | 2   | 4  | 1096 <= |   |   | 1360  |

The Solver dialog box is open, showing the following fields:

- Cell Reference: \$H\$15
- Constraint: <= \$J\$15
- Buttons: OK, Cancel, Add, Help

# La procedura Risolutore (Solver)

Si è inserito il modello di programmazione lineare.

The screenshot shows the Microsoft Excel Solver Parameters dialog box overlaid on a spreadsheet. The spreadsheet contains a linear programming model with the following data:

|   | A               | B   | C  | D  | E  | F   | G  | H     | I | J | K |
|---|-----------------|-----|----|----|----|-----|----|-------|---|---|---|
| 3 | Product:        | P1  | P2 | P3 | P4 | P5  | P6 |       |   |   |   |
| 4 |                 | x1  | x2 | x3 | x4 | x5  | x6 |       |   |   |   |
| 5 | Decis Variables | 160 | 44 | 0  | 0  | 300 | 0  |       |   |   |   |
| 6 | Profit/Unit:    | 30  | 45 | 24 | 26 | 24  | 30 | 13980 |   |   |   |

The Solver Parameters dialog box is configured as follows:

- Set Target Cell:  $\$H\$6$
- Equal To:  Max  Min  Value of: 0
- By Changing Cells:  $\$B\$5:\$G\$5$
- Subject to the Constraints:
  - $\$H\$11 \leq \$J\$11$
  - $\$H\$12 \leq \$J\$12$
  - $\$H\$13 \leq \$J\$13$
  - $\$H\$14 \leq \$J\$14$
  - $\$H\$15 \leq \$J\$15$

Annotations on the left side of the image point to these elements:

- obiettivo (points to the Set Target Cell field)
- variabili (points to the By Changing Cells field)
- vincoli (points to the Subject to the Constraints list)

Red text at the bottom left reads: *Cliccare su Opzioni NON su Risolvi. Comparare una nuova maschera*. An arrow points from this text to the 'Options' button in the Solver dialog box.

# La procedura Risolutore (Solver)

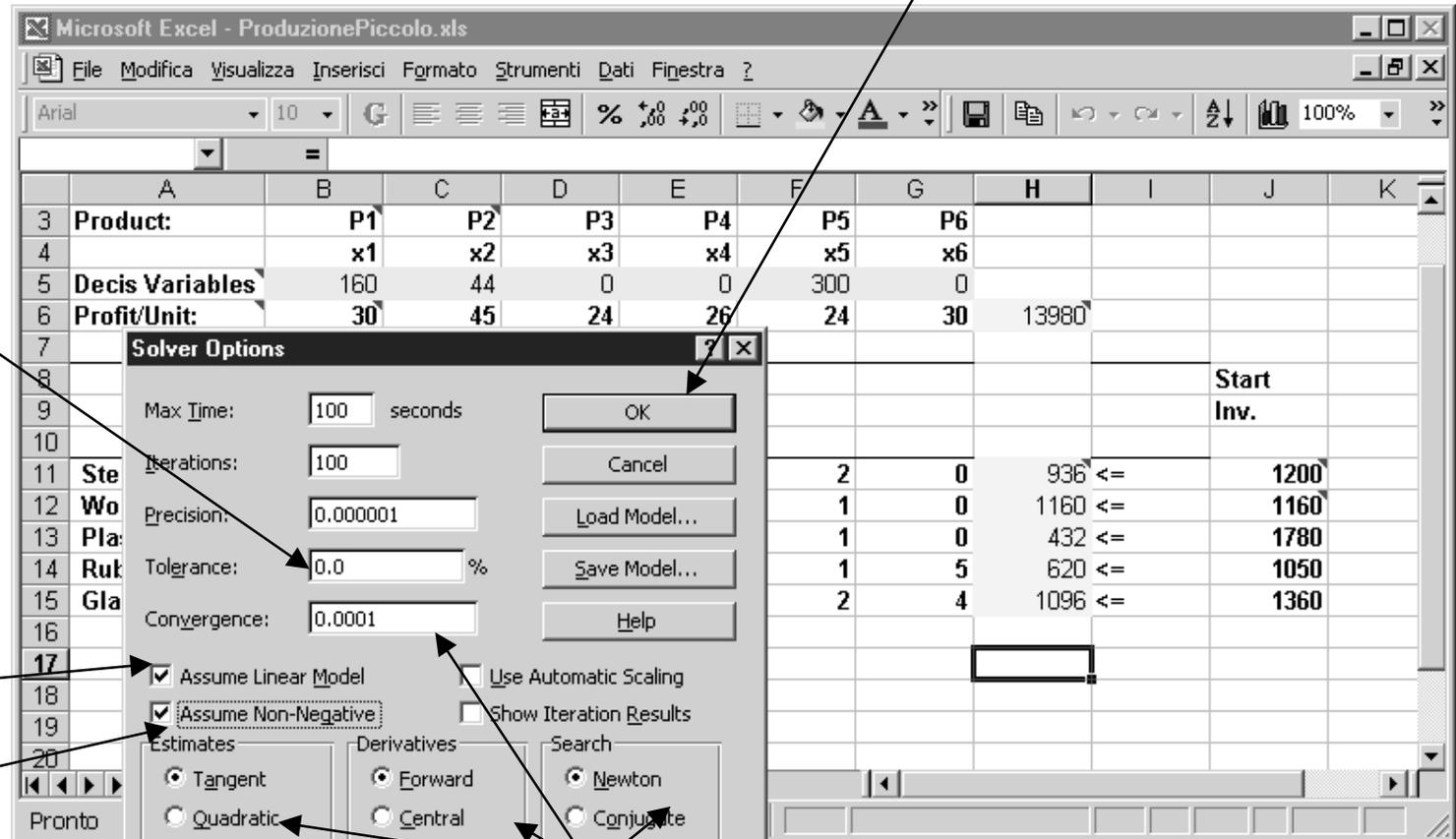
Inserire quanto segue.

*Tolleranza 0* (si vuole la soluzione esatta, in realtà questa condizione viene considerata dal calcolatore solo in presenza di variabili intere, altrimenti è ritenuta sempre 0).

*Modello lineare.*

*Modello (in realtà variabili) non negativo.*

Alla fine cliccare *OK*



parametri per modelli non lineari, non interessano



# La procedura Risolutore (Solver)

In una frazione di secondo compare che la soluzione ottima è stata determinata. Selezionare i primi due *Report* e cliccare *OK*.

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the Solver Results dialog box open. The dialog box contains the following text: "Solver found a solution. All constraints and optimality conditions are satisfied." Below this text are two radio buttons: "Keep Solver Solution" (selected) and "Restore Original Values". To the right of these buttons is a list box labeled "Reports" containing "Answer", "Sensitivity", and "Limits". At the bottom of the dialog box are four buttons: "OK", "Cancel", "Save Scenario...", and "Help". The "OK" button is highlighted with a mouse cursor. In the background, the spreadsheet shows a table with columns A through K and rows 3 through 20. The table contains data for products P1 through P6, decision variables x1 through x6, profit per unit, and resource requirements. The Solver Results dialog box is positioned over the spreadsheet, and the "OK" button is highlighted.

|    | A               | B   | C  | D  | E  | F   | G        | H     | I | J       | K     |
|----|-----------------|-----|----|----|----|-----|----------|-------|---|---------|-------|
| 3  | Product:        | P1  | P2 | P3 | P4 | P5  | P6       |       |   |         |       |
| 4  |                 | x1  | x2 | x3 | x4 | x5  | x6       |       |   |         |       |
| 5  | Decis Variables | 160 | 0  | 0  | 0  | 520 | 7.11E-15 |       |   |         |       |
| 6  | Profit/Unit:    | 30  | 45 | 24 | 26 | 24  | 30       | 17280 |   |         |       |
| 7  |                 |     |    |    |    |     |          |       |   |         |       |
| 8  |                 |     |    |    |    |     |          |       |   |         | Start |
| 9  |                 |     |    |    |    |     |          |       |   |         | Inv.  |
| 10 |                 |     |    |    |    |     |          |       |   |         |       |
| 11 |                 |     |    |    |    |     |          | 2     | 0 | 1200 <= | 1200  |
| 12 |                 |     |    |    |    |     |          | 1     | 0 | 1160 <= | 1160  |
| 13 |                 |     |    |    |    |     |          | 1     | 0 | 520 <=  | 1780  |
| 14 |                 |     |    |    |    |     |          | 1     | 5 | 840 <=  | 1050  |
| 15 |                 |     |    |    |    |     |          | 2     | 4 | 1360 <= | 1360  |
| 16 |                 |     |    |    |    |     |          |       |   |         |       |
| 17 |                 |     |    |    |    |     |          |       |   |         |       |
| 18 |                 |     |    |    |    |     |          |       |   |         |       |
| 19 |                 |     |    |    |    |     |          |       |   |         |       |
| 20 |                 |     |    |    |    |     |          |       |   |         |       |

# La soluzione ottima

Soluzione ottima. Notare l'errore di troncamento: 7.11E-15 vale 0

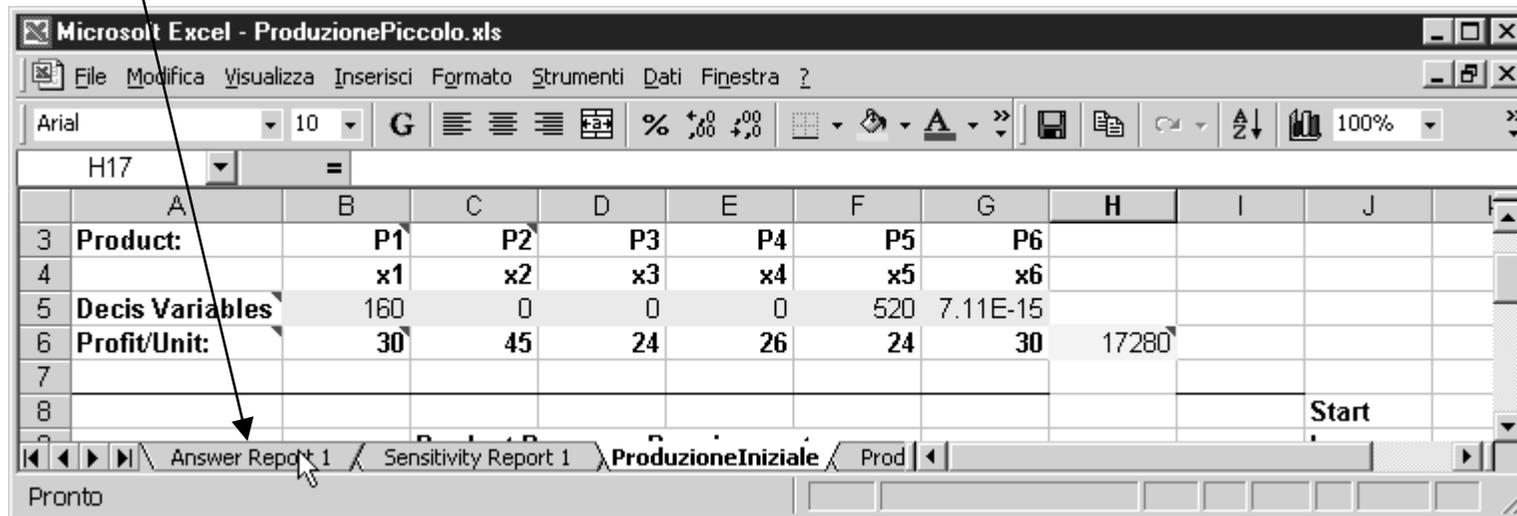
Si deve produrre  
160 prodotti P1 e  
520 prodotti P5  
per avere il  
massimo profitto.

| Product:        | P1  | P2 | P3 | P4 | P5  | P6       |       |    |       |  |
|-----------------|-----|----|----|----|-----|----------|-------|----|-------|--|
| Decis Variables | x1  | x2 | x3 | x4 | x5  | x6       |       |    |       |  |
|                 | 160 | 0  | 0  | 0  | 520 | 7.11E-15 |       |    |       |  |
| Profit/Unit:    | 30  | 45 | 24 | 26 | 24  | 30       | 17280 |    |       |  |
|                 |     |    |    |    |     |          |       |    | Start |  |
|                 |     |    |    |    |     |          |       |    | Inv.  |  |
| Steel           | 1   | 4  | 0  | 4  | 2   | 0        | 1200  | <= | 1200  |  |
| Wood            | 4   | 5  | 3  | 0  | 1   | 0        | 1160  | <= | 1160  |  |
| Plastic         | 0   | 3  | 8  | 0  | 1   | 0        | 520   | <= | 1780  |  |
| Rubber          | 2   | 0  | 1  | 2  | 1   | 5        | 840   | <= | 1050  |  |
| Glass           | 2   | 4  | 2  | 2  | 2   | 4        | 1360  | <= | 1360  |  |

Report prodotti.

# Analisi dei report

Cliccare sul foglio Report Risposte per visualizzare ulteriori dettagli sulle soluzioni



# Report soluzioni

tabella della funzione obiettivo

tabella delle variabili

tabella dei vincoli

Microsoft Excel - ProduzionePiccolo.xls

File Modifica Visualizza Inserisci Formato Strumenti Dati Finestra ?

Arial 10

A1 = Microsoft Excel 9.0 Answer Report

4

5

6 Target Cell (Max)

| Cell   | Name                | Original Value | Final Value |
|--------|---------------------|----------------|-------------|
| \$H\$6 | Profit/Unit: l.h.s. | 13980          | 17280       |

7

8

9

10

11 Adjustable Cells

| Cell   | Name               | Original Value | Final Value |
|--------|--------------------|----------------|-------------|
| \$B\$5 | Decis Variables x1 | 160            | 160         |
| \$C\$5 | Decis Variables x2 | 44             | 0           |
| \$D\$5 | Decis Variables x3 | 0              | 0           |
| \$E\$5 | Decis Variables x4 | 0              | 0           |
| \$F\$5 | Decis Variables x5 | 300            | 520         |
| \$G\$5 | Decis Variables x6 | 0              | 7.10543E-15 |

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21 Constraints

| Cell   | Name           | Cell Value | Formula          | Status      | Slack |
|--------|----------------|------------|------------------|-------------|-------|
| \$H\$1 | Steel l.h.s.   | 1200       | \$H\$11<=\$J\$11 | Binding     | 0     |
| \$H\$1 | Wood l.h.s.    | 1160       | \$H\$12<=\$J\$12 | Binding     | 0     |
| \$H\$1 | Plastic l.h.s. | 520        | \$H\$13<=\$J\$13 | Not Binding | 1260  |
| \$H\$1 | Rubber l.h.s.  | 840        | \$H\$14<=\$J\$14 | Not Binding | 210   |
| \$H\$1 | Glass l.h.s.   | 1360       | \$H\$15<=\$J\$15 | Binding     | 0     |

22

23

24

25

26

27

28

Answer Report 1 / Sensitivity Report 1 / ProduzioneInizia

Pronto

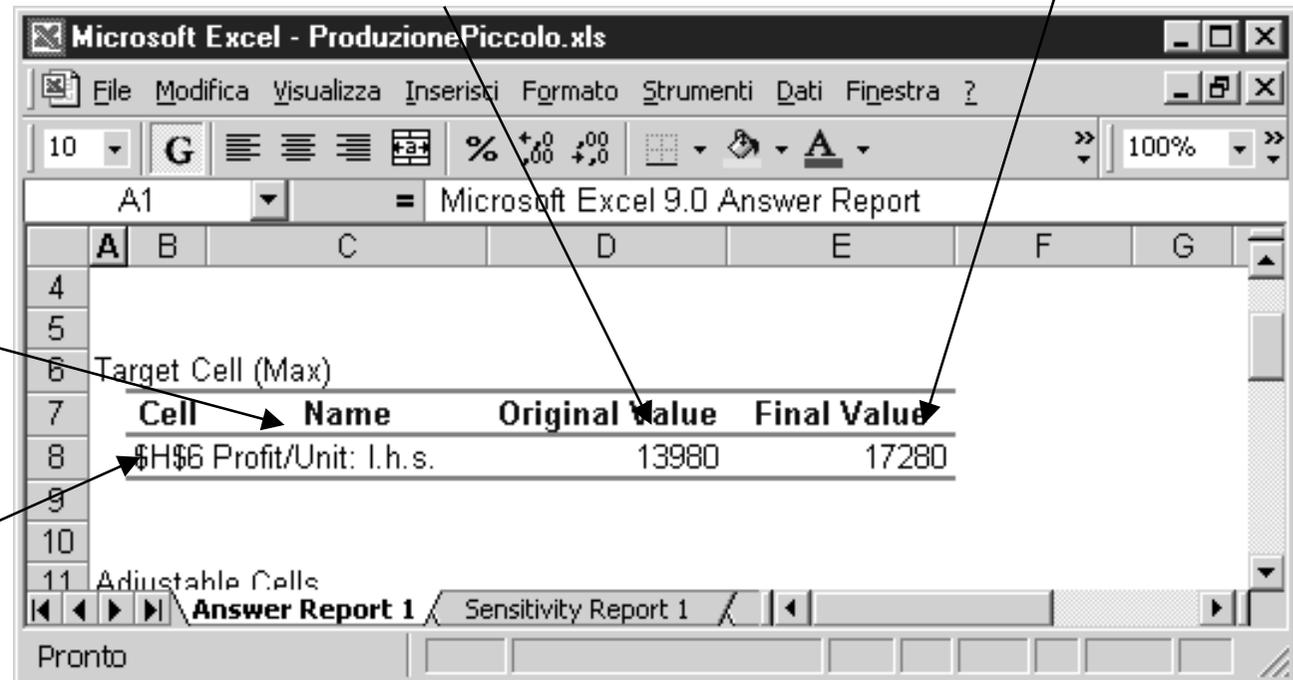
# Tabella delle soluzioni

nome della cella  
funzione obiettivo,  
costruito  
automaticamente  
cercando le stringhe che  
si trovano nelle prime  
celle sopra e a sinistra  
della cella della  
funzione obiettivo

coordinate della cella  
che contiene la  
funzione obiettivo

valore assunto dalla funzione obiettivo,  
prima della fase di ottimizzazione.

valore ottimo della  
funzione obiettivo



| Cell   | Name                | Original Value | Final Value |
|--------|---------------------|----------------|-------------|
| \$H\$6 | Profit/Unit: l.h.s. | 13980          | 17280       |

Confrontare la differenza di valore tra l'ottimo e quanto ottenuto per tentativi.  
Nell'esempio risulta essere  $(17280-13980)/17280 = 19\%$ .

# Tabella delle variabili

valori assunti dalle variabili,  
prima della fase di ottimizzazione.

valore ottimo delle  
variabili

nome delle celle  
delle variabili

coordinate delle celle  
delle variabili

vale 0, dovuto  
ad errori di troncamento

| Cell   | Name               | Original Value | Final Value |
|--------|--------------------|----------------|-------------|
| \$B\$5 | Decis Variables x1 | 160            | 160         |
| \$C\$5 | Decis Variables x2 | 44             | 0           |
| \$D\$5 | Decis Variables x3 | 0              | 0           |
| \$E\$5 | Decis Variables x4 | 0              | 0           |
| \$F\$5 | Decis Variables x5 | 300            | 520         |
| \$G\$5 | Decis Variables x6 | 0              | 7.10543E-15 |

# Tabella dei vincoli

stato del vincolo:

stringente o attivo se soddisfatto all'uguaglianza

non stringente o non attivo se non soddisfatto all'uguaglianza

formula del vincolo

differenza tra valore del termine noto  
e il valore assunto dal lhs

valori assunti dal lhs dei vincoli  
dati i valori ottimi delle variabili

nome delle celle dei lhs  
dei vincoli

coordinate delle celle  
che contengono i lhs  
dei vincoli

| Cell    | Name           | Cell Value | Formula                | Status      | Slack |
|---------|----------------|------------|------------------------|-------------|-------|
| \$H\$11 | Steel l.h.s.   | 1200       | $\$H\$11 \leq \$J\$11$ | Binding     | 0     |
| \$H\$12 | Wood l.h.s.    | 1160       | $\$H\$12 \leq \$J\$12$ | Binding     | 0     |
| \$H\$13 | Plastic l.h.s. | 520        | $\$H\$13 \leq \$J\$13$ | Not Binding | 1260  |
| \$H\$14 | Rubber l.h.s.  | 840        | $\$H\$14 \leq \$J\$14$ | Not Binding | 210   |
| \$H\$15 | Glass l.h.s.   | 1360       | $\$H\$15 \leq \$J\$15$ | Binding     | 0     |

---

# Commenti

- Nei vincoli stringenti, ovviamente, lo slack (indicato come tolleranza) è ovviamente zero.
- Lo slack indica quante risorse rimangono inutilizzate, e.g., 210 unità di gomma.
- I vincoli stringenti sono quelli che definiscono la soluzione ottima
- Cambiando i valori del termine noto e/o dei coefficienti che caratterizzano i vincoli stringenti cambia il valore della funzione obiettivo e delle soluzioni, viceversa...
- Cambiando (entro certi limiti) del termine noto e/o dei coefficienti che caratterizzano i vincoli non stringenti non cambia il valore della funzione obiettivo e delle soluzioni.

# Report sensibilità

tabella variabili

tabella vincoli

Microsoft Excel - ProduzionePiccolo.xls

File Modifica Visualizza Inserisci Formato Strumenti Dati Finestra ?

Arial 10 G % 0,00 0,00

A1 = Microsoft Excel 9.0 Sensitivity Report

| Adjustable Cells |                    |             |              |                       |                    |                    |  |
|------------------|--------------------|-------------|--------------|-----------------------|--------------------|--------------------|--|
| Cell             | Name               | Final Value | Reduced Cost | Objective Coefficient | Allowable Increase | Allowable Decrease |  |
| \$B\$5           | Decis Variables x1 | 160         | 0            | 30                    | 1.75               | 2.07242E-15        |  |
| \$C\$5           | Decis Variables x2 | 0           | -12          | 45                    | 12                 | 1E+30              |  |
| \$D\$5           | Decis Variables x3 | 0           | -1.77636E-15 | 24                    | 1.77636E-15        | 1E+30              |  |
| \$E\$5           | Decis Variables x4 | 0           | -1           | 26                    | 1                  | 1E+30              |  |
| \$F\$5           | Decis Variables x5 | 520         | 0            | 24                    | 4.14483E-15        | 0.4375             |  |
| \$G\$5           | Decis Variables x6 | 7.10543E-15 | 0            | 30                    | 2.8                | 6.21725E-15        |  |

| Constraints |                |             |              |                      |                    |                    |  |
|-------------|----------------|-------------|--------------|----------------------|--------------------|--------------------|--|
| Cell        | Name           | Final Value | Shadow Price | Constraint R.H. Side | Allowable Increase | Allowable Decrease |  |
| \$H\$11     | Steel l.h.s.   | 1200        | 3            | 1200                 | 3.31587E-14        | 267.2727273        |  |
| \$H\$12     | Wood l.h.s.    | 1160        | 3            | 1160                 | 9.9476E-14         | 560                |  |
| \$H\$13     | Plastic l.h.s. | 520         | 0            | 1780                 | 1E+30              | 1260               |  |
| \$H\$14     | Rubber l.h.s.  | 840         | 0            | 1050                 | 1E+30              | 210                |  |
| \$H\$15     | Glass l.h.s.   | 1360        | 7.5          | 1360                 | 168                | 2.84217E-14        |  |

Answer Report 1 Sensitivity Report 1 ProduzioneInizia

Pronto

# Tabella delle variabili

costo ridotto: indica di quanto deve diminuire il coefficiente della funzione obiettivo affinché convenga valutare se la variabile considerata, a parità di altre condizioni, non debba essere diversa da zero all'ottimo (vedi commenti successivi)

ampiezza intervalli in cui può variare un coefficiente della funzione ottima, a parità di altre condizioni, senza che la soluzione cambi (vedi commenti successivi)

coefficiente associato alla variabile nella funzione obiettivo

valore ottimo delle variabili

nome delle celle delle variabili

coordinate delle celle delle variabili

| Cell   | Name               | Final Value | Reduced Cost | Objective Coefficient | Allowable Increase | Allowable Decrease |
|--------|--------------------|-------------|--------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| \$B\$5 | Decis Variables x1 | 160         | 0            | 30                    | 1.75               | 2.07242E-15        |
| \$C\$5 | Decis Variables x2 | 0           | -12          | 45                    | 12                 | 1E+30              |
| \$D\$5 | Decis Variables x3 | 0           | -1.77636E-15 | 24                    | 1.77636E-15        | 1E+30              |
| \$E\$5 | Decis Variables x4 | 0           | -1           | 26                    | 1                  | 1E+30              |
| \$F\$5 | Decis Variables x5 | 520         | 0            | 24                    | 4.14483E-15        | 0.4375             |
| \$G\$5 | Decis Variables x6 | 7.10543E-15 | 0            | 30                    | 2.8                | 6.21725E-15        |

equivale a zero

equivale a infinito

---

# Commenti

Si consideri la variabile  $x_2$  dato il valore (45) del suo coefficiente nella funzione obiettivo vale 0.

- Se il valore di tale coefficiente diminuisce del costo ridotto (-12) ovvero aumenta di almeno 12, a parità di tutti gli altri coefficienti, la soluzione ottima potrebbe cambiare e  $x_2$  potrebbe assumere valore diverso da zero.
- Il valore del coefficiente della  $x_2$  può aumentare fino a 57 (=45+12) e diminuire fino a  $-\infty$  (=45 - 1E+30) senza che il valore della soluzione ottima, e quindi di  $x_2$ , cambi.
- **Si potrebbe decidere di produrre P2 solo se il suo profitto unitario passasse da 42 ad un valore maggiore di 57 (=45+12).**

# Tabella dei vincoli

prezzo ombra: indica di quanto varia il valore ottimo della funzione obiettivo per variazioni unitarie del termine noto di un vincolo, a parità di altre condizioni, e all'interno di un intervallo sufficientemente piccolo (vedi commenti successivi)

ampiezza destra e sinistra dell'intervallo in cui può variare il termine noto e all'interno dei quali valgono i prezzi ombra (vedi commenti successivi)

valori dei termini noti dei vincoli, *right hand side* (rhs)

valori assunti dal lhs dei vincoli dati i valori ottimi delle variabili

nome delle celle dei lhs dei vincoli

coordinate delle celle che contengono i lhs dei vincoli

| Cell    | Name           | Final Value | Shadow Price | Constraint R.H. Side | Allowable Increase | Allowable Decrease |
|---------|----------------|-------------|--------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| \$H\$11 | Steel l.h.s.   | 1200        | 3            | 1200                 | 3.31587E-14        | 267.2727273        |
| \$H\$12 | Wood l.h.s.    | 1160        | 3            | 1160                 | 9.9476E-14         | 560                |
| \$H\$13 | Plastic l.h.s. | 520         | 0            | 1780                 | 1E+30              | 1260               |
| \$H\$14 | Rubber l.h.s.  | 840         | 0            | 1050                 | 1E+30              | 210                |
| \$H\$15 | Glass l.h.s.   | 1360        | 7.5          | 1360                 | 168                | 2.84217E-14        |

---

# Commenti

Si consideri il primo vincolo (steel).

- E' un vincolo stringente, se si avesse più acciaio di quanto si ha attualmente (1200 unità) si produrrebbe di più e si avrebbe un maggior profitto (il ragionamento si inverte se si avesse a disposizione meno acciaio).
- Il prezzo ombra indica che si avrebbe un aumento dei profitti di 3 per ogni unità di acciaio in più o una diminuzione dei profitti di 3 per ogni unità di acciaio in meno. Questo vale per variazioni di disponibilità di acciaio comprese tra 932.72 (=1200-267.27) e 1200 (=1200+3.3E-14).
- Al di sopra dell'intervallo di sensibilità indicato i profitti cresceranno meno, al di sotto diminuiranno maggiormente.
- Il prezzo ombra è un valore esatto all'interno dell'intervallo di sensibilità indicato, è un *bound* (un maggiorante o un minorante) al di fuori di esso.

---

# Commenti

Si consideri il terzo vincolo (plastic).

- Non è un vincolo stringente, se si avesse più plastica di quanto si ha attualmente (1780 unità) non si produrrebbe di più e non si avrebbe un maggior profitto.
- Per ogni unità di plastica in più o in meno, il prezzo ombra (0) indica che non si avrebbe né un aumento dei profitti né una diminuzione degli stessi. Questo vale per variazioni di disponibilità di plastica comprese tra 520 (= 1780 -1260) e  $+\infty$  (=1780 +1E+30).
- Al di sopra (impossibile) dell'intervallo di sensibilità indicato i profitti cresceranno, al di sotto diminuiranno.

---

# Esercizi

- Dire come cambiano le analisi proposte per il Report Sensibilità se il problema fosse stato di minimizzazione invece che di massimizzazione.
- Navigare dentro il file `ProduzioneCommentato.xls` per un'analisi dettagliata dei risultati di un altro problema del mix di produzione.