

“ΜΕΤΡΩΝΤΑΣ” ΤΟΝ ΠΛΑΝΗΤΗ ΓΗ

Επιμέλεια κειμένου: Υποπυραγός Μαλούνης Αλέξανδρος

Μέρος 5^ο - Χρησιμοποιούμενα Συστήματα Χαρτογραφικών Συντεταγμένων στον Ελλαδικό χώρο

Στο παρόν άρθρο θα δούμε ίσως με λίγο περισσότερη λεπτομέρεια τα συστήματα που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα από τα παλαιότερα χρόνια και μέχρι σήμερα. Η λεπτομέρεια αυτή είναι απαραίτητη για λόγους αναφοράς, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και πρακτικά. Μία πρακτική εφαρμογή είναι η δυνατότητα που σας δίδεται με τη χρήση αυτών, να ορίσετε χαρτογραφικά προβολικά συστήματα συντεταγμένων σε όργανα όπως π.χ. τα GPS (Σύστημα Παγκοσμίου Εντοπισμού Θέσης). Ταυτόχρονα γίνεται κατανοητό ότι στην Ελλάδα υπάρχουν χαρτογραφικά προϊόντα στα οποία χρησιμοποιούνται τα συστήματα που περιγράφονται σε αυτό το άρθρο.

1. Ισαπέχουσα Αζιμουθιακή Προβολή HATT

Η προβολή του HATT ανήκει στις αζιμουθιακές προβολές (δείτε προηγούμενα άρθρα). Η αρχή των αξόνων (OX) τετμημένων και (OY) τεταγμένων του προβολικού επιπέδου, είναι το σημείο επαφής με το κέντρο της περιοχής που πρόκειται να χαρτογραφηθεί. Δηλαδή το επίπεδο προβολής είναι εφαπτόμενο στο κέντρο της περιοχής.

Η Ελλάδα απεικονίζεται σε 132 τέτοια συστήματα, που το κάθε ένα, αναπαριστά ένα σφαιρικό τραπεζίο διαστάσεων 30' x 30' κατά την έννοια του γεωγραφικού μήκους και πλάτους. Αυτό είναι μειονέκτημα διότι έχουμε 132 συστήματα συντεταγμένων (στη U.T.M. έχουμε για την Ελλάδα δύο) από την άλλη όμως εξυπηρετεί, από την άποψη των παραμορφώσεων των μηκών.

Ο τοπογραφικός χάρτης υλοποιείται με την απεικόνιση των τριγωνομετρικών σημείων της περιοχής πάνω στο προβολικό επίπεδο. Από τα τριγωνομετρικά, ο τοπογραφικός χάρτης πυκνώνεται και με άλλα σημεία από τα οποία μετρήσεις, γωνιών και αποστάσεων που έγιναν στο έδαφος, θα απεικονιστούν με τις κατακόρυφες προβολές τους τα εκλεγόμενα σημεία του εδάφους.

Τα τριγωνομετρικά σημεία απεικονίζονται έτσι ώστε πάνω στο χάρτη να διατηρείται η απόσταση τους από το κέντρο της περιοχής (ισαπέχουσα) και το γεωγραφικό αζιμούθιο της γραμμής που τα ενώνει με το κέντρο (αζιμουθιακή).

Η προβολή αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι οι παραμορφώσεις των γωνιών, των αζιμουθίων καθώς και των εμβαδών διατηρούνται μικρές (αμελητέες) μέσα στο ίδιο φύλλο Χάρτη (Φ.Χ.) και αυξάνονται ανάλογα με την απόσταση από το Κέντρο.Φ.Χ., ενώ ταυτόχρονα η παραμόρφωση των μηκών του εδάφους πάνω στο χάρτη είναι παρά πολύ μικρή της τάξεως 1:200.000. Δηλαδή στα 1.000 μ. η παραμόρφωση είναι 5 mm.

Επίσης οι αποστάσεις που αναφέρονται στο κέντρο και προς οποιοδήποτε σημείο του ίδιου Φ.Χ. δεν παραμορφώνονται (για αυτό και η προβολή ονομάζεται ισαπέχουσα). Για τυχαίες αποστάσεις και στα άκρα ενός φύλλου HATT (όπου η απόσταση από το κέντρο του είναι περίπου 34χλμ) η παραμόρφωση των αποστάσεων είναι της τάξης του 1,000005, με άλλα λόγια δεν απαιτείται ο υπολογισμός της παραμόρφωσης για αποστάσεις που δεν ξεπερνούν το 1 χλμ.

Οι συν/νες (X, Y) είναι πενταψήφιες. Το (X) μπορεί να παίρνει τιμές περίπου από -22.000 μ. μέχρι +22.000 μ. και το (Y) από -28.000 μ. μέχρι +28.000 μ.

Από το 1978 η ΓΥΣ έχει περάσει στους χάρτες 1:50.000 γενικής χρήσεως τον τετραγωνισμό HATT οπότε όταν διαθέτουμε ένα τέτοιο χάρτη μπορούμε να διαβάσουμε συντεταγμένες HATT. Τα βασικά στοιχεία του συστήματος φαίνονται στο πίνακα 1.

Όνομα προβολικού συστήματος:	Ισαπέχουσα Αζιμουθιακή προβολή του HATT
Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (Datum):	Ελληνικό, με αφετηρία το Αστεροσκοπείο Αθηνών ($\lambda=23^{\circ}42' 58''.815$)
Ελλειψοειδές αναφοράς:	Bessel
Μεγάλος ημιάξονας ελλειψοειδούς a:	6377397.155m
Επιπλάτυνση ελλειψοειδούς (1/f):	1/299.1528128
Διαστάσεις φύλλων χάρτη:	30' x 30'
Αριθμός φύλλων χάρτη:	189
Πίνακας 1 : Χαρακτηριστικά του συστήματος HATT.	

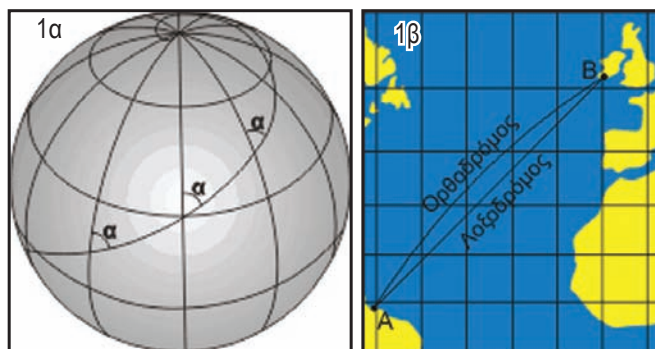
2. Προβολικό σύστημα Ε.Μ.Π. (U.T.M.) - Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή

Η προβολή αυτή ανήκει στην κατηγορία των κυλινδρικών προβολών (δείτε προηγούμενα άρθρα) διότι τα σημεία της σφαιρικής επιφανείας της γης, προβάλλονται πάνω στην κυρτή επιφάνεια ενός κυλίνδρου. Την επιφάνεια του κυλίνδρου όταν την κόψουμε κατά μια γενέτειρα του, αναπτύσσεται σε επίπεδο.

Εάν ο κύλινδρος εφάπτεται του σφαιροειδούς της Γης κατά τον ισημερινό, οπότε ο άξονας του συμπίπτει με τον άξονα περιστροφής της Γης, έχουμε την ορθή μερκατορική προβολή η οποία χρησιμοποιείται κυρίως στους ναυτιλιακούς χάρτες. Στην προβολή αυτή οι μεσημβρινοί είναι παράλληλες γραμμές προς τον άξονα των (Y) και οι παράλληλοι κύκλοι είναι παράλληλες

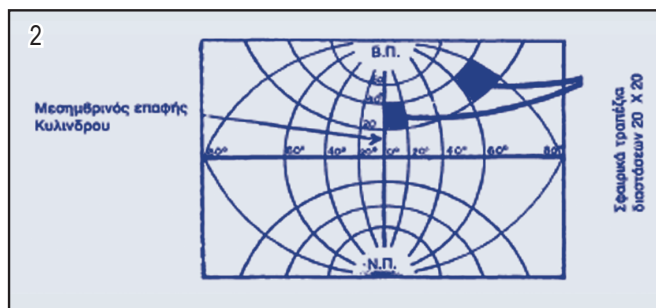


γραμμές προς τον άξονα των (X). Η προβολή αυτή έχει μια βασική ιδιότητα, ότι τα διαβήματα τα μετρούμενα στο χάρτη, είναι και γεωγραφικά αζιμούθια. Έτσι πάνω σ' ένα τέτοιο χάρτη μπορούμε να μετρήσουμε άμεσα το γεωγραφικό αζιμούθιο μίας πορείας ενός πλοίου από ένα τόπο (Α) σ' έναν άλλο τόπο (Β). Η σταθερή αυτή πορεία αζιμουθίου που πάνω στο χάρτη είναι ευθεία, λέγεται λοξοδρομία, διότι πάνω στη θάλασσα είναι ακριβώς λοξοδρομία και δεν είναι η ελάχιστη απόσταση. Η ελάχιστη απόσταση είναι το τόξο μέγιστου κύκλου που ενώνει τους τόπους (Α) και (Β) γνωστό και ως ορθοδρομικό τόξο (Εικόνα 1). Την πορεία πάνω στο ορθοδρομικό τόξο μπορεί να τηρεί το πλοίο, αλλάζοντας κατά διαστήματα το αζιμούθιο πλεύσεως.



Εικόνα 1. α) Πορεία της λοξοδρόμου στην υδρόγειο σφαίρα, β) Πορεία της λοξοδρόμου στο χάρτη με μερκατορική προβολή.

Στην εγκάρσια μερκατορική προβολή, ο κύλινδρος εφάπτεται του σφαιροειδούς κατά ένα μεσημβρινό και ο άξονας του είναι επί του ισημερινού επιπέδου. Επάνω στο μεσημβρινό επαφής, η παραμόρφωση είναι μηδέν, δηλαδή τα μήκη στο χάρτη είναι ίσα με τα αντίστοιχα στο έδαφος. Η προβολή ενός ημισφαίριου επί της αναπτυγμένης σε επίπεδο επιφανείας του κυλίνδρου φαίνεται στην εικόνα 2.

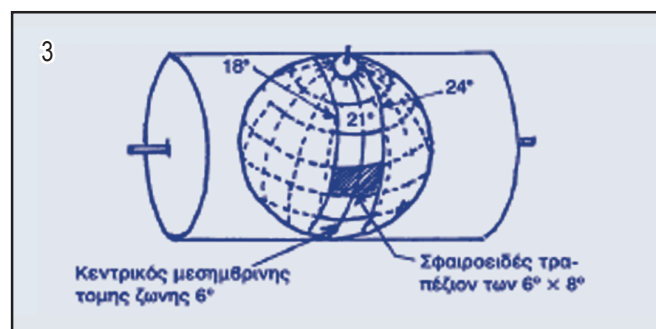


Εικόνα 2. Παραμορφώσεις απεικόνισης εδαφικών εκτάσεων κατά την μερκατορική προβολή.

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 2, όσο απομακρυνόμαστε από το μεσημβρινό επαφής οι παραμορφώσεις αυξάνουν πάρα πολύ. Αυτό παραστατικά φαίνεται από τη σύγκριση των δυο μαυρισμένων σφαιρικών τραπεζίων, που ενώ στην επιφάνεια της σφαιρικής Γης παριστάνουν ίση εδαφική έκταση, απεικονίζονται με διαφορετικό μέγεθος. Για να αποφύγουμε τα σφάλματα που υπεισέρχονται από τις παραμορφώσεις στους

υπολογισμούς αποστάσεων εμβαδών κλπ, με στοιχεία από το χάρτη, περιορίζουμε την απεικόνιση εδαφικής έκτασης, σε ζώνες μικρού πλάτους εκατέρωθεν του μεσημβρινού επαφής.

Η παραμόρφωση των αποστάσεων δίδεται από τον συντελεστή κλίμακας (K), ο οποίος είναι ο λόγος της απόστασης (So) πάνω στο χάρτη προς την αντίστοιχη αληθή απόσταση (S) στη Γη. Δηλαδή είναι $K = So/S$. Στο μεσημβρινό επαφής είναι $K = 1$ και όσο απομακρυνόμαστε από αυτόν αυξάνει ανάλογα με το τετράγωνο της αποστάσεως και μπορεί να φτάσει σε απαράδεκτες τιμές. Γι αυτό, εκτός του ότι περιορίζουμε το εύρος της απεικονιζόμενης έκτασης, τον κύλινδρο από εφάπτομενο τον τοποθετούμενο να τέμνει το σφαιροειδές, οπότε έχουμε δυο γραμμές παράλληλες, εκατέρωθεν του κεντρικού μεσημβρινού όπου η κλίμακα είναι $K = 1$ (Εικόνα 3). Στον κεντρικό μεσημβρινό, η κλίμακα (K) θα είναι μικρότερη της μονάδας και πέρα από τις γραμμές τομής προς τα άκρα της ζώνης, θα είναι $K > 1$ (Δείτε και προηγούμενα άρθρα).

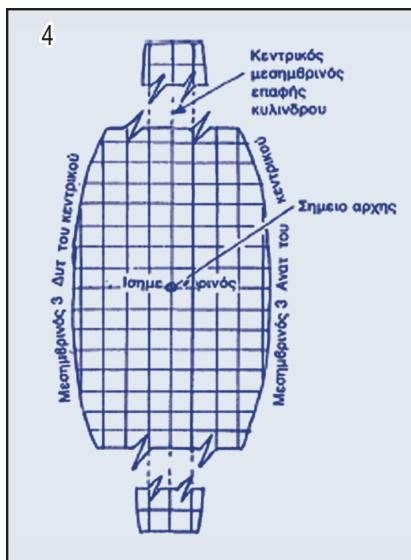


Εικόνα 3. Τομή σε ζώνες 6°

Βασικά στοιχεία της προβολής είναι, ο άξονας των (Ψ), που είναι ο κεντρικός μεσημβρινός της ζώνης όπως απεικονίζεται στο χάρτη, ο άξονας των (X) που μπορεί να είναι ο ισημερινός ή ένας παράλληλος κύκλος, οι συμβατικές συντεταγμένες στην τομή των αξόνων και ο συντελεστής κλίμακας (Ko) στον κεντρικό μεσημβρινό. Η προβολή αυτή έχει καθιερωθεί σαν διεθνής προβολή με το όνομα **ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΜΕΡΚΑΤΟΡΙΚΗ ΠΡΟΒΟΛΗ**, γνωστή ως **U.T.M.** εκ των αρχικών γραμμάτων των λέξεων **UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR**.

Όλη η υδρόγειος χωρίζεται σε 60 ζώνες εύρους 6°. Κάθε ζώνη έχει άξονα των (Ψ) τον κεντρικό μεσημβρινό της και άξονα των (X) τον ισημερινό. Στην τομή των αξόνων δίνονται οι συμβατικές τιμές $X = 500.000 \mu.$, $\Psi = 0 \mu.$ για το Β. ημισφαίριο και $X = 500.000 \mu.$, $\Psi = 10.000.000 \mu.$ για το Ν. ημισφαίριο ώστε παντού οι συντεταγμένες να είναι θετικοί αριθμοί.

Ο συντελεστής κλίμακας στον κεντρικό μεσημβρινό είναι $Ko = 0,9996$ που σημαίνει ότι εάν $S = 10.000 \mu.$ τότε $So = 9996$ δηλαδή παραμόρφωση 4μ. στα 10.000 μ. Επομένως η ακρίβεια των μηκών που μετράμε στον χάρτη είναι της τάξεως $1/2.500$. Η U.T.M. χρησιμοποιείται για χαρτογράφηση από 80° Ν. πλάτος μέχρι 84° Β. πλάτος. Πέρα από αυτά τα πλάτη χρησιμοποιείται το σύστημα της Παγκόσμιας Πολικής Στερεογραφικής Προβολής.



Εικόνα 4. Παράσταση ζώνης 6°

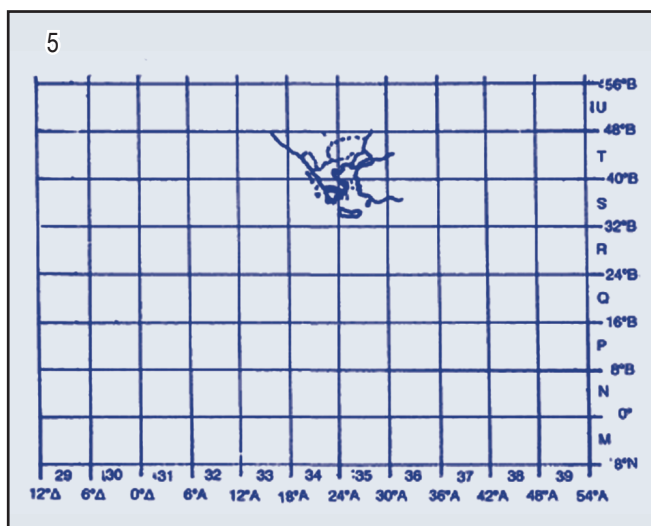
Ζώνες της U.T.M.

α. Η υδρόγειος χωρίζεται σε 60 ζώνες των 6° (Εικόνα 4), οι οποίες έχουν αριθμηθεί από 1 μέχρι 60 με αρχή τη ζώνη μεταξύ των μεσημβρινών 180° και 174° Δυτικά του GREENWICH. Η αρίθμηση αυξάνει προς την Ανατολή.

Η Ελλάδα περιλαμβάνεται στις Ζώνες 34 και 35, οι οποίες έχουν αντίστοιχα κεντρικό μεσημβρινό 21° και 27°. Οι ζώνες

34 και 35 διαχωρίζονται από το μεσημβρινό των 24° (Εικόνα 5).

Η κάθε ζώνη των 6° χωρίζεται από πλάτος 80° N. μέχρι 84°B. σε 20 σφαιρικά τραπέζια εύρους 8° κατά την έννοια του γεωγραφικού πλάτους, πλην της 20ης που είναι εύρους 12°. Με αρχή τον παράλληλο νότιου πλάτους 80° τα σφαιρικά τραπέζια χαρακτηρίζονται διαδοχικά με τα γράμματα του λατινικού αλφαβήτου από C μέχρι X, παραλειπόμενων των γραμμάτων I και O. Με αυτό τον τρόπο οι ανά 6° μεσημβρινοί και οι ανά 8° παράλληλοι χωρίζουν την επιφάνεια της Γης σε σφαιρικά τραπέζια διαστάσεων 6° x 8°. Κάθε τραπέζιο χαρακτηρίζεται με το διατεταγμένο ζεύγος του αριθμού της ζώνης και του γράμματος του σφαιρικού τραπεζίου π.χ 34T. Η ένδειξη αυτή αντιστοιχεί αμφιμονοσήμαντα σε κάθε τραπέζιο και λέγεται ένδειξη ζώνης τετραγωνισμού. Η Ελλάδα περιλαμβάνεται στα τραπέζια 34S, 34T 35S και 35T (Εικόνα 5):



Εικόνα 5. Διαίρεση της Γης σε σφαιρικά τραπέζια 6° X 8°

Όνομα προβολικού συστήματος:	Παγκόσμια Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή -Universal Transverse Mercator)
Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (Datum):	E.D.50, με αφετηρία το Potsdam
Ελλειψοειδές αναφοράς:	Hayford
Μεγάλος ημιάξονας ελλειψοειδούς a:	6378388.155m
Επιπλάτυνση ελλειψοειδούς (1/f):	1/297
Συντελεστής κλίμακας K ₀	0.9996
Διαστάσεις ζωνών:	6° σε γεωγραφικό μήκος
Αριθμός ζωνών κάλυψης του Ελλαδικού χώρου:	2 (34η και 35η ζώνη, με κ.μ. λ=21° και λ=27° αντίστοιχα)
Πίνακας 2 : Χαρακτηριστικά του συστήματος UTM.	

3. Προβολικό σύστημα 3 μοιρών (ΕΜΠ3° ή ΤΜ3°)

Το σύστημα αυτό χρησιμοποιούσε το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Ο γεωγραφικός χώρος που καταλαμβάνει η Ελλάδα έχει χωριστεί σε ζώνες μήκους 3°, τα άκρα των οποίων διαφέρουν κατά 1° 30' από τον κεντρικό μεσημβρινό (Αστεροσκοπείο Αθηνών). Για τον κ.μ. θεωρείται λ₀=0°, ενώ για τους δύο εκατέρωθεν θεωρείται λ₀=-3° και λ₀=+3°. Για να αποφευχθούν αρνητικές τιμές ο κ.μ. έχει τετμημένη 200.000μ. Η αρχή των συντεταγμένων θεωρείται η τομή του κ.μ. με τον παράλληλο φ=34°. Οι ζώνες που προκύπτουν είναι συνολικά τρεις (3) για όλη την Ελλάδα. Η προβολή αυτή χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές του Bessel. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιήθηκε για την απεικόνιση της ΕΠΑ (Επιχείρηση Πολεοδομικής Ανασυγκρότησης) και τη σύνταξη φωτογραμμετρικών διαγραμμάτων σε κλίμακα 1:5.000 και 1:1.000.

Όνομα προβολικού συστήματος:	Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή 3 μοιρών (Transverse Mercator 3o)
Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (Datum):	Ελληνικό, με αφετηρία το Αστεροσκοπείο Αθηνών (λ ₀ =23°42' 58".815)
Ελλειψοειδές αναφοράς:	Bessel
Μεγάλος ημιάξονας ελλειψοειδούς a:	6377397.155m
Επιπλάτυνση ελλειψοειδούς (1/f):	1/299.1528128
Συντελεστής κλίμακας K ₀	0.9999
Διαστάσεις ζωνών:	3° μήκος
Αριθμός ζωνών κάλυψης του Ελλαδικού χώρου:	3
Πίνακας 3 : Χαρακτηριστικά του συστήματος ΤΜ3.	



4. Προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ'87

Είναι το πλέον πρόσφατο προβολικό σύστημα που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα, και είναι προϊόν συνεργασίας του Εργαστηρίου Ανώτερης Γεωδαισίας του Τμήματος Αγρονόμων-Τοπογράφων Μηχανικών - Ε.Μ.Π., της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού και του Οργανισμού Κτηματολογίου και Χαρτογράφησης Ελλάδος (ΟΚΧΕ). Θεωρείται μια ενιαία ζώνη για όλη τη χώρα με κεντρικό μεσημβρινό $\lambda_0=24^\circ$ και χρησιμοποιείται ενιαίος συντελεστής κλίμακας 0.9996. Οι παραμορφώσεις με αυτόν τον τρόπο μπορούν να φτάσουν μέχρι και 1:1.000 στα άκρα της χώρας (δηλ. 1 μέτρο σε απόσταση 1χλμ.). Για να αποφευχθούν αρνητικές τιμές ο κεντρικός μεσημβρινός έχει ως τετμημένη 500.000μ. Αρχή των τεταγμένων θεωρείται ο ισημερινός ($\varphi=0^\circ$).

Το νέο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ '87), είναι τυπικό τέτοιο παράδειγμα τοπικού γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς, που έχει βασικό σημείο προσαρμογής το δορυφορικό σταθμό του Διονύσου. Το ΕΓΣΑ '87 ορίζει ένα νέο γεωδαιτικό datum για τη χώρα, το οποίο είναι καλύτερα προσαρμοσμένο στο γεωεπίπεδο του ελληνικού χώρου, με ελλειψοειδές αναφοράς το σύστημα GRS-80 ($a = 6378137$ m, $f = 1/298.2572221$, $e^2=0.0066943800$) προσανατολισμένο παράλληλα με το (γεωκεντρικό) International Terrestrial Reference System 1989 (ITRF '89) και με τις συμβατικές.

Το ΕΓΣΑ '87 υλοποιείται με τις συνταταγμένες που έχουν δοθεί σε περίπου 26.000 τριγωνομετρικά σημεία του Εθνικού τριγωνομετρικού δικτύου 1ης και 2ης τάξης, τα οποία έχουν συννορθωθεί ως ενιαίο δίκτυο στην επιφάνεια του εν λόγω ελλειψοειδούς, με αποτέλεσμα να εξασφαλίζεται ομοιόμορφη ακρίβεια σε ολόκληρη

την επιφάνεια της χώρας.

Το σύστημα χρησιμοποιείται για την σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου καθώς έχει υιοθετηθεί από τον ΟΚΧΕ. Γενικά, τείνει να γίνει το επίσημο προβολικό σύστημα για την Ελλάδα καθώς προσφέρει ενιαία αναφορά για το σύνολο της χώρας. Έχει ήδη υιοθετηθεί από τις περισσότερες δημόσιες υπηρεσίες και οργανισμούς καθώς και ιδιωτικές εταιρείες.

Όνομα προβολικού συστήματος:	Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 87
Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (Datum):	Ε.Γ.Σ.Α. 87 με αφετηρία το μετατεθημένο γεώκεντρο, βάθρο Διονύσου
Ελλειψοειδές αναφοράς:	GRS'80
Μεγάλος ημιάξονας ελλειψοειδούς a:	6378137.000m
Επιπλάτυνση ελλειψοειδούς (1/f):	1/298.257222101
Συντελεστής κλίμακας Κο	0.9996
Πίνακας 4 : Χαρακτηριστικά του συστήματος ΕΓΣΑ87.	

Το υλικό του άρθρου προέρχεται από την επιμέλεια και τροποποίηση κειμένων που βρίσκονται στα παρακάτω βιβλία:

1. A.H Robinson, J.L. Morrison, P.C. Muehrcke, A. Jon Kimerling, & S.C. Guptill. (1995). *Elements of Cartography*, John Wiley & Sons, Inc, New York.

2. Melita Kennedy and Steve Kopp (2000) *Understanding map projections: GIS by ESRI*, Redlands, California: ESRI Press.

Νικολόπουλος



Προσφορά για
το προσωπικό του
Πυροσβεστικού Σώματος
- 25% στα γυαλιά
ηλίου και οράσεως.

Εντελώς **δωρεάν** οι
πρώτοι δοκιμαστικοί
φακοί επαφής.

ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΛΑΜΠΡΟΣ
Λ. ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ & Σ. ΣΛΗΜΑΝ 48, 115 26 ΑΘΗΝΑ
(ΠΑΡΑΠΛΕΥΡΩΣ ΝΟΣΟΚ. ΕΡ. ΝΤΥΝΑΝ)
ΤΗΛ./FAX: 210 69 13 481
e-mail: nikolopoulos_optics@yahoo.gr



● Δεκτά όλα τα ταμεία
● Δεκτές όλες οι
πιστωτικές κάρτες