



LA RICERCA OPERATIVA A SUPPORTO DELLE DECISIONI IN ENOLOGIA

R. Guidetti

Dipartimento di Ingegneria Agraria, Università degli Studi di Milano

SOMMARIO

Il mercato enologico sta attraversando una fase estremamente delicata, specialmente a livello di mercato, che va ad influenzare, necessariamente, gli aspetti produttivi.

L'enologo, sempre più frequentemente, si trova al centro di momenti decisionali che possono avere un impatto determinante sulla gestione della produzione di un intero anno.

Gli strumenti per le decisioni sono numerosi e di complessità diversa. La Ricerca Operativa può costituire un approccio che se opportunamente strutturato può portare a metodi semplificati in termini di scenari a supporto delle decisioni dell'enologo.

Il presente lavoro, partendo dai principi che ispirano la Ricerca Operativa, cerca di valutare la possibilità di applicare tale strumento matematico al settore enologico strutturando un approccio metodologico innovativo che potrebbe essere utile per assumere decisioni a fronte di vincoli presenti in cantina.

Lo studio si è rivolto verso la ricerca degli strumenti più semplici proprie di tale metodica. In modo particolare ci si è indirizzati verso i cosiddetti metodi di ottimizzazione, tra cui la Programmazione Lineare, che permettono di pianificare una attività ed individuare possibili scenari con un impatto diretto sull'evoluzione economica del sistema.

Si è proceduto, pertanto, a descrivere le peculiarità del settore enologico definendo i classici vincoli presenti nelle realtà produttive (quantità e tipologia di uva conferita, dimensioni dei vasi vinari, produttività delle attrezzature, richieste specifiche del mercato, ecc.) ed i quesiti che ci si aspetta di risolvere con tale approccio (tipologie di produzione, orientamenti di mercato, ecc.). Alla luce di tali considerazioni si è provveduto ad impostare un problema che potrebbe costituire un valido strumento a disposizione delle decisioni dell'enologo, pur mantenendo una validità qualitativa in termini di valori assoluti.

Tale metodo, infine, è stato applicato ad un caso concreto (Cantine Federiciane Monteleone) dimostrando la validità del metodo e delle indicazioni che l'enologo può avere dall'applicazione di tale metodica specialmente nell'ambito commerciale.

Parole chiave: ricerca operativa, enologia, ottimizzazione.

1. INTRODUZIONE

Le aziende vitivinicole, in un momento in cui il settore è attraversato da dinamiche di mercato sempre più complesse, si trovano, ogni anno, a decidere se mantenere la scelta produttiva corrente (tipologia di vino, quantità, prezzi) o variarla per seguire meglio le tendenze imposte dai consumatori. Ogni cantina, quindi, dovrà decidere quanta uva acquistare, di che varietà ed in quali quantitativi. Questo in un contesto che si caratterizza per una stazionarietà legata alle dimensioni colturali e produttive che possono essere variate con i limiti dipendenti dai vincoli aziendali presenti.

Una prima indicazione legata a tali decisioni può venire dalla Ricerca Operativa (RO) che porta a risolvere tali problemi in un contesto di ottimizzazione delle scelte specialmente in un contesto tecnico-economico (analisi dei costi e dei ricavi) alla luce di determinati vincoli quantificabili (Turco, 1990).

La Ricerca Operativa (nota anche come teoria delle decisioni, scienza della gestione o, in inglese, *Operational Research*) può fornire anche al responsabile dell'azienda vitivinicola uno strumento di supporto alle attività decisionali in cui occorre gestire e coordinare fasi produttive e risorse limitate, al fine di massimizzare o minimizzare una funzione obiettivo che, nel caso particolare di problemi di carattere tecnico economico, può coincidere con il massimo profitto ottenibile o con il minor costo da sostenere, nel rispetto dei vincoli che sono imposti dall'esterno e che non sono sotto il controllo di chi deve compiere le decisioni (Hillier F. S. et Lieberman G. J., 1999)

Tra i problemi di RO classificabili come problemi di ottimizzazione hanno assunto particolare importanza quelli di Programmazione Lineare (PL). L'aggettivo *lineare* sta ad indicare che tutte le funzioni matematiche del modello sono lineari, mentre la parola *programmazione* può essere interpretata come sinonimo di pianificazione. Perciò con *Programmazione Lineare* si intende la pianificazione di attività in modo da ottenere un risultato ottimale. (Serafini P., 2000)

Una applicazione, pertanto, molto interessante della RO è costituita dalla possibilità di creare scenari che si vengono a delineare in funzione delle scelte operate (ampliamento della Cantina, investimenti in un certo ambito, ecc.).

Il settore dell'industria alimentare ha già impiegato tali tecniche di ottimizzazione nell'ambito delle tecniche di previsione per lo sviluppo di sistemi produttivi di nuovi prodotti (Soriano L et Manuel E, 1981) o per la valutazione di aspetti etici legati alla gestione e distribuzione degli alimenti caratterizzati da vincoli logistici presenti a livello mondiale (Hulse J., 1984). Applicazioni più dirette sono state fatte negli ultimi anni valutando l'ottimizzazione del ciclo produttivo di produzioni per l'infanzia basate sui piselli (analisi con le tecniche della Ricerca Operativa dalle coltivazioni in campo dei piselli alla distribuzione sul mercato) (Apaiah R.K. et Hendrix E.M.T., 2005) o della logistica relativa alla raccolta del latte (Butler M. et al., 2005).

In tutti i casi, comunque, è importante sottolineare come la RO non si sostituisca a colui che deve prendere una decisione ma, fornendo soluzioni ai problemi ottenute con metodi oggettivi, permette di effettuare scelte razionali. Nello specifico settore di ricerca, infatti, si deve tener presente che il risultato ottenuto non vuole essere altro che un'indicazione che deve essere letta da un occhio esperto e che spesso va a supportare la *sensazione e la scelta* data dall'esperienza.

Obiettivo della presente ricerca è di valutare come tale tecnica decisionale possa essere utilizzata nel settore enologico fornendo utili suggerimenti alla luce di diversi

scenari ipotizzabili. In modo particolare lo studio è stato applicato ad un caso reale (Cantine Federiciane Monteleone, Napoli) che si caratterizza per una produzione molto articolata per la quale la ricerca operativa si è rivelata un utile sistema a supporto delle decisioni aziendali.

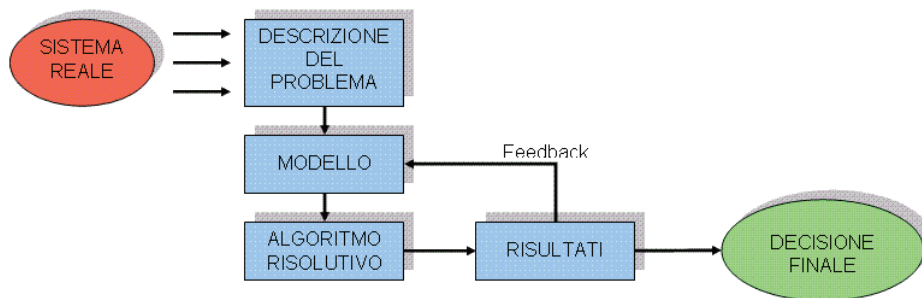


Figura 1. Le fasi per la soluzione di un problema di Ricerca Operativa (RO).

2. MATERIALI E METODI

2.1 La soluzione di un problema di RO

I processi decisionali affrontati con la RO vengono risolti attraverso cinque fasi distinte (fig. 1):

1. *Descrizione del problema*: consiste nel identificare il problema e raccogliere tutte le informazioni possibili. Nel nostro caso si è stabilito di valutare un indice legato all'utile con l'obiettivo di *massimizzarlo*; per fare questo è stato necessario raccogliere tutte le informazioni tecnico/economiche delle Cantine Federiciane Monteleone (costi variabili, costi fissi).
2. *Identificazione del modello*: questa fase consiste nella individuazione delle variabili controllabili (*variabili di decisione*) e di quelle non controllabili insieme alla scelta della funzione obiettivo che dovrà poi essere massimizzata o minimizzata. Lo studio è stato fatto identificando una funzione profitto ottenuta semplicemente sottraendo dal ricavo i costi.
3. *Costruzione del modello matematico*: il modello viene definito sia attraverso la funzione obiettivo sia definendo le relazioni vincolari (esprese come equazioni o disequazioni) sulle singole variabili. E' importante definire delle ipotesi semplificative al fine di rendere il problema complessivamente risolvibile. Nel nostro caso sono state introdotte alcune ipotesi legate alla produttività della Cantina oggetto di studio ed alcuni obblighi di utilizzo completo dell'uva conferita.
4. *Soluzione del modello*: risolvere il modello significa identificare i valori delle variabili decisionali in modo da rendere ottimo il valore della funzione obiettivo nel rispetto dei vincoli. Il caso oggetto di studio ha portato a definire alcuni vincoli lineari pertanto si è trattato di applicare le tecniche risolutive della Programmazione Lineare (PL). Trattandosi, inoltre, di problemi che devono portare a delle soluzioni intere, si è trattato di un problema definito di Programmazione Lineare Intera (PLI): tra le tecniche possibili si è utilizzata quella cosiddetta del Branch and Bound che impiega un algoritmo di

enumerazione implicita verificando tutte le possibili soluzioni considerandole, però, non una per una, ma valutando sottoinsiemi disgiunti di soluzioni (*branching*) e stimando la funzione obiettivo (*bounding*); in questo processo vengono eliminate tutte quelle soluzioni che non contengono quella ottima ossia che raggiungono valori inferiori per la soluzione obiettivo, che deve essere massimizzata. Il software matematico impiegato è stato l'AMPL.

5. *Analisi e verifica delle soluzioni*: il modello non pretende di identificare risultati aventi valore assoluto. Risulta, pertanto, fondamentale l'interpretazione al fine di valutare la qualità della soluzione ed il suo impatto sul sistema. E' importante prevedere la possibilità di modificare il modello stesso e ripercorrere il procedimento stesso in maniera iterativa. Il caso oggetto di studio ha portato a definire, inoltre, tre scenari alternativi di sicuro interesse per le Cantine oggetto di studio.

2.2 Le cantine Federiciane Monteleone

Le Cantine Federiciane Monteleone sono situate a Marano di Napoli e utilizzano sia uva di propria produzione proveniente da circa 3 ha di vigneto sia uva acquistata da altre realtà viticole campane (tab. 1).

| <i>Varietà</i> | <i>Produzione interna</i> | <i>Produzione esterna</i> | <i>Totale</i> |
|----------------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| Falanghina | 20 t | 19 t | 39 t |
| Fiano | - | 15 t | 15 t |
| Greco | - | 15 t | 15 t |
| Asprinio | - | 15 t | 15 t |
| Aglianico | - | 62 t | 62 t |
| Piedirosso | - | 22 t | 22 t |
| Lettere | - | 15 t | 15 t |

Tabella 1. Quantitativi di uva necessari per le produzioni delle Cantine Federiciane Monteleone. A questi quantitativi vanno aggiunti **300 t** per la produzione di vino sfuso.

La produzione si aggira su circa 131120 bottiglie di prodotti Doc, Docg e Igt a cui si devono aggiungere 2640 Hl di prodotto venduto sfuso (vino bianco e rosso da pasto, considerato come unica voce nella presente trattazione) (tab.2).

Il mercato assorbe la produzione annua sia dei prodotti a tutela sia del prodotto sfuso; non esistono vincoli legati a produzioni specifiche per particolari clienti.

La Cantina effettua sia la vinificazione in bianco sia quella in rosso; l'analisi dei due cicli produttivi non porta ad evidenziare alcun vincolo produttivo: l'azienda è in grado di processare l'uva in ingresso disponendo di una capacità di stoccaggio ben correlata con la produttività delle macchine presenti (pigiadiraspatrice, pressa, ecc.). Il limite sarà dato dalla capacità di stoccaggio che risulta essere pari a complessivamente 5630 Hl suddivisi in 52 serbatoi con capienza variabile da 25 a 400 Hl. Tale capacità è disponibile annualmente all'inizio di ogni vendemmia.

L'analisi della gestione aziendale ha evidenziato, inoltre, i seguenti limiti:

- il mercato potrebbe riservare alla produzione aziendale una quota pari a circa 300.000 bottiglie/anno;

- la produzione interna consiste in 20 t di Falanghina che viene impiegata per produrre sia Campi Flegrei Doc (5 t) sia una quantità analoga di Pompeiano igt e Campania igt (7,5 t per tipologia di vino);

| <i>N.</i> | <i>Tipologia di vino</i> | <i>Percentuali di uva</i> | <i>Resa</i> | <i>Bottiglie annue</i> | <i>Prezzo di vendita</i> |
|-----------|------------------------------------|---------------------------------|-------------|------------------------|--------------------------|
| | | % | % | bot./anno | €/bot. |
| 1 | Campi Flegrei Doc - Falanghina | 100% falanghina | 66% | 8800 | 6,50 |
| 2 | Campi Flegrei Doc - Piediroso | 100% piediroso | 66% | 3250 | 8,00 |
| 3 | Penisola Sorrentina Doc - Lettere | 100% lettere | 66% | 13200 | 6,50 |
| 4 | Penisola Sorrentina Doc - Gragnano | 85% aglianico* 15% piediroso | 66% | 5896 | 6,50 |
| 5 | Sannio Doc | 100% aglianico | 66% | 8184 | 8,00 |
| 6 | Greco di Tufo Docg | 100% greco | 66% | 13200 | 9,00 |
| 7 | Fiano d'Avellino Docg | 100% fiano | 66% | 13200 | 9,00 |
| 8 | Aversa Asprinio Doc | 100% asprinio | 66% | 13200 | 6,00 |
| 9 | Pompeiano (bianco) Igt | 100% falanghina | 66% | 12760 | 2,00 |
| 10 | Pompeiano (rosso) Igt | 100% piediroso | 66% | 13200 | 2,00 |
| 11 | Campania Igt | 100% falanghina | 66% | 12760 | 2,00 |
| 12 | Beneventano Igt | 100% aglianico | 66% | 13200 | 2,00 |
| 13 | Vino sfuso** | vari | 88% | 353000 | 0,80 |

*) Questa quota comprende anche una minima parte di sciascinoso che è stata compresa nell'aglianico.

***) Per il calcolo delle bottiglie di vino sfuso si è ipotizzato una "bottiglia virtuale" avente una capacità pari a 0,75L.

Tabella 2. Tipologie di vino e produzioni annue delle Cantine Federiciane Monteleone.

- ad oggi la politica produttiva prevede, per le produzioni dei vini a tutela, analoghe quantità di vini rossi e bianchi;
- l'ottimizzazione della produzione dovrebbe prevedere un quantitativo minimo annuale per ogni tipologia di vino pari a 50 Hl, corrispondente a 6666 bottiglie/anno;

L'analisi effettuata ha permesso di valutare i costi sostenuti a livello aziendale ripartiti per singola voce (Tab.3); i ricavi derivanti dalla vendita del prodotto (Tab.2). I costi fissi, derivanti dal personale dipendente, dalle quote di ammortamenti in essere e dagli oneri finanziari corrispondono, complessivamente, a 108217 €.

2.3 Il modello

Il problema proposto diventa riconducibile ad un problema di Programmazione Lineare Intera in quanto le condizioni che portano a definire sia la funzione obiettivo sia i vincoli sono esprimibili con espressioni matematiche di primo grado mentre la qualità della soluzione deve necessariamente portare a numeri interi.

La funzione obiettivo è stata costruita partendo dalla definizione di utile:

$$U = R - CT$$

L'analisi dei dati nonché il fatto di non aver considerato alcune voci di tipo finanziario (ammortamenti, tassazione, ecc.) portano a definire un indice legato all'utile, più che il vero e proprio utile, per cui si ottiene come formulazione della funzione obiettivo la seguente:

$$\text{Utile indice} = \left(\sum_{i=1}^{13} (p_i - cv_i) \right) - CF$$

dove:

- p_i è il prezzo di vendita unitario di ogni tipologia di vino (da 1 a 13 secondo la numerazione presente in Tab.2);
- cv_i è il costo variabile unitario;
- CF è il costo fisso registrato a livello di cantina.

| Vino | Uva | Bottiglia | Trasporto | Laborat. | Energia | Prodotti enologici | Distribuz. | Operatori | Pers. Dip. | Costi variabili unitari totali |
|------|-------|-----------|-----------|----------|---------|--------------------|------------|-----------|------------|--------------------------------|
| 1 | 0,94 | 0,66 | 0,16 | 0,01 | 0,05 | 0,13 | 1,95 | 0,03 | 0,34 | 4,27 |
| 2 | 1,14 | 0,66 | 0,16 | 0,01 | 0,05 | 0,13 | 2,4 | 0,03 | 0,34 | 4,92 |
| 3 | 0,91 | 0,66 | 0,16 | 0,01 | 0,05 | 0,13 | 1,95 | 0,03 | 0,34 | 4,24 |
| 4 | 1,03 | 0,66 | 0,16 | 0,01 | 0,05 | 0,13 | 1,95 | 0,03 | 0,34 | 4,36 |
| 5 | 0,91 | 0,66 | 0,16 | 0,01 | 0,05 | 0,13 | 2,4 | 0,03 | 0,34 | 4,69 |
| 6 | 1,136 | 0,66 | 0,16 | 0,01 | 0,05 | 0,13 | 2,7 | 0,03 | 0,34 | 5,22 |
| 7 | 1,136 | 0,66 | 0,16 | 0,01 | 0,05 | 0,13 | 2,7 | 0,03 | 0,34 | 5,22 |
| 8 | 0,91 | 0,66 | 0,16 | 0,01 | 0,05 | 0,13 | 1,8 | 0,03 | 0,34 | 4,09 |
| 9 | 0,72 | 0,66 | 0,16 | 0,01 | 0,05 | 0,13 | 0 | 0,03 | 0,34 | 2,10 |
| 10 | 0,69 | 0,66 | 0,16 | 0,01 | 0,05 | 0,13 | 0 | 0,03 | 0,34 | 2,07 |
| 11 | 0,72 | 0,66 | 0,16 | 0,01 | 0,05 | 0,13 | 0 | 0,03 | 0,34 | 2,10 |
| 12 | 0,57 | 0,66 | 0,16 | 0,01 | 0,05 | 0,13 | 0 | 0,03 | 0,34 | 1,95 |
| 13 | 0,34 | 0 | 0,01 | 0,002 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,03 | 0,05 | 0,45 |

Tabella 3. Costi variabili specifici per singola voce di costo espressi in Euro/bottiglia. Il personale è stato valutato in termini di operatori stagionali e quota stagionale del personale dipendente.

Tale equazione diventa quindi:

$$\begin{aligned} \text{Utile indice} = & (6,50 - 4,27) \cdot x_1 + (8,00 - 4,92) \cdot x_2 + (6,50 - 4,24) \cdot x_3 \\ & + (6,50 - 4,36) \cdot x_4 + (8,00 - 4,69) \cdot x_5 + (9,00 - 5,22) \cdot x_6 \\ & + (9,00 - 5,22) \cdot x_7 + (6,00 - 4,09) \cdot x_8 + (2,00 - 2,10) \cdot x_9 \\ & + (2,00 - 2,07) \cdot x_{10} + (2,00 - 2,10) \cdot x_{11} + (2,00 - 1,95) \cdot x_{12} \\ & + (0,8 - 0,45) \cdot x_{13} - 108217 \end{aligned}$$

I vincoli introdotti sono stati:

1. Numero massimo di bottiglie producibili:

$$\sum_{i=1}^{13} x_i \leq 750666$$

quantificando il vino sfuso in "bottiglie virtuali" da 0,75 L.

2. Numero massimo di bottiglie doc, docg e igt vendute:

$$\sum_{i=1}^{13} x_i \leq 300000$$

3. Numero di bottiglie prodotte con l'uva Falanghina prodotta dai vigneti di proprietà:

$$\begin{aligned} x_1 &\geq 4400 \\ x_9 &= x_{11} \\ x_9 &\geq 6600 \end{aligned}$$

4. Equivalenza tra le bottiglie di vino rosso e vino bianco:

$$\begin{aligned} x_1 + x_6 + x_7 + x_8 &= x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \\ x_6 &= x_7 \\ x_9 + x_{11} &= x_{10} + x_{12} \end{aligned}$$

5. Quantitativo minimo annuale per tipologia di vino:

$$x_i \geq 6666 \quad (i = 1, \dots, 13)$$

A questi vincoli si devono aggiungere i due vincoli di segno:

6. La quantità di bottiglie prodotte non può mai essere negativa:

$$x_i \geq 0 \quad (i = 1, \dots, 13)$$

7. La quantità di bottiglie deve essere sempre un numero intero:

$$x_i \text{ intero} \quad (i = 1, \dots, 13)$$

Il modello è stato risolto applicando la tecnica del Branch and Bound implementata tramite il software matematico AMPL: complessivamente sono stati risolti il modello con i vincoli individuati (soluzione 1), due soluzioni limite (eliminazione del vincolo legato a specifiche produzioni (vincolo 4 e 5; soluzione 2); eliminazione dei vincoli legati a specifiche produzioni ed alla massima vendita (vincoli 2, 4 e 5; soluzione 3)) ed una soluzione che implica la costruzione di una rete di vendita con la necessità di rivedere anche la funzione obiettivo cambiando alcune voci di costo (soluzione 4).

3. RISULTATI

Il modello è stato risolto in un primo momento ipotizzando delle situazioni che hanno eliminato alcuni vincoli; successivamente è stata riformulata la funzione obiettivo modificando sostanzialmente la logica commerciale passando da un sistema basato su un distributore ad una vera e propria rete di vendita interna strutturata.

3.1 L'eliminazione dei vincoli (soluzioni 1, 2 e 3)

Le prime ipotesi tese a massimizzare l'Utile-indice hanno portato ad identificare i valori presentati nella *tabella 4*.

Nella *soluzione 1* è stata mantenuta l'ipotesi di avere produzioni minime pari a 6666 bottiglie/anno. In questo caso il valore della funzione obiettivo è risultato pari a 975790.

La *soluzione 2* ha previsto di eliminare tutti i vincoli di tipo produttivo ossia non è presente un minimo garantito per ogni produzione e non sono più garantite le uguaglianze tra la produzione di vino bianco e di vino rosso. Il valore dell'Utile-indice è incrementato ed è pari a 1123730.

Infine si arriva ad ipotizzare la *soluzione 3* in cui, oltre a non avere alcun vincolo sulle produzioni, si elimina anche quello legato alla massima quantità di bottiglie vendibili (stimato in 300000 bottiglie/anno). In questo caso l'Utile-indice è pari a 2671320.

Il diagramma di figura 2 premette di evidenziare gli andamenti che emergono dall'eliminazione dei singoli vincoli permettendo una lettura sia per singolo vino (asse delle "y") sia delle singole ipotesi (asse delle "x").

| N. | Tipologia di vino | Produzione attuale | Produzione soluzione 1 | Produzione soluzione 2 | Produzione soluzione 3 |
|----|------------------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | bottiglie/anno | bottiglie/anno | bottiglie/anno | bottiglie/anno |
| 1 | Campi Flegrei Doc - Falanghina | 8800 | 6666 | 4400 | 4400 |
| 2 | Campi Flegrei Doc - Piediroso | 3250 | 6666 | 0 | 0 |
| 3 | Penisola Sorrentina Doc - Lettere | 13200 | 6666 | 0 | 0 |
| 4 | Penisola Sorrentina Doc - Gragnano | 5896 | 6666 | 0 | 0 |
| 5 | Sannio Doc | 8184 | 116670 | 0 | 0 |
| 6 | Greco di Tufo Docg | 13200 | 61668 | 141200 | 366533 |
| 7 | Fiano d'Avellino Docg | 13200 | 61668 | 141200 | 366533 |
| 8 | Aversa Asprinio Doc | 13200 | 6666 | 0 | 0 |
| 9 | Pompeiano (bianco) Igt | 12760 | 6666 | 6600 | 6600 |
| 10 | Pompeiano (rosso) Igt | 13200 | 6666 | 0 | 0 |
| 11 | Campania Igt | 12760 | 6666 | 6600 | 6600 |
| 12 | Beneventano Igt | 13200 | 6666 | 0 | 0 |
| 13 | Vino sfuso | 353000* | 450666* | 450666* | 0 |

*) Bottiglie virtuali da 0,75 L trattandosi di vino sfuso.

Tabella 4. Produttività ottime dalle soluzione 1, 2 e 3.

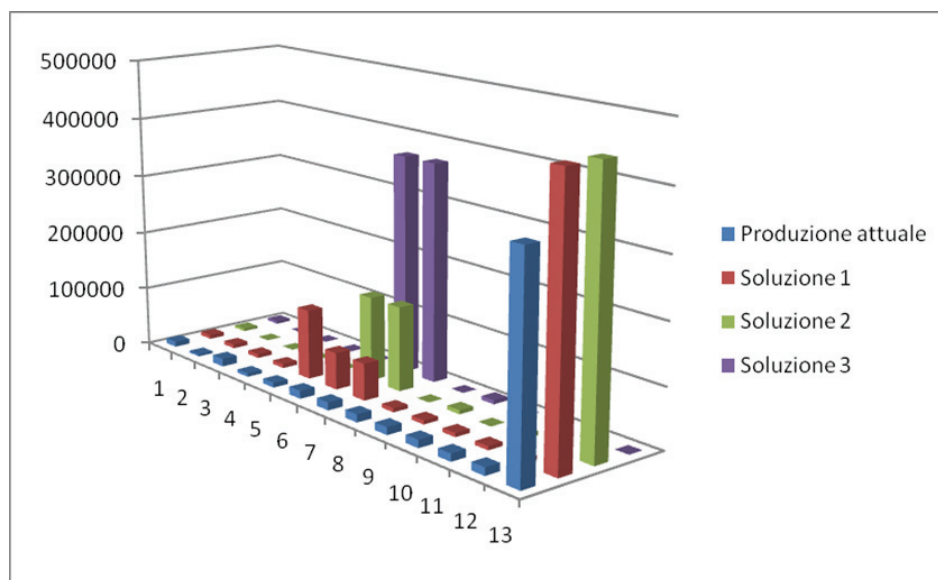


Figura 2. Andamento delle produttività delle diverse tipologie di vino (1, ..., 13; vedi tab. 2) alla luce dell'eliminazione dei singoli vincoli (soluzioni 1,2 e 3)

3.2 La costruzione di una rete di vendita interna (soluzione 4)

La costruzione di una rete di vendita costituisce una proposta molto interessante per le Cantine Federiciane Monteleone. Attualmente, infatti, ci si appoggia ad una rete di distributori che commercializzano i prodotti attraverso canali di loro gestione. La proposta indagata tramite il modello ipotizza la realizzazione di una rete di vendita caratterizzata da un responsabile commerciale (avente un compenso lordo ipotizzabile pari a 40000 Euro a cui si sommano le provvigioni del 5% sulle vendite), capi area (provvigioni sulle vendite pari al 7%) ed agenti (provvigioni pari a 10%). La funzione obiettivo si modifica in quanto il costo della rete vendita gestita direttamente cambia rispetto a quelli sostenuti per un distributore.

La nuova espressione diventa:

$$\begin{aligned}
 \text{Utile indice2} = & (6,50 - 3,75) \cdot x_1 + (8,00 - 4,28) \cdot x_2 + (6,50 - 3,72) \cdot x_3 \\
 & + (6,50 - 3,84) \cdot x_4 + (8,00 - 4,05) \cdot x_5 + (9,00 - 4,50) \cdot x_6 \\
 & + (9,00 - 4,50) \cdot x_7 + (6,00 - 3,61) \cdot x_8 + (2,00 - 2,10) \cdot x_9 \\
 & + (2,00 - 2,07) \cdot x_{10} + (2,00 - 2,10) \cdot x_{11} + (2,00 - 1,95) \cdot x_{12} \\
 & + (0,8 - 0,45) \cdot x_{13} - 148217
 \end{aligned}$$

La soluzione del modello così ottenuto ipotizzando validi i vincoli imposti nella soluzione 1 portano ad ottenere un dato di produttività espresso in termini di numero di bottiglie analogo a quello della soluzione 1 (Tabella 3).

Come si può notare i valori di produttività che ottimizzano anche la nuova funzione obiettivo rimangono inalterati rispetto a quelli ottenuti dalla soluzione 1. Risulta molto interessante, invece, l'incremento dell'Utile-indice che risulta pari a 1117130, con un incremento di 141340 rispetto alla soluzione 1.

4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I risultati ottenuti hanno evidenziato come la produzione tesa a massimizzare l'utile debba necessariamente orientarsi verso le referenze più prestigiose per le quali il margine di contribuzione risulta più elevato. I modelli di PLI adottati hanno evidenziato come le produzioni di Greco di Tufo Docg e Fiano d'Avellino Docg, che sono collocati sul mercato ad un prezzo pari a 9 €/bottiglia ciascuno, debbano diventare l'obiettivo principale della produzione delle Cantine Federiciane Monteleone (figura 2 e tabella 4).

Una più attenta analisi delle soluzioni porta a dire che:

- *Soluzione 1*: il rispetto dei vincoli produttivi minimi (50 Hl per tipologia di vino) nonché l'ipotesi di vendibilità pari a 300000 bottiglie/anno da una parte omogeneizza tutte le produzioni non convenienti dall'altra fa prevalere la produzione dei vini docg a scapito delle bottiglie con marchi di tutela meno prestigiosi, a parte il Sannio Doc che permette un corretto impiego dell'uva disponibile; anche il quantitativo di vino sfuso viene incrementato rispetto alla produzione attuale;
- *Soluzione 2*: in questo caso l'eliminazione di condizioni legate alla produzione minima ed alla equivalenza numerica delle bottiglie di vino rosso e bianco porta verso minime produzioni con lo scopo di utilizzare l'uva proveniente dai vitigni di proprietà, mentre tutta la capacità produttiva della cantina viene impiegata per i vini docg;
- *Soluzione 3*: in questo caso l'unico limite rimasto è quello legato alla capacità della cantina; il modello annulla la produzione di vino sfuso a favore solo ed esclusivamente dei vini maggiormente tutelati;
- *Soluzione 4*: in questo caso il confronto viene fatto con la soluzione 1; i numeri legati alla produttività sono analoghi mentre l'Utile-indice è maggiore, sintomo che il conto economico mostra una migliore prestazione; sicuramente la gestione di una rete di vendita propria permette una spesa minore se confrontata con un canale distributivo plurimandatario a fronte, inoltre, di un ritorno di maggiore interesse per l'azienda.

La programmazione lineare, pertanto, si dimostra essere, anche nel settore enologico, uno strumento efficace per ipotizzare scenari e poter prendere delle decisioni. Ovviamente tali risultati devono essere interpretati correttamente ma spesso, come si è visto nelle diverse soluzioni ipotizzate, proprio perché riguardano scenari legati al mercato, possono costituire un'utile base di partenza per valutare le prospettive aziendali nel medio/lungo termine.

Ringraziamenti. Si ringraziano le Cantine Federiciane Monteleone per la disponibilità dimostrata e l'opportunità di studio concessa. Questo lavoro, inoltre, è stato possibile grazie alla fattiva collaborazione della dottoressa Valeria Grassi.

BIBLIOGRAFIA

Apaiyah R. K., Hendrix E. M. T., 2005. Design of a supply chain network for pea-based novel protein foods. *Journal of Food Engineering*. 70, (3, Operational Research and Food Logistics): 383 - 391.

- Butler M., Herlihy P., Keenan P.B., 2005. Integrating information technology and operational research in the management of milk collection. *Journal of Food Engineering*. 70, (3, Operational Research and Food Logistics): 341 - 349.
- Hillier F.S., Lieberman G. J., 1999. Introduzione alla ricerca operativa. Milano, Franco Angeli, Pagine 21-40.
- Hulse J., 1984. Food science, for richer or for poorer, for sickness or for health. *Food Technology in Australia*. 36, (9): 407 - 413.
- Serafini P., 2000. Ottimizzazione. Bologna, Zanichelli, Pagine 167-236, 403-460.
- Soriano L., Manuel E., 1981. Alternative forecasting techniques with applications to food systems management. *Dissertation Abstracts International*, B.42, (11):4348
- Turco F. 1990. Principi generali di progettazione degli impianti industriali. Milano, CLUP. Pagine 125-136.