Αποτελεσματικότητα Κόστους και Φόρος Επί των Ρύπων

Όταν είναι αδύνατη η εκτίμηση του εξωτερικού κόστους της ρύπανσης τότε η έννοια του άριστου επιπέδου ρύπανσης είναι κενή περιεχομένου. Σ' αυτές τις περιπτώσεις η πολιτική προστασίας του περιβάλλοντος εκφράζεται με την απαίτηση εξασφάλισης ανωτάτων ορίων ρύπων που καθορίζονται διοικητικά.

Ορισμός: Ονομάζουμε **φόρο αποτελεσματικότητας κόστους** εκείνο τον φόρο ανά μονάδα παραγομένων ρύπων, που ωθεί τις επιχειρήσεις να παράγουν στο σημείο που αντιστοιχεί στα ανώτατα όρια ρύπων. Ο φόρος αυτός είναι ίσος με τη σκιώδη τιμή του περιβαλλοντικού περιορισμού (ανώτατα όρια ρύπων).

Απόδειξη

Ας υποθέσουμε πάλι ότι σε μια περιοχή υπάρχουν n επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στη παραγωγή ενός προϊόντος. Ταυτόχρονα όμως η παραγωγική δραστηριότητα των επιχειρήσεων ευθύνεται για την παραγωγή ρύπων. Οι απαιτήσεις της κοινωνία για μια ελάχιστη ποιότητα περιβάλλοντος μπορούν να εκφραστούν με ανώτατες τιμές ρύπων. Τα ανώτατα αυτά όρια ρύπων είναι αποτέλεσμα συχνά (σκληρής) διαπραγμάτευσης μεταξύ παραγωγών, καταναλωτών και δημόσιας διοίκησης και αντιπροσωπεύουν τις συγκεντρώσεις ρύπων που δε θέτουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία και δεν υποβαθμίζουν την ποιότητα του περιβάλλοντος.

Το πρόβλημα της σχεδίασης της πολιτική ελέγχου της ρύπανσης συνίσταται στην επιλογή του κατάλληλου φόρου επί των ρύπων ώστε να μεγιστοποιηθεί η κοινωνική ευημερία. Πάλι, εκφράσουμε τη μεγιστοποίηση της κοινωνικής ευημερίας μέσω της μεγιστοποίησης του κοινωνικού πλεονάσματος. Η μεγιστοποίηση του κοινωνικού πλεονάσματος ορίζεται τώρα ως η μεγιστοποίηση του κοινωνικού οφέλους της παραγωγής υπό το περιορισμό ότι εξασφαλίζονται τα ανώτατα όρια ρύπων, E. Έτσι λοιπόν το πρόβλημα της σχεδίασης της πολιτικής ελέγχου της ρύπανσης δίνεται από:

$$\max \sum_i B_i(e_i) \tag{0.1}$$

υπό τον περιορισμό ότι οι παραγόμενοι ρύποι δεν θα ξεπερνούν τα ανώτατα όρια, E:

$$\sum_i e_i \leq E \tag{0.2}$$

Παράλληλα, οι επιχειρήσεις μεγιστοποιούν το ιδιωτικό όφελος από την παραγωγή μείον της φορολογίας που τους επιβάλλεται ανά μονάδα ρύπων

$$\max B_i\left(e_i\right) - t_1 e_i \qquad \forall i \tag{0.3}$$

Το πρόβλημα (0.1 – 0.3) είναι ένα bilevel mathematical programming problem και για να επιλυθεί αντικαθιστούμε την (0.3) με την συνθήκη πρώτης τάξης. Έτσι έχουμε:

$$B_i'\left(e_i\right) - t_1 = 0 \qquad \forall i \tag{0.4}$$

Η συνάρτηση Lagrange του προβλήματος (0.1, 0.2 & 0.3) γράφεται ως εξής:

$$L(\sum_i e_i, \lambda_1, \sum_i \lambda_i^2, t_1) = \sum_i B_i(e_i) + \lambda_1\left(E - \sum_i e_i\right) + \sum_i \lambda_i^2\left(t_1 - B_i'\left(e_i\right)\right) \tag{0.5}$$

Στη συνέχεια εξετάσουμε τις συνθήκες μεγιστοποίησης της (0.5). Αυτές είναι:

$$\frac{\partial L}{\partial e_i} = B_i'\left(e_i^*\right) - \lambda_1 - \lambda_i^2 B_i''\left(e_i^*\right) = 0 \qquad e_i^* > 0 \tag{0.6}$$

Η σχέση (0.6) ισχύει εφόσον κάνουμε την συνηθισμένη υπόθεση των Nash-Cournot, $\dfrac{\partial \sum_i e_i}{\partial e_1} = 1$, δηλαδή οι παραγόμενοι ρύποι μιας επιχείρησης δεν εξαρτώνται από το επίπεδο ρύπων των άλλων επιχειρήσεων.

$$\frac{\partial L}{\partial t_1} = \sum_i \lambda_i^2 \le 0 \qquad \left(\sum_i \lambda_i^2 = 0 \qquad t_1 > 0\right) \tag{0.7}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_i^2} = \left(B_i'\left(e_i^*\right) - t_1\right) \ge 0 \qquad \lambda_i^2 \ge 0 \tag{0.8}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_1} = E - \sum_i e_i^* \ge 0 \qquad \lambda_1 \ge 0 \tag{0.9}$$

Η μόνη περίπτωση για να ισχύουν ταυτόχρονα οι (0.7) & (0.8) είναι $\lambda_i^2 = 0$. Οπότε, αντικαθιστώντας $B_i'\left(e_i^*\right) = t_1$ από την (0.8) στην (0.6) προκύπτει ότι:

$$\boxed{\lambda_1 = t_1 = B_i'(e_i^*) \qquad (0.10)}$$

Η σκιώδης τιμή, λ_1 του περιβαλλοντικού περιορισμού (0.2) ισούται με τον φόρο επί των ρύπων, t.

Παρατήρηση: Η σκιώδης τιμή (shadow price) ενός μεγέθους εκφράζει το πόσο μεταβάλλεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης όταν μεταβληθεί κατά μια μονάδα η τιμή της σταθεράς του περιορισμού που εμπεριέχει το μέγεθος αυτό. Η σκιώδης τιμή δίνεται από το πολλαπλασιαστή Lagrange.

Εφόσον η καμπύλη του οριακού οφέλους εκφράζει ταυτόχρονα και το οριακό κόστος ελέγχου της ρύπανσης MAC (Marginal Abatement Cost), τότε μια άλλη διατύπωση της (0.10) είναι η εξής: ο φόρος αποτελεσματικότητας κόστους ισούται με την τιμή του οριακού ε κόστους ελέγχου της ρύπανσης που αντιστοιχεί στα ανώτατα όρια ρύπων E.

Ένας λιγότερο αυστηρός τρόπος απόδειξης είναι ο παρακάτω. Η συνάρτηση Lagrange του προβλήματος μεγιστοποίησης του κοινωνικού πλεονάσματος [σχέσεις (0.1) & (0.2)] είναι:

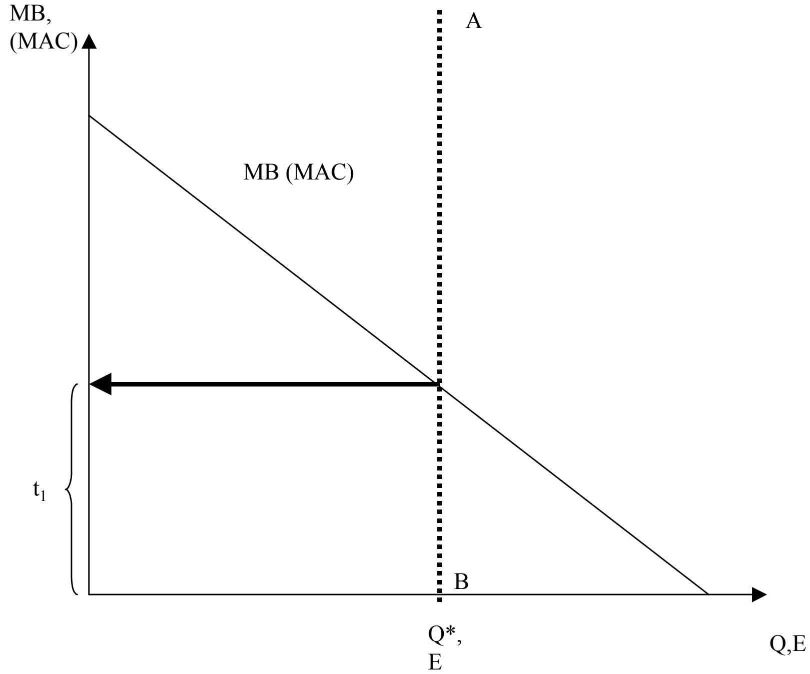
$$\max L(e_i,\lambda_1)=\max\left\{\sum_i B_i(e_i)+\lambda_1\left(E-\sum_i e_i\right)\right\} \tag{0.11}$$

Οπότε η συνθήκη πρώτης τάξης για το πρόβλημα (0.11) είναι:

$$\frac{\partial L}{\partial e_i}=B_i'\left(e_i^*\right)-\lambda_1=0 \tag{0.12}$$

Οι επιχειρήσεις μεγιστοποιούν τα κέρδη τους όταν ισχύει η (0.4), δηλαδή $B_i'\left(e_i^*\right)-t=0$. Συνδυάζοντας τις (0.12) και (0.3) προκύπτει η (0.10).

Από το παρακάτω σχεδιάγραμμα φαίνεται ότι ο φόρος αποτελεσματικότητας κόστους προσδιορίζεται από την τομή της καμπύλης οριακού οφέλους (MB) (η καμπύλης οριακού ελέγχου της ρύπανσης (MAC)) και της γραμμής που καθορίζει τα ανώτατα όρια ρύπων E (AB).



MB,
(MAC)
A
MB (MAC)
t_1
B
Q*,
E
Q,E