



## ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΡΙΣΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΩΦΕΛΕΙΑΣ

*Γεώργιος Ε. Χάλκος<sup>1</sup> και Δήμητρα Χ. Κίτσου<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,  
[halkos@uth.gr](mailto:halkos@uth.gr)

<sup>2</sup> Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
[dimkitsou@yahoo.gr](mailto:dimkitsou@yahoo.gr)

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο προσδιορισμός της περιοχής ωφέλειας (Benefit Area, BA) είναι μια διαδικασία απαραίτητη στην Οικονομική του Περιβάλλοντος. Αυτή προσδιορίζεται βάσει εκτίμησης δύο σημαντικών συναρτήσεων, αυτών του ελέγχου της ρύπανσης και της ζημίας από τη ρύπανση. Ο προσδιορισμός και η αξιολόγηση της περιοχής οφέλους, χρειάζεται αρχικά αναλυτικό προσδιορισμό με εξέταση και ανάλυση διαφόρων πτυχών όπως τη συναρτησιακή μορφή του προτεινόμενου υποδείγματος, τη συλλογή κατάλληλων δεδομένων και την εκτίμηση των παραμέτρων. Η αβεβαιότητα στον προσδιορισμό του μοντέλου, μπορεί να περιοριστεί, διαλέγοντας κατάλληλες συναρτησιακές μορφές τόσο για την οριακή καμπύλη ελέγχου (Marginal Abatement Cost, MAC) όσο και της συνάρτησης οριακού κόστους ζημίας (Marginal Damage cost function, MD). Στόχος της παρούσας μελέτης είναι ο προσδιορισμός του βέλτιστου επιπέδου ρύπανσης υποθέτοντας διάφορες συναρτησιακές μορφές για τις καμπύλες κόστους ελέγχου και ζημίας όπως γραμμικές, δευτεροβάθμιες και εκθετικές. Επιπρόσθετα εξετάζονται διάφορες υποπεριπτώσεις και προτείνονται οι αναγκαίες συνθήκες για την ύπαρξη της περιοχής ωφέλειας.

*Λέξεις Κλειδιά:* Περιοχή ωφέλειας, συνάρτηση ελέγχου, συνάρτηση ζημίας.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Έχουν γραφτεί πολλά πρόσφατα αναφορικά με το μέγεθος των διαπραγματεύσεων και συμφωνιών σχετικά με την επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων. Οι διαπραγματεύσεις και οι συμφωνίες τοποθετούνται ανάμεσα στις κυβερνήσεις οι οποίες προσπαθούν να συμβιβάσουν αντικρουόμενες πολιτικές σχετικά με τη χρήση της γης, την ενέργεια και την ποιότητα του αέρα. Τελευταία η προσοχή μας έχει επικεντρωθεί σε τέσσερα σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα: Το “φαινόμενο του θερμοκηπίου”, τις ζημίες που προέρχονται από την όξινη βροχή, τα προβλήματα

από την τρύπα του όζοντος που βρίσκεται πάνω από την Ανταρκτική και την αποψίλωση των δασών.

Αρκετές διαπραγματεύσεις έχουν γίνει στο παρελθόν σχετικά με αυτά τα προβλήματα και ένα πλήθος από πρωτόκολλα έχουν υπογραφεί. Για παράδειγμα έχουν καταγραφεί πολλές διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες προκειμένου να ελεγχθεί το πρόβλημα την όξινης βροχής και να υπάρξει σχέδιο προστασίας σχετικά με την τρύπα του όζοντος, ενώ είναι εμφανής η αναγκαιότητα διαπραγματεύσεων για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το κύριο πρόβλημα με τα περιβαλλοντικά προβλήματα (και κυρίως αυτά της διασυννοριακής φύσης) είναι η περιορισμένη ικανότητα των χωρών να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα μόνες τους. Η αναγκαιότητα συνεργασίας είναι εμφανής. Οι λύσεις συνεργασίας μπορούν να επιτύχουν τους περιβαλλοντικούς στόχους με πιο αποτελεσματικό τρόπο από πλευράς κόστους. Αλλά χρειάζεται ένας μηχανισμός μεταβίβασης πληρωμών για παρακίνηση των χωρών να συνεργαστούν.

Αφού δεν υπάρχει μια διεθνής ή πολυεθνική “κυβέρνηση” η οποία να μπορεί να επιβάλλει διεθνείς περιβαλλοντικές πολιτικές, αυτά τα προβλήματα θα πρέπει να λυθούν μεταξύ συμφωνιών ανάμεσα στις χώρες που διακατέχονται από περιβαλλοντικές ανησυχίες. Συνεπώς το πρόβλημα που έπεται, είναι να βρεθεί ένα θεσμικό πλαίσιο που θα διευκολύνει στο να γίνονται οι κατάλληλες συμφωνίες. Μια τέτοια θεσμική συμβολή θα είχε σαν αποτέλεσμα να βελτιωθούν οι περιβαλλοντικές συνθήκες όλων των εμπλεκόμενων χωρών. Διαφορετικά οποιαδήποτε άλλη συμφωνία είναι ανεπιθύμητη. Για τον λόγο αυτό αναζητάμε ως αποδεκτή λύση την προσέγγιση της αποτελεσματικότητας κατά Pareto.

Το κύριο πρόβλημα στην προώθηση διεθνών συνεργασιών είναι η απουσία μιας πειστικής επιστημονικής έκβασης. Οι οικονομολόγοι του περιβάλλοντος αναγνωρίζουν ότι η αβεβαιότητα η οποία προκύπτει από την φύση της συνάρτησης του οριακού κόστους ελέγχου (marginal abatement cost function, MAC) και της οριακής συνάρτησης κόστους ζημίας (marginal damage cost function, MDC), είναι καθοριστικής σημασίας προκειμένου να καταλήξουμε στην κατά Pareto αποτελεσματική πολιτική.

Η αβεβαιότητα διεισδύει στις ‘επιλογές’ του ενδιαφερόμενου ανάμεσα στον υπολογισμό του οριακού κόστους ελέγχου (MAC) και του οριακού κόστους ζημίας (MDC). Η αβεβαιότητα σχετικά με τη συνάρτηση MAC μιας πηγής ρύπανσης (π.χ. μιας βιομηχανικής μονάδας) δημιουργείται κυρίως, λόγω της μεθόδου ελέγχου της ρύπανσης καθώς η παρουσία της τεχνολογίας μπορεί να είναι σχετικά πρόσφατη και να μην έχει ακόμα εδραιωθεί, ενώ ταυτόχρονα δημιουργείται οικονομική αβεβαιότητα από τη συγκέντρωση του κόστους που απεικονίζεται μέσω της καμπύλης αποτελεσματικότητας.

Υψηλά επίπεδα περιβαλλοντικών ζημιών λαμβάνουν χώρα όταν το κοινωνικό κόστος δεν λαμβάνεται υπόψη. Η παράλειψη αυτή συνεπάγεται αποτυχία της αγοράς, η οποία απαιτεί πολιτική παρέμβαση προκειμένου να διορθωθεί. Προτού οι υπεύθυνοι των περιβαλλοντικών αποφάσεων παρέμβουν για να διορθώσουν τις εξωτερικότητες, χρειάζεται μια οργανωμένη περιβαλλοντική πολιτική η οποία να μας

οδηγεί στο άριστο επίπεδο ρύπανσης. Αυτό με την σειρά του απαιτεί τη σύγκριση ανάμεσα στο κόστος ζημίας (η όφελος από τη μείωση της ζημίας) με το κόστος πρόληψης της ζημίας. Οι οικονομικές θεωρίες προτείνουν πως το βέλτιστο επίπεδο της ρύπανσης πραγματοποιείται όταν το οριακό κόστος ζημίας είναι ίσο με το οριακό κόστος ελέγχου.

Η οριακή ζημία δείχνει τη ρύπανση ως συνάρτηση της εκπομπής αερίων ενός συγκεκριμένου ρυπαντή. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και ζημίες μετρούνται ως ο αντίκτυπος μεταξύ άλλων στην ανθρώπινη υγεία, στις λίμνες, στα ποτάμια κλπ. Γίνονται προσπάθειες για την μέτρηση των υπάρχουσών τιμών ή άλλων έμμεσων αξιών, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της υποθετικής αγοράς (contingent valuation method) ή άλλων μεθόδων; Halkos and Jones (2012); Halkos και Matsiori (2012); Bjornstad και Kahn (1996); Freeman (1993). Προφανώς η μέτρηση της ζημίας είναι σημαντική και δύσκολη λόγω μιας σειράς προβλημάτων που παρουσιάζονται σύμφωνα με τους Halkos (2010), Department of Energy and Climate Change (2009), Tol (2002), Farmer et al. (2001), Georgiou et al. (1997) και Barbier (1998).

Με αυτή τη μελέτη θα προσπαθήσουμε να καθορίσουμε το βέλτιστο επίπεδο ρύπανσης κάτω από τις υποθέσεις των γραμμικών, δευτεροβάθμιων και εκθετικών συνάρτησης του κόστους ζημίας και κόστους ελέγχου.

## 2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΡΙΣΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Η περιοχή ωφέλειας (Benefit Area) ορίζεται ως το εμβαδόν της τομής των MAC και MD με συντεταγμένες το βέλτιστο επίπεδο που αντιστοιχεί στο βέλτιστο περιορισμό στις ζημίες και το επίπεδο που αντιστοιχεί στο βέλτιστο κόστος (ή όφελος). Οι Halkos και Kitsos (2005) εξέτασαν τρεις περιπτώσεις για την συνάρτηση ελέγχου  $MAC = g(z)$ :

- Γραμμική [ $MAC(z) = \beta_0 + \beta_1 z, \beta_1 \neq 0$ ];
- Δευτεροβάθμια [ $MAC(z) = \beta_0 + \beta_1 z + \beta_2 z^2, \beta_2 > 0$ ];
- Εκθετική [ $MAC(z) = \beta_0 e^{\beta_1 z}, \beta_1 \neq 0$ ],

και η οριακή συνάρτηση ζημίας να είναι μια γραμμική συνάρτηση της μορφής:

$$MD(z) = \varphi(z) = \alpha + \beta z_0$$

Υπό τις προϋπάρχουσες υποθέσεις υπολογίσθηκε η αντίστοιχη περιοχή ωφέλειας για διαφορετικές πηγές (χώρες, βιομηχανικές μονάδες) υιοθετώντας διαφορετικά μοντέλα και πολιτικές επίλυσης των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Στο Διάγραμμα 1 τα σημεία A και B εκφράζουν τα σημεία των MD και MAC που τέμνουν τον άξονα Y περιορίζοντας την ανάλυση σε θετικές τιμές. Για τα σημεία  $A = A(0, a)$  και  $B = B(0, b)$  οι τιμές  $a$  και  $b$  είναι οι σταθεροί όροι των καμπυλών MD και MAC. Για την περίπτωση όπου η MAC είναι γραμμική έχουμε  $A = A(0, a)$  και  $B = B(0, \beta_0)$  (Διάγραμμα 1) και υποθέτουμε ότι  $a > \beta_0$ .

Το σημείο τομής των καμπυλών MD και MAC είναι το  $I = I(z_0, k_0)$ . Εξετάστηκε λοιπόν ποιες πρέπει να είναι οι τιμές των σημείων  $z_0$  και  $k_0$  προκειμένου να έχουμε τον άριστο επίπεδο στις ζημίες με το αντίστοιχο άριστο κόστος. Στο σημείο I ικανοποιείται η σχέση  $MAC(z_0) = g(z_0) = \varphi(z_0) = MD(z_0)$ , με  $z_0$  να αντιστοιχεί στο

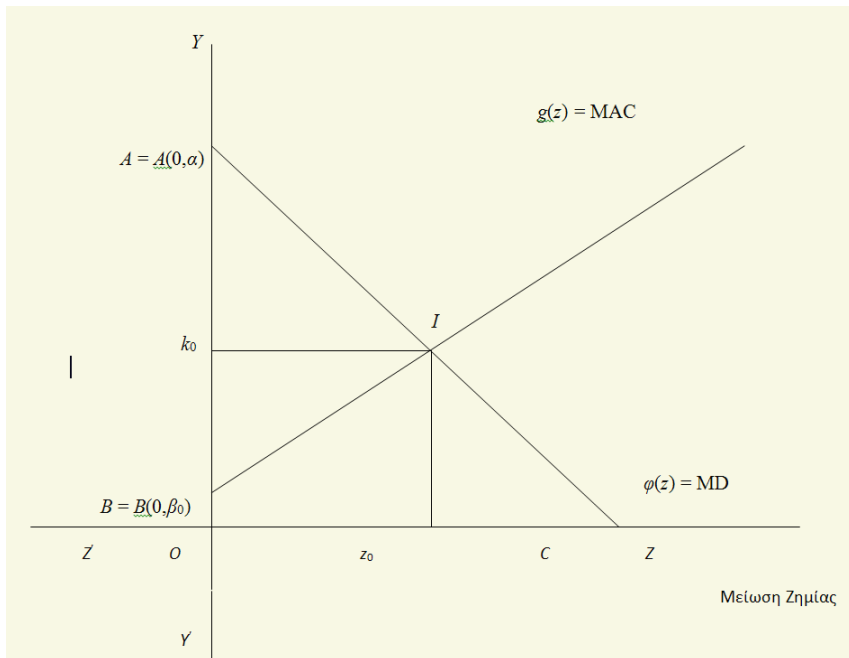
βέλτιστο περιορισμό των ζημιών. Οι συντελεστές της συνάρτησης ελέγχου ( $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ ) εκτιμήθηκαν με την μέθοδο OLS ανάλογα με τα δεδομένα (Hutton και Halkos, 1995).

Οι Halkos και Kitsou (2013) εξέτασαν αναλυτικά όλους τους συνδυασμούς συναρτησιακών μορφών των καμπυλών MAC και MD. Για παράδειγμα, στην περίπτωση όπου η MD είναι δευτεροβάθμια συνάρτηση και η MAC γραμμική έχουμε:

$$\text{MAC} = g(z) = \beta_0 + \beta_1 z, \quad \beta_1 \neq 0 \quad \text{και} \quad \text{MD} = \varphi(z) = \alpha z^2 + \beta z + \gamma, \quad \alpha > 0$$

Σ αυτή την περίπτωση οι τιμές του  $a$  και  $b$ , της τομής της MD και MAC με τον άξονα  $Y$  είναι  $b = \text{MAC}(0) = \beta_0$  και  $a = \text{MD}(0) = \gamma$ , όπως το κάτωθι σχήμα. Προκειμένου να ισχύει η τομή των δύο καμπυλών πρέπει να έχουμε τον περιορισμό  $0 < \beta_0 < \gamma$ . Θεωρώντας ότι το  $\alpha > 0$  αναλύθηκαν τρεις περιπτώσεις με βάση την διακρίνουσα της  $\varphi(z)$ , την  $D$ , η οποία είναι  $D = \beta^2 - 4\alpha\gamma$ . Συγκεκριμένα αναλύθηκαν οι περιπτώσεις  $D = 0$  (Διάγραμμα 2), και  $D > 0$  (Διάγραμμα 3). Στην περίπτωση κατά την οποία  $D < 0$  δεν υπάρχει οικονομικό ενδιαφέρον και άρα δεν υπήρξε περεταίρω ανάλυση. Επιπλέον αναπτύχθηκε και η περίπτωση όπου το  $\alpha < 0$  (Διάγραμμα 4).

**Εικόνα 1.** Γραφική παράσταση του άριστου επιπέδου ρύπανσης (γενική μορφή)



**Εικόνα 2.**  $g(z)$  γραμμική και  $\varphi(z)$  δευτεροβάθμια με πραγματική διπλή ρίζα.

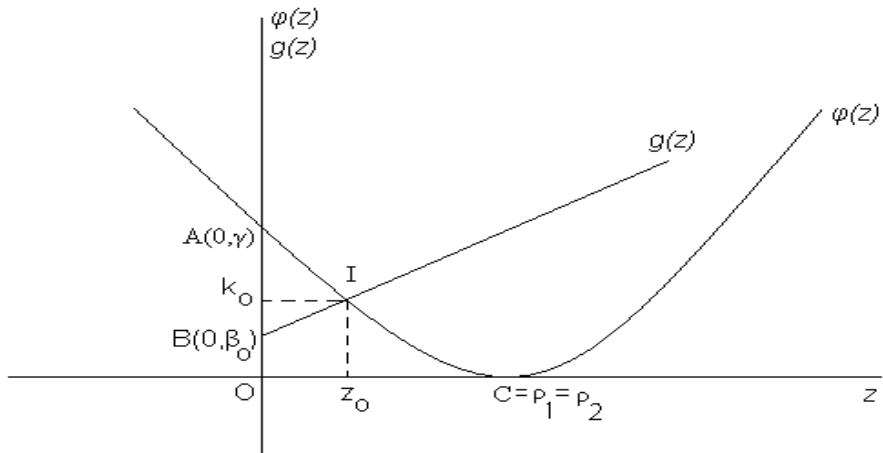


Figure 2:  $C = C\left(-\frac{\beta}{2\alpha}, 0\right)$ ,  $a > 0$

**Εικόνα 3.**  $g(z)$  γραμμική και  $\varphi(z)$  δευτεροβάθμια με δύο πραγματικές ρίζες άνισες.

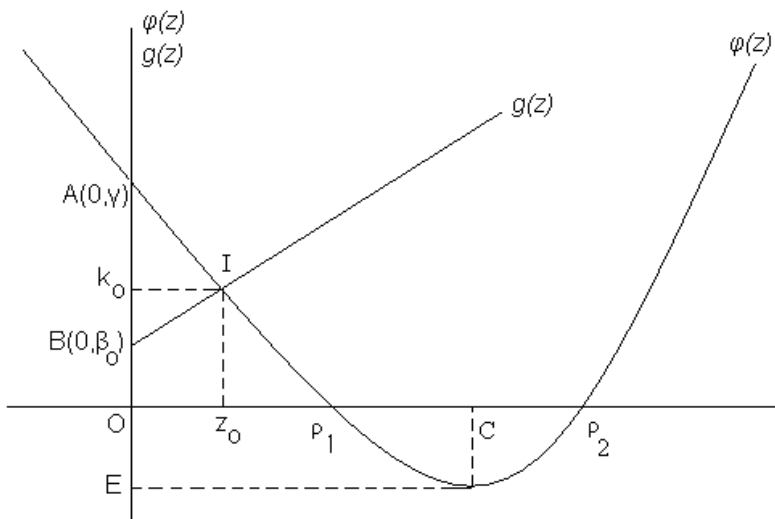


Figure 3:  $C = C\left(-\frac{\beta}{2\alpha}, 0\right)$ ,  $E = E\left(0, \varphi\left(-\frac{\beta}{2\alpha}\right)\right)$ ,  $\varphi\left(-\frac{\beta}{2\alpha}\right) = \min \varphi(z)$ ,  $a > 0$

**Εικόνα 4.**  $g(z)$  γραμμική και  $\varphi(z)$  δευτεροβάθμια με δύο πραγματικές ρίζες άνισες και μέγιστο.

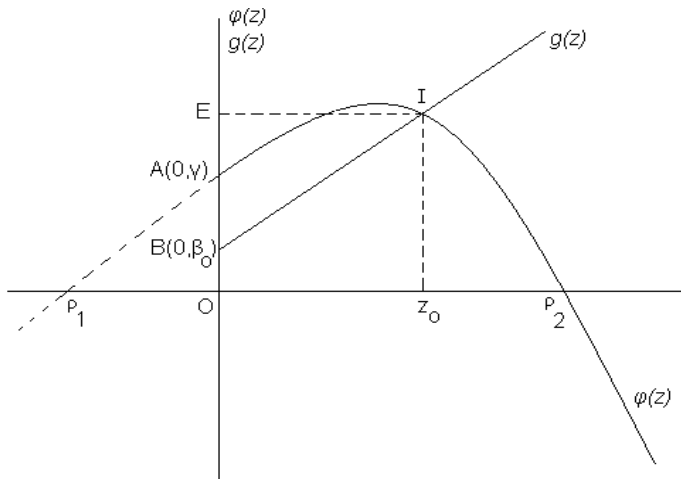


Figure 4:  $C = C\left(-\frac{\beta}{2\alpha}, 0\right)$ ,  $E = E\left(0, \varphi\left(-\frac{\beta}{2\alpha}\right)\right)$ ,  $\varphi\left(-\frac{\beta}{2\alpha}\right) = \min \varphi(z)$ ,  $a < 0$

Σε όλες τις περιπτώσεις ανάλογα με τη διακρίνουσα και τις ρίζες της ορίστηκαν και υπολογίστηκαν τα αντίστοιχα άριστα σημεία και η περιοχή ωφέλειας σύμφωνα με την κοιλότητα ή την κυρτότητα της καμπύλης οριακής ζημίας.

### 3. ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Στην συνέχεια θα αναλύσουμε πώς μπορούν να προσεγγιστούν οι καμπύλες ελέγχου και ζημίας. Θα χρησιμοποιήσουμε εκτιμήσεις δεδομένων από εννέα διαφορετικές ευρωπαϊκές χώρες οι οποίες επιλέχτηκαν τυχαία προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση. Εξετάζεται αρχικά ο προσδιορισμός της συνάρτησης του κόστους ελέγχου μέσω της προσέγγισης της μείωσης των τόπων εκπομπών αέριων ρύπων όπως για παράδειγμα του θείου S.

Για τον έλεγχο των εκπομπών του διοξειδίου του θείου στις στατικές πηγές μπορούμε να έχουμε, Halkos (1992, 1993, 1995):

- κατεργασία πριν την καύση (φυσικός καθαρισμός του άνθρακα, αποθείωση πετρελαίου και αντικατάσταση καυσίμου)
- απομάκρυνση του θείου κατά την διάρκεια της καύσης (μέθοδοι αποθείωσης που εφαρμόζονται σε σταθμούς που χρησιμοποιούν κονιοποιημένο καύσιμο με απευθείας ψεκασμό ασβεστόλιθου και όσες χρησιμοποιούν νέες τεχνολογίες καύσεως όπως η καύση υπό πίεση ρευστοποιημένης στιβάδας ή ακόμη και με αεροποίηση του άνθρακα).

- απομάκρυνση του θείου μετά την καύση του καυσίμου, η οποία μπορεί να γίνει με τη μέθοδο της αποθείωσης αερίου καυσίμου (Flue Gas Desulphurization, FGD).

Το πραγματικό κόστος κάθε διαθέσιμης μεθόδου ελέγχου είναι συνάρτηση εθνικών συνθηκών και οι καμπύλες κόστους εξαρτώνται από το ενεργειακό σενάριο που υιοθετείται. Τα κόστη μείωσης διαφέρουν μεταξύ κρατών ακόμη και για την ίδια τεχνολογία κυρίως λόγω των Halkos (1993, 1995):

- ειδικών συντελεστών, όπως η περιεκτικότητα του χρησιμοποιούμενου καυσίμου σε θείο,
- το μέγεθος εγκατάστασης,
- και τους συντελεστές του κόστους εργασίας, ηλεκτρισμού και κατασκευής.

Αναλυτικά και σχετικά με τη συνάρτηση του κόστους ελέγχου υποθέτουμε ότι  $N$  χώρες παράγουν ηλεκτρισμό (αγαθό,  $Y_i$ ) με χρήση ορυκτών καυσίμων και εκπομπές θείου ("κακό",  $E_i$ ) από καύση ορυκτών καυσίμων. Οι εκπομπές είναι συνάρτηση του ηλεκτρισμού που παράγεται, δηλαδή

$$E_i = E_i(Y_i), \quad I = 1, 2, \dots, N.$$

Η διασυννοριακή φύση του προβλήματος αντιπροσωπεύεται από, (Halkos (1996, 1997).

$$D_i = B_i + d_{ii}(1 - \alpha_i)E_i + \sum_{i \neq j} d_{ij}(1 - \alpha_j)E_j = B_i + \sum_j d_{ij}(1 - \alpha_j)E_j,$$

όπου

- $E_i$  συνολικές εκπομπές  $S$  στην χώρα  $i$  σε τόνους ( $t$ )
- $D_i$  συνολικές αποθέσεις θείου στην χώρα  $i$  σε τόνους ( $t$ )
- $\alpha_i$  συντελεστής ελέγχου στην χώρα  $i$
- $d_{ij}$  αναλογία εκπομπών χώρας  $j$  που αποθέτονται ("εξάγονται") στην χώρα  $i$  (συντελεστής μεταβίβασης,  $0 \leq d_{ij} \leq 1$ ).
- $B_i$  επίπεδο υπάρχουσών αποθέσεων εξαιτίας φυσικών πηγών στην χώρα  $j$ , (**background pollution**). Γεγονός ότι ρύπανση μπορεί να παραμένει στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα λαμβάνεται υπόψη με συντελεστή  $B_i$ .

Οι αποθέσεις του θείου προκαλούν φυσική ζημία, που εκφράζεται ως, Hutton και Halkos (1995):

Και η οποία είναι αυστηρά κυρτή στις αποθέσεις  $D_i$ , δηλαδή

$$Q_i'(D_i) > 0 \text{ και } Q_i''(D_i) > 0.$$

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για εκτίμηση της χρηματικής τιμής του συντελεστή  $\beta_i$  είναι η OLS, Halkos (2006):

$$g(z) = AC_i = \beta_{0i} + \beta_{1i}SR_i + u_i \quad g(z) = AC_i = \beta_{0i} + \beta_{1i}SR + \beta_{2i}SR_i^2 + u_i,$$

$$AC_{ik} = \beta_{0i} + \beta_{1i}SR_{ik}^2 + u_{ik}$$

Για χώρα  $i$  και για κάθε τιμή  $k$  του  $TSR (= \alpha_i E_i)$ , εκτιμάται με OLS με  $a$  το σταθερό όρο και  $u$  το διαταρακτικό όρο. Επίσης

$$Eff = \frac{BA}{\max BA} \times 100.$$

**Πίνακας 1.** Κάποια εμπειρικά αποτελέσματα εκτίμησης της περιοχής οφέλους.

Country	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i> <sub>0</sub>	<i>b</i> <sub>1</sub>	<i>b</i> <sub>2</sub>	<i>Eff</i>	<i>z</i> <sub>0</sub>	<i>BA</i>
Spain	71,69	0.0072	69.06	0.0039	0.00014	10.6	149.35	273.74
France	33.15	0.2773	21.45	0.1644	0.00134	43.3	144.62	1115.91
Greece	3.73	0.0341	2.29	0.0265	0.00099	1.6	42.12	42.60
Italy	11.01	0.0300	7.78	0.0226	0.00021	12.9	142.88	332.83
Poland	16.21	0.0231	2.49	0.01778	0.00019	100.0	277.08	2574.46
Portugal	1.03	0.0317	0.76	0.06673	0.00689			
Romania	9.09	0.0113	5.78	0.00998	0.000153	13.1	151.46	339.05
Sweden	6.398	0.0642	9.61	0.7617	0.01620			
UK	19.06	0.0687	9.59	0.04423	0.000212	80.0	276.80	2060.39

Αυτό είναι ένα μέτρο του ποσοστού το οποίο η υιοθετημένη πολιτική καλύπτει αυτή την πολιτική που θα απέφερε τη μέγιστη περιοχή οφέλους.

Μεγάλες βιομηχανικές upwind χώρες (France και HB) φαίνεται να έχουν μεγάλες περιοχές οφέλους. Κοιτώντας στους συντελεστές μεταβίβασης του EMEP μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι οι χώρες με μεγάλα οφέλη είναι αυτές με μεγάλους αριθμούς στη διαγώνιο δείχνοντας τη σημαντικότητα των εγχώριων πηγών ρύπανσης. Η Πολωνία στην Κεντρική Ευρώπη εμφανίζει τα μεγαλύτερα οφέλη. Οι μεγάλοι εκτός κυρίας διαγωνίου συντελεστές μεταβίβασης δείχνουν τις εξωτερικότητες. Από την άλλη πλευρά downwind κοντά στη θάλασσα χώρες ή με ανθεκτικότητα στην οξύτητα εδάφη φαίνεται να έχουν μικρές περιοχές οφέλους.

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση της αποτελεσματικότητας των περιβαλλοντικών προγραμμάτων απαιτεί σύγκριση κόστων ζημίας και ελέγχου εκπομπών ρύπων. Η τυπική προσέγγιση του ορισμού του άριστου επιπέδου ρύπανσης είναι MD = MAC.

Για διαφορετικές υποθέσεις για τη μορφή των καμπυλών MAC και MD και την εξαγωγή της περιοχής οφέλους βρήκαμε:

Το άριστο επίπεδο ρύπανσης εκτιμάται υπό συγκεκριμένες συνθήκες

- i. Σε όλες τις περιπτώσεις  $\alpha > \beta_0$ . Δηλαδή, ο σταθερός της συνάρτησης ζημίας (μπορούμε να σκεφτούμε τις υπάρχουσες (background) αποθέσεις deposition) είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο της συνάρτησης



καταπολέμησης στο επίπεδο  $z=0$  (μπορούμε να σκεφτούμε τα πάγια κόστη λειτουργίας και συντήρησης μιας μονάδας ελέγχου στο  $z = 0$ ).

- ii. Για περιπτώσεις γραμμικών ή δευτεροβάθμιων και των δύο συναρτήσεων έχουμε  $\beta > \beta_1$ . Δηλαδή η κλίση της συνάρτησης ζημίας πρέπει να είναι μεγαλύτερη από αυτή της συνάρτησης ελέγχου στο  $z = 0$ .
- iii. Για τη δευτεροβάθμια περίπτωση απαιτείται ότι  $\beta_2 > 0$  ενώ για την εκθετική  $\beta_0, \beta_1 > 0$ .

Οι δευτεροβάθμιες και εκθετικές συναρτήσεις υπακούουν τον ίδιο τύπο εκτίμησης της περιοχής ωφέλειας. Οι υπολογισμοί αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν δείκτες μεταξύ διαφορετικών ανταγωνιστικών πολιτικών, και η πολιτική που προκαλεί τη μέγιστη περιοχή θα είναι η καταλληλότερη.

Σημαντική διαπίστωση είναι ότι οι μεγάλες βιομηχανικές upwind χώρες φαίνεται να έχουν μεγάλα οφέλη ενώ οι downwind κοντά στη θάλασσα χώρες ή με ανθεκτικότητα στην οξύτητα εδάφη φαίνεται να έχουν μικρές περιοχές οφέλους.

## ABSTRACT

The evaluation of the Benefit Area (BA) is essential in Environmental Economics. This paper identifies the optimal pollution level and investigates analytically the certain restrictions that the existence of this optimal level requires. Specifically, the evaluation of the benefit area is discussed and the mathematical formulation provides the appropriate methods, so that to be calculated. Apart from the reliability problems with the collected (or missing) data, the associated risk, evaluating the BA, is important in various aspects like model fitting and the parameters' estimation. The uncertainty of the model fitting can be reduced by choosing the appropriate approximations for the marginal abatement (MAC) and marginal damage (MD) cost functions. The parameters estimation requires the use of appropriate methods like OLS or even calibration of the values especially in the case of the damage cost function.

*Ευχαριστίες:* Η παρούσα έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο - ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ) – Ερευνητικό Χρηματοδοτούμενο Έργο: Ηράκλειτος ΙΙ. Επένδυση στην κοινωνία της γνώσης μέσω του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Barbier E. (1998). *The Economics of Environment and Development: Selected Essays*, London: Edward Elgar.
- Bjornstad D. and Kahn J. (1996). *The Contingent Valuation of Environmental Resource: Methodological Issues and Research Needs*, London: Edward Elgar.
- Freeman A. III (1993). *The measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods*, Washington DC: Resources for the Future.

- Farmer A., Kahn J. R., McDonald J. A. and O'Neill R. (2001). Rethinking the optimal level of environmental quality: Justifications for strict environmental policy. *Ecological Economics*, **36**, 461-473.
- Georgiou S., Pearce D., Whittington D. and Moran D. (1997). *Economic values and the environment in the developing world*, London: Edward Elgar.
- Halkos G. (1992). *Economic Perspectives of the Acid Rain Problem in Europe*, PhD Thesis, Department of Economics and Related Studies, University of York.
- Halkos G. (1993). An evaluation of the direct costs of abatement under the main desulphurisation technologies. MPRA Paper 32588, University Library of Munich, Germany.
- Halkos G. (1995). An evaluation of the direct cost of abatement under the main desulfurization technologies. *Energy Sources*, **17**(4), 391-412.
- Halkos G. (1996). Incomplete information in the acid rain game, *Empirica Journal of Applied Economics and Economic Policy*, **23**(2), 129-148.
- Halkos G. (1997). Modeling optimal nitrogen oxides abatement in Europe, MPRA Paper 33132, University Library of Munich, Germany.
- Halkos G. and Kitsos C. P. (2005). Optimal pollution level: A theoretical identification. *Applied Economics*, **37**, 1475-1483.
- Halkos G. E. (2006). *Econometrics: Theory and Practice*. Giourdas Publications.
- Halkos G. (2010). Construction of abatement cost curves: The case of F-gases. *MPRA Paper* 26532, University Library of Munich, Germany.
- Halkos G. E. and Jones N. (2012). Modeling the effect of social factors on improving biodiversity protection. *Ecological Economics*, **78**(C), 90-99.
- Halkos G. E. and Matsiori S. (2012). Determinants of willingness to pay for coastal zone quality improvement. *The Journal of Socio-Economics*, **41**(4), 391-399.
- Halkos G. and Kitsou D. (2013). Uncertainty in optimal pollution levels: Modeling the benefit area, MPRA Paper 47763, University Library of Munich, Germany.
- Hutton J. P. and Halkos G. (1995). Optimal acid rain abatement policy in Europe: An analysis for the year 2000. *Energy Economics*, **17**(4), 259-275.
- Tol R. S. J. (2002). Estimates of the damage costs of climate change: Part I: Benchmark estimates. *Environmental and Resource Economics*, **21**(1), 47-73.