



**Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος  
Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ**

**“Εκτίμηση τρωτότητας του καρστικού υδροφόρου ορίζοντα  
στο κεντρικό τμήμα του οροπεδίου της Τρίπολης”**

**ΕΖΑΤ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ Α.Μ. 1114201300031  
ΕΛ – ΑΖΟΥΖ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α.Μ. 1114201300032**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ Α.**

**ΑΘΗΝΑ 2018**

## Περίληψη

Σκοπός της παρούσης διπλωματικής εργασίας ήταν ο προσδιορισμός της τρωτότητας, δηλαδή του βαθμού ευαισθησίας του υπογείου νερού έναντι ρυπαντή, του υδροφόρου ορίζοντα του κεντρικού τμήματος του οροπεδίου της Τρίπολης και συγκεκριμένα αυτού που αναπτύσσεται μέσα στα καρστικά πετρώματα της ενότητας της Τρίπολης. Επιλέχθηκε η κατάλληλη για τα δεδομένα που ήταν διαθέσιμα μέθοδος και συγκεκριμένα η εκτίμηση έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο COP, η οποία προτείνεται από το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα COST 620 για καρστικούς υδροφόρους ορίζοντες. Όλοι οι χάρτες που ήταν απαραίτητοι, δημιουργήθηκαν μέσω του προγράμματος ArcGis και γεωαναφέρθηκαν στον σύστημα συντεταγμένων Greek Grid. Το τελικό αποτέλεσμα ήταν να προκύψουν τέσσερις χάρτες, ένας για κάθε εποχή, χωρίς να παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους, γεγονός που σημαίνει ότι η εποχική βλάστηση δεν διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στην μεταβολή της τρωτότητας. Στο τέλος της εργασίας εξήχθησαν κάποια συμπεράσματα σχετικά με τις περιοχές υψηλού κινδύνου και τους τρόπους πρόληψης πιθανής μόλυνσης των υπογείων υδάτων.

## Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κ. Μανώλη Ανδρεαδάκη για την καθοδήγηση, τις συμβουλές αλλά και την εμπιστοσύνη που μας έδειξε καθώς και τη ψυχολογική υποστήριξη που μας παρείχε ώστε να ολοκληρώσουμε τις σπουδές μας. Επίσης, τις οικογένειες μας για την ηθική και υλική υποστήριξη που μας παρείχαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μας, όπως και τους φίλους μας.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Τρωτότητα, ρύπανση και προστασία υπογείων υδάτων.....</b>	<b>1</b>
1.1 Περί τρωτότητας.....	1
1.2 Μέθοδοι εκτίμησης τρωτότητας.....	2
1.2.1 Η μέθοδος DRASTIC.....	3
1.2.2 Τρωτότητα καρστικών συστημάτων.....	3
1.3 Πηγές ρύπανσης του υπογείου νερού.....	8
1.4 Περίμετρος προστασίας ενός υδροληπτικού έργου.....	9
1.5 Ζώνες προστασίας.....	9
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Περιοχή μελέτης.....</b>	<b>12</b>
2.1 Γεωμορφολογία και κλιματικές συνθήκες.....	12
2.1.1 Μορφολογικά στοιχεία.....	12
2.1.2 Κλίμα.....	14
2.2 Γεωλογία.....	15
2.2.1 Αλπικοί σχηματισμοί.....	15
2.2.2 Μεταλπικοί σχηματισμοί.....	18
2.3 Υδρογεωλογικές συνθήκες.....	19
2.3.1 Υδρολιθολογικοί χαρακτήρες των γεωλογικών σχηματισμών.....	19
2.3.2 Υδρογεωλογική συμπεριφορά των γεωλογικών σχηματισμών.....	19
2.4 Υδροληπτικά έργα.....	20
2.4.1 Φρέατα.....	20
2.4.2 Γεωτρήσεις .....	20
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : Εκτίμηση τρωτότητας.....</b>	<b>22</b>
3.1 Επιλογή κατάλληλης μεθόδου.....	22
3.2 Εκτίμηση παράγοντα C.....	24
3.3 Εκτίμηση παράγοντα O.....	45
3.4 Εκτίμηση παράγοντα P.....	57
3.5 Τελικοί χάρτες τρωτότητας.....	60
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Συμπεράσματα.....</b>	<b>64</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>65</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....</b>	<b>69</b>

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Τρωτότητα, ρύπανση και προστασία υπογείων υδάτων

## 1.1 Περί Τρωτότητας

Η έννοια της τρωτότητας εισήχθη για πρώτη φορά από τον Margat το 1968 στη Γαλλία για να εκφράσει τον βαθμό προστασίας που προσφέρει το φυσικό περιβάλλον εναντίον της ρύπανσης των υπόγειων νερών. Οι βασικές παράμετροι που έλαβε υπόψη ο Margat ήταν το βάθος του υπόγειου νερού, η διαπερατότητα, η ταχύτητα του υπόγειου νερού και η σχέση υπόγειων και επιφανειακών νερών.

Από τότε ο ορισμός της τρωτότητας τροποποιήθηκε. Οι Olmer & Rezac (1974) ορίζουν την τρωτότητα «ως τον βαθμό έκθεσης των υπόγειων νερών σε κίνδυνο υποβάθμισης από φυσικές ουσίες». Οι Villumsen et al. (1983) θεωρούν την ποιότητα των υπόγειων νερών ως δείκτη τρωτότητας και δίνει έμφαση στη δυναμική των διαφόρων παραγόντων που επηρεάζουν αυτή. Οι Bachmat & Collin (1987) όρισαν την τρωτότητα ως «την ευαισθησία της ποιότητας των υπόγειων νερών σε επιπτώσεις από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως καταδεικνύεται από τις αλλαγές της ποιότητας των υπόγειων νερών». Σήμερα ορίζουμε γενικά την τρωτότητα υπόγειων νερών ή υδροφορέων ως την ευαισθησία ή την επιδεκτικότητα τους απέναντι στους ρύπους.

Η έννοια της τρωτότητας βασίζεται στην παραδοχή ότι το φυσικό περιβάλλον μπορεί να προστατεύσει σε κάποιο βαθμό το υπόγειο νερό. Συνεπώς κάποιες περιοχές είναι πιο ευάλωτες από κάποιες άλλες.

Η τρωτότητα σχετίζεται με την ευκολία με την οποία ένας ρύπος, που εισάγεται στην επιφάνεια του εδάφους, μπορεί να φθάσει στον υδροφορέα κάτω από συγκεκριμένες πρακτικές διαχείρισης των χρήσεων γης σε μια περιοχή, με καθορισμένα χαρακτηριστικά του ρύπου και της ευαισθησίας του υδροφορέα.

Έτσι η τρωτότητα του υπόγειου νερού είναι συνάρτηση τόσο των χαρακτηριστικών του υδροφόρου συστήματος, όσο και της απόστασης από την πηγή ρύπανσης, των χαρακτηριστικών του ρύπου και άλλων παραγόντων που μπορεί πιθανά να αυξήσουν το ρυπαντικό φορτίο του συγκεκριμένου ρυπαντή.

Η τρωτότητα διακρίνεται σε δύο κατηγορίες, την ειδική (specific) που αναφέρεται σε συγκεκριμένο ρυπαντή ή ομάδα ρυπαντών και την γενική ή ιδιοτρωτότητα (intrinsic) που σχετίζεται αποκλειστικά με τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα και του υπερκείμενου εδάφους, χωρίς εξειδίκευση σε κάποιο ρυπαντή. Η ευαισθησία του υδροφορέα (aquifer sensitivity) ταυτίζεται με τη γενική τρωτότητα (intrinsic vulnerability).

Πρέπει να τονισθεί ότι η έννοια της τρωτότητας δεν συνδέεται αποκλειστικά μόνο με τη ρύπανση ή τη μόλυνση των υπόγειων νερών, αλλά και με την ποσότητα αυτών, καθώς και με την επίδραση ακραίων καιρικών φαινομένων π.χ. ξηρασιών στη δίαιτα των υδροφόρων.

Η ακόρεστη ζώνη παίζει σημαντικό ρόλο στη μείωση της ρύπανσης, λόγω της βραδείας κίνησης του νερού και λόγω διαφόρων διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα σε αυτήν, όπως: προσρόφηση και ανταλλαγή κατιόντων, χημικές αντιδράσεις, μείωση παθογόνων μικροοργανισμών κ.ά. Ο βαθμός εξασθένησης των ρύπων στην ακόρεστη ζώνη εξαρτάται από τη λιθολογία της, την κοκκομετρία, το πάχος, τα χαρακτηριστικά του ρύπου και τη συγκέντρωσή του κ.λπ. Στην εδαφική ζώνη και ιδιαίτερα στη ζώνη των ριζών μεγάλες ποσότητες χημικών στοιχείων εξασθενούν και αποδομούνται από μικροοργανισμούς.

Συμπερασματικά η έννοια της τρωτότητας πρέπει να αντιμετωπίζεται σε τρία στάδια (Στουρνάρας, 1996):

- 1) Το στάδιο της δυνητικής εισόδου του ρύπου στο υδατικό σύστημα, που συνδέεται με τις υδρογεωλογικές συνθήκες και τη συμπεριφορά του ρύπου.
- 2) Το στάδιο της παραμονής του ρύπου στο υδατικό σύστημα που συνδέεται με τις φυσικοχημικές ιδιότητες του ρύπου και τις υδρογεωλογικές και υδραυλικές συνθήκες του υδροφορέα.
- 3) Το στάδιο της άφιξης του ρύπου στο υδροληπτικό έργο, αν γίνεται εκμετάλλευση του υδροφόρου ορίζοντα.

Σε πολλές χώρες συντάσσονται χάρτες τρωτότητας σε κλίμακα νομού ή περιφερειακή κλίμακα ή σε ολόκληρη τη χώρα, στους οποίους φαίνονται οι περιοχές με αυξημένη ή μη πιθανότητα ρύπανσης των υπόγειων υδροφορέων. Οι χάρτες αυτοί είναι μια ειδική κατηγορία υδρογεωλογικών χαρτών και επειδή είναι χρονο-εξαρτώμενοι απαιτούν ενημέρωση σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Οι χάρτες τρωτότητας συνδυάζονται με χάρτες χρήσεων γης, ποιότητας νερού, πυκνότητας πληθυσμού κ.ά και αποτελούν πολύτιμα εργαλεία στη λήψη αποφάσεων, τη διαχείριση και τη νομοθεσία σε όλα τα επίπεδα της δημόσιας διοίκησης. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται τελευταία με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) και του διεθνούς κώδικα χρωμάτων, όπου οι επιμέρους χάρτες είναι τα θεματικά επίπεδα. Οι βασικές πληροφορίες που απαιτούνται για τη χαρτογράφηση της τρωτότητας των υπόγειων νερών είναι η μορφολογία, η βλάστηση, η κλιματολογία, τα εδάφη, η υδρολογία της περιοχής, η υδρογεωλογία (ακόρεστη και κορεσμένη ζώνη), οι χρήσεις του νερού, χημικές αναλύσεις νερού και ρυπαντών και ανθρώπινες επεμβάσεις στο περιβάλλον. Οι πληροφορίες για την ποιότητα των νερών συλλέγονται κυρίως από σταθμούς ελέγχου που εγκαθίστανται κατόπιν υδρογεωλογικής έρευνας και αναγνώρισης των αιτιών ρύπανσης.

Η διακινδύνευση ενός υδροφορέα (risk pollution)  $R$  στη ρύπανση είναι συνάρτηση της τρωτότητάς του (vulnerability) και της πιθανότητας (hazard) εκδήλωσης ενός επεισοδίου ρύπανσης σε μια περιοχή. Η συνάρτηση υπολογισμού της διακινδύνευσης είναι η εξής:  $R = V \times H$  όπου:  **$R$ =η διακινδύνευση,  $V$ =η τρωτότητα του υδροφορέα και  $H$ =η πιθανότητα να συμβεί ένα επιβλαβές επεισόδιο σε μια περιοχή** σε κάποια χρονική περίοδο. Η εκτίμηση της πιθανότητας  $H$  (hazard) είναι δύσκολη και για το λόγο αυτόν εφαρμόζονται μέθοδοι τεχνικής νοημοσύνης, όπως η ασαφής λογική (fuzzy logic) (Uricchio et al., 2004). Έτσι επιπλέον από τους χάρτες τρωτότητας σε μια περιοχή κατασκευάζονται και χάρτες διακινδύνευσης των υπόγειων νερών στη ρύπανση.

## 1.2 Μέθοδοι εκτίμησης τρωτότητας

Για την εκτίμηση της τρωτότητας των υπόγειων υδάτων έχουν προταθεί κάποιες μέθοδοι με σκοπό την ποσοτικοποίηση και την καλύτερη κατανόηση του αντικειμένου. Οι μέθοδοι αυτοί διακρίνονται σε:

-Στατιστικές μέθοδοι οι οποίες περιλαμβάνουν απλή περιγραφική στατιστική των συγκεντρώσεων διαφόρων επιλεγμένων ρυπαντών καθώς και την ανάλυση συσχέτισης π.χ. ενός ρυπαντή με το βάθος. Μπορεί επίσης να εφαρμοσθεί σύνθετη ανάλυση συσχέτισης (λογιστική ανάλυση συσχέτισης), που ενσωματώνει τα αποτελέσματα μερικών παραμέτρων και προβλέπει τις πιθανότητες εμφάνισης της ρύπανσης.

-Μέθοδοι προσομοίωσης οι οποίες επιλύουν αριθμητικά τις εξισώσεις κίνησης του υπόγειου νερού (νόμος Darcy και εξίσωση της συνέχειας). Το MODFLOW και το MT3D είναι αρκετά δημοφιλείς κώδικες που επιλύουν τις εξισώσεις ροής και τις εξισώσεις εξέλιξης των ρύπων, αντίστοιχα, και συχνά χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της τρωτότητας.

-Μέθοδοι βαθμονόμησης. Οι κυριότερες τεχνικές και μέθοδοι βαθμονόμησης είναι οι εξής: DRASTIC (Aller et al., 1987), GOD (Foster, 1987), AVI (Van Stempvoort et al., 1992), SINTACS (Civita, 1994), ISIS (Civita & Regibus, 1995), DASTI (Ben Kabbour et al., 2006). Οι ανωτέρω μέθοδοι για την εκτίμηση της τρωτότητας χρησιμοποιούν ένα αριθμό παραμέτρων που κυμαίνεται από 2 (AVI) έως 7 (DRASTIC, SINTACS). Όμως συγκρίσεις που έγιναν μεταξύ των παραπάνω μεθόδων έδειξαν αρκετά μεγάλο εύρος παραγόμενων αποτελεσμάτων.

### 1.2.1 Η μέθοδος DRASTIC

Η μέθοδος DRASTIC είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος που χρησιμοποιείται για κοκκώδεις υδροφόρους ορίζοντες και σε μια τροποποιημένη μορφή της έχει εφαρμοστεί στον ελληνικό χώρο (Βουδούρης & Μανδηλαράς, 2004, Γκεμιτζή κ.ά, 2005, Panagoroulos et al., 2005). Ανήκει στις μεθόδους δεικτών και χρησιμοποιείται ευρύτατα για την εκτίμηση του κινδύνου ρύπανσης των υπόγειων νερών με βάση υδρογεωλογικές παραμέτρους. Το μοντέλο DRASTIC θεωρεί ότι: 1) κάθε ρύπος εισάγεται από την επιφάνεια του εδάφους, 2) ο ρύπος εισάγεται στο υπόγειο νερό από την κατείσδυση του νερού της βροχόπτωσης και 3) ο ρύπος έχει την ταχύτητα του νερού.

Η λέξη DRASTIC προκύπτει από τα ακρονύμια των: D (Depth) βάθος της στάθμης του υπόγειου νερού, R (Recharge) ενεργή κατείσδυση, A (Aquifer) υδροφορέας, S (Soil) έδαφος, T (Topography) κλίση αναγλύφου, I (Impact of the vadose zone) επίδραση της ακόρεστης ζώνης, C (Hydraulic Conductivity of the aquifer) συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας ή υδροπερατότητας, οι οποίες είναι οι παράμετροι που βαθμολογούνται.

Παράμετρος	Βαρύτητα (Γενική)	Βαρύτητα (Ειδική)
<b>D</b> Βάθος της στάθμης του υπόγειου νερού	5	5
<b>R</b> Ενεργή κατείσδυση	4	4
<b>A</b> Υδροφορέας	3	3
<b>S</b> Έδαφος	2	5
<b>T</b> Κλίση αναγλύφου	1	3
<b>I</b> Επίδραση της ακόρεστης ζώνης	5	3
<b>C</b> Συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας	3	2

Πίνακας 1 : Βαρύτητα παραμέτρων της μεθοδολογίας DRASTIC (Βουδούρης, 2006)

### 1.2.2 Τρωτότητα καρστικών συστημάτων

Η τρωτότητα των καρστικών συστημάτων εξαρτάται βασικά από το χρόνο παραμονής του νερού στα διαφορετικά τμήματα του υδροφόρου (Doerfliger et al., 1999):

1. Το ενδοκάρστ περιλαμβάνει το υπόγειο καρστ, όπου η ταχύτητα ροής είναι υψηλή στους καρστικούς αγωγούς. Ένα καλά ανεπτυγμένο δίκτυο καρστικών αγωγών συνεπάγεται υψηλή τρωτότητα.
2. Το επικάρστ, αν εμφανίζεται, είναι κοντά στην επιφάνεια και αποτελεί τμήμα της ακόρεστης ζώνης του καρστικού υδροφορέα. Παίζει σημαντικό ρόλο στην κατείσδυση από την επιφάνεια στον υδροφόρο ορίζοντα και συνεπώς επηρεάζει την προστατευτική λειτουργία της ακόρεστης ζώνης. Στη ζώνη αυτή μέρος των νερών αποθηκεύεται και απελευθερώνεται αργά (χαμηλή τρωτότητα) και

το υπόλοιπο συγκεντρώνεται γρήγορα στο δίκτυο αγωγών του ενδοκάρστ (υψηλή τρωτότητα). Όσο άμεσα συνδέεται το επικάρστ με το δίκτυο αγωγών, τόσο υψηλή είναι η τρωτότητα του καρστικού υδροφορέα.

3. Το προστατευτικό κάλυμμα, το οποίο αντιπροσωπεύει τα ιζήματα που υπέρκεινται των ασβεστολίθων (περιλαμβάνει το έδαφος, τεταρτογενείς και άλλες μη καρστικές αποθέσεις). Στο κάλυμμα αυτό ο χρόνος παραμονής του νερού εξαρτάται από το πάχος του καλύμματος και την υδραυλική αγωγιμότητα. Το έδαφος και οι άλλοι γεωλογικοί σχηματισμοί έχουν σημαντική ικανότητα εξασθένησης (attenuation capacity) που σχετίζεται με παραμέτρους όπως: υφή, δομή, παρουσία οργανικής ύλης και αργιλικών ορυκτών, υδραυλική αγωγιμότητα, βαθμός κορεσμού κ.λπ. Όσο πιο μεγάλο είναι το πάχος του προστατευτικού καλύμματος, τόσο πιο χαμηλή είναι η τρωτότητα.

Σε μια πρώτη προσέγγιση το πάχος του προστατευτικού καλύμματος και η υδραυλική του συμπεριφορά θεωρείται βασική παράμετρος, που καθορίζει την τρωτότητα του καρστικού υδροφορέα (Doerfliger et al., 1999). Κατά τη διάρκεια της βασικής ροής η τρωτότητα είναι σχετικά χαμηλή, γιατί τα νερά παραμένουν για πολύ χρόνο στον υδροφόρο. Αντίθετα κατά την υγρή περίοδο το νερό της βροχόπτωσης κατεισδύει στους αγωγούς του επικάρστ και στη συνέχεια κινείται στο καρστικό δίκτυο αγωγών. Το νερό αυτό φθάνει σχετικά γρήγορα στις πηγές και οι διαδικασίες αυτοκαθαρισμού είναι μη αποτελεσματικές, με συνέπεια να εμφανίζεται αυξημένη τρωτότητα.

Οι μεθοδολογίες που έχουν εισαχθεί για την μελέτη των καρστικών συστημάτων και τον καθορισμό των ζωνών προστασίας τους ονομάζονται EPIK, COP και PI.

## **Η μέθοδος EPIK**

Στην μέθοδο αυτή τα κριτήρια για την ποσοτική εκτίμηση είναι το επικάρστ (Epikarst), το προστατευτικό κάλυμμα (Protective cover), οι συνθήκες κατεΐσδυσης (Infiltration conditions) και η ανάπτυξη καρστικού δικτύου (Karst network development).

Η κατηγοριοποίηση των παραπάνω παραμέτρων είναι η εξής:

### **Επικάρστ**

E1: Καλά ανεπτυγμένο (δολίνες, καταβόθρες, εμφανίσεις με μεγάλη ρηγμάτωση κ.λπ.)

E2: Μέτρια ανεπτυγμένο (διαδοχικές δολίνες, εμφανίσεις με μέτρια ρηγμάτωση)

E3: Μικρό ή απουσία επικάρστ (απουσία καρστικών μορφολογικών φαινομένων και χαμηλή πυκνότητα ρηγμάτωσης)

### **Προστατευτικό κάλυμμα**

P1: παρουσία εδάφους με πάχος 0-20 cm

P2: παρουσία εδάφους με πάχος 20-100 cm

P3: παρουσία εδάφους με πάχος 100-200 cm

P4: παρουσία εδάφους με πάχος >200 cm

### **Συνθήκες κατεΐσδυσης**

I1: Σημειακή. Μόνιμη ή παροδική επιφανειακή τροφοδοσία μιας καταβόθρας από ένα υδρόρευμα-λεκάνες απορροής των ανωτέρω υδρορευμάτων

I2: Περιοχές της λεκάνης απορροής της περίπτωσης I1 με κλίση >10% για καλλιεργούμενες περιοχές και 25% για λιβάδια και βοσκότοπους

I3: Περιοχές της λεκάνης απορροής της περίπτωσης I1 με κλίση <10% για καλλιεργούμενες περιοχές και 25% για λιβάδια και βοσκότοπους. Περιοχές με χαμηλό ανάγλυφο που συγκεντρώνουν επιφανειακά νερά

I4: Η υπόλοιπη λεκάνη απορροής



## Καρστικό δίκτυο

K1: Παρουσία ενός καλά ανεπτυγμένου καρστικού δικτύου

K2: Παρουσία ενός φτωχά ανεπτυγμένου καρστικού δικτύου

K3: Μη καρστικός υδροφορέας με διακλάσεις. Παρουσία μιας πηγής σε πορώδες μέσο τροφοδοτούμενη από καρστικό υδροφορέα.

Ο προσδιορισμός των ανωτέρω παραμέτρων γίνεται με εμπειρικές μεθόδους, με παρατηρήσεις υπαίθρου, με έρευνα πεδίου (ιχνηθετήσεις, γεωφυσικές μεθόδους, ανόρυξη γεωτρήσεων, κ.λπ). Με βάση την ανωτέρω κατάταξη των παραμέτρων στη μεθοδολογία ΕΡΙΚ προκύπτουν οι αντίστοιχες τιμές με βάση τις οποίες γίνεται η βαθμονόμηση, όπου χαμηλή τιμή της παραμέτρου υποδηλώνει υψηλή ευαισθησία στην ρύπανση (Doerfliger et al., 1999):

Επικάρστ			Προστατευτικό κάλυμμα				Κατείσδυση				Καρστικό δίκτυο		
E1	E2	E3	P1	P2	P3	P4	I1	I2	I3	I4	K1	K2	K3
1	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3

## Η μέθοδος COP

Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα COST 620 (2003) για την εκτίμηση και χαρτογράφηση της γενικής τρωτότητας (intrinsic vulnerability) σε καρστικούς υδροφόρους εισάγεται η μέθοδος COP οι οποία χαρακτηρίζει και βαθμονομεί τέσσερις παράγοντες:

- 1) παράγοντας O: υπερκείμενα στρώματα (overlying layers)
- 2) παράγοντας C: συγκέντρωση ροής (concentration of flow)
- 3) παράγοντας P: βροχομετρικό καθεστώς (precipitation regime)
- 4) παράγοντας K: ανάπτυξη υδρογραφικού δικτύου (karst network development)

Ο πρώτος παράγοντας O (Overlying Layers) σχετίζεται με την προστατευτικότητα των υπερκείμενων στρωμάτων του υδροφόρου ορίζοντα (έδαφος, υπέδαφος, μη καρστικά πετρώματα, ακόρεστη καρστική ζώνη) και εξαρτάται από τα πάχη, το είδος των λιθολογιών και τις υδραυλικές ιδιότητες αυτών.

Τα υπερκείμενα στρώματα προστατεύουν το υπόγειο νερο. Η προστατευτικότητα είναι ένας συνδυασμός των προστατευτικών λειτουργιών-ιδιοτήτων κάθε ζώνης. Η προστατευτική ιδιότητα βασίζεται στον χρόνο εισροής ενός ρύπου μέχρι τον υδροφόρο ορίζοντα. Για την εύρεση του χρόνου αυτού χρειάζεται να συλλέξουμε δεδομένα όπως είναι το μέγεθος των κόκκων, η λιθολογία και το πάχος των στρωμάτων. Αν υπάρχουν δεδομένα για την περατότητα τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ενεργό πορώδες.

Όμως ο χρόνος εισροής μόνο δεν είναι αρκετός και χρειάζεται να συνδυάσουμε τρεις παράγοντες :

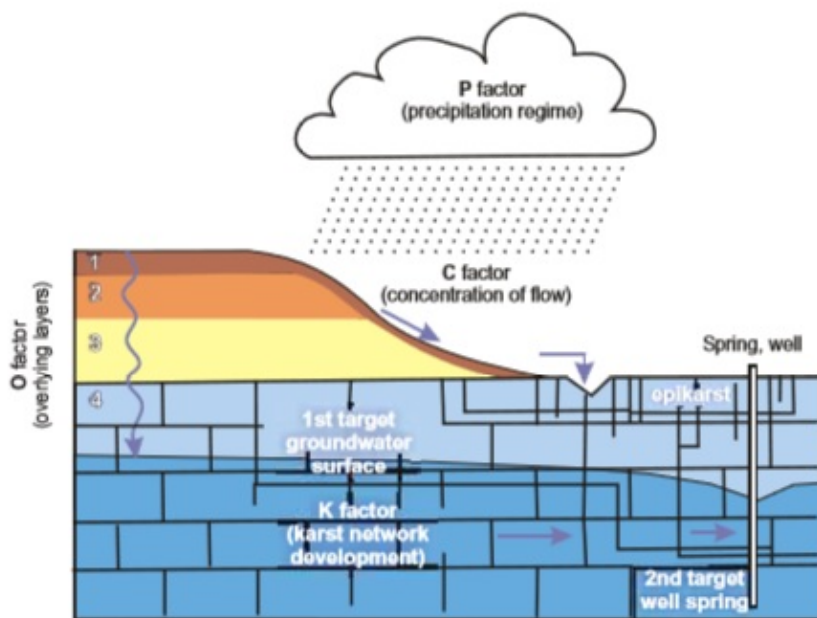
1. τον χρόνο εισροής
2. την φυσική απόσβεση (διάχυση-διάλυση)
3. την σχετική ποσότητα των ρύπων

Ο δεύτερος παράγοντας C (Concentration of Flow) αναγνωρίζει ότι σε μια καρστική περιοχή τα υπερκείμενα προστατευτικά στρώματα μπορεί να διαπεραστούν από απορρέοντα νερά, τα οποία συγκεντρώνονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και μετά εισέρχονται στο καρστικό υδροφόρο σύστημα π.χ. διαμέσου μιας δολίνας ή μιας καταβόθρας. Ο παράγοντας πρέπει να είναι βασισμένος στα ακόλουθα χαρακτηριστικά: κλίση πλαγιάς, χρήσεις γης, ιδιότητες εδάφους, απόσταση από καταβόθρες.

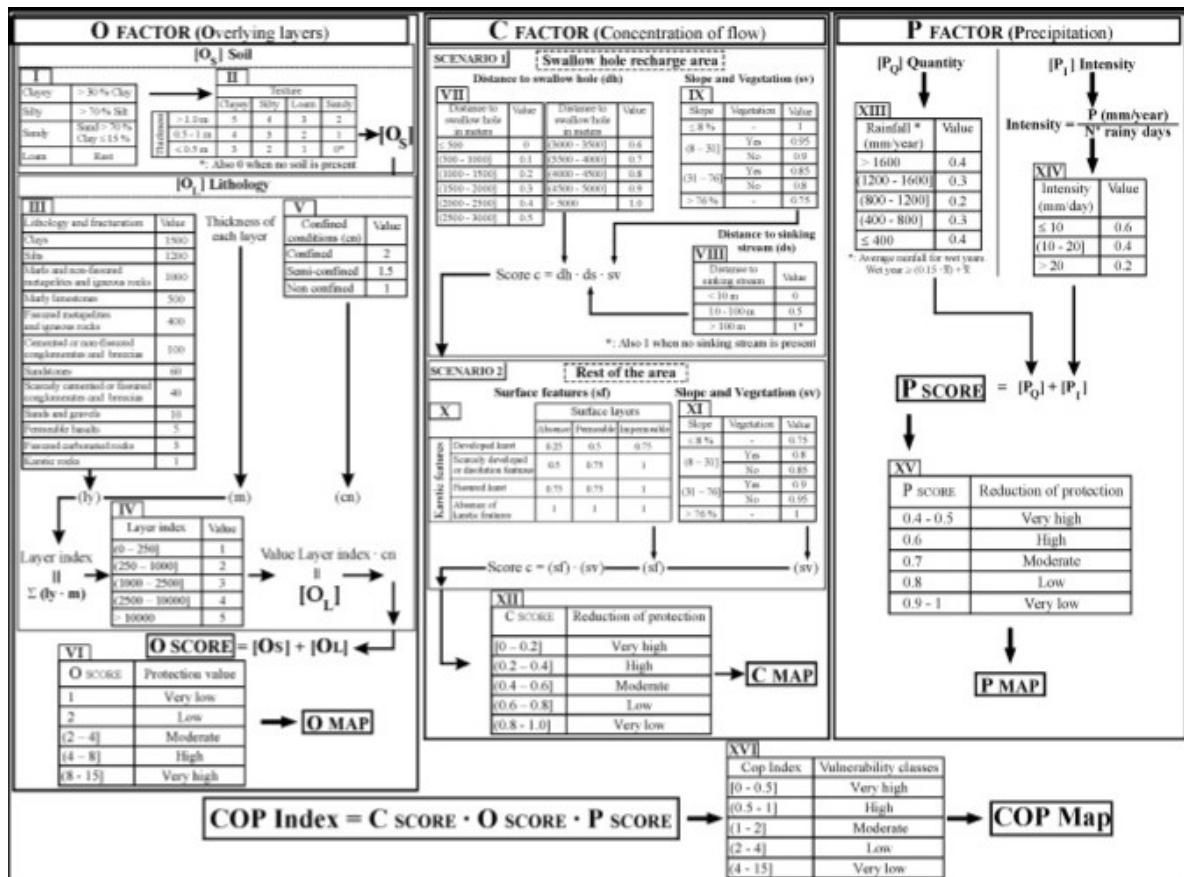
Ο τρίτος παράγοντας P (Precipitation) λαμβάνει υπόψη τα ετήσια κατακρημνίσματα της περιοχής, καθώς και την ένταση αυτών. Υψηλές εντάσεις επιταχύνουν τη μεταφορά των ρύπων και συνεπώς αυξάνουν την τρωτότητα.

Ο τέταρτος παράγοντας K (Karst Network) περιγράφει το βαθμό καρστικοποίησης του υδροφόρου.

Στο πρόγραμμα COST 620 (2003) προτείνεται μια μεθοδολογία για τη χαρτογράφηση της διακινδύνευσης στην τρωτότητα και επιπλέον διάφορες μέθοδοι για την εκτίμηση της τρωτότητας που περιλαμβάνουν ιχνηθετήσεις, υδρογράμματα και προσομοιώσεις.



Εικόνα 1: Μοντέλο λειτουργίας ενός καρστικού υδροφόρου συστήματος (COST 620, 2003)



Εικόνα 2: Διάγραμμα προσδιορισμού της τρωτότητας σύμφωνα με τη μέθοδο COP (από το πρόγραμμα COST 620)

## Η μέθοδος PI

Η μέθοδος **PI** προτάθηκε από τον Goldscheider το 2005 για τη χαρτογράφηση της τρωτότητας σε καρστικούς σχηματισμούς στη Γερμανία και λαμβάνει υπόψη δύο παραμέτρους: 1) το προστατευτικό κάλυμμα (**P**rotective cover) και 2) τις συνθήκες κατείσδυσης (**I**nfiltration conditions).

Ο παράγοντας **P** δείχνει την αποτελεσματικότητα του προστατευτικού καλύμματος βάσει του πάχους και των υδραυλικών ιδιοτήτων όλων των στρωμάτων από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι την στάθμη του καρστικού υδροφόρου, δηλαδή του εδαφικού μανδύα, των υπεδαφικών ιζημάτων, του μη καρστικού υπεδαφικού πετρώματος και του μέρους του καρστικού πετρώματος που δεν περιέχει τον υδροφόρο, δηλαδή μέχρι την στάθμη του.

Ο παράγοντας **I** δείχνει τον βαθμό που το προστατευτικό κάλυμμα διαπερνάται από ρέον επιφανειακό ή υποεπιφανειακό νερό, ειδικά όταν η ροή λαμβάνει μέρος εντός υδρογραφικού δικτύου. Λαμβάνονται υπ' όψιν οι ιδιότητες του εδάφους, οι χρήσεις γης, η βλάστηση, οι τοπογραφικές κλίσεις και κυρίως οι καρστικές δομές που επιτρέπουν στο επιφανειακό νερό άμεση πρόσβαση στον καρστικό υδροφόρο, όπως είναι οι καταβόθρες.

### 1.3 Πηγές ρύπανσης του υπογείου νερού

Ρύπανση του υπογείου νερού καλείται ο τεχνικά προκαλούμενος υποβιβασμός της ποιότητας του. Η ρύπανση περιορίζει τις χρήσεις του και δημιουργεί κινδύνους στην υγεία του ανθρώπου, εξαιτίας των τοξικών ουσιών και τις μεταδόσεως ασθενειών.

Η μεγαλύτερη ρύπανση προέρχεται από τη διάθεση των αποβλήτων και έτσι, μια μεγάλη ποικιλία από μολυσματικές πηγές και αιτίες μεταβάλλουν την ποιότητα του υπογείου νερού.

Αυτό το είδος ρύπανσης είναι δύσκολο να ανακαλυφθεί και ακόμα δυσκολότερο να τεθεί υπό έλεγχο. Έτσι, συνεχίζεται για μεγάλο χρονικό διάστημα, με αποτέλεσμα οι ανάγκες για πρόληψη, ελάττωση και αποφυγή της ρύπανσης να αυξάνονται συνεχώς.

Οι κυριότερες πηγές και αιτίες ρύπανσης του υπογείου νερού είναι οι παρακάτω :

#### 1. Δημόσιες πηγές και αιτίες

- α) Διαρροές υπονόμων
- β) Υγρά απόβλητα
- γ) Στερεά απόβλητα

**2. Βιομηχανικές πηγές και αιτίες** (ρήψη βιομηχανικών αποβλήτων σε αβαθείς λάκκους που επιτρέπουν την μετανάστευση στο υπόγειο νερό, καθώς και τοξικών βιομηχανικών αποβλήτων μέσα σε βαθιές γεωτρήσεις σε σχηματισμούς αλμυρού νερού κάτω από τους υδροφόρους ορίζοντες γλυκού νερού).

#### 3. Αγροτικές πηγές και αιτίες

- α) Επιστροφή αρδευτικού νερού
- β) Απορρίματα ζώων
- γ) Λιπάσματα και βελτιωτικά του εδάφους
- δ) Φυτοφάρμακα

#### 4. Διάφορες άλλες πηγές και αιτίες

- α) Διαρροές από σωλήνες και βαλβίδες
- β) Πλύσιμο αεροσκαφών, αυτοκινήτων και ανατροπές αυτοκινήτων που μεταφέρουν υγρά καύσιμα
- γ) Μη στεγανοί βόθροι και διάφοροι νερόλακκοι
- δ) Ρήψη αλατιού κατά τη χειμερινή περίοδο σε αυτοκινητόδρομους, λόγω δημιουργίας πάγου
- ε) Διείσδυση θαλασσινού νερού σε παράκτιους υδροφόρους ορίζοντες, λόγω υπεράντλησης
- στ) Μολυσμένα επιφανειακά νερά τα οποία τροφοδοτούν τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες

## 1.4 Περίμετρος προστασίας ενός υδροληπτικού έργου

Σε κάθε υδροληπτικό έργο καθορίζεται μια περίμετρος προστασίας για την ποιοτική προστασία του υπό εκμετάλλευση υδροφόρου ορίζοντα. Τα κριτήρια καθορισμού της περιμέτρου προστασίας ποικίλλουν από χώρα σε χώρα, ανάλογα με τους κανόνες υγιεινής, τα πρότυπα ποσιμότητας κ.λπ. και περιλαμβάνουν ένα κατάλογο από απαγορευτικές ανθρώπινες δραστηριότητες που μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα των υπόγειων νερών. Οι επιπτώσεις των διαφόρων πηγών ρύπανσης εξαρτώνται από την απόσταση από το υδροληπτικό έργο, τις ιδιότητες του ρύπου, καθώς και τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του υδροφόρου ορίζοντα και τη φύση των υλικών πάνω από αυτόν. Έτσι διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις:

- 1) Ευνοϊκές συνθήκες: Το υδροφόρο στρώμα προστατεύεται από την παρουσία υλικών της ακόρεστης ζώνης με μεγάλη ικανότητα αυτοκαθαρισμού.
- 2) Μέτριες συνθήκες: Το υδροφόρο στρώμα έχει καλές ιδιότητες αυτοκαθαρισμού.
- 3) Δυσμενείς συνθήκες: Το υδροφόρο στρώμα έχει ελάχιστη ή καθόλου ικανότητα αυτοκαθαρισμού.

Η διακινδύνευση του εκμεταλλευόμενου υδροφόρου ορίζοντα είναι μεγαλύτερη, όσο μικραίνει η απόσταση της πηγής ρύπανσης από το υδροληπτικό έργο. Έτσι η περιοχή προστασίας υποδιαιρείται σε επιμέρους ζώνες, που προσαρμόζονται ανάλογα με την επίδραση που μπορεί να έχει μια πηγή ρύπανσης.

## 1.5 Ζώνες προστασίας

Οι ζώνες προστασίας καθορίζονται με βάση τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα και των ανώτερων οριζόντων που τον καλύπτουν, καθώς και την ικανότητα αυτοκαθαρισμού του εδαφικού ορίζοντα και της ακόρεστης ζώνης. Έτσι, οι ζώνες προστασίας ενός υδροληπτικού έργου είναι οι παρακάτω.

### **Ζώνη προστασίας I** (άμεσης προστασίας ή απαγορευμένη ζώνη)

Η ζώνη αυτή προφυλάσσει τον άμεσο χώρο γύρω από το υδροληπτικό έργο από κάθε μορφή επίδρασης που μπορεί να προκύψει από επιφανειακούς παράγοντες. Στην περίπτωση γεώτρησης περιλαμβάνει τον χώρο γύρω της σε ακτίνα 10-30 m. Στην περίπτωση πηγής περιλαμβάνει τις εγκαταστάσεις, την πλησιέστερη περιοχή ανάντη αυτής (>20 m) και τον χώρο κατάντη (2-5 m). Στη ζώνη I απαγορεύονται οι δραστηριότητες που αναφέρονται στις υποζώνες ΙΙΑ, ΙΙΒ, ΙΙΙΑ και ΙΙΙΒ, καθώς επίσης και η κυκλοφορία οχημάτων, κάθε γεωργική δραστηριότητα και κάθε δραστηριότητα που επιδρά στον εδαφικό ορίζοντα και στην ακόρεστη ζώνη.

### **Ζώνη προστασίας II** (ζώνη μικροβιολογικής προστασίας ή ζώνη 50 ημερών)

Η ζώνη αυτή έχει σκοπό να προφυλάξει το υδροληπτικό έργο από διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες, ιδιαίτερα από μια ενδεχόμενη μικροβιακή μόλυνση. Επειδή τα μικρόβια και ιδίως οι παθογόνοι μικροοργανισμοί έχουν χρόνο ζωής στον υδροφόρο ορίζοντα περίπου 50 ημέρες, ονομάζεται ζώνη μικροβιολογικής προστασίας ή ζώνη 50 ημερών. Η εξαφάνιση των μικροβίων εξαρτάται από την ταχύτητα ροής, τη λιθολογική σύσταση του υδροφορέα, τις διαδικασίες προσρόφησης, το χημισμό του υπόγειου νερού, το πάχος της ακόρεστης ζώνης κ.λπ.

Η ισόχρονη γραμμή 50 ημερών μπορεί να υπολογισθεί με εφαρμογή ιχνηθετών, με τη βοήθεια πιεζομετρικών χαρτών ή με εφαρμογή εμπειρικών τύπων γνωρίζοντας τις υδραυλικές παραμέτρους:

- $L_{50} = v \cdot 50$ , όπου  $L_{50}$  είναι η απόσταση της γεώτρησης από την περίμετρο προστασίας της ζώνης II (m) και  $v$  είναι η πραγματική ταχύτητα ροής (m/d).
- $L_{50} = (Q/DSy\pi)^{1/2}$ , όπου  $Q$  είναι η αντλούμενη ποσότητα σε 50 ημέρες ( $m^3$ ),  $D$  το πάχος του υδροφόρου στρώματος (m),  $Sy$  το ενεργό πορώδες και  $\pi=3,14$ .

Για τον καθορισμό της ζώνης προστασίας II σε κοκκώδεις σχηματισμούς απαιτείται ο προσδιορισμός των κάτωθι παραμέτρων:

- Ακόρεστη ζώνη (το πάχος, ο συντελεστής υδροπερατότητας, το ολικό και ενεργό πορώδες)
- Κορεσμένη ζώνη ( το βάθος της στάθμης του υπόγειου νερού, ο συντελεστής υδροπερατότητας, το ολικό και ενεργό πορώδες, το πάχος και η ταχύτητα ροής).

Στους καρστικούς υδροφόρους ορίζοντες πρέπει να αποκλείονται μερικά τμήματα της περιοχής τροφοδοσίας που θεωρούνται ευάλωτα στη ρύπανση, όπως: δολίνες, καταβόθρες, βαθιές καρστικές λεκάνες, ρήγματα και ζώνες διάρρηξης, επιφανειακά ορυχεία, στοές που αποθηκεύουν νερό, τμήματα καρστικών ρεμάτων που κατεισδύουν επιφανειακά νερά κ.λπ.

Ανάλογα με τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του υδροφόρου ορίζοντα (ταχύτητα υπόγειας ροής) υποδιαιρείται σε δύο υποζώνες:

- *Υποζώνη IIA*: Επεκτείνεται από τα όρια της ζώνης I μέχρι την ισόχρονη γραμμή των 10 ημερών. Η απόσταση αυτή πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 100 m, ανάντη του υδροληπτικού έργου. Εκατέρωθεν της γεώτρησης επεκτείνεται μέχρι τα όρια της ακτίνας επίδρασης της γεώτρησης, χωρίς να υπερβαίνει τα όρια της ζώνης ανάκτησης.

Στην υποζώνη αυτή απαγορεύονται οι δραστηριότητες που αναφέρονται στις υποζώνες IIB, IIIA και IIIB, καθώς και κάθε γεωργική και κατασκευαστική δραστηριότητα.

- *Υποζώνη IIB*: Επεκτείνεται από τα όρια της ισόχρονης γραμμής των 10 ημερών μέχρι τα όρια της ισόχρονης γραμμής των 50 ημερών. Στην υποζώνη αυτή απαγορεύεται κυρίως ότι αναφέρεται στις υποζώνες IIIA και IIIB, καθώς επίσης και οι ακόλουθες δραστηριότητες: εγκατάσταση εργοστασίων, δημιουργία χώρων αναψυχής, βοσκή ζώων, μεταλλευτικά έργα και εκρήξεις, εγκατάσταση ιχθυοτροφείων, μεταφορά ραδιενεργών υλικών και ρύπων, δημιουργία λατομείων, αποθήκευση ορυκτελαίων και δομικών υλικών, χρησιμοποίηση λιπασμάτων, ανάπτυξη έργων υποδομής με παρεμβάσεις στο έδαφος κ.λ.π.

**Ζώνη προστασίας III** (ζώνη χημικής προστασίας ή επιτηρούμενη ζώνη): Καλύπτει την απομακρυσμένη περιοχή τροφοδοσίας της γεώτρησης και περιβάλλει τη ζώνη II. Η ζώνη αυτή έχει σκοπό να προστατεύσει τον υδροφόρο ορίζοντα από χημικές ουσίες και ραδιενεργά απόβλητα. Σε συνθήκες σταθερής ροής η ζώνη αυτή ταυτίζεται με τη ζώνη ανάκτησης. Η περιοχή τροφοδοσίας μπορεί να εκτιμηθεί με βάση:

- τον πιεζομετρικό χάρτη
- τις υδραυλικές παραμέτρους και τις γενικές υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής
- εμπειρικά από τη σχέση:  $A_r = Q/I$ , όπου  $A_r$  είναι η περιοχή τροφοδοσίας ( $km^2$ ),  $Q$ =ο ετήσιος αντλούμενος όγκος νερού ( $m^3/yr$ ) και  $I$ =η κατεισδυσση ( $m^3/yr/km^2$ ). Η ακτίνα της κυκλικής περιοχής τροφοδοσίας δίνεται από τη σχέση:  $r = \pi / rA$  όπου  $r$  είναι η ακτίνα της γεώτρησης και  $\pi=3,14$ .

- με τη χρήση αναλυτικών (RESSQC, MWCAP) ή αριθμητικών μοντέλων (MODFLOW/MODPATH, FLOWPATH).

- Υπολογίζοντας τη ζώνη ανάκτησης .

Υποδιαιρείται σε δύο υποζώνες:

- *Υποζώνη IIIA*: Επεκτείνεται σε απόσταση μέχρι 2000 m από το υδροληπτικό έργο. Όταν η ταχύτητα του υπόγειου νερού είναι μεγαλύτερη από 10 m/day και προκύπτει μεγάλη ακτίνα για τη ζώνη II, θα πρέπει η υποζώνη IIIA να καλύπτει τα όρια της ισόχρονης γραμμής των 50 ημερών. Στην υποζώνη αυτή απαγορεύεται η εγκατάσταση: κτηνοτροφικών μονάδων, διύλιστηρίων, χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, νεκροταφείων, χώρων διάθεσης λυμάτων και αποβλήτων, βιομηχανιών εφόσον τα απόβλητά τους δεν απορρίπτονται εκτός της υποζώνης IIIA και τέλος η χρήση φυτοφαρμάκων, εντομοκτόνων και λιπασμάτων.

- *Υποζώνη IIIB*: Επεκτείνεται μέχρι τα όρια του υπόγειου υδροκρίτη. Στην υποζώνη αυτή απαγορεύεται η εγκατάσταση εργοστασίων που αποβάλλουν ραδιενεργές ουσίες, χημικών και μεταλλευτικών εργοστασίων, πυρηνικών αντιδραστηρίων και ελαιοτριβείων. Επίσης απαγορεύεται η διάθεση στο έδαφος τοξικών ουσιών, φυτοφαρμάκων, εντομοκτόνων, φαινολών κ.λπ., καθώς και η μεταφορά ουσιών που ρυπαίνουν. Η απόσταση των ορίων IIIA/IIIB δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 1000 m.

Στις ιαματικές πηγές υπάρχει αλληλοεξάρτηση μεταξύ της παροχής και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων τους (Καλλέργης, 2000). Η θέση και τα όρια της ζώνης προστασίας καθορίζονται από τις υδρογεωλογικές συνθήκες, τη γεωλογική δομή και τον τύπο των ιαματικών πηγών. Το βάθος προέλευσης του νερού είναι σημαντικός παράγοντας για τον καθορισμό των ζωνών προστασίας των πηγών.

Γενικά στις πηγές που προέρχονται από μεγάλο βάθος (>500 m) πρέπει να λαμβάνονται μέτρα μόνο ποσοτικής προστασίας, ενώ στις πηγές που προέρχονται από μικρό βάθος (< 100 m) πρέπει να λαμβάνονται τόσο μέτρα ποσοτικής, όσο και ποιοτικής προστασίας (Σταμάτης, 2001).

Στη ζώνη ποσοτικής προστασίας απαγορεύονται επεμβάσεις στο υπέδαφος σε βάθος μεγαλύτερο από 5 m (εσωτερική ζώνη Α) και σε βάθος μεγαλύτερο από 20 m (εξωτερική ζώνη Β) και γενικά επεμβάσεις που μεταβάλλουν τη στάθμη του υπόγειου νερού, τη διεύθυνση ροής κ.λπ.

Οι ζώνες ποιοτικής προστασίας, στην περίπτωση των ιαματικών πηγών, καθορίζονται όπως και στα υδροληπτικά έργα για άντληση πόσιμου νερού. Η περίμετρος προστασίας των ιαματικών πηγών πρέπει να επιτηρείται επαρκώς με καταγραφή της ποιότητας και της παροχής των πηγών, την πιθανή υδραυλική επικοινωνία με επιφανειακά ρυπασμένα νερά, πιθανή αποθήκευση επικίνδυνων υλικών και διάθεση υλικών που ενδεχομένως επιβαρύνουν το ιαματικό νερό κ.λπ.

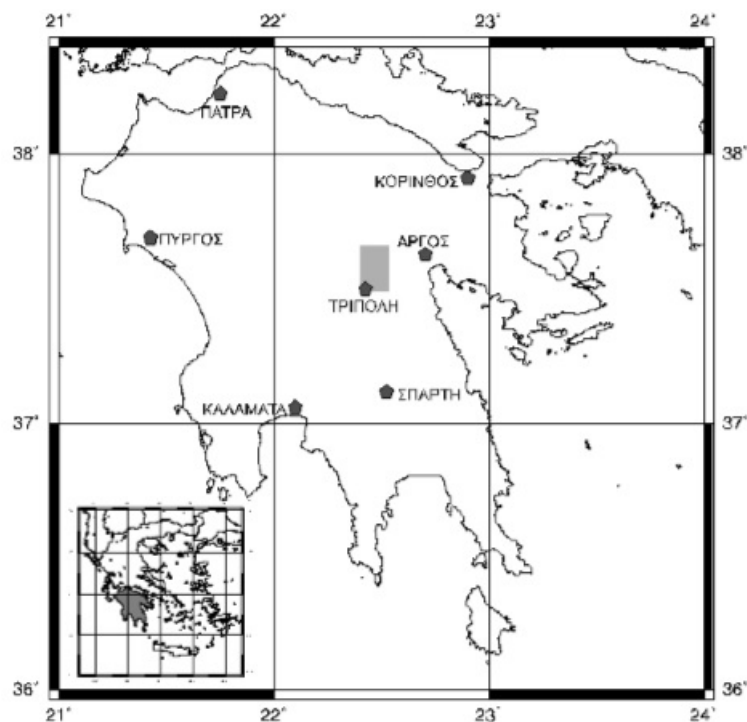
Στην περίπτωση που τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών είναι επιβαρυντικά απαιτείται η έγκαιρη διερεύνηση των αιτιών ρύπανσης και η λήψη μέτρων αποκατάστασης της ποιότητας και ποσότητας της ιαματικής πηγής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Περιοχή μελέτης

### 2.1 Γεωμορφολογία και κλιματικές συνθήκες

#### 2.1.1 Μορφολογικά στοιχεία

Το οροπέδιο της Τρίπολης αποτελεί μια κλειστή ενδοορεινή λεκάνη, η οποία σχηματίστηκε μετά τη δράση εφελκυστικού ρήγματος, το οποίο πρέπει να έδρασε κατά το Πλειόκαινο (Καροτσιέρης – Λέκκας, 1986) , δεδομένου ότι τα αρχαιότερα ιζήματα έχουν ανωπλειοκαινική ηλικία.



Εικόνα 3 : Χάρτης γεωγραφικής θέσης της υπό μελέτης περιοχής

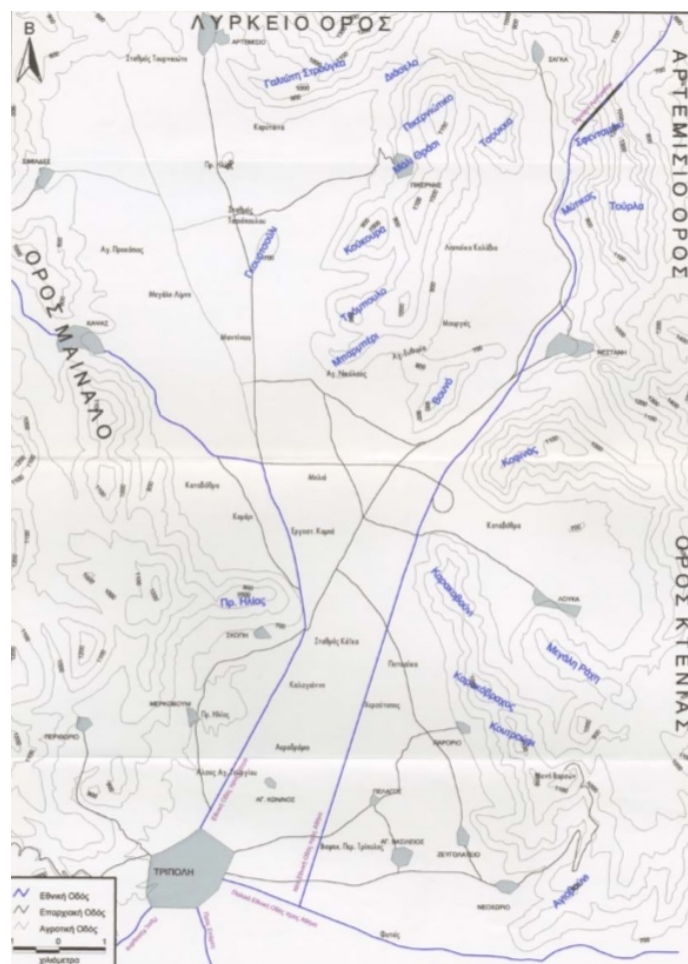
Η λεκάνη αυτή μετασχηματίστηκε σε πόλγη κατά το Τεταρτογενές (Bogli, 1986), λόγω μορφογεννετικών δυνάμεων στην περιοχή. Η πόλγη αυτή ορίζεται από την ισουψή των 650 μέτρων. Μέσα στην πόλγη αυτή βρίσκονται τρεις υπολειμματικοί λοφοειδείς σχηματισμοί με υψόμετρο που ξεπερνάει το υψόμετρο αυτό, οι οποίοι ονομάζονται *humi* και συγκεκριμένα τους σχηματισμούς αυτούς αποτελούν οι λόφοι Προφήτη Ηλία Αρτεμισίου, Γκορτσούλι και Λουκά.

Λόγω μορφολογικού “στενώματος” που είναι αποτέλεσμα της έξαρσης του ασβεστολιθικού υποβάθρου στην περιοχή των ορεινών όγκων Προφήτη Ηλία Σκοπής στα ανατολικά και Καρακοβούνι στα δυτικά, η περιοχή μελέτης διαχωρίζεται σε δύο επί μέρους λεκάνες, τη βόρεια



(υπολεκάνες Σάγκα - Νεστάνης και Πικέρνη - Μαντίνειας - Μηλιάς) και τη νότια (υπολεκάνη Τρίπολης).

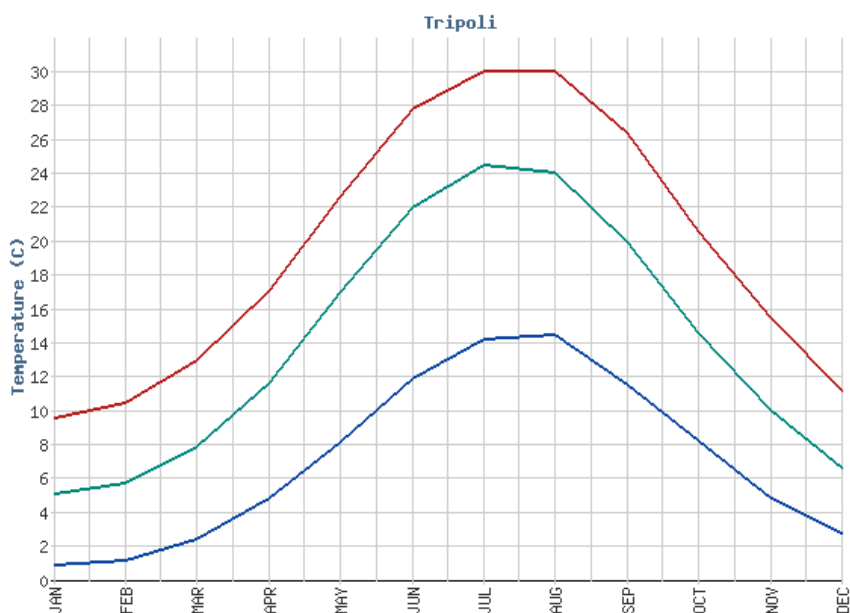
Όσον αφορά το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής, σε αυτό κυριαρχούν οι καρστικές καταβόθρες οι οποίες διοχετεύουν την επιφανειακή απορροή εκτός λεκάνης. Οι σημαντικότερες εξ αυτών είναι αυτές του Κάψα, της Νεστάνης, του Λουκά και του Κανατά.



Εικόνα 4: Απλοποιημένος τοπογραφικός χάρτης της περιοχής (Γ.Υ.Σ, φύλλο “Τρίπολη”, κλίμακα 1:50.000)

## 2.1.2 Κλίμα

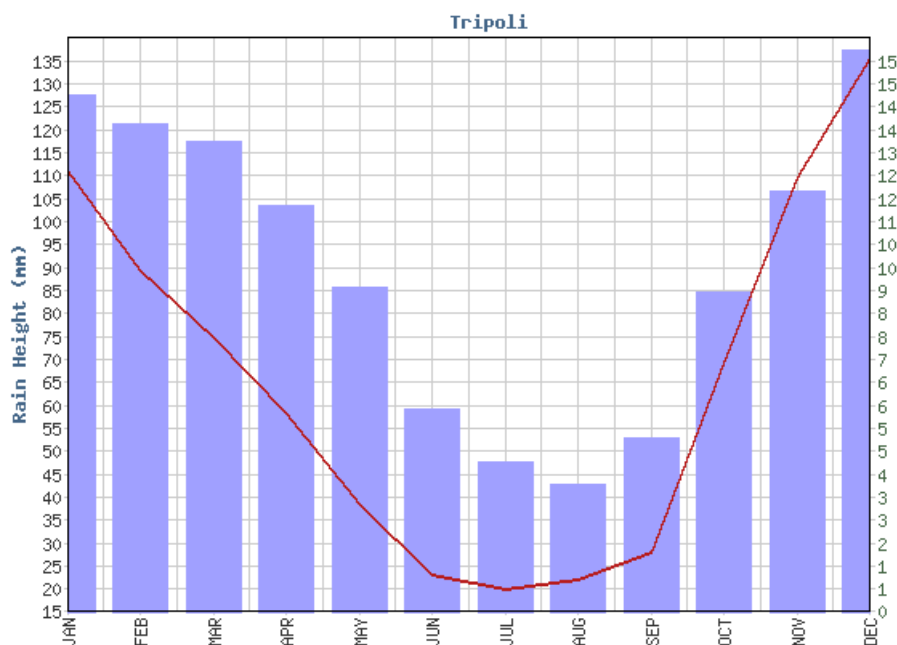
Λόγω της ηπειρωτικής της τοποθεσίας, το κλίμα της Τρίπολης μεταβάλλεται από μεσογειακό έως ηπειρωτικό, με θερμά ξηρά καλοκαίρια και κρύους χειμώνες. Το καλοκαίρι η θερμοκρασία μπορεί να ξεπεράσει τους 38 βαθμούς κελσίου (απόλυτη μέγιστη 43 βαθμοί κελσίου) , ενώ το χειμώνα η θερμοκρασία μπορεί να πέσει κάτω από τους -10 βαθμούς κελσίου (απόλυτη ελάχιστη -17 βαθμοί κελσίου). Οι χιονοπτώσεις είναι αρκετά συνηθισμένες κατά τους μήνες Οκτώβρη έως Απρίλη, όπως επίσης και η εμφάνιση ομίχλης και πάχνης το ίδιο διάστημα.



Εικόνα 5: Διάγραμμα μεταβολής της ελάχιστης, μέσης και μέγιστης μηνιαίας θερμοκρασίας στην περιοχή μελέτης (EMY)

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	0.9	1.2	2.5	4.9	8.2	11.9	14.3	14.5	11.6	8.3	4.9	2.8
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	5.1	5.8	7.9	11.7	17.0	22.0	24.5	24.1	20.0	14.6	10.1	6.7
Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	9.6	10.5	13.0	17.1	22.7	27.8	30.1	30.1	26.4	20.6	15.5	11.2

Πίνακας 2 : Πίνακας θερμοκρασιακών δεδομένων της περιοχής (EMY)



Εικόνα 6: Διάγραμμα μέσου μηνιαίου υετού (EMY)

## 2.2 Γεωλογία

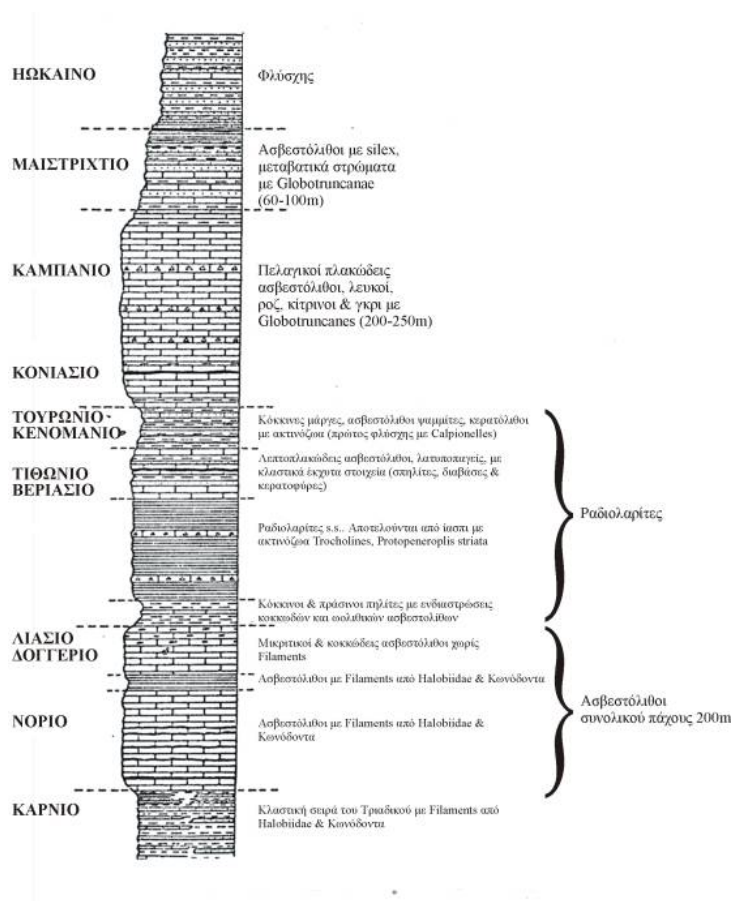
### 2.2.1 Αλπικοί σχηματισμοί

Η υπό μελέτη περιοχή αποτελεί τμήμα των εξωτερικών γεωτεκτονικών ενότητων των Ελληνίδων και σύμφωνα με τους χάρτες του Ι.Γ.Μ.Ε, η περιοχή περιλαμβάνει τις ενότητες Τρίπολης, Πίνδου, Άρνας και Μάνης. Ακολουθεί ξεχωριστή ανάλυση για τις παραπάνω ενότητες.

#### Ενότητα Πίνδου

Η ενότητα της Πίνδου αποτελεί την πρώτη τυπική πελαγική ενότητα από τα Δυτικά και χαρακτηρίζεται κυρίως από πυριτική και ανθρακική και λιγότερο κλαστική ιζηματογένεση από το Άνω Τριαδικό μέχρι το Άνω Κρητιδικό. Η απόθεση του φλύσχη ξεκίνησε κατά το Ανώτατο Μαιστρίχτιο – Ανώτατο Παλαιόκαινο και συνεχίστηκε μέχρι το Μέσο Ηώκαινο (Ηπειρος) και Ανώτερο Ηώκαινο. Στη βάση της κολώνας της Πίνδου συναντάμε βασικά ηφαιστειακά πετρώματα ενώ χαρακτηριστικός είναι ο κλαστικός κατωκρητιδικός σχηματισμός, ο οποίος είναι τύπου φλύσχη (“πρώτος φλύσχη”) και αποτελείται από κλαστικό υλικό της πρώιμης αλπικής ορογένεσης το οποίο έφτασε ως την αύλακα της Πίνδου. Η ύπαρξη αυτού υποδηλώνει ότι η Πίνδος ήταν κοντά στις Εσωτερικές Ελληνίδες την εποχή της πρώιμης αλπικής ορογένεσης.

Όσον αφορά την εσωτερική δομή της, κύριος χαρακτήρας της είναι η δομή κατά λέπη και συγκεκριμένα για το **αρκαδικό κάλυμμα** που συναντάμε στην περιοχή της Πελοποννήσου, αυτό δημιουργείται από τον ορίζοντα τεκτονικής αποκόλλησης ο οποίος βρίσκεται στη βάση των ανωκρητιδικών ασβεστολίθων, ακριβώς πάνω από τον “πρώτο φλύσχη”.



Εικόνα 7: Στρωματογραφική στήλη της Ενότητας της Πίνδου βασισμένη στα στοιχεία του Fleury (1980)

### Μεταβατικά ιζήματα από Τρίπολη σε Πίνδο

Η ενότητα αυτή βρίσκεται τεκτονικά σφηνωμένη κάτω από το Πινδικό κάλυμμα. Κατώτερα αποτελείται από ραδιολαρίτες ερυθρού ή πράσινου χρώματος, οι οποίοι εξελίσσονται σε εναλλαγές δολομιτών και κερατολίθων. Όσον αφορά τα ανώτερα ιζήματα, αυτά αποτελούνται κυρίως από ασβεστολιθικά λατυποπαγή, τα οποία εξελίσσονται σε μικρολατυποπαγείς τουρβιδιτικούς ασβεστολίθους. Η ηλικία τους είναι ανωκρητιδική – ηωκαινική και η πανίδα που περικλείουν οι λατύπες νηριτική, ενώ όσον αφορά το συνδετικό υλικό η πανίδα εκεί είναι πελαγική.

### Ενότητα Τρίπολης

Πρόκειται για μια νηριτική ενότητα με απλή λιθολογικά στρωματογραφική κολώνα, καθώς συναντάμε συνέχεια νηριτικούς ασβεστολίθους μεγάλου πάχους, οι οποίοι ξεκινάνε από το Άνω Τριαδικό και φτάνουν στο Άνω Ηώκαινο και φυσικά διαχωρίζονται λόγω διαφορετικών απολιθωμάτων (φύκη *Diplorora* - *Megalodon* στο Τριαδικό, κοράλλια - *Clypeines* στο Ιουρασικό, *Nerinees* - ρουδιστές στο Κρητιδικό και νουμουλίτες στο Ηώκαινο). Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ενότητας αυτής είναι:

(1) Η παρουσία ενός ιδιόμορφου τεκτονο-ιζηματογενή σχηματισμού, του “**άγριου φλύσχη**”, ο οποίος βρίσκεται στους φλυσχικούς ορίζοντες κάτω από την τεκτονική επαφή με το κάλυμμα της Πίνδου και που μέσα στην κύρια μάζα του εμπεριέχονται ογκώδη κλαστικά υλικά προερχόμενα από διάφορους ορίζοντες του καλύμματος της Πίνδου. Είναι ιδιαίτερα σημαντική η παρουσία του, καθώς αποτελεί τα τελευταία στρώματα που αποτέθηκαν στις θαλάσσιες λεκάνες ιζηματογένεσης και λόγω των τεμαχίων που έπεφταν σε αυτόν από το επερχόμενο κάλυμμα, μπορούμε να χρονολογήσουμε την επώθηση της Πίνδου.

(2) Η παρουσία ενός ηφαστειο-ιζηματογενούς συμπλέγματος κάτω από τους νηριτικούς ασβεστολίθους της Τρίπολης, που αποτελεί τη βάση της κολώνας με ηλικία Ανώτερο Παλαιοζωικό - Μέσο Τριαδικό, γνωστό σαν **στρώματα Τυρού**. Τα στρώματα αυτά είναι ελαφρώς μεταμορφωμένα και τις περισσότερες φορές η μεταμόρφωση αυτή δε μπορεί να αποδειχθεί.

### Ενότητα φυλλιτών - χαλαζιτών (Άρνα)

Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει μέσου βαθμού μεταμόρφωσης πετρώματα κυανοσχιστολιθικού τύπου και τεκτονικά τοποθετείται μεταξύ των ενότητων Μάνης και Τρίπολης. Χαρακτηριστικές λιθολογίες της ενότητας αυτής παρατηρούνται στον ανατολικό Ταύγετο, οι οποίες περιλαμβάνουν μετα-βασάλτες, μετα-τόφφους, μετα-κροκαλοπαγή, μετα-πηλίτες και χαλαζίτες. Η ενότητα αναφέρεται ως φυλλιτών – χαλαζιτών εξαιτίας του γεγονότος ότι συνήθως πρόκειται για ανάμειξη με τα στρώματα Τυρού, τα οποία περιέχουν φυλλίτες.

Η ηλικία της ενότητας αυτής δεν είναι καλά προσδιορισμένη, λόγω μη διατήρησης απολιθωμάτων. Τα μοναδικά στοιχεία που είναι γνωστά σχετικά με την ηλικία της είναι τα εξής : (1) ανωπαλαιοζωική ηλικία του γρανίτη της Άρνας στα Κύθηρα και (2) κάμβρια ηλικία στα μετα-κλαστικά της Άρνας στο τεκτονικό παράθυρο του Φενεού (Ζαρούχλα, βόρεια Πελοπόννησος). Επομένως, μπορούμε να πούμε ότι η ηλικία της ενότητας είναι παλαιοζωική.

### Ενότητα Μάνης

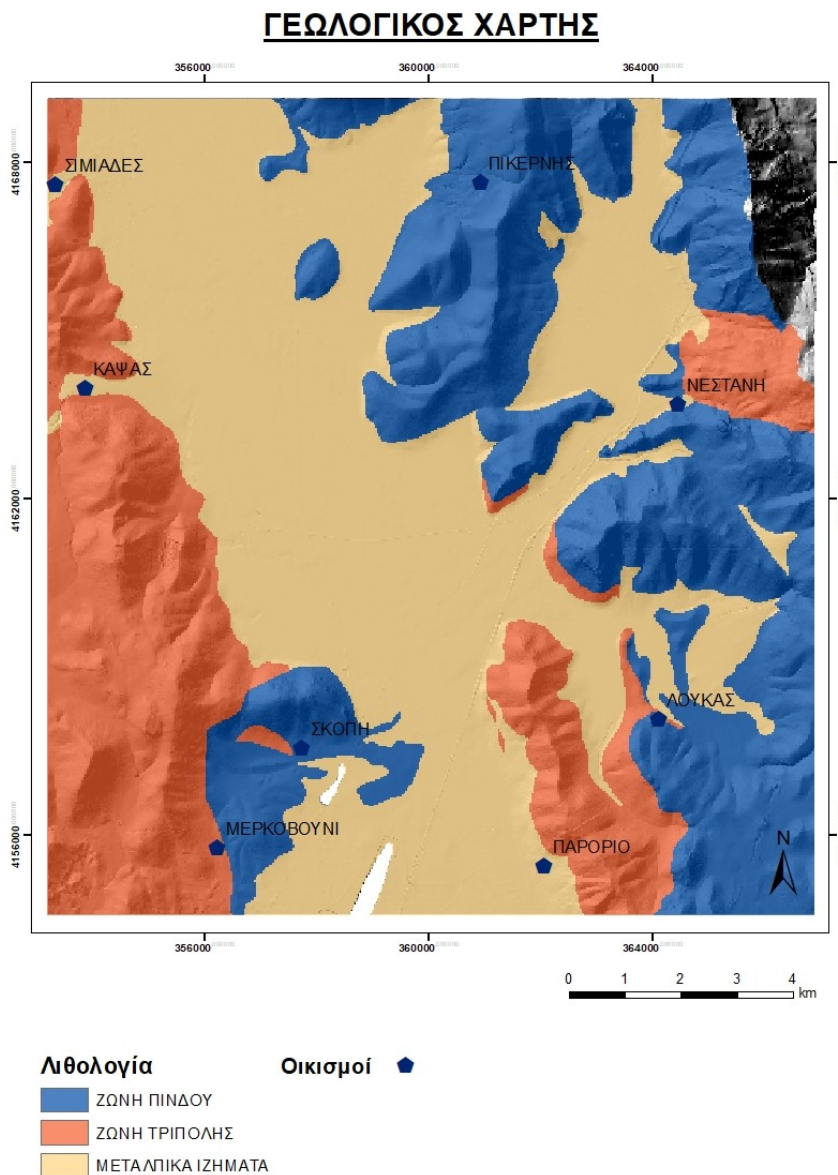
Η αυτόχθονη αυτή ενότητα της Πελοποννήσου, στρωματογραφικά μοιάζει με την Ιόνια ενότητα και είναι ελαφρά μεταμορφωμένη. Άλλα χαρακτηριστικά της ενότητας αυτής είναι η έντονη κρυσταλλικότητα στους ασβεστολίθους και η έντονη τεκτονική δομή με τεκτονική ροή στις ισοκλινείς πτυχές, σε όλες τις κλίμακες. Όπως προαναφέρθηκε, η στρωματογραφική της στήλη είναι σχετικά κοινή τόσο για την Μάνη όσο και για την Ιόνια, επομένως στη βάση της συναντάμε το σχηματισμό Παντοκράτορα σε μορφή συμπαγών λευκών μαρμάρων ηλικίας Ανώτερο Τριαδικό – Λιάσιο, στη συνέχεια σχιστολίθους και πυριτικούς κρυσταλλικούς ασβεστολίθους, αντίστοιχοι των σχιστολίθων με ποσειδώνιες, ακόμα πιο πάνω έχουμε τον σχηματισμό Βίγλας, δηλαδή πλακώδεις κρυσταλλικούς ασβεστολίθους (**Plattenkalk**) και τέλος, κάτω από τον ελαφρά μεταμορφωμένο φλύσχη βρίσκονται κλαστικοί κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και πολύχρωμα σιπολινομάρμαρα.

Τα πρώτα απολιθώματα της ενότητας βρέθηκαν στην Κρήτη και συγκεκριμένα στα μεταβατικά στρώματα από τους κρυσταλλικούς ασβεστολίθους προς τον φλύσχη και ήταν κυρίως Globigerines του Ανωτέρου Ηωκαίνου. Η ενότητα της Μάνης εμφανίζεται σε μορφή τεκτονικών παραθύρων, τόσο στη Πελοπόννησο όσο και στη Κρήτη.

### 2.2.2 Μεταλλικοί σχηματισμοί

Πρόκειται για ηπειρωτικής προέλευσης ιζήματα με ηλικία που κυμαίνεται από Άνω Πλειόκαινο μέχρι Ολόκαινο. Όσον αφορά τα πλειοκαινικά ιζήματα, αυτά αποτελούνται κυρίως από ασβεστιτικές άμμους και ιλύες λιμναίας έως ποταμοχειμάρριας προέλευσης.

Ιδιαίτερης σημασίας είναι τα τεταρτογενή ιζήματα, τα οποία αποτελούνται από ερυθρές έως ερυθροκάστανες ιλυώδεις άμμους και αργιλιούλες. Αυτά απαντώνται ασύμφωνα πάνω στο Αλπικό υπόβαθρο, σύμφωνα με γεωτρητικά δεδομένα και αποτελούν σχεδόν το σύνολο των μεταλλικών ιζημάτων στην λεκάνη της Τρίπολης.



Εικόνα 8: Γεωλογικός χάρτης της υπό μελέτη περιοχής

## 2.3 Υδρογεωλογικές συνθήκες

### 2.3.1 Υδρολιθολογικοί χαρακτήρες των γεωλογικών σχηματισμών

Με κριτήριο την υδρολιθολογική συμπεριφορά των σχηματισμών της λεκάνης, αυτοί κατατάσσονται σε :

α) Διαπερατούς σχηματισμούς και ειδικότερα :

- Μακροπερατούς, τους οποίους συνιστούν οι ανθρακικοί σχηματισμοί της ενότητας Πίνδου, των μεταβατικών ιζημάτων από Τρίπολη σε Πίνδο και της ενότητας Τρίπολης. Τα χαρακτηριστικά που τους καθιστούν μακροπερατούς είναι οι λεπιώσεις, οι πτυχώσεις και τα δίκτυα διακλάσεων που τους διασχίζουν.

- Μικροπερατούς, στους οποίους κατατάσσονται οι Μεταλλικοί σχηματισμοί και τα πλευρικά κορήματα. Σε αυτούς τους σχηματισμούς, η κυκλοφορία του νερού γίνεται μέσω του πορώδους.

β) Ημιπερατούς σχηματισμούς. Σε αυτούς ανήκουν τα μεταβατικά προς το φλύσχη στρώματα της ενότητας Πίνδου, τα οποία χαρακτηρίζονται από μεταβαλλόμενη περατότητα και η οποία εξαρτάται από το ποσοστό των αργιλικών συστατικών (αύξηση στους πλησιέστερους προς το φλύσχη ορίζοντες).

γ) Αδιαπέρατους σχηματισμούς. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι πηλιτικοί ορίζοντες του φλύσχη καθώς όσον αφορά τους ψαμμιτικούς ορίζοντες, τα κροκαλοπαγή αλλά και τον “άγριο φλύσχη”, σε αυτούς είναι δυνατή η κίνηση του νερού.

### 2.3.2 Υδρογεωλογική συμπεριφορά των γεωλογικών σχηματισμών

Όσον αφορά τους αλπικούς σχηματισμούς και συγκεκριμένα την ενότητα της Πίνδου, λόγω των μεταβατικών στρωμάτων αλλά και του φλύσχη και σε συνδυασμό με την έντονη τεκτονική παραμόρφωση της ενότητας αυτής, το αποτέλεσμα είναι εκεί που επικρατούν οι γεωλογικοί της σχηματισμοί, να δημιουργούνται επί μέρους υδρογεωλογικά συστήματα (υπολεκάνες). Αντιθέτως, σε περιοχές όπου επικρατούν οι ανθρακικοί σχηματισμοί της ενότητας Τρίπολης, το ενδιαφέρον παρουσιάζεται στο βαθμό καρστικοποίησής τους, στις διόδους ανάπτυξης καρστικών αγωγών και στις καταβόθρες.

Λόγω απουσίας υδατοστεγανών σχηματισμών, όπως είναι ο φλύσχη, ευνοείται η ανάπτυξη κλειστών υδρογεωλογικών λεκανών. Ο βαθμός κατείδυσης των ανθρακικών σχηματισμών είναι της τάξης του 45%, με μεγάλη τροφοδοσία λόγω υψηλών βροχοπτώσεων και χιονοπτώσεων που επικρατούν.

Τα τεταρτογενή ιζήματα κατατάσσονται στους μικροπερατούς σχηματισμούς και η γενική ανομοιογένειά τους δημιουργεί επιμέρους υδροφόρους ορίζοντες, με αποτέλεσμα να ευνοείται η δημιουργία φρεατίων και αρτεσιανών ή υποαρτεσιανών υδροφόρων οριζόντων κατά περιοχές. Η τροφοδοσία τους μπορεί να γίνει (1) με κατευθείαν κατείδυση ενός ποσοστού των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, (2) μέσω αποστράγγισης ευρύτερων περιοχών από επιφανειακά νερά, τα οποία λιμνάζουν σε πολλές θέσεις ανάπτυξης τεταρτογενών ιζημάτων και (3) με πλευρική τροφοδοσία από παρακείμενους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς υπό συνθήκες.

## 2.4 Υδροληπτικά έργα

### 2.4.1 Φρέατα

Χαρακτηριστικό της περιοχής είναι ο μεγάλος αριθμός φρεάτων, τα οποία εκμεταλλεύονται τις υδροφορίες οι οποίες αναπτύσσονται στους ορίζοντες των αμμών, κροκαλοπαγών και άλλων ποταμοχειμμάριων υλικών των τεταρτογενών αποθέσεων. Είναι ασθενούς δυναμικότητας και η τροφοδοσία τους προέρχεται κυρίως από απευθείας κατείσδυση.

Τα περισσότερα από τα φρέατα αναπτύσσονται στην περιοχή της Μηλιάς, με βάθη 15 έως 25 μέτρα μέσα στις τεταρτογενείς αποθέσεις. Λόγω της αντεστραμμένης δομής του αυχένα Κούκουρα – Μπαρμπέρι, είναι δυνατόν να υπάρχει συνεχής τροφοδοσία των σχηματισμών αυτών, λόγω αποστράγγισης της ασβεστολιθικής μάζας προς τις προσχώσεις. Τα νερά των φρεάτων αυτών είναι ποιοτικά βεβαρημένα, εξαιτίας των καλλιεργειών και χρησιμοποιούνται μόνον για άρδευση.

Επίσης, στην περιοχή Αγ. Βασιλείου – Ζευγολατείου έχει ανορυχθεί ένας μεγάλος αριθμός φρεάτων, τα οποία εκμεταλλεύονται τον υδροφόρο ορίζοντα που αναπτύσσεται μέσα στα αδρομερή κροκαλοπαγή και στις λατύπες ποταμοχειμμάριας προέλευσης. Το βάθος αυτών μπορεί να ξεπεράσει τα 20 μέτρα και οι παροχές κυμαίνονται από 8 – 10 m<sup>3</sup>/ώρα.

Τέλος, στην περιοχή Μερκοβούνι – Σκοπή υπάρχει ένας αριθμός φρεάτων, τα οποία εκμεταλλεύονται τον υδροφόρο ορίζοντα ο οποίος αναπτύσσεται στον αποσαθρωμένο μανδύα του φλύσχη. Το βάθος τους δεν ξεπερνά τα 10 μέτρα και δίνουν μικρές παροχές, ενώ το νερό τους χρησιμοποιείται εποχιακά για άρδευση.

### 2.4.2 Γεωτρήσεις

Στην ευρύτερη περιοχή έρευνας, έχει κατασκευαστεί ένας σημαντικός αριθμός παραγωγικών και ερευνητικών γεωτρήσεων. Οι αρδευτικές και υδρευτικές γεωτρήσεις έχουν κατασκευαστεί από ιδιώτες και από το Ι.Γ.Μ.Ε. (κατά κύριο λόγο). Τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τις προφορικές πληροφορίες των ιδιοκτητών των ιδιωτικών γεωτρήσεων δεν θεωρούνται αξιόπιστα όσον αφορά τα βάθη των γεωλογικών σχηματισμών που συναντήθηκαν κατά τη διάτρηση, παρά μόνο για τους λιθολογικούς σχηματισμούς που συναντήθηκαν.

Στα πλαίσια του προγράμματος ‘Υδρογεωλογική έρευνα του Αρκαδικού οροπεδίου’ της Δ/σης Υδρογεωλογίας του Ι.Γ.Μ.Ε., με σκοπό τη διερεύνηση των δυνατοτήτων επίλυσης των υδρευτικών προβλημάτων της πόλης της Τρίπολης και άλλων αναγκών του οροπεδίου, διανοίχθηκαν κατά τη διετία 1980-81.

- εννέα υδρογεωτρήσεις στο βόρειο τμήμα της υπολεκάνης της Νεστάνης, μέσου βάθους 100-120 μέτρων η κάθε μία.

Οι θέσεις των γεωτρήσεων αυτών τοποθετήθηκαν στα κράσπεδα της υπολεκάνης, στις νοτιοανατολικές απολήξεις του όρους Τσουκκα, στους μεγάλους κώνους κορημάτων της κοινότητας Σάγκα και στις δυτικές απολήξεις του όρους Αρτεμίσιο.

- δύο υδρογεωτρήσεις στη περιοχή της κοινότητας Αρτεμίσιο.



Η γεωτρητική έρευνα, που σκοπό είχε τον εντοπισμό υδροφόρων οριζώντων, τη μελέτη της ετήσιας δίαιτας και του χημισμού των υπόγειων υδάτων, καθώς και την εκτίμηση των εκμεταλλεύσιμων υπόγειων αποθεμάτων, περιορίστηκε στην διερεύνηση των ασβεστολιθικών κρασπέδων στο βόρειο τμήμα της λεκάνης. Όπως αναφέρεται σε δημοσίευτες εργασίες-εκθέσεις, μετά τις δοκιμαστικές αντλήσεις, εκτιμήθηκε ότι η παροχή των παραπάνω γεωτρήσεων είναι μεγαλύτερη των 300 m<sup>3</sup>/ώρα. Από την επεξεργασία των δεδομένων των δοκιμαστικών αντλήσεων προέκυψε το 'ενιαίο' του συστήματος, με μεγάλο συντελεστή υδαταγωγιμότητας και κατ' επέκταση σημαντική αποκάρσωση. Το βάθος της καρστικοποίησης εκτιμάται (από τους ερευνητές του προγράμματος) σε 40-60 μέτρα και σε καμία γεώτρηση δεν εντοπίστηκε υδατοστεγανός σχηματισμός. Μετά από χημικές αναλύσεις τα νερά χαρακτηρίστηκαν ως 'καλής ποσιμότητας'.

Ένας ικανός αριθμός ιδιωτικών αρδευτικών και δύο κοινοτικών υδρευτικών παραγωγικών γεωτρήσεις, των κοινοτήτων Μηλιάς και Νεστάνης αντίστοιχα, έχουν κατασκευαστεί στα δυτικά κράσπεδα των ορεινών όγκων Κούκουρα και Μπαρμπέρι, στις περιοχές της ανατολικής Μαντίνας και βόρειας Μηλιάς. Οι γεωτρήσεις αυτές εκμεταλλεύονται τον υδροφόρο ορίζοντα που σχηματίζεται από τις προνομιακές υδρογεωλογικές συνθήκες που δημιουργούνται εξαιτίας της ανεστραμμένης δομής των στρωμάτων του ορεινού όγκου Μάλι Θράσι -Κούκουρα - Μπαρμπέρι. Από τις γεωτρήσεις αυτές στοιχεία υπάρχουν μόνο για την υδρογέωση που κατασκευάστηκε από το Ι.Γ.Μ.Ε. το 1985 για την κοινότητα της Νεστάνης. Το βάθος της είναι 120 μέτρα και οι γεωλογικοί σχηματισμοί που διατρήθηκαν είναι κορήματα-τεταρτογενείς αποθέσεις από 0-17 μέτρα, ασβεστόλιθοι από 17-112 μέτρα και μαργαϊκοί, λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι, στρώματα μετάβασης προς το φλύσχη από 112-120 μέτρα. Η παροχή της κυμαίνεται από 50-55 m<sup>3</sup>/ώρα.

Όσον αφορά τις ιδιωτικές υδρογεωτρήσεις που λειτουργούν στην περιοχή δε θεωρούνται αξιόπιστες οι προφορικές πληροφορίες των κατοίκων και περιορίζονται μόνο στην επιβεβαίωση της στρωματογραφικής δομής της περιοχής.

Στην περιοχή Μερκοβουνίου και συγκεκριμένα στα ανατολικά κράσπεδα του λόφου του Προφήτη Ηλία, έχει ανορυχθεί περιορισμένος αριθμός ιδιωτικών παραγωγικών υδρογεωτρήσεων. Οι γεωτρήσεις αυτές εκμεταλλεύονται την υδροφορία που αναπτύσσεται τοπικά, λόγω της ανεστραμμένης δομής των στρωμάτων της ενότητας Πίνδου του λόφου του Προφ. Ηλία Μερκοβουνίου.

Σε ότι αφορά τα στοιχεία των υδροληπτικών έργων στην περιοχή ΒΙ.ΠΕ. (ΒΙομηχανική ΠΕριοχή) Τρίπολης, συγκεντρώθηκαν μόνο προφορικές πληροφορίες. Σύμφωνα με αυτές τρεις (3) υδρογεωτρήσεις, με βάθη 280, 280 και 150 μέτρα αντίστοιχα, έχουν ανορυχθεί στην περιοχή, από τις οποίες μόνο οι δύο κρίθηκαν παραγωγικές, με παροχές ~50-60 m<sup>3</sup>/ώρα και διάτρησαν καρστικοποιημένους ασβεστόλιθους και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους (με πολλά προβλήματα διάτρησης).

Παραγωγική υδρογέωση βάθους 200 μέτρων κατασκευάστηκε από το Ι.Γ.Μ.Ε. το 1985 για την ύδρευση της κοινότητας Αγ. Βασιλείου. Από το δελτίο της γεώτρησης (σε δημοσίευτη έκθεση του Ινστιτούτου), διαπιστώθηκε ότι δεν εντόπισε αλπικό υπόβαθρο και η μικρή υδροφορία που απέδωσε (παροχή της τάξης των 5 m<sup>3</sup>/ώρα) αναπτύσσεται στις εναλλαγές κροκαλοπαγών-αργίλων και στρωμάτων χαλίκων των τεταρτογενών αποθέσεων, από τα 114-200 μέτρα βάθος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Εκτίμηση τρωτότητας

### 3.1 Επιλογή κατάλληλης μεθόδου

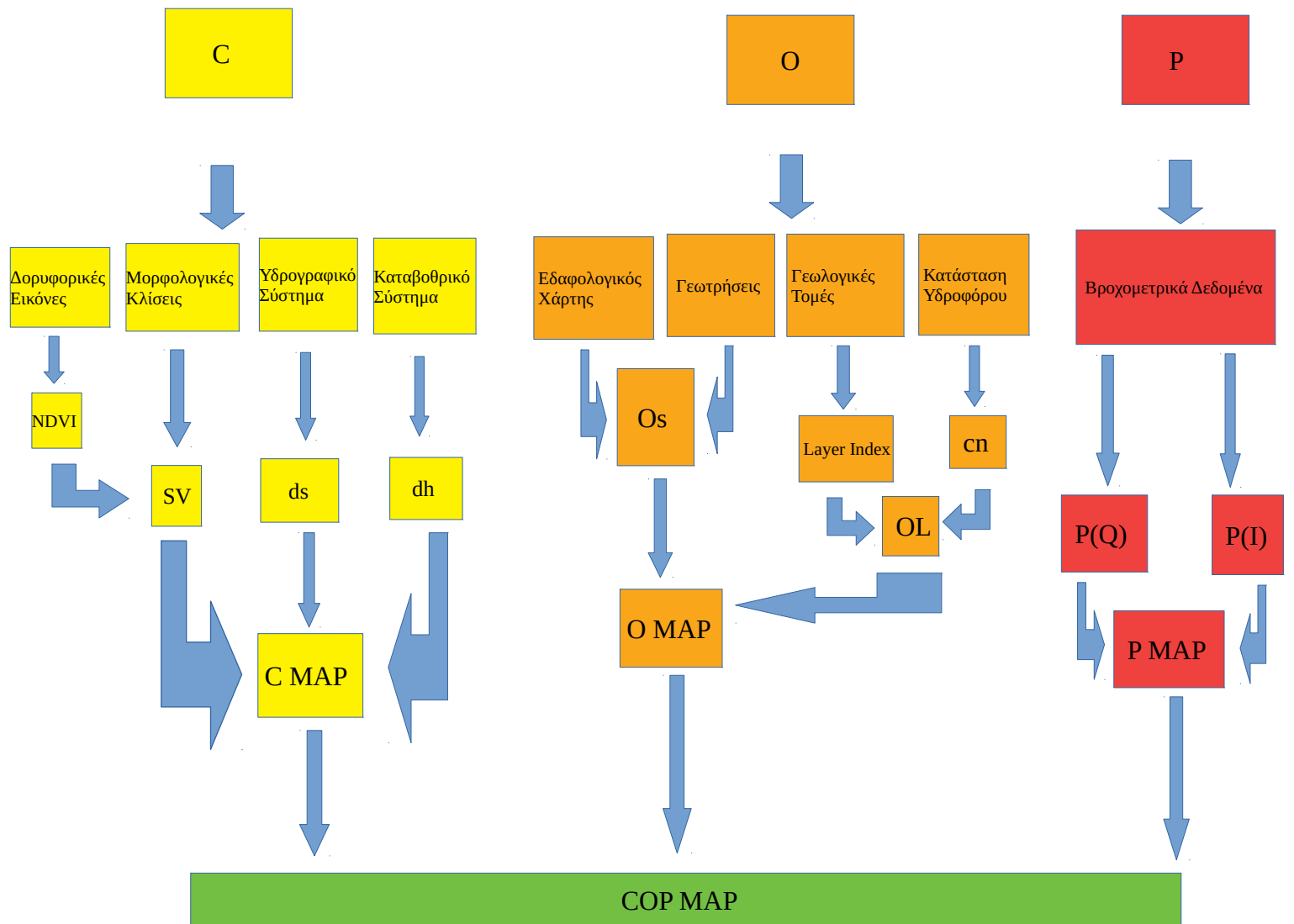
Η μέθοδος που επιλέχθηκε για την υλοποίηση της μελέτης ήταν η COP. Η επιλογή της έγινε βάσει των χαρακτηριστικών του υδροφόρου ορίζοντα (ανάπτυξη εντός καρστικών πετρωμάτων), των διαθέσιμων δεδομένων (μορφολογικά, κλιματολογικά, γεωλογικά, εδαφολογικά) καθώς επίσης λόγω του ότι η συγκεκριμένη μέθοδος προτείνεται από το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα COST 620.

Παράμετρος	Μέθοδος							Time Input
	DRASTIC	EPIK	OCPK	PI	VULK	LEA	COP	
P (Προστατευτικό Κάλυμμα)		+		+				
I (Συνθήκες Κατείσδυσης)		+		+				
O (Υπερκείμενα Στρώματα)			+			+	+	
C (Συγκέντρωση Ροής)			+			+	+	
P (Βροχοπτώσεις)			+				+	
K (Κορεσμένη Ζώνη Καρστικού ΥΟ)			+					
Χρόνος Διαδρομής								+
Ποσότητα Νερού για επαναφόρτιση του ΥΟ								+
D (Βάθος)	+							
R (Ενεργή Κατείσδυση)	+							
A (Υδροφορέας)	+							
S (Εδαφος)	+							
T (Κλίση Αναγλύφου)	+							
I (Επίδραση Ακόρεστης Ζώνης)	+							
C (Υδραυλική Αγωγιμότητα – Υδροπερατότητα)	+							
E (Επικάρστ)		+						
K (Ανάπτυξη Καρστικού Δικτύου)		+						
Βλάστηση – Καλλιέργειες		+		+			+	

*Πίνακας 3: Μεθοδολογίες εκτίμησης τρωτότητας και δεδομένα τα οποία χρειάζονται για να εφαρμοστεί η κάθε μέθοδος*

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, τα δεδομένα τα οποία χρειάζονται για τη μέθοδο αυτή είναι στοιχεία για τα υπερκείμενα στρώματα, για τη συγκέντρωση ροής, τις βροχοπτώσεις και την βλάστηση – καλλιέργειες. Τα δεδομένα αυτά ήταν διαθέσιμα προς αξιοποίηση σε αντίθεση με τα υπόλοιπα, οπότε και επιλέχθηκε η συγκεκριμένη μέθοδος.

Παρακάτω φαίνεται ένα διάγραμμα ροής με τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν και το πως αυτά συνδυάστηκαν προκειμένου να προκύψουν οι τελικοί χάρτες τρωτότητας.



Πίνακας 4: Διάγραμμα ροής μεθόδου COP

### 3.2 Εκτίμηση παράγοντα C

Ο παράγοντας C έχει σχέση με την **συγκέντρωση της ροής** και μπορεί να υπολογιστεί από το γινόμενο τριών υποπαράγοντων. Οι υποπαράγοντες αυτοί είναι ο **dh**, ο οποίος βαθμονομείται με βάση την **απόσταση από τις καταβόθρες της περιοχής**, ο **sv**, που έχει άμεση σχέση με την **βλάστηση και τις μορφολογικές κλίσεις** και τέλος, ο **ds** του οποίου η βαθμονόμηση γίνεται με βάση τις **αποστάσεις από το υδρογραφικό δίκτυο**. Η κατηγοριοποίηση γίνεται όπως φαίνεται παρακάτω.

#### i) Για τον υποπαράγοντα dh :

Απόσταση από την καταβόθρα σε μέτρα	Τιμή
<=500	0
(500 – 1000)	0,1
(1000 – 1500)	0,2
(1500 – 2000)	0,3
(2000 – 2500)	0,4
(2500 – 3000)	0,5
(3000 – 3500)	0,6
(3500 – 4000)	0,7
(4000 – 4500)	0,8
(4500 – 5000)	0,9
>5000	1

#### ii) Για τον υποπαράγοντα sv :

Κλίση	Βλάστηση	Τιμή
<= 8 %	-	1
(8 – 31]	Ναι	0,95
	Όχι	0,9
(31 – 76]	Ναι	0,85
	Όχι	0,8
> 76 %	-	0,75

#### iii) Για τον υποπαράγοντα ds :

Απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο σε μέτρα	Τιμή
< 10	0
10 – 100	0,5
>100	1

## Πρακτικό μέρος

Για τον υπολογισμό του παράγοντα χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες (band 4 και band 5, εικόνες 11 και 12) για κάθε εποχή και συγκεκριμένα για τους μήνες Μάρτιο, Ιούνιο, Σεπτέμβριο και Δεκέμβριο, έτσι ώστε να διαπιστωθεί εάν η εποχική βλάστηση επηρεάζει δραστικά ή όχι την μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα. Επίσης, το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής και το δίκτυο καταβοθρών (εικόνα 9), καθώς και οι μορφολογικές κλίσεις.

- **Υποπαράγοντας dh** : Σκοπός ήταν η δημιουργία ενός raster αρχείου “ζωνών” αποστάσεων από τις καταβόθρες ανά 500 μέτρα μέχρι και τα 10000 μέτρα, χρησιμοποιώντας ένα αρχείο με σημεία. Σε κάθε μια από τις ζώνες αυτές αντιστοιχεί και μια μοναδική τιμή, όπως περιγράφηκε παραπάνω. Το αρχείο αυτό αποτελεί τον χάρτη του υποπαράγοντα και η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η παρακάτω.

- Χρήση της εντολής *Multiple Ring Buffer* για τη δημιουργία ζωνών από 500 έως 10000 μέτρα, ανά 500 μέτρα.

- Δημιουργία στον attribute table του αρχείου αυτού ενός καινούριου πεδίου (dh), στο οποίο προστέθηκαν, ανάλογα με τις αποστάσεις οι τιμές από 0 έως 1, όπως περιγράφηκε παραπάνω.

- Χρήση της εντολής *Polygon to Raster*, χρησιμοποιώντας το πεδίο dh ώστε να προκύψει το τελικό αρχείο το οποίο αντιστοιχεί στον χάρτη του υποπαράγοντα. (εικόνα 10)

- **Υποπαράγοντας sv** : Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του χάρτη ήταν δορυφορικές εικόνες και οι μορφολογικές κλίσεις της περιοχής. Ο συνδυασμός των παραπάνω δίνει την τελική εικόνα και συγκεκριμένα :

- Χρήση των band 4 και band 5 (ερυθρό και υπέρυθρο – *near infrared*) των δορυφορικών εικόνων για τέσσερις διαφορετικούς μήνες (Μάρτιος, Ιούνιος, Σεπτέμβριος, Δεκέμβριος) και μέσω της εντολής *Image Analysis*, προσδιορισμός του δείκτη NDVI βλάστησης.

- *Reclassify* των τιμών του δείκτη και συγκεκριμένα για τιμές έως 0,15 η τιμή που αντιστοιχούσε ήταν 0, ενώ για μεγαλύτερες του 0,15 τιμές η αντίστοιχη τιμή ήταν 1, με σκοπό τον διαχωρισμό των περιοχών με βλάστηση από αυτές χωρίς βλάστηση. (εικόνα 13 για Μάρτιο, εικόνα 14 για Ιούνιο, εικόνα 15 για Σεπτέμβριο και εικόνα 16 για Δεκέμβριο)

- Εμφάνιση του τοπογραφικού χάρτη της περιοχής (εικόνα 17) με βάση τις μορφολογικές κλίσεις χρησιμοποιώντας τέσσερις τάξεις και συγκεκριμένα <8, 31, 76 και >76 %. (εικόνα 18)

- Δημιουργία δύο καινούριων αρχείων κλίσεων, με βάση την ύπαρξη ή μη βλάστησης, στα οποία οι τιμές των κλίσεων αντιστοιχίστηκαν στον παραπάνω αντίστοιχο πίνακα επί 100. (*Reclass slope*)

-Χρήση της εντολής *Raster calculator*, με σκοπό τον πολλαπλασιασμό του καινούριου αρχείου NDVI και του καινούριου αρχείου κλίσεων χωρίς βλάστηση.

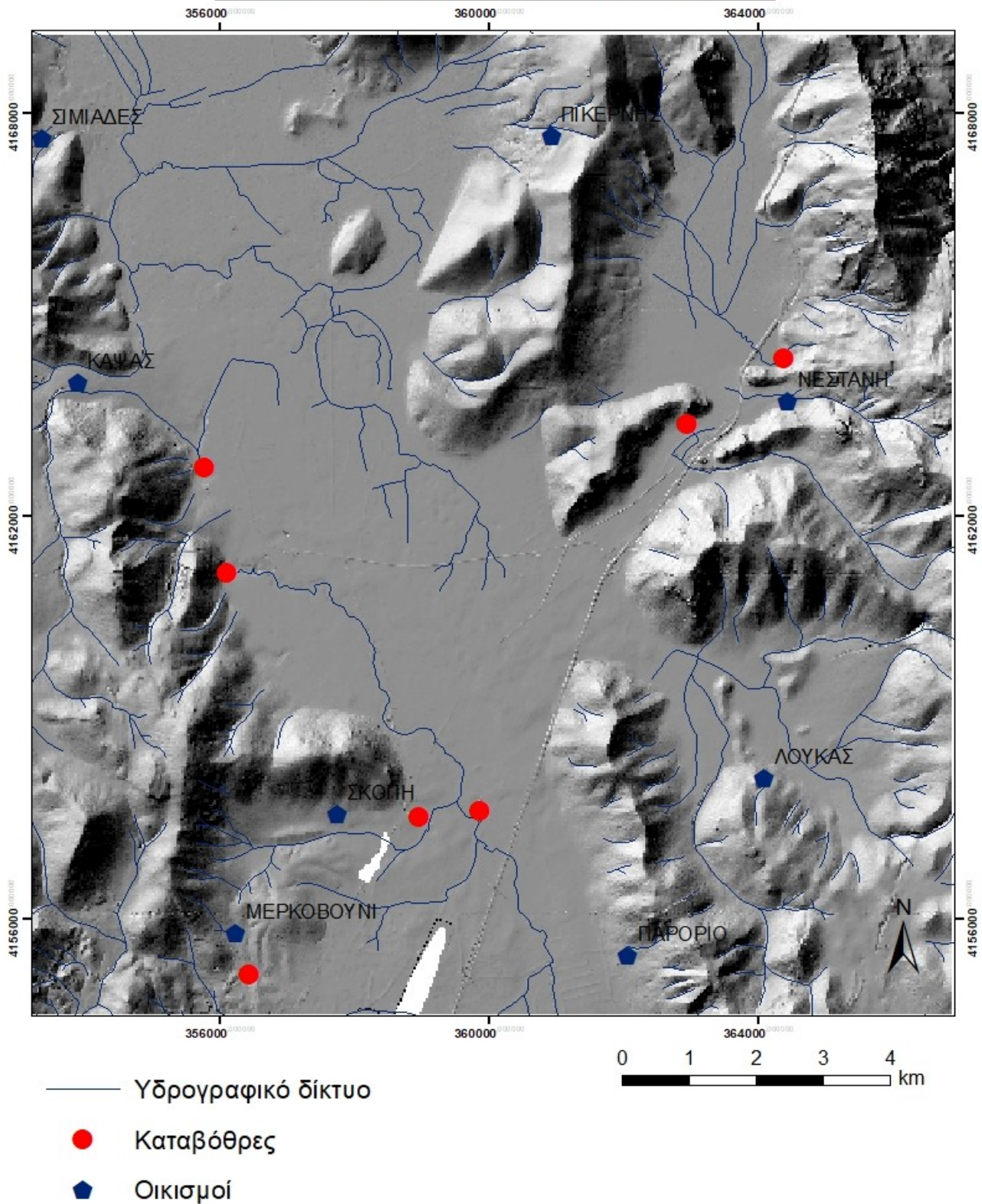
- Το τελευταίο αρχείο κλίσεων χωρίς βλάστηση και το αντίστοιχο που είχε δημιουργηθεί νωρίτερα με βλάστηση, γίναν ένα καινούριο αρχείο raster, μέσω της εντολής *Mosaic to new raster* (operator :*maximum*).

- Για να προκύψει ο τελικός χάρτης του υποπαράγοντα, το παραπάνω αρχείο μετασχηματίστηκε σε float mosaic, μέσω της εντολής *Float* και οι τιμές του διαιρέθηκαν διά 100 μέσω του *Raster calculator*, καθώς οι τελικές τιμές του χάρτη πρέπει να έχουν δεκαδική μορφή. (εικόνα 19 για Μάρτιο, εικόνα 20 για Ιούνιο, εικόνα 21 για Σεπτέμβριο και εικόνα 22 για Δεκέμβριο)

- **Υποπαράγοντας ds** : Η διαδικασία δημιουργίας του χάρτη **είναι η ίδια με την διαδικασία δημιουργίας του χάρτη dh**. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, χρησιμοποιήθηκε το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης και με παρόμοιες διαδικασίες όπως παραπάνω, δημιουργήθηκε το raster αρχείο το οποίο αντιστοιχούσε στον χάρτη του υποπαράγοντα. (εικόνα 23)

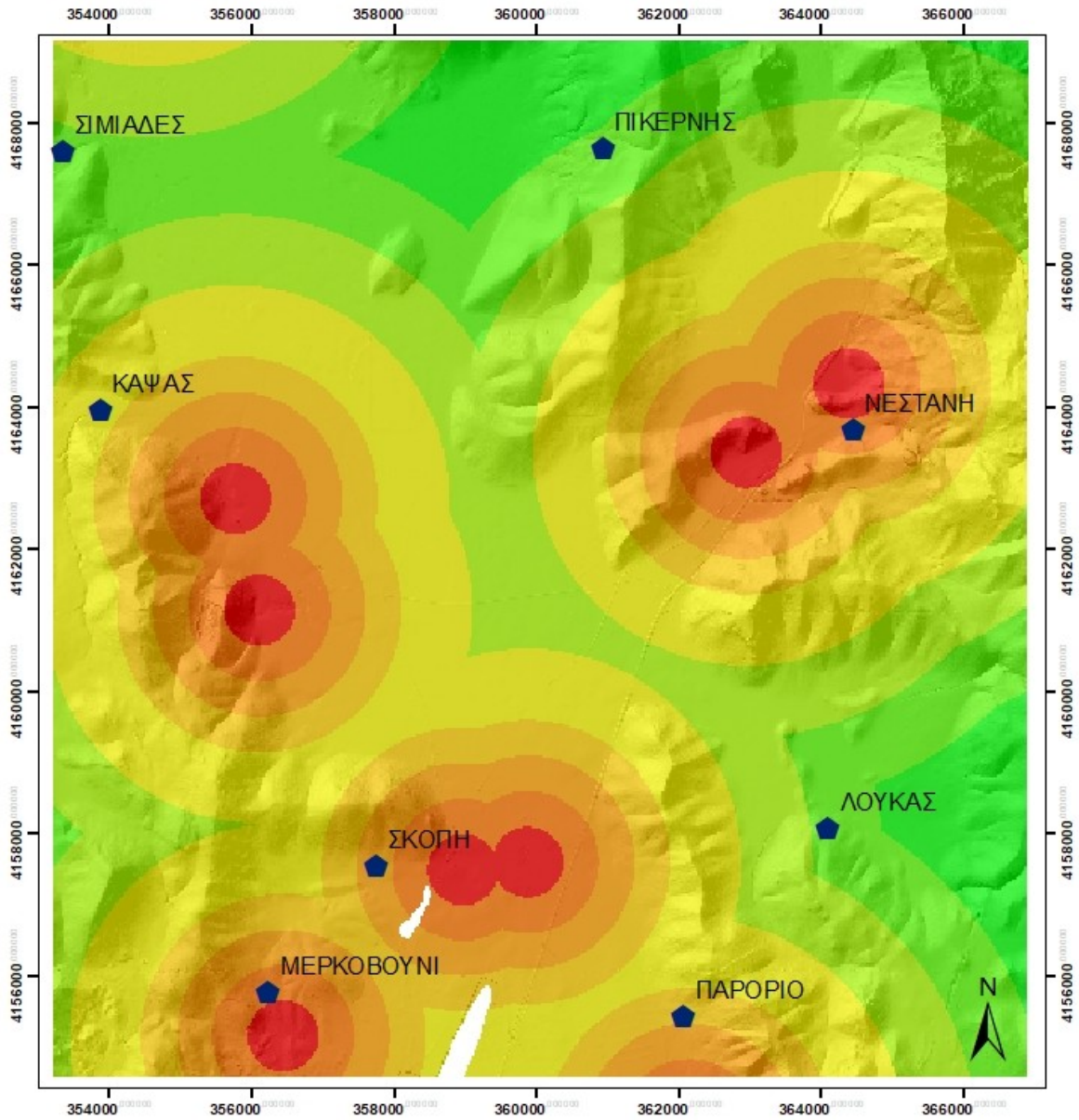
Για τον υπολογισμό του **παράγοντα C**, χρησιμοποιήθηκαν τα παραπάνω αρχεία τα οποία με χρήση της εντολής *Raster Calculator* πολλαπλασιάστηκαν και έτσι προέκυψε ο τελικός χάρτης C. (εικόνα 24 για Μάρτιο, εικόνα 25 για Ιούνιο, εικόνα 26 για Σεπτέμβριο και εικόνα 27 για Δεκέμβριο)

# ΧΑΡΤΗΣ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΒΟΘΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

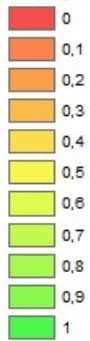


Εικόνα 9: Χάρτης υδρογραφικών και καταβοθρικών συστημάτων

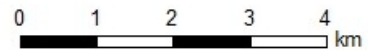
## ΧΑΡΤΗΣ ΥΠΟΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΔΗ



**Τιμή υποπαράγοντα**

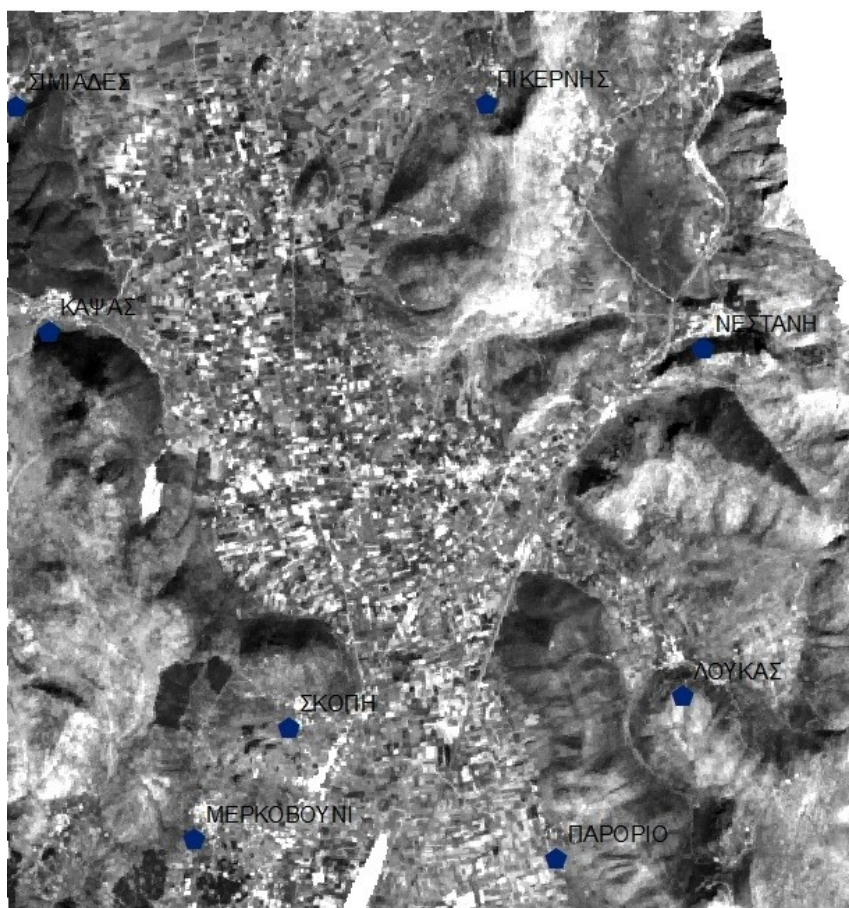


**Οικισμοί**

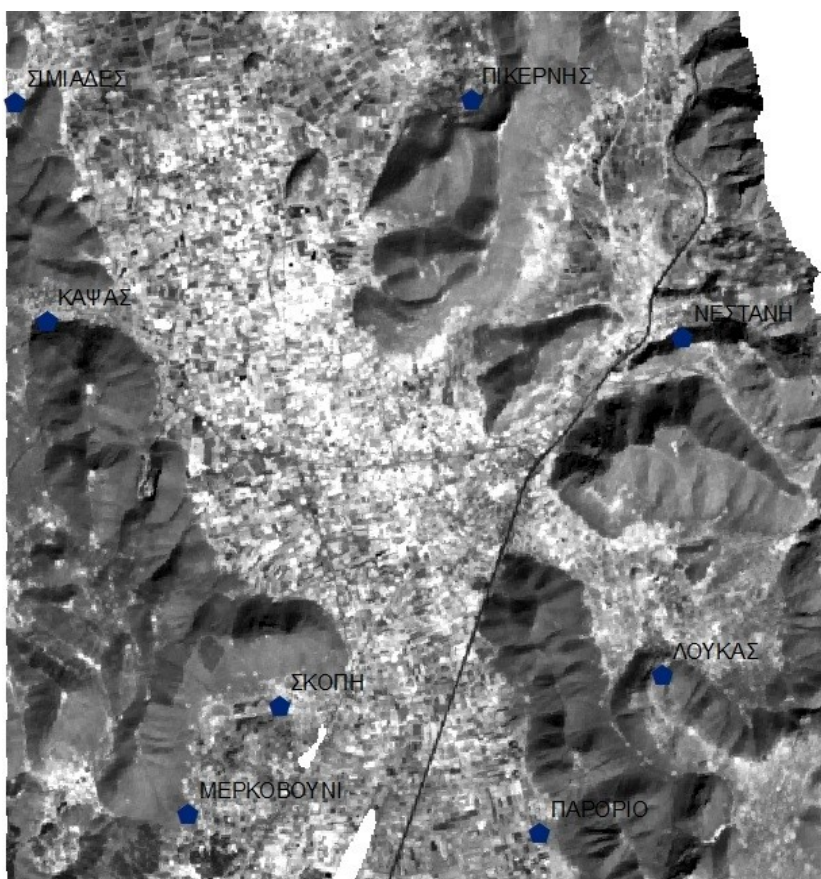


Εικόνα 10: Χάρτης υποπαράγοντα  $dh$ . Οι μικρότερες τιμές εντοπίζονται γύρω από τις καταβόθρες και η αύξηση των αποστάσεων από αυτές σημαίνει και αύξηση των τιμών.



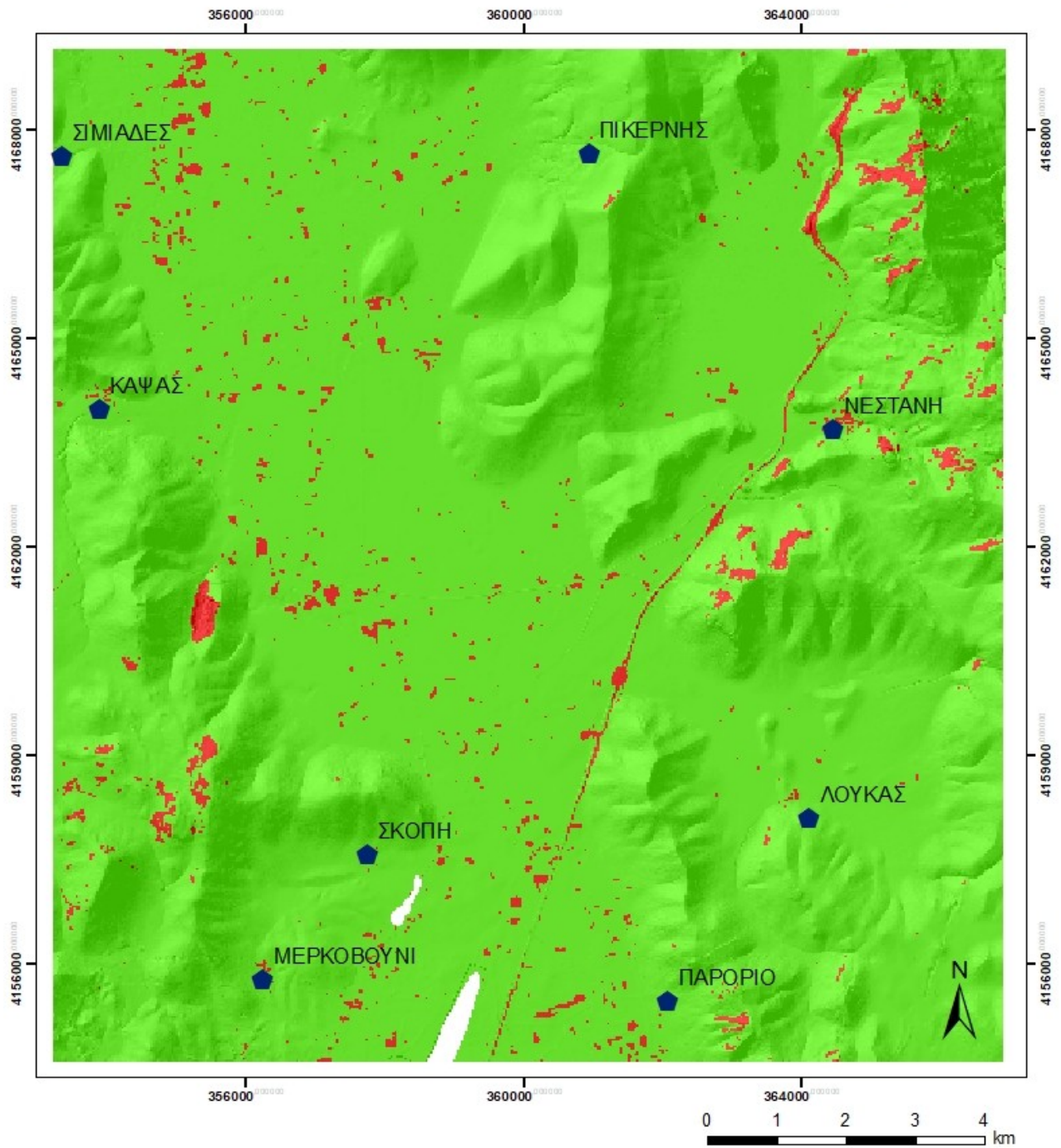


Εικόνα 11: Δορυφορική εικόνα ερυθρού (band 4) χρώματος



Εικόνα 12 : Δορυφορική εικόνα υπέρυθρου (band 5) χρώματος

# ΧΑΡΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ (NDVI)



## Βλάστηση

ΟΧΙ

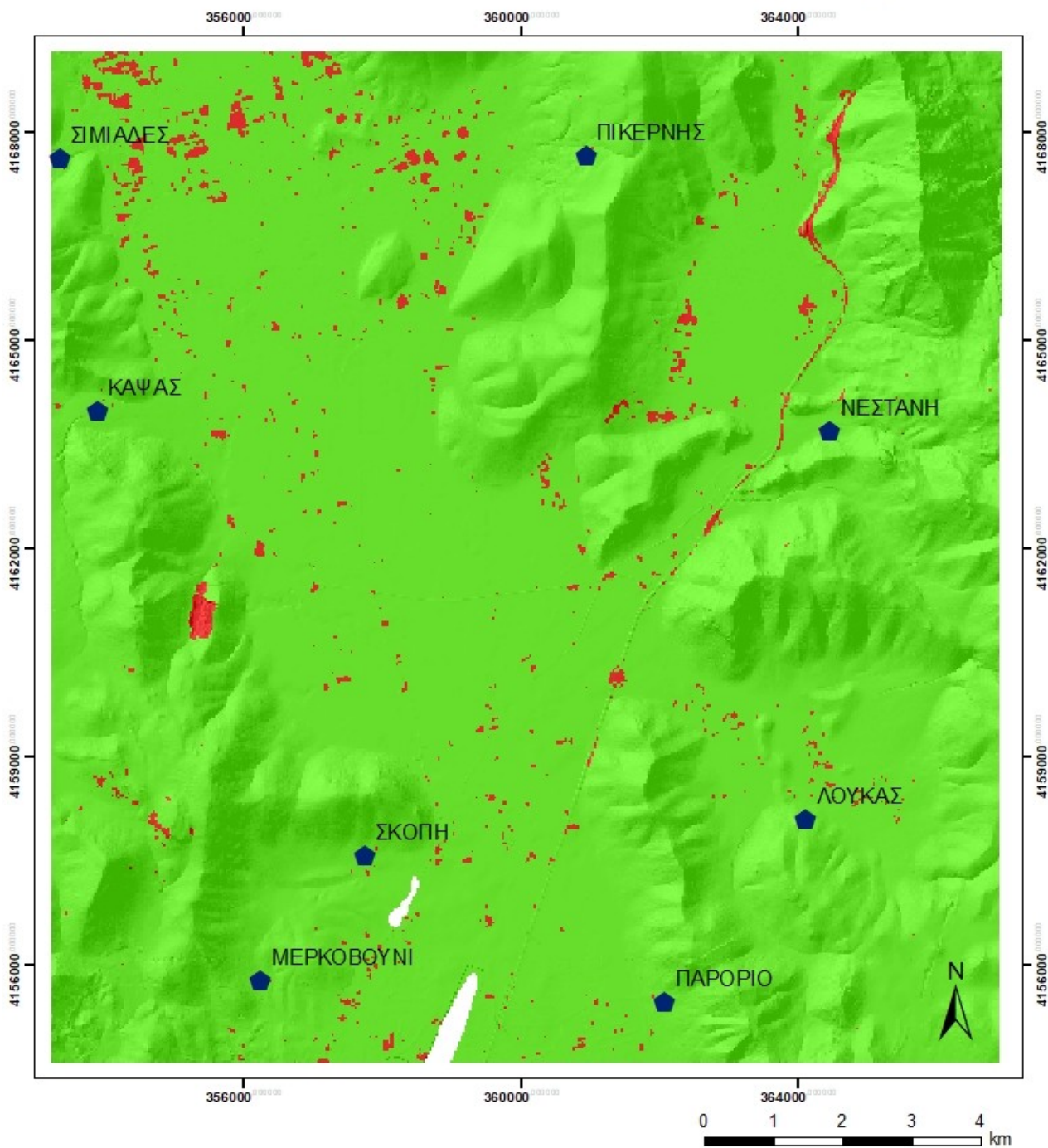
ΝΑΙ

## Οικισμοί



Εικόνα 13: Χάρτης δείκτη NDVI (Μάρτιος)

# ΧΑΡΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΙΟΥΝΙΟΥ (NDVI)



## Βλάστηση

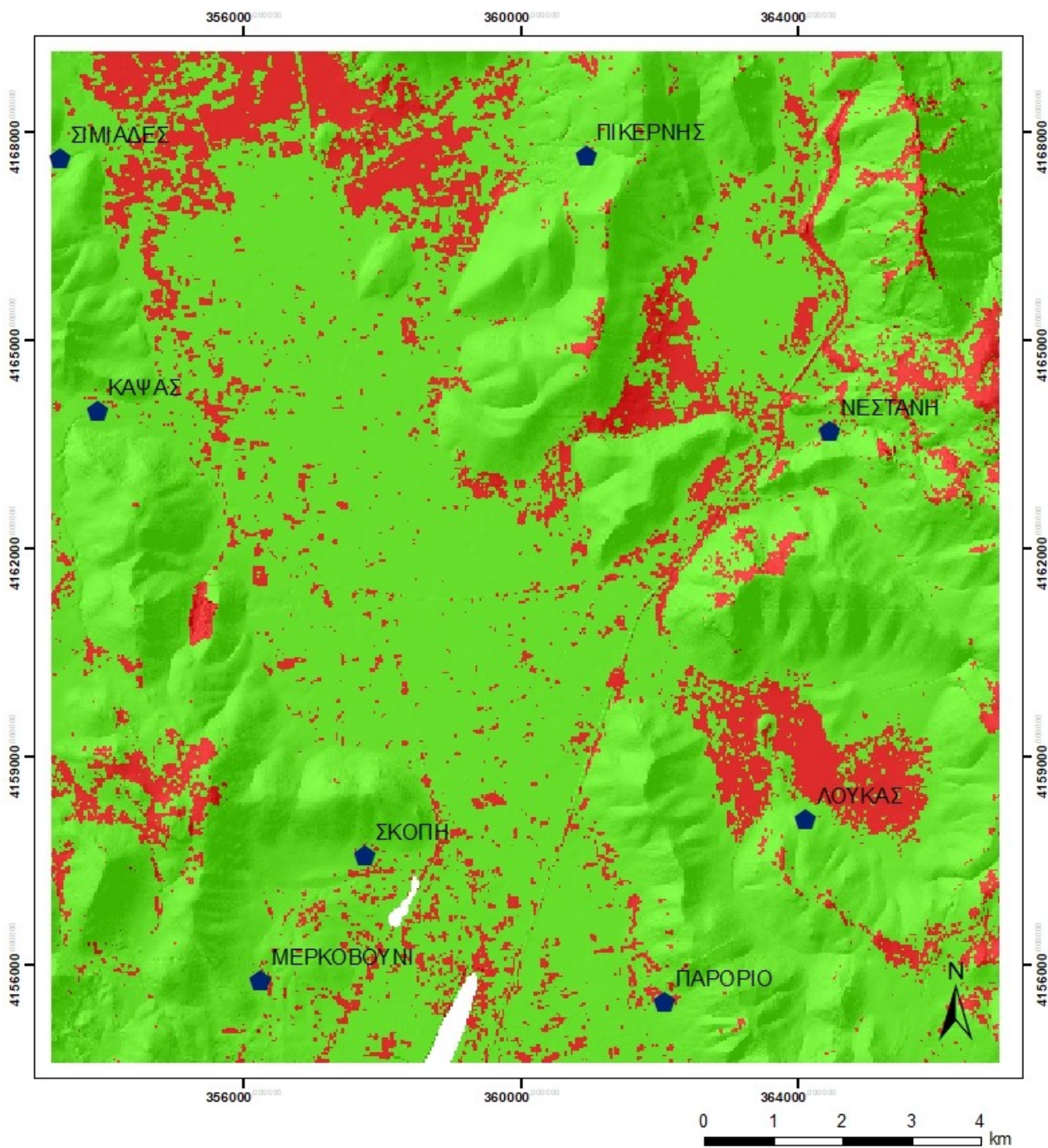
- OXI
- ΝΑΙ

## Οικισμοί



Εικόνα 14: Χάρτης δείκτη NDVI (Ιούνιος)

# ΧΑΡΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ (NDVI)



## Βλάστηση

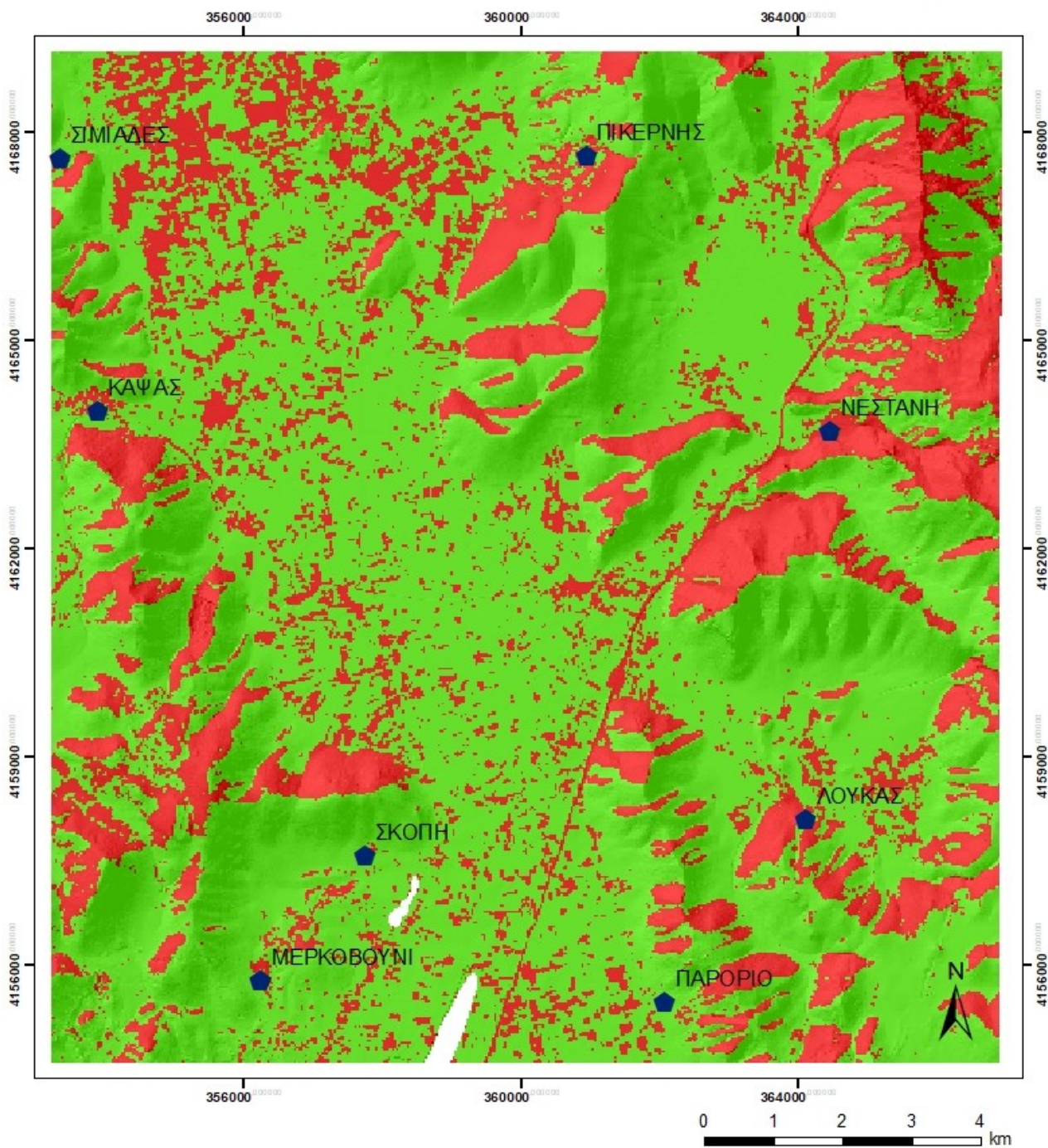
- OXI
- ΝΑΙ

## Οικισμοί



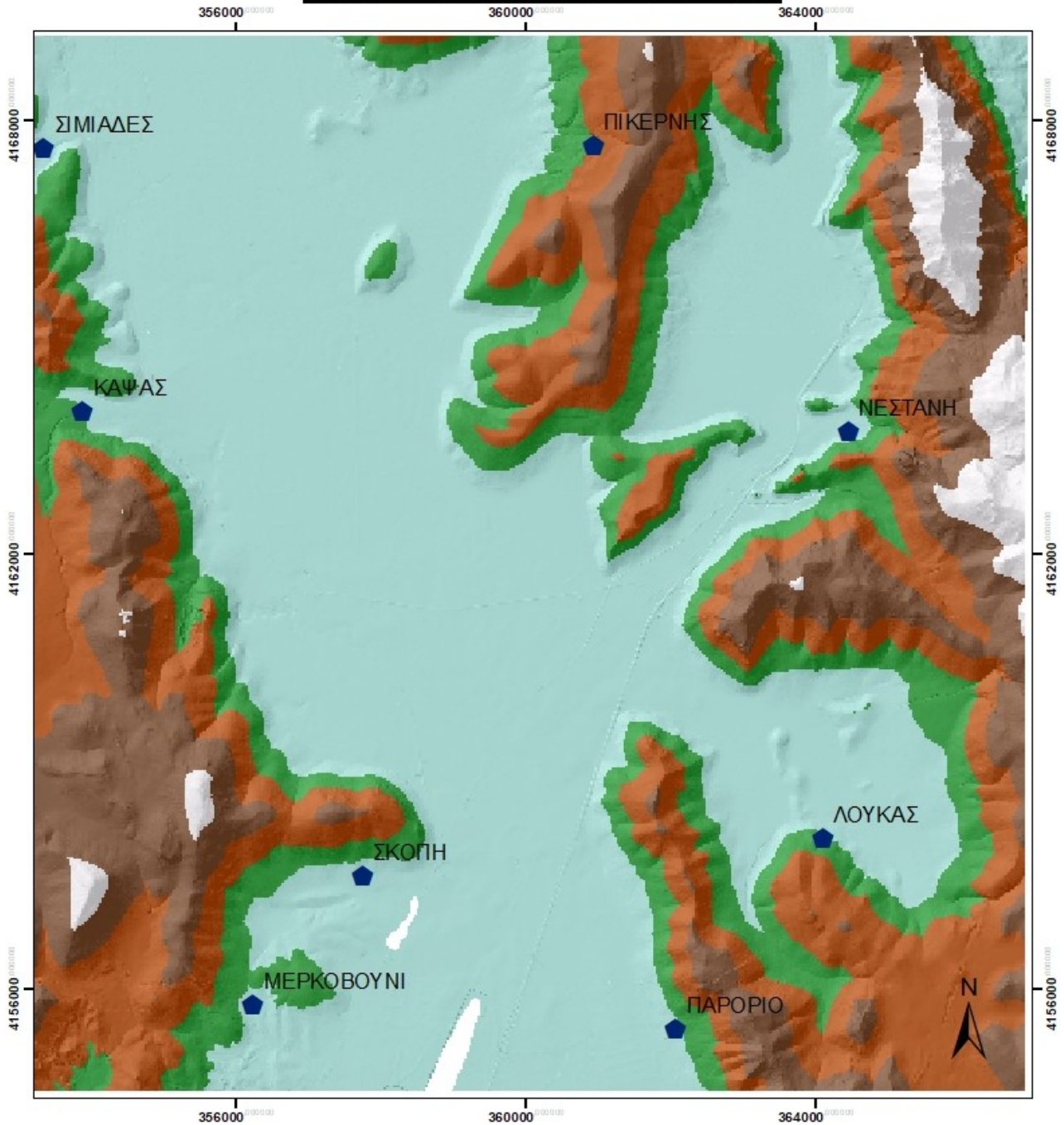
Εικόνα 15: Χάρτης δείκτη NDVI (Σεπτέμβριος)

## ΧΑΡΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ (NDVI)



Εικόνα 16: Χάρτης δείκτη NDVI (Δεκέμβριος). Παρατηρείται μείωση της βλάστησης κατά τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες.

# ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ



## Υψόμετρο (m)

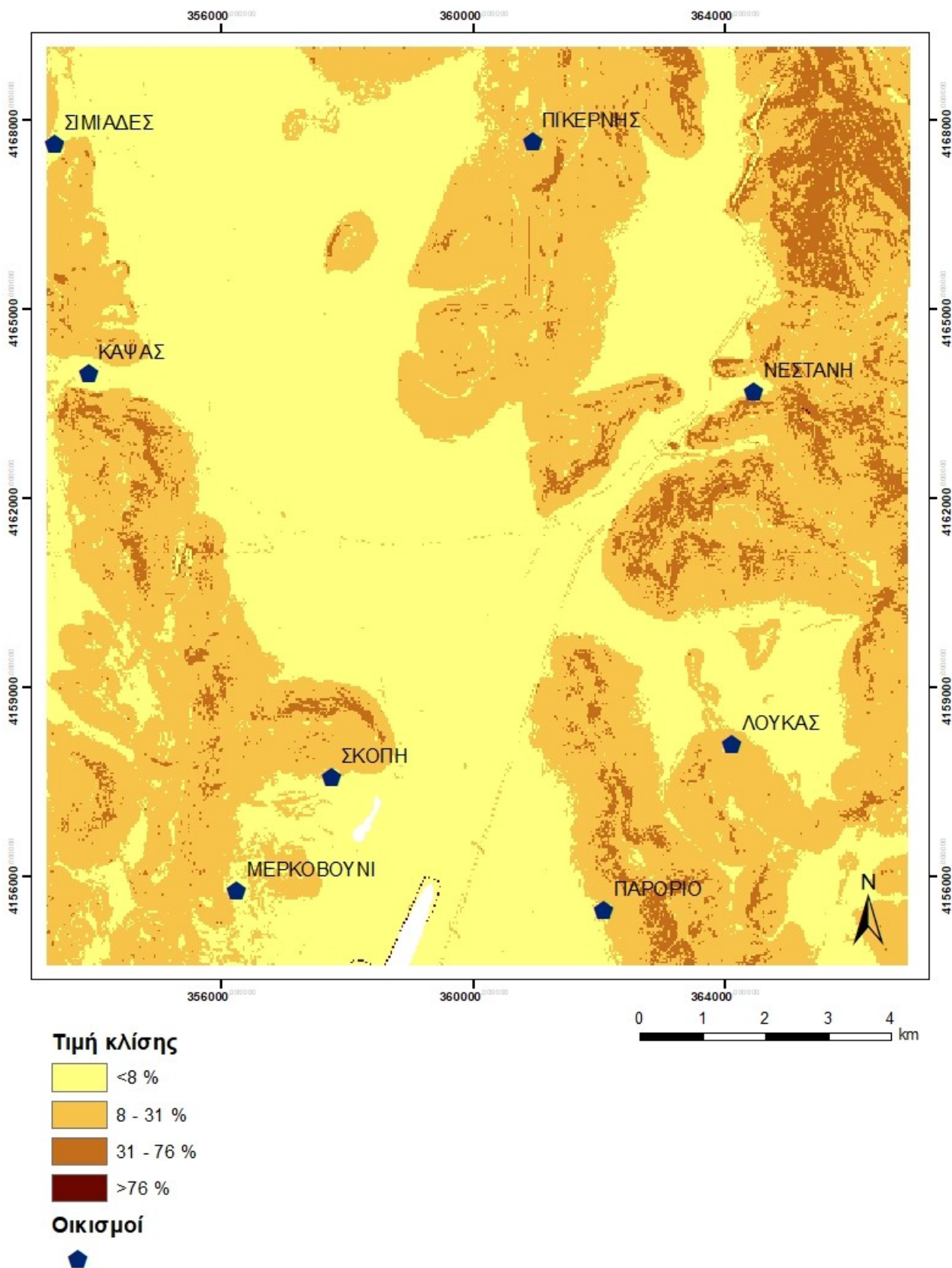
- 600 - 700
- 700 - 800
- 800 - 950
- 950 - 1150
- 1150 - 1500

## Οικισμοί



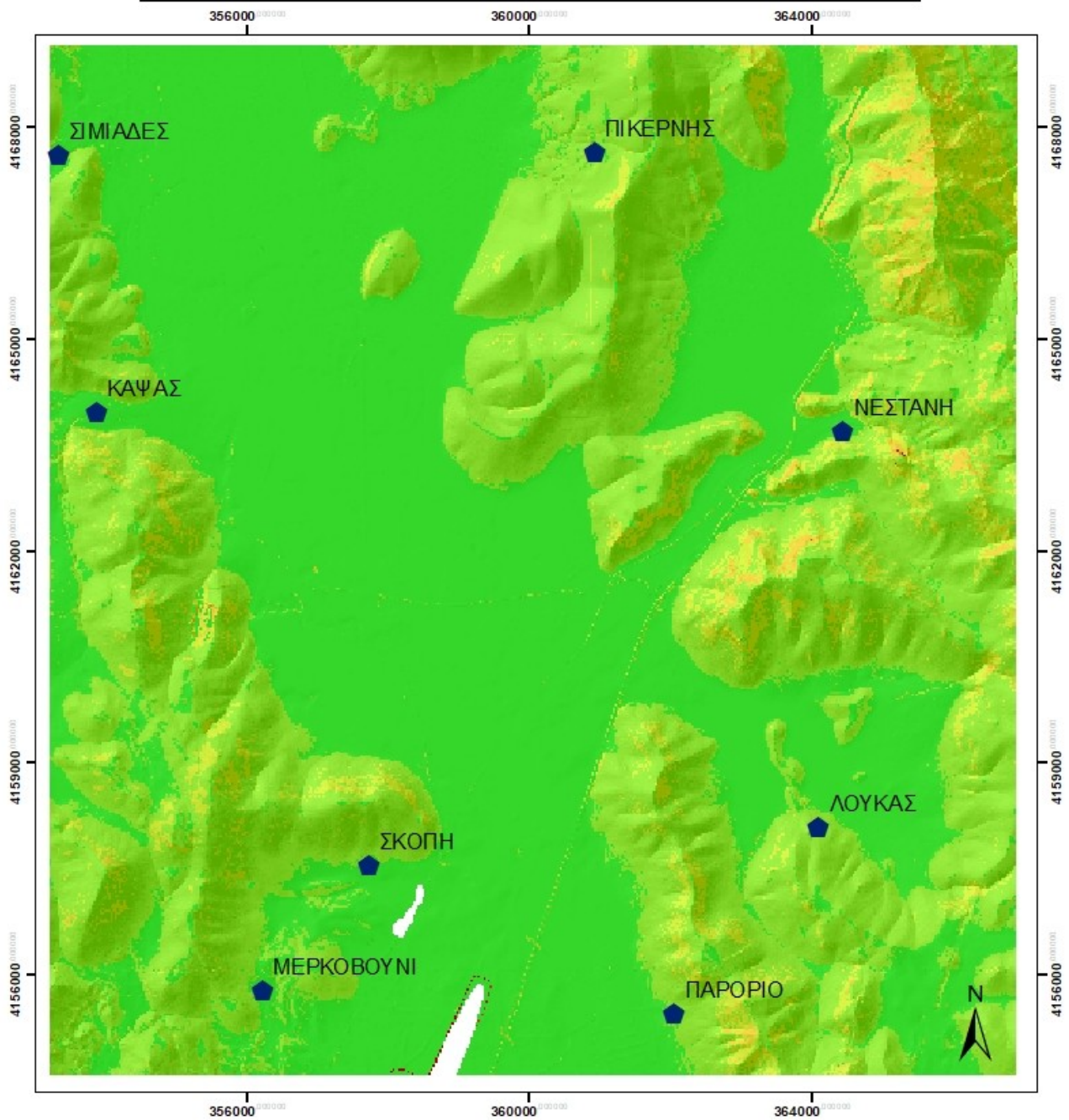
Εικόνα 17: Τοπογραφικός χάρτης

## ΧΑΡΤΗΣ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΛΙΣΕΩΝ

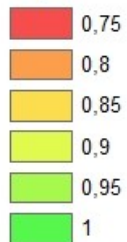


Εικόνα 18: Χάρτης μορφολογικών κλίσεων. Οι μεγαλύτερες κλίσεις εντοπίζονται στους ορεινούς όγκους (Πικέρνης, Νεστάνη, Λουκάς, Παρόριο, Σκοπή).

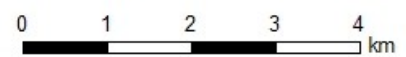
## ΧΑΡΤΗΣ ΥΠΟΠΑΡΑΓΟΝΤΑ SV (ΜΑΡΤΙΟΣ)



### Τιμή υποπαράγοντα



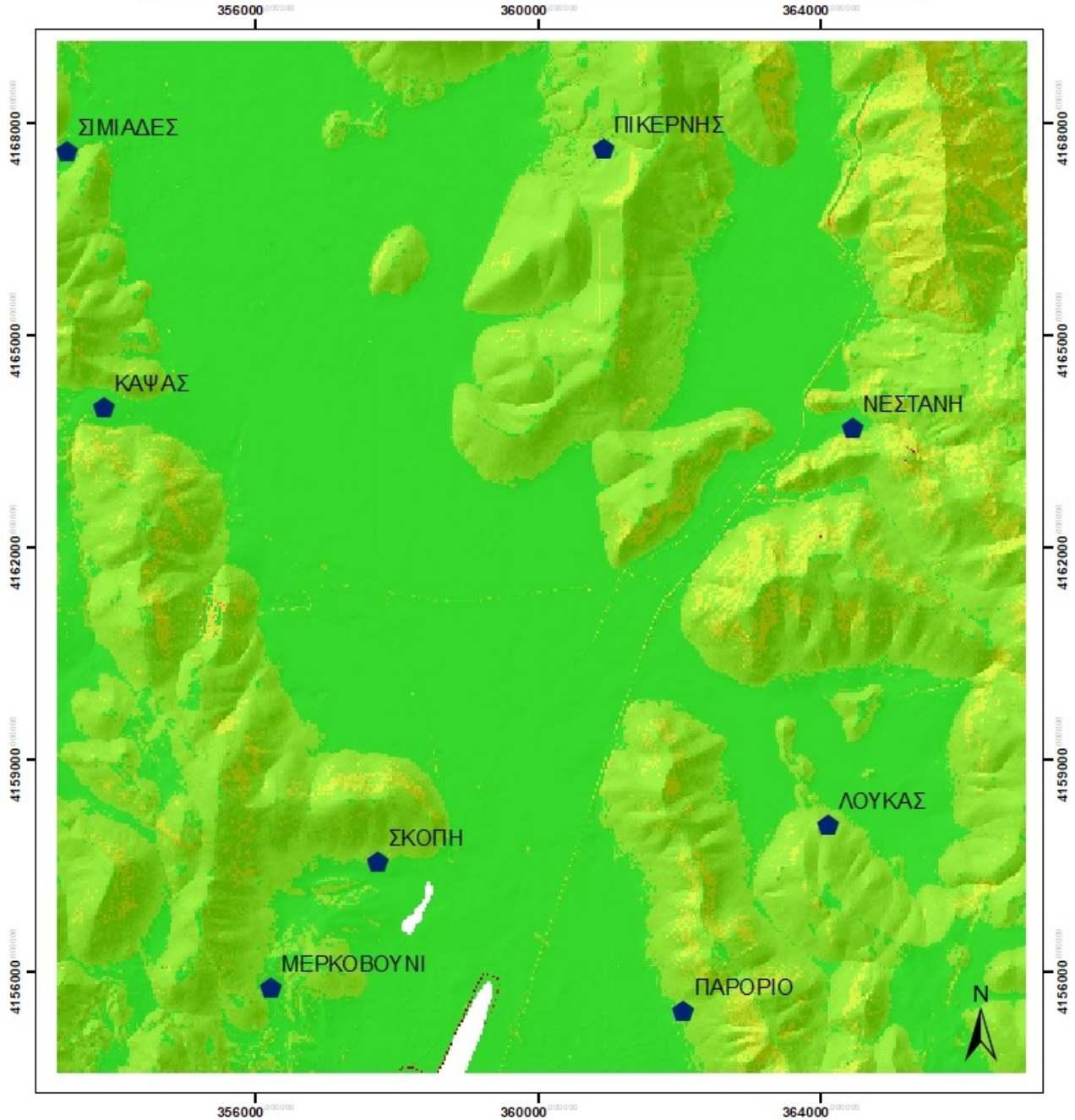
### Οικισμοί



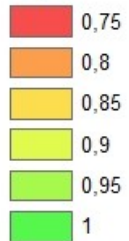
Εικόνα 19: Χάρτης υποπαράγοντα sv (Μάρτιος)



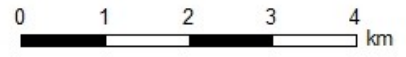
# ΧΑΡΤΗΣ ΥΠΟΠΑΡΑΓΟΝΤΑ SV (ΙΟΥΝΙΟΣ)



## Τιμή υποπαράγοντα

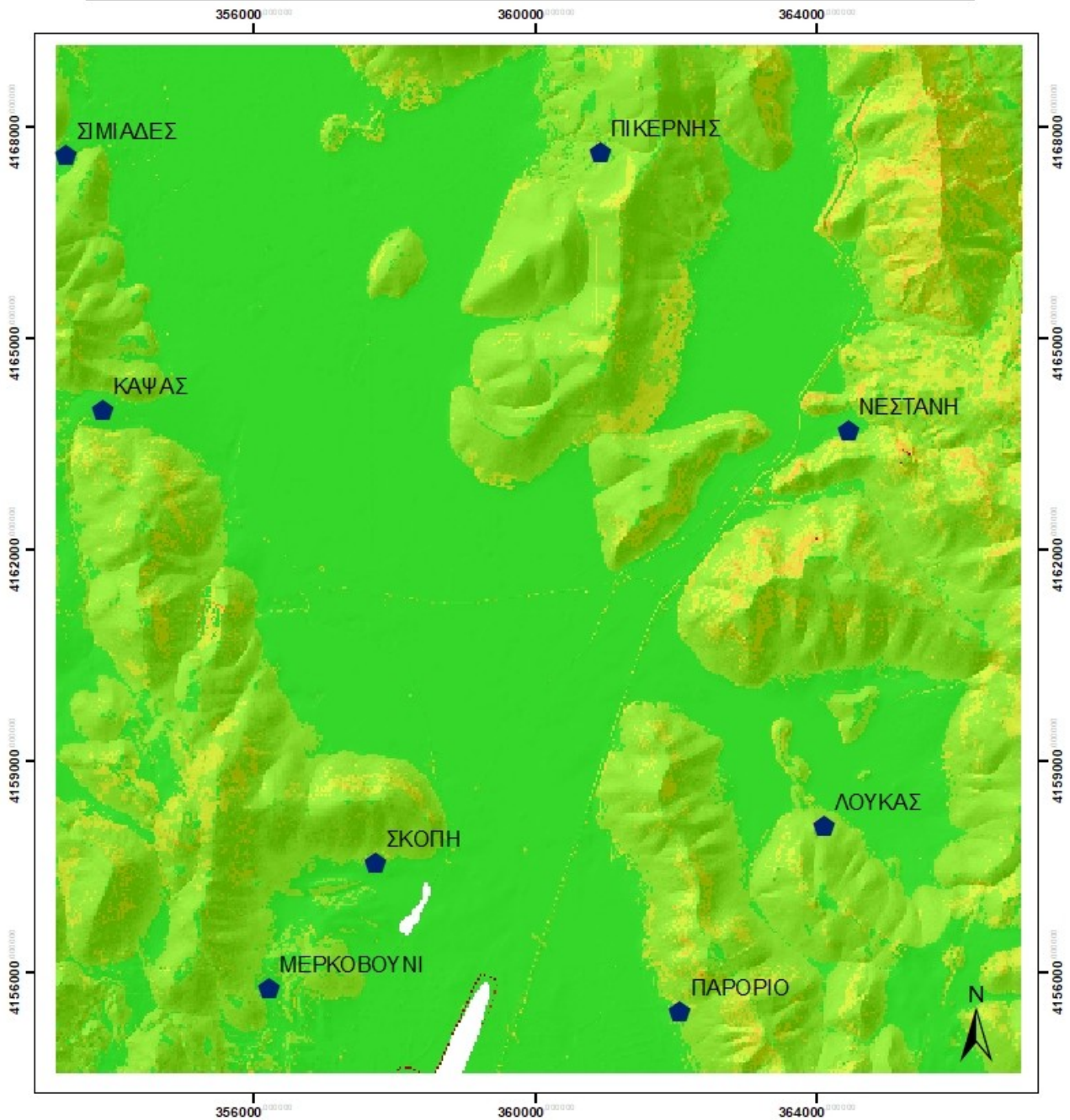


## Οικισμοί



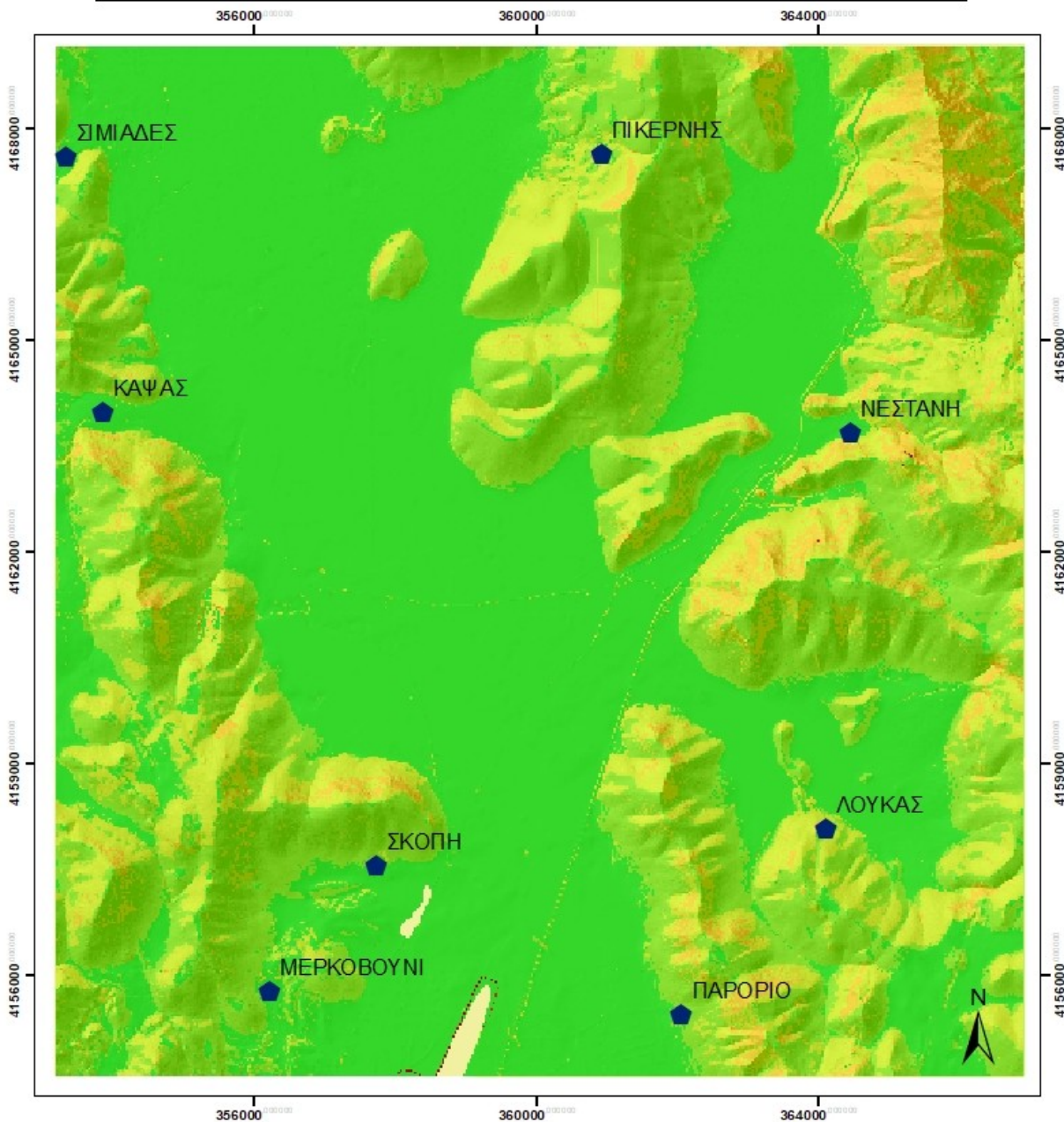
Εικόνα 20: Χάρτης υποπαράγοντα sv (Ιούνιος)

# ΧΑΡΤΗΣ ΥΠΟΠΑΡΑΓΟΝΤΑ SV (ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ)

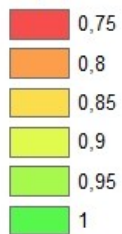


Εικόνα 21: Χάρτης υποπαράγοντα sv (Σεπτέμβριος)

## ΧΑΡΤΗΣ ΥΠΟΠΑΡΑΓΟΝΤΑ SV (ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ)



### Τιμή υποπαράγοντα

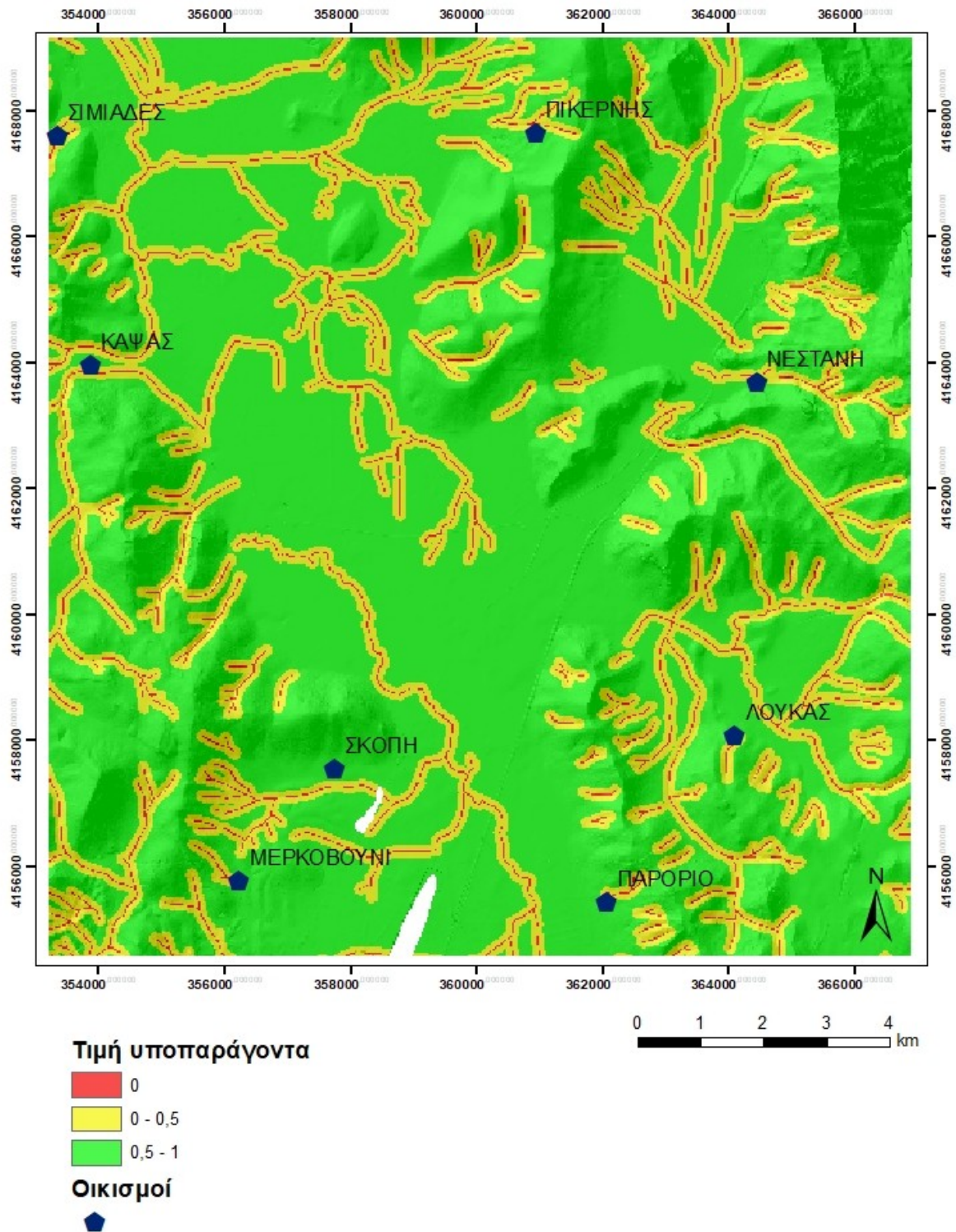


### Οικισμοί



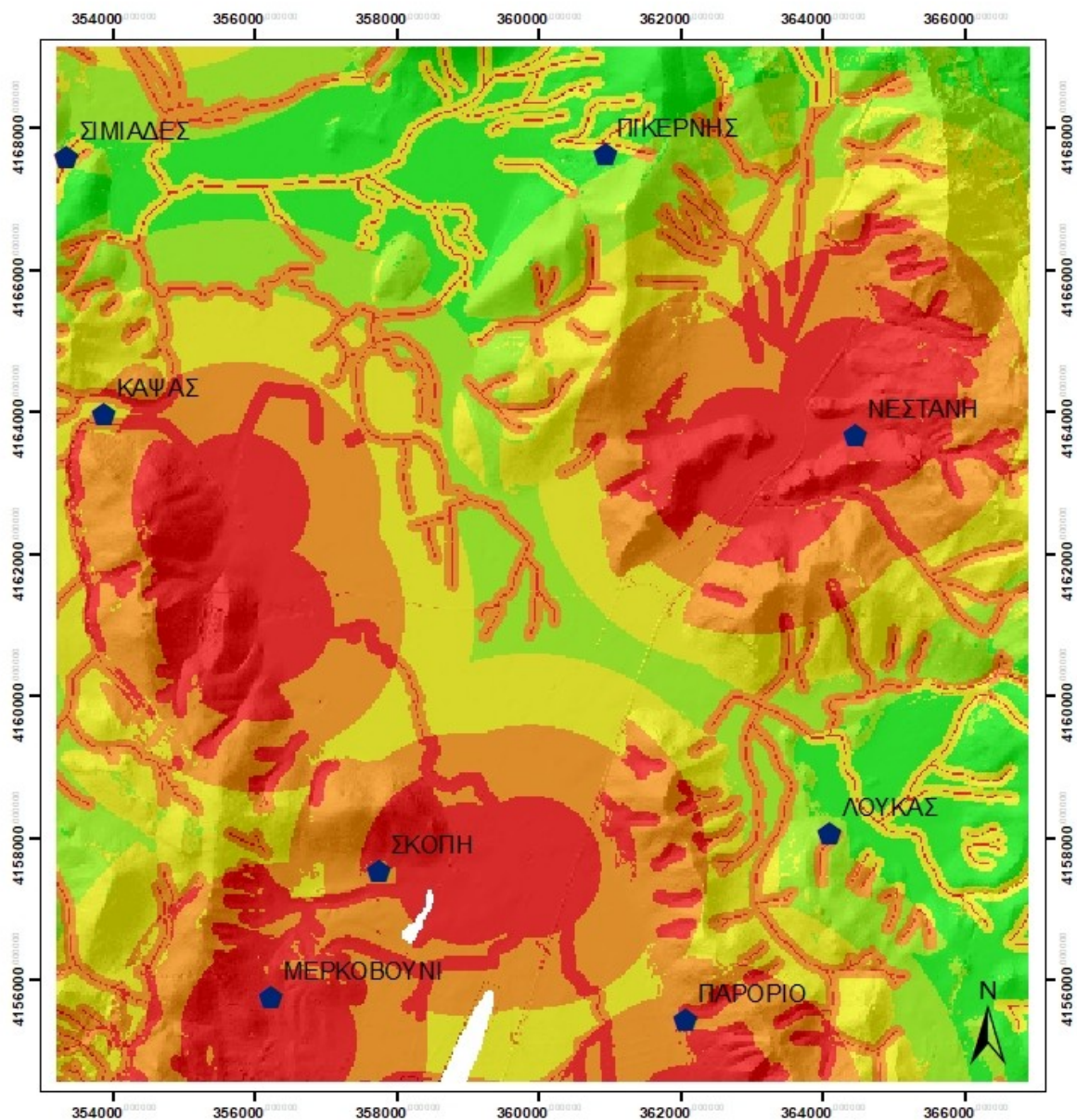
Εικόνα 22: Χάρτης υποπαράγοντα sv (Δεκέμβριος). Μικρότερες τιμές παρατηρούνται στους ορεινούς όγκους κατά τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες, λόγω μεγάλων μορφολογικών κλίσεων και απουσίας βλάστησης.

## ΧΑΡΤΗΣ ΥΠΟΠΑΡΑΓΟΝΤΑ DS



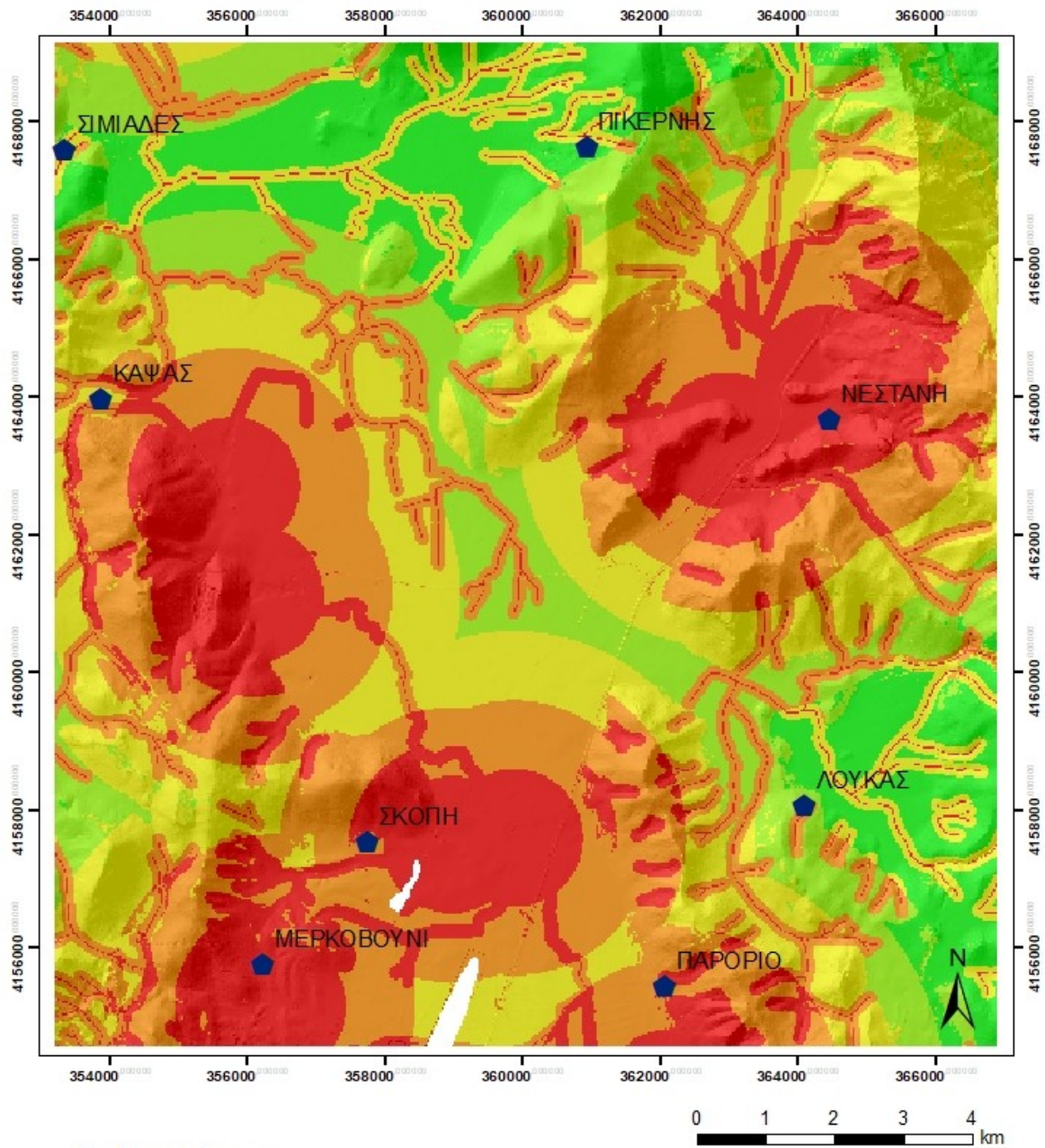
Εικόνα 23: Χάρτης υποπαράγοντα ds. Οι μικρότερες τιμές παρατηρούνται σε μικρές αποστάσεις από το υδρογραφικό δίκτυο.

## ΧΑΡΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ C (ΜΑΡΤΙΟΣ)



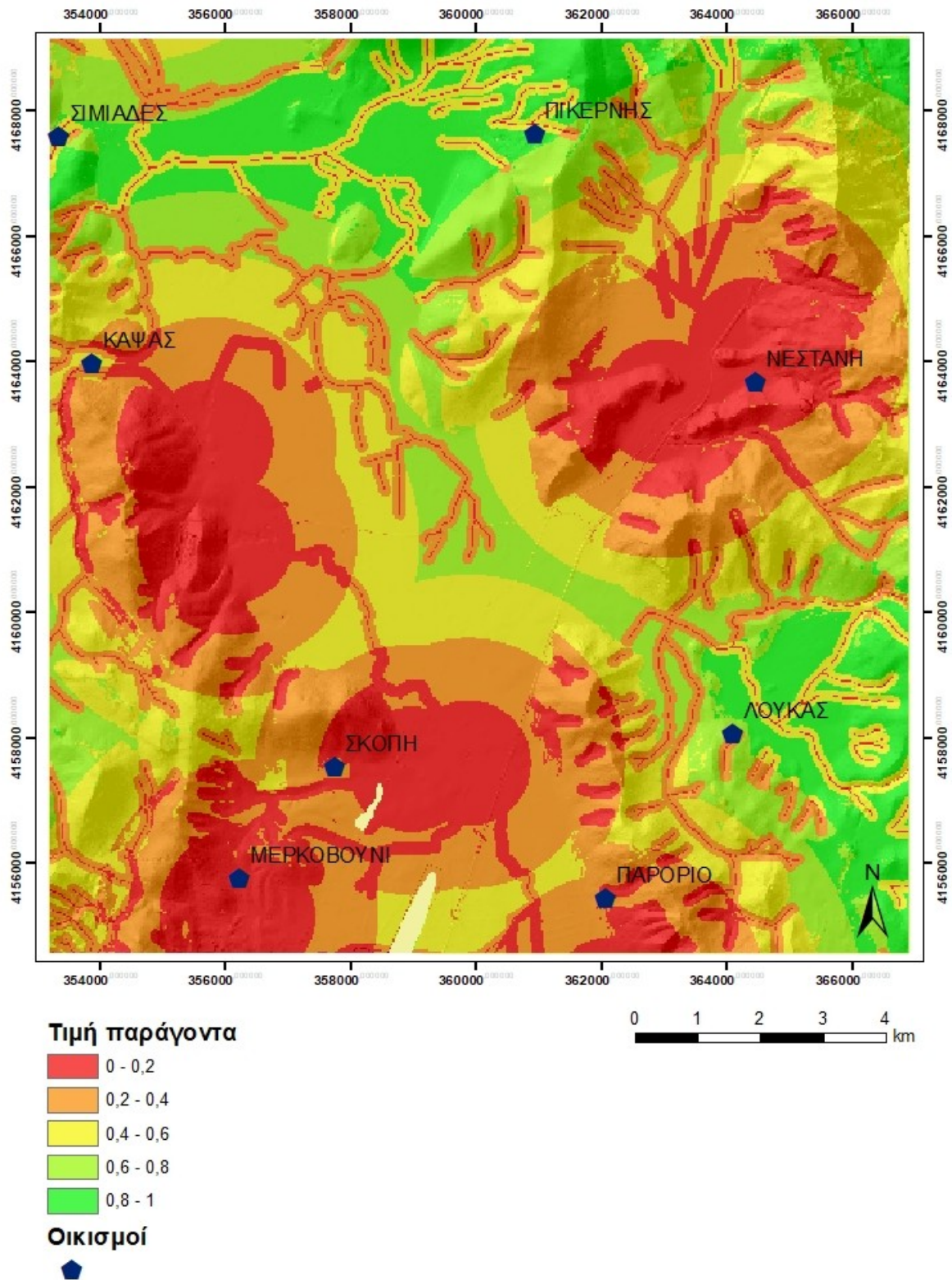
Εικόνα 24: Χάρτης παράγοντα C (Μάρτιος)

## ΧΑΡΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ C (ΙΟΥΝΙΟΣ)



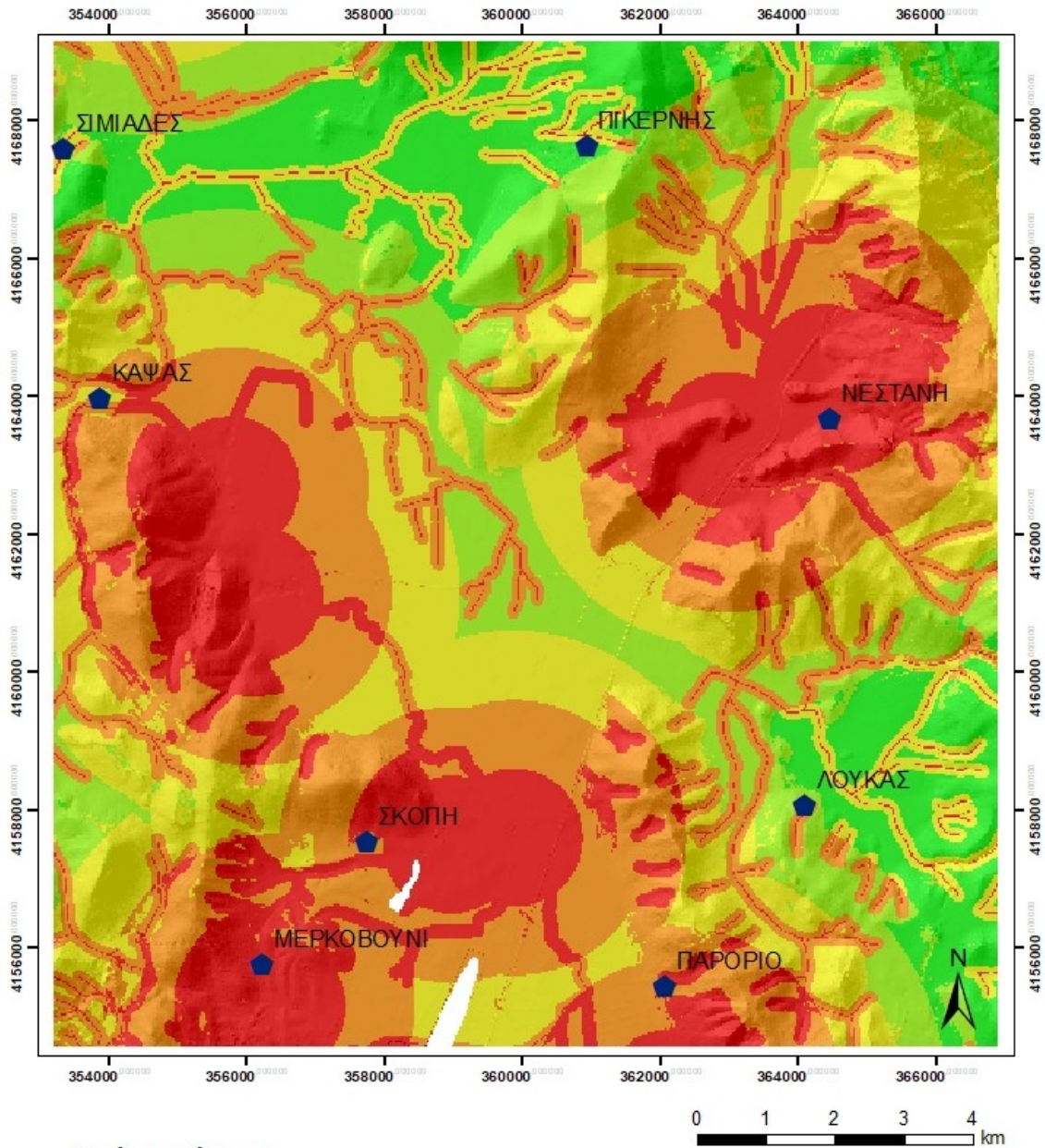
Εικόνα 25: Χάρτης παράγοντα C (Ιούνιος)

## ΧΑΡΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ C (ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ)



Εικόνα 26: Χάρτης παράγοντα C (Σεπτέμβριος)

## ΧΑΡΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ C (ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ)



### Τιμή παράγοντα

- 0 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,6
- 0,6 - 0,8
- 0,8 - 1

### Οικισμοί



Εικόνα 27: Χάρτης παράγοντα C (Δεκέμβριος). Οι εποχικές διακυμάνσεις είναι πολύ μικρές, ενώ πρωταρχικό ρόλο στη μείωση της προστατευτικότητας έχει το υδρογραφικό δίκτυο και οι καταβόθρες.



### 3.3 Εκτίμηση παράγοντα O

Ο παράγοντας O σχετίζεται με τα υπερκείμενα του υδροφόρου ορίζοντα στρώματα και συγκεκριμένα αποτελεί το άθροισμα του υποπαράγοντα  $O_L$ , ο οποίος σχετίζεται με τη λιθολογία των στρωμάτων και το πάχος τους και του υποπαράγοντα  $O_s$  που βαθμονομείται με βάση τα χαρακτηριστικά του εδαφικού ορίζοντα. Συγκεκριμένα :

#### ι) Για τον υποπαράγοντα $O_L$ :

Λιθολογία και ρωγμάτωση	Τιμή
Άργιλος	1500
Ιλύς	1200
Μάργες και μη διερρηγμένοι μεταπηλίτες και πυριγενή πετρώματα	1000
Μαργαικοί ασβεστόλιθοι	500
Διερρηγμένοι μεταπηλίτες και πυριγενή πετρώματα	400
Τσιμεντοποιημένα ή μη διερρηγμένα κροκαλοπαγή και breccias	100
Ψαμμίτες	60
Τοπικά τσιμεντοποιημένα ή διερρηγμένα κροκαλοπαγή και breccias	40
Άμμοι και χαλίκια	10
Υδροπερατοί βασάλτες	5
Διερρηγμένα ανθρακικά πετρώματα	3
Καρστικοποιημένα πετρώματα	1

Πολλαπλασιάζοντας τις παραπάνω τιμές με το πάχος του αντίστοιχου στρώματος και προσθέτοντας όλα τα γεωλογικά στρώματα που απαντούν σε ένα συγκεκριμένο σημείο, προκύπτει ο δείκτης στρώματος.

Δείκτης Στρώματος	Τιμή
(0 – 250]	1
(250 – 1000]	2
(1000 – 2500]	3
(2500 – 10000]	4
>10000	5

Ένας ακόμη παράγοντας που λαμβάνεται υπόψη για τον υπολογισμό του υποπαράγοντα, είναι οι συνθήκες του υδροφόρου ορίζοντα. Συγκεκριμένα :

Συνθήκες υδροφόρου ορίζοντα	Τιμή
Υπό πίεση	2
Μερικώς υπό πίεση	1,5
Ελεύθερος	1

Ο υποπαράγοντας προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό των τιμών του **δείκτη στρώματος** επί τον **δείκτη συνθηκών του υδροφόρου ορίζοντα**.

**ii) Για τον υποπαράγοντα  $O_s$  :**

Πάχος εδαφικού μανδύα	Σύσταση			
	Ιλύς	Άργιλος	Άργιλος και άμμος	Άμμος
> 1 m	5	4	3	2
0,5 – 1 m	4	3	2	1
< 0,5 m	3	2	1	0*

\* Επίσης, όταν δεν υπάρχει εδαφικός μανδύας δίνεται η τιμή 0

## **Πρακτικό μέρος**

Τα δεδομένα που χρησιμοποιηθήκαν ήταν τόσο από γεωλογικές τομές της περιοχής, όσο και από γεωτρήσεις της Δ.Ε.Η. και του Ι.Γ.Μ.Ε.

- **Υποπαράγοντας  $O_L$**  : Σε κάθε μία από τις γεωλογικές τομές, επιλέχθηκαν χαρακτηριστικά σημεία στα οποία έγινε εκτίμηση του πάχους, με βάση την κλίμακα, των λιθολογιών (οι τομές Α-Α' έως Θ-Θ' φαίνονται παρακάτω). Στη συνέχεια έγινε βαθμονόμηση ακολουθώντας τον πίνακα της μεθόδου. Συγκεκριμένα, για κάθε σημείο υπολογίστηκε το σύνολο των γινομένων των χαρακτηριστικών τιμών των λιθολογιών επί το πάχος αυτών. Με βάση τα αποτελέσματα, το κάθε σημείο κατηγοριοποιήθηκε παίρνοντας τιμές από το 1 έως το 5. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για ορισμένες χαρακτηριστικές γεωτρήσεις της Δ.Ε.Η και του Ι.Γ.Μ.Ε, για τις οποίες υπήρχαν τα κατάλληλα δεδομένα (πάχος και περιγραφή της λιθολογίας).

Για να προκύψει ο υποπαράγοντας  $O_L$ , οι παραπάνω τιμές πολλαπλασιάστηκαν με έναν δείκτη ο οποίος σχετίζεται με το βαθμό ελευθερίας του υδροφόρου ορίζοντα. Λόγω της μικρής κλίσης του υδροφόρου ορίζοντα και απουσίας δεδομένων, θεωρήθηκε ως ελεύθερος (βαθμός 1).

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιγράφεται παρακάτω.

-Ψηφιοποίηση γεωλογικού χάρτη με τομές. (εικόνα 28)

-Ψηφιοποίηση χαρακτηριστικών σημείων πάνω σε τομές και γεωτρήσεων πάνω σε χάρτη.

-Εκτίμηση πάχους βάσει τομών και γεωτρητικών στοιχείων

-Υπολογισμός σε αρχείο excel του συνόλου των γινομένων πάχος επί βαθμός. (σε σχηματισμούς με χαρακτηριστικά 2 ή και παραπάνω λιθολογιών επιλέχτηκε η μέση τιμή των επιμέρους βαθμών, π.χ φλύσχης : 50 % ψαμμίτης και 50 % άργιλος , βλέπε πίνακα 5)

-Προσθήκη αποτελεσμάτων  $O_L$  στο attribute table των παραπάνω σημείων. (εικόνα 29)

- Δημιουργία χάρτη του υποπαράγοντα με τη χρήση του εργαλείου IDW (3D Analyst Tools → Raster Interpolation).

Με την δημιουργία του χάρτη αυτού οριοθετήθηκε και η περιοχή μελέτης, δηλαδή όπου υπήρχαν στοιχεία από γεωτρήσεις και γεωλογικές τομές. (εικόνα 30)

- **Υποπαράγοντας  $O_S$** : Ο υποπαράγοντας αυτός εξαρτάται από το πάχος του εδαφικού μανδύα και από τη κοκκομετρική σύσταση αυτού. Έτσι, σε κάθε ένα από τα χαρακτηριστικά σημεία όπου υπολογίστηκε ο υποπαράγοντας  $O_L$  και χρησιμοποιώντας τον εδαφολογικό χάρτη της περιοχής (εικόνα 31), δόθηκαν τιμές με βάση τον παραπάνω πίνακα.

Επειδή σε όλα τα πολύγωνα του χάρτη προέκυψε ότι ο εδαφικός μανδύας ήταν μεγαλύτερος του ενός μέτρου, οι τιμές που δόθηκαν ήταν 2, 3, 4 και 5. Στις ορεινές περιοχές λόγω του απότομου αναγλύφου και απουσίας εδαφικού μανδύα η τιμή που δόθηκε ήταν 0.

Η διαδικασία βαθμονόμησης για τον  $O_S$  είναι η εξής:

- Χρήση δεδομένων (κοκκομετρική σύσταση 0 – 25 cm, 25 – 75 cm και 75 – 150 cm) για την εύρεση της μέσης κοκκομετρικής σύστασης και βαθμονόμηση κάθε πολυγώνου βάσει αυτής. Τα δεδομένα αυτά αντιστοιχούν στο δεύτερο, τρίτο και τέταρτο ψηφίο των κωδικών κάθε πολυγώνου. Συγκεκριμένα το δεύτερο ψηφίο αντιστοιχεί στην κοκκομετρική σύσταση 25 – 75 cm, το τρίτο στα 0 – 25 cm και το τέταρτο στα 75 – 150 cm.

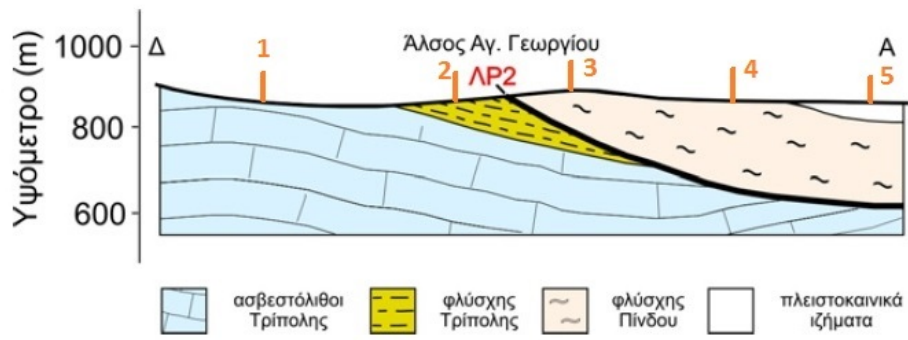
- Ψηφιοποίηση πολυγώνου το οποίο εμπεριείχε τις γεωτρήσεις ΔΕΗ Α12 (poly 1) και ΙΓΜΕ Γ4 (poly 2). Επειδή για τις δύο αυτές γεωτρήσεις δεν υπήρχαν δεδομένα από τον εδαφολογικό χάρτη, δόθηκαν τιμές από τα γεωφυσικά στοιχεία. Λόγω διαφορετικών τιμών στις δύο αυτές γεωτρήσεις, το πολύγωνο υποδιαιρέθηκε σε δύο μικρότερα.

- Προσθήκη αποτελεσμάτων  $O_S$  στο attribute table των πολυγώνων.

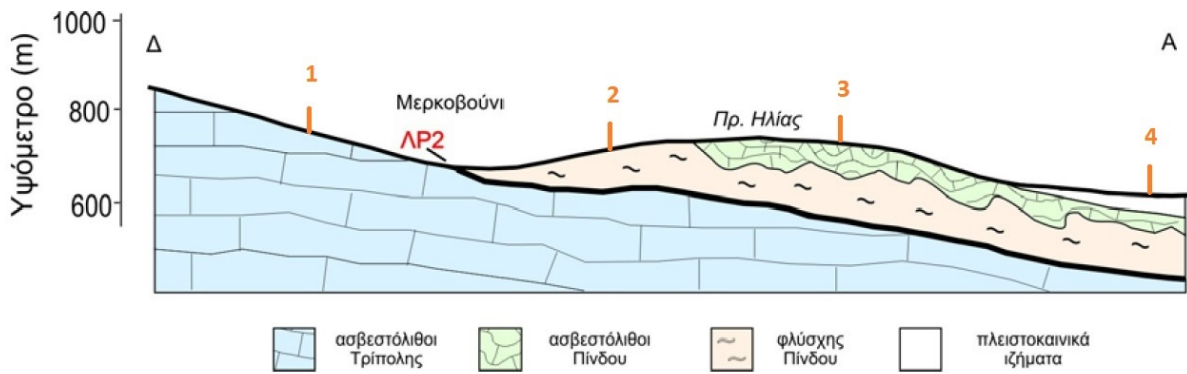
- Δημιουργία καινούριου shapefile (πολύγωνο), με τις διαστάσεις του χάρτη του υποπαράγοντα  $O_L$ , που δημιουργήθηκε προηγουμένως για να δοθεί τιμή μηδέν στις περιοχές που στερούνται εδαφικού μανδύα, με σκοπό τη δημιουργία του τελικού χάρτη.

- Χρήση της εντολής *Polygon to raster*, έτσι ώστε να είναι δυνατή η δημιουργία του τελικού χάρτη. (εικόνα 32)

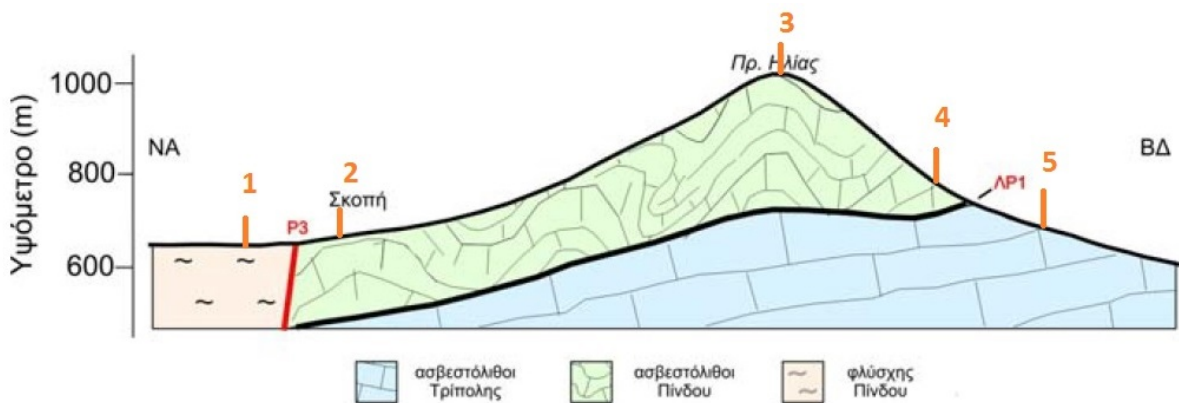
Τέλος, για τον υπολογισμό του **παράγοντα  $O$** , χρησιμοποιήθηκε η εντολή Raster calculator, με την οποία έγινε προσθήκη των δύο raster (υποπαράγοντα  $O_L$  και υποπαράγοντα  $O_S$ ) και προέκυψε ο τελικός χάρτης του παράγοντα. (εικόνα 33)



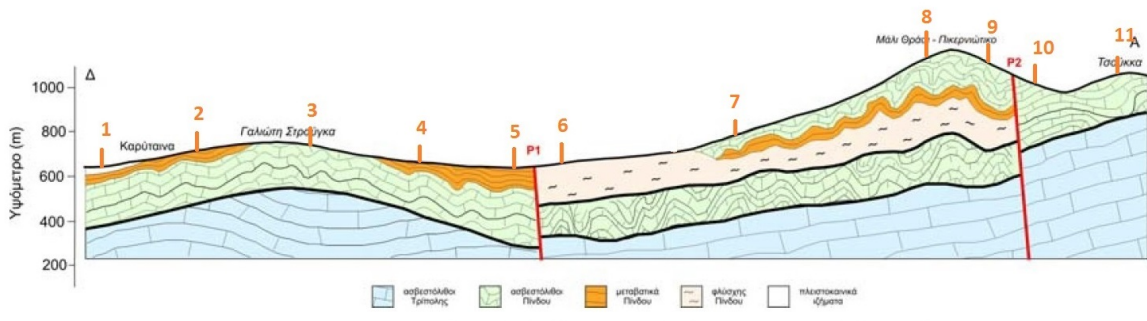
Γεωλογική τομή Α-Α' στην περιοχή του άλσους Αγ. Γεωργίου Τριπόλεως



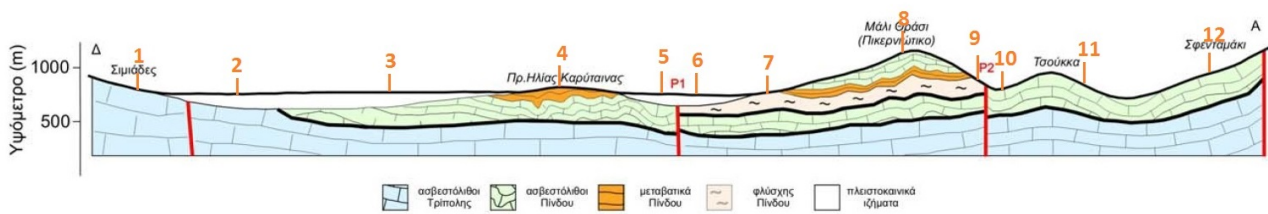
Γεωλογική τομή Β-Β' στην περιοχή λόφου Προφ. Ηλία Μερκοβουνίου



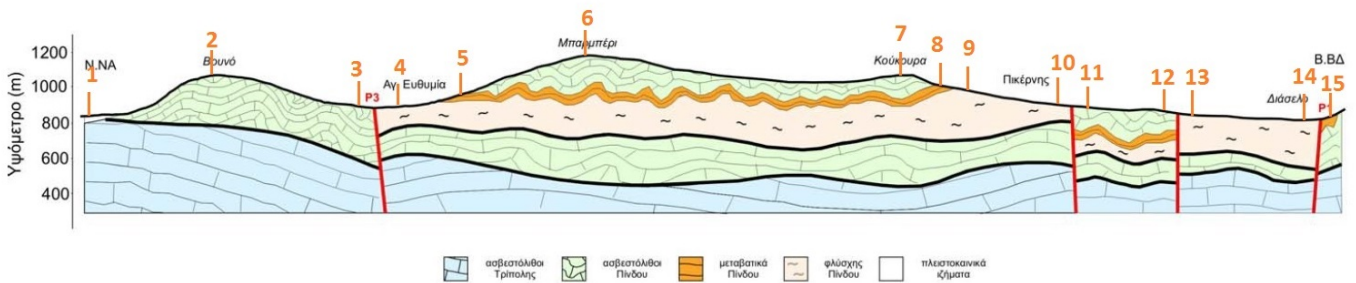
Γεωλογική τομή Γ-Γ' στην περιοχή οικισμού Σκοπής



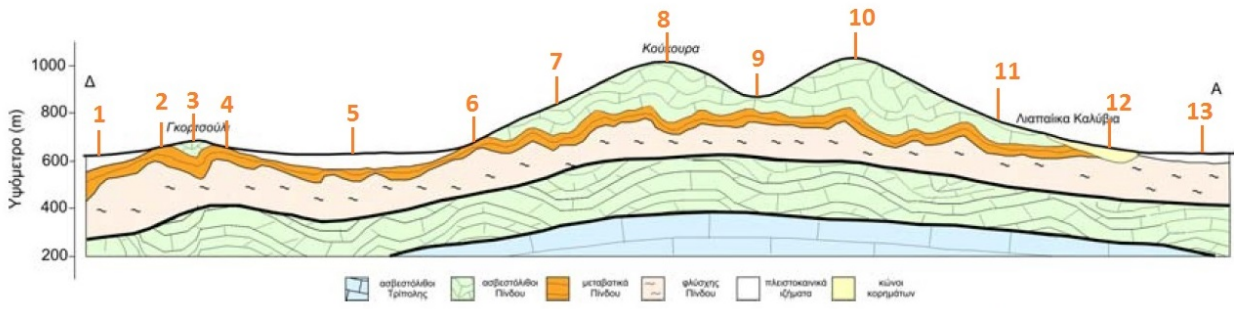
Γεωλογική τομή Δ-Δ' περιοχής Καρύταινας – Μάλι Θράσι



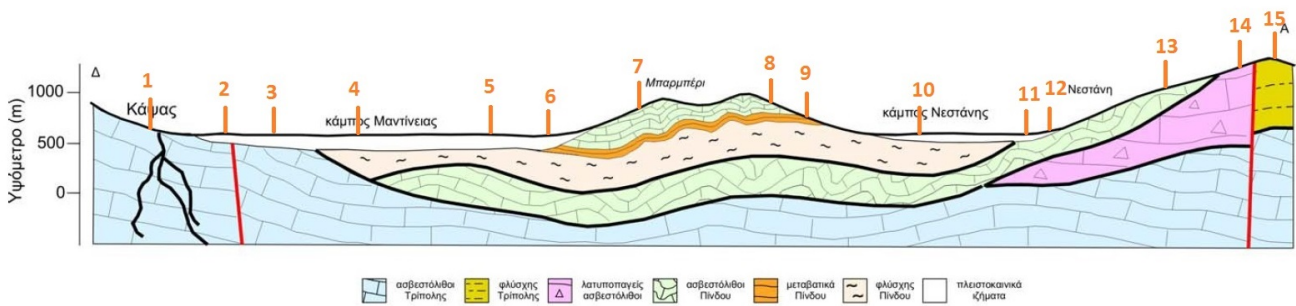
Γεωλογική τομή E-E', Σιμιάδες – Καρύταινα – Μάλι Θράσι – Τσοúκκα - Αρτεμίσιο



Γεωλογική τομή ΣΤ-ΣΤ' Βουνό – Μπαρμπέρι – Κούκουρα – Μάλι Θράσι



Γεωλογική τομή Z-Z' Γκορτσούλι – Κούκουρα – Λιαπαίικα Καλύβια

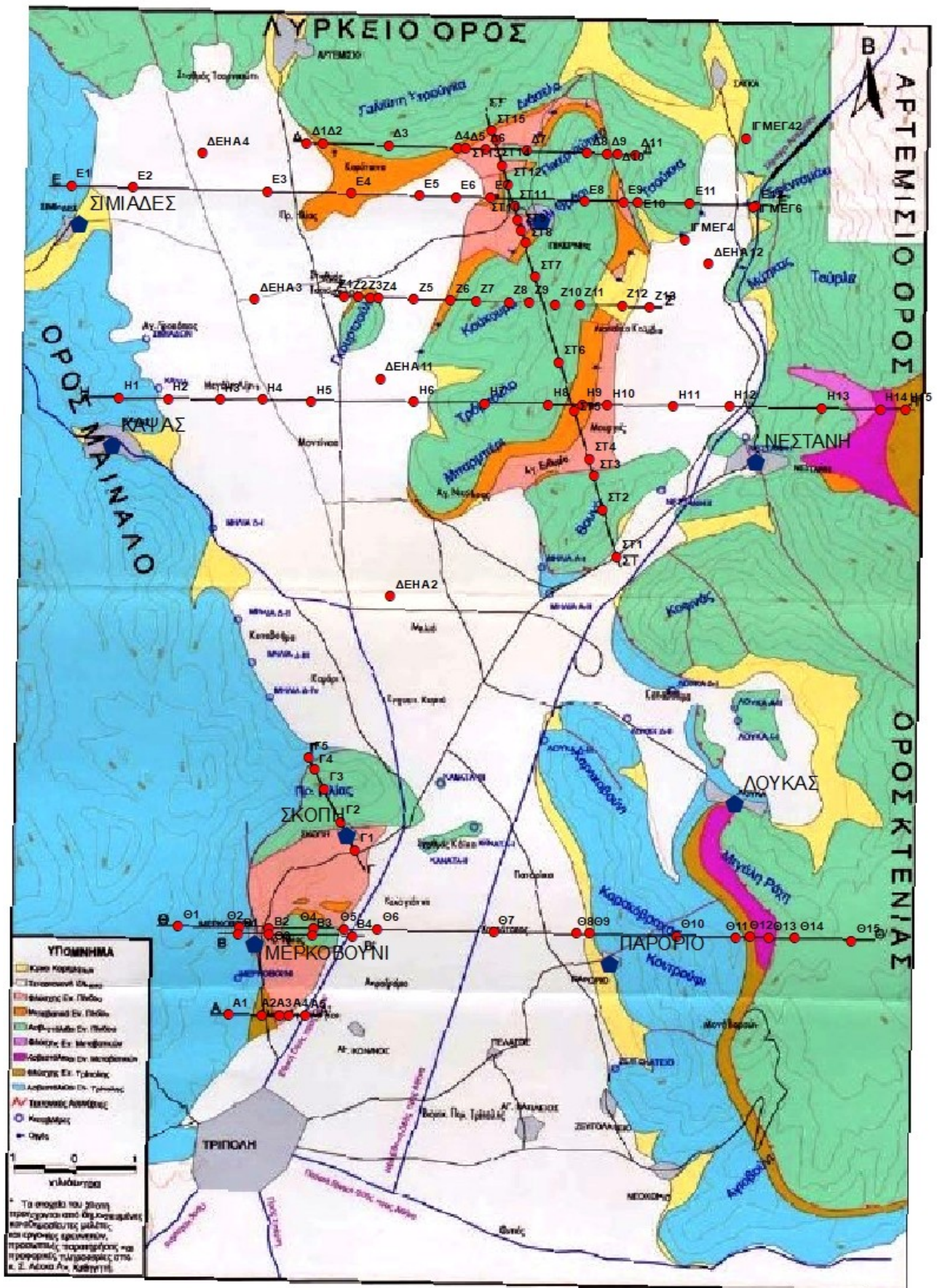


Γεωλογική τομή H-H' Κάψας – Μπαρμπέρι - Νεοστάνη



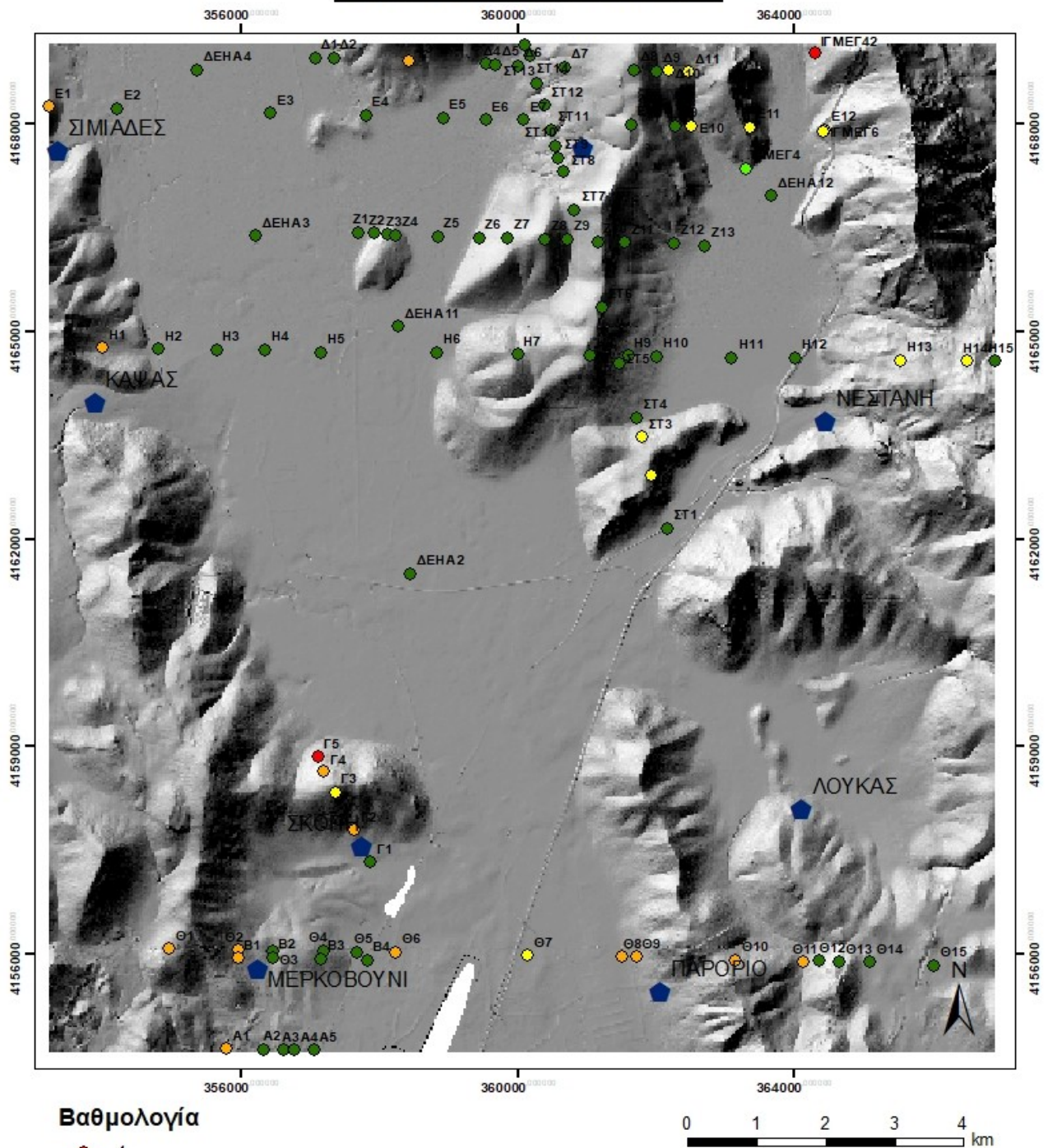
Γεωλογική τομή Θ-Θ' Μερκοβούνι – Παρόριον – Λουκάς

(Όλες οι παραπάνω τομές έχουν χρησιμοποιηθεί από το διδακτορικό του Αλεξόπουλου Ι., 1998)



Εικόνα 28: Χάρτης με τις παραπάνω τομές και τα χαρακτηριστικά σημεία

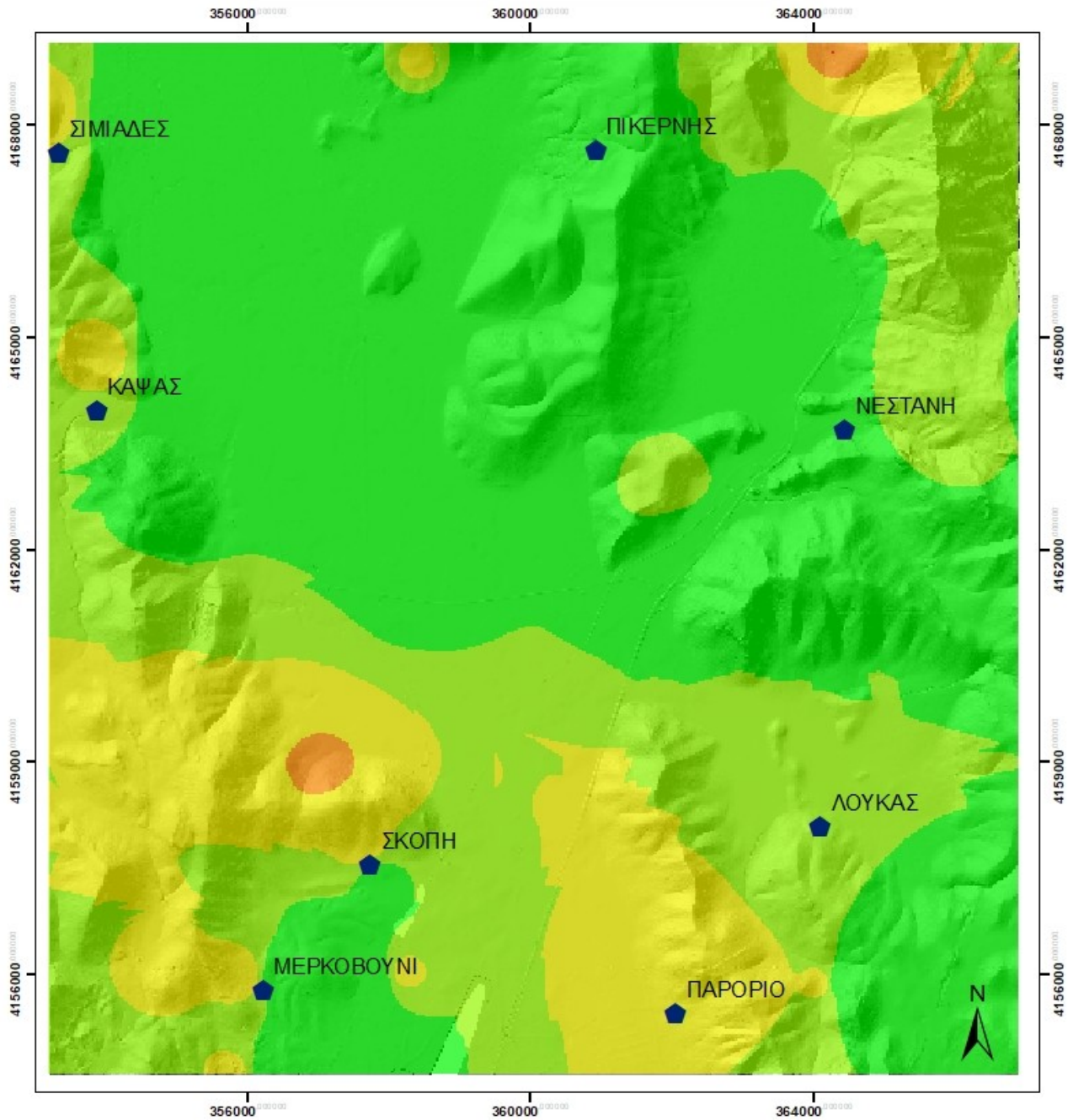
# ΧΑΡΤΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΟΛ



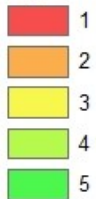
Εικόνα 29: Χάρτης αναγλύφου και σημειακής βαθμολογίας του υποπαράγοντα Ο<sub>L</sub>



# ΧΑΡΤΗΣ ΥΠΟΠΑΡΑΓΟΝΤΑ Ο<sub>L</sub>



Τιμή υποπαράγοντα

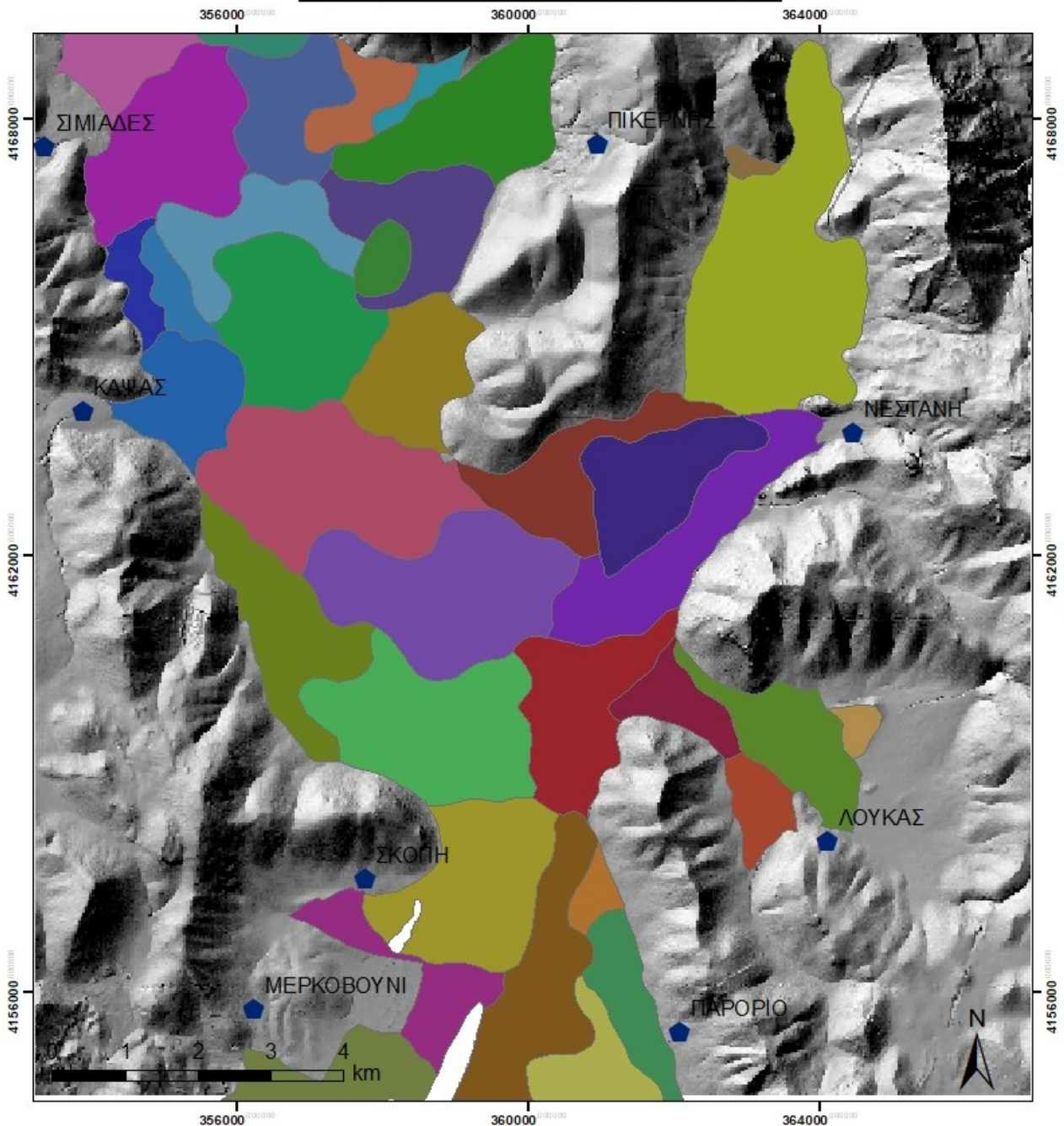


Οικισμοί



Εικόνα 30: Χάρτης υποπαράγοντα Ο<sub>L</sub>

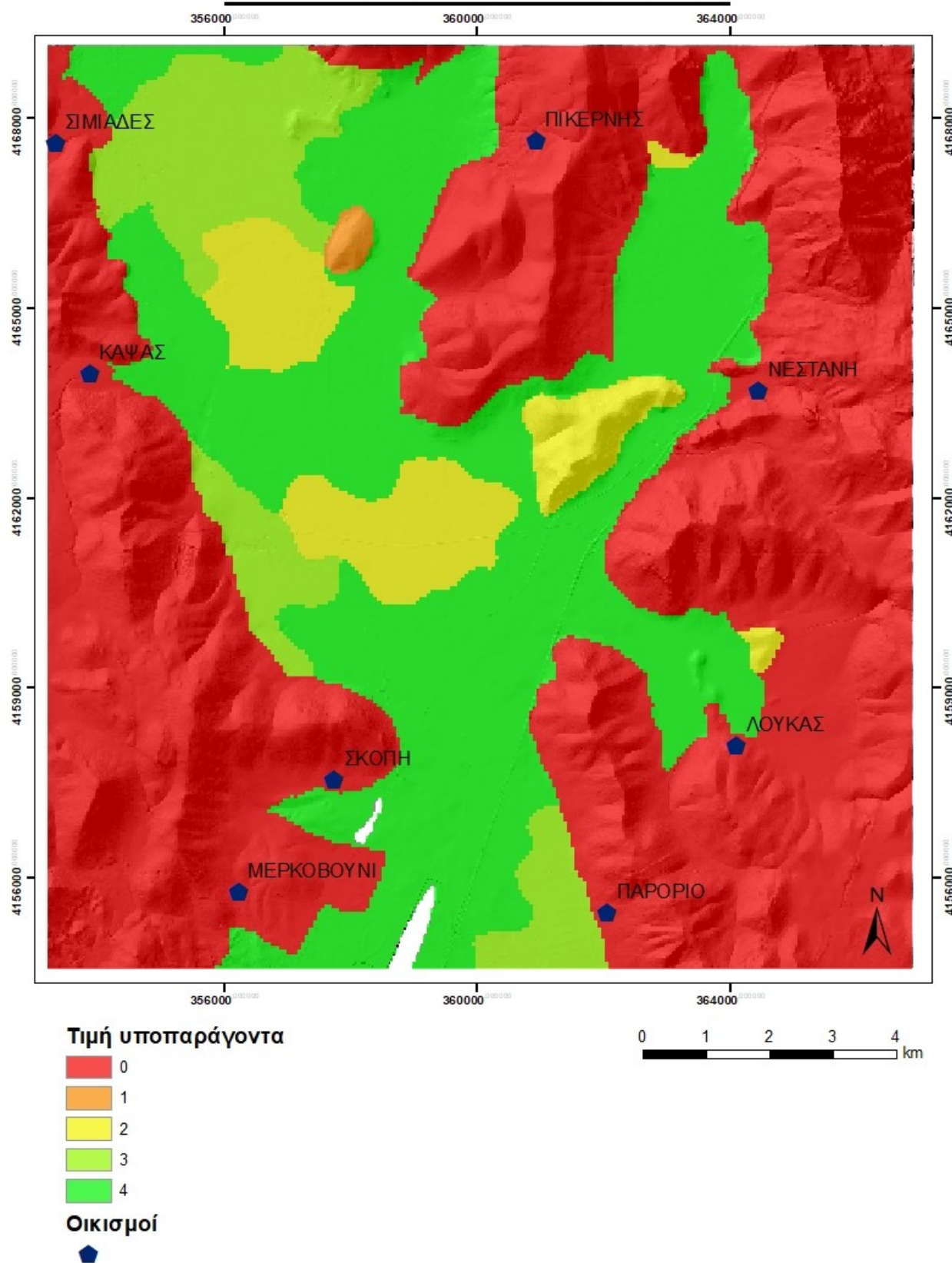
# ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ



Κωδικός εδάφους	A334B43G12011CM	C334E61A00011FL	D325B41C00011CM	E/F132D51A03011FL
A003C13L33R11LP	A334C52C02011CM	C434C61A03011FL	D333C51A00011CM	E/F132D63A03011FL
A004C13L43R11LP	A334C53L03011CM	D/F435C61A03011FL	D333D61A02011FL	E/F223C61A00011FL
A004E13L43R11LP	B112C61A00011CM	D112D61A00011CM	D334A43A02011CM	E132D62A02011FL
A132B42C02011CM	B223C52A00011CM	D132B52A00011CM	D334C51A00011CM	E334C61A00011FL
A224A42G00011CM	B334D61A03011CM	D132C51A00011CM	D334C61A00011FL	E434C51A03011FL
A303D13L33R11LP	C223C43A00011CM	D132C62A00011CM	D334C61A02011FL	E435B52A02011FL
A324A33G23G11CM	C334B42G00011CM	D132D61A00011CM	D334D61C00011CM	E435C43A01011FL
A324B33G12G11CM	C334C61A03011FL	D223C61A00011FL	D334D62A00011FL	poly1
A324C33C13G11CM	C334D61A02011CM	D223C61A02011CM	D434D61A02011FL	poly2
A334B43G02011CM	C334D63A03011FL	D223D51A00011CM	D435B61A03011FL	Οικισμοί

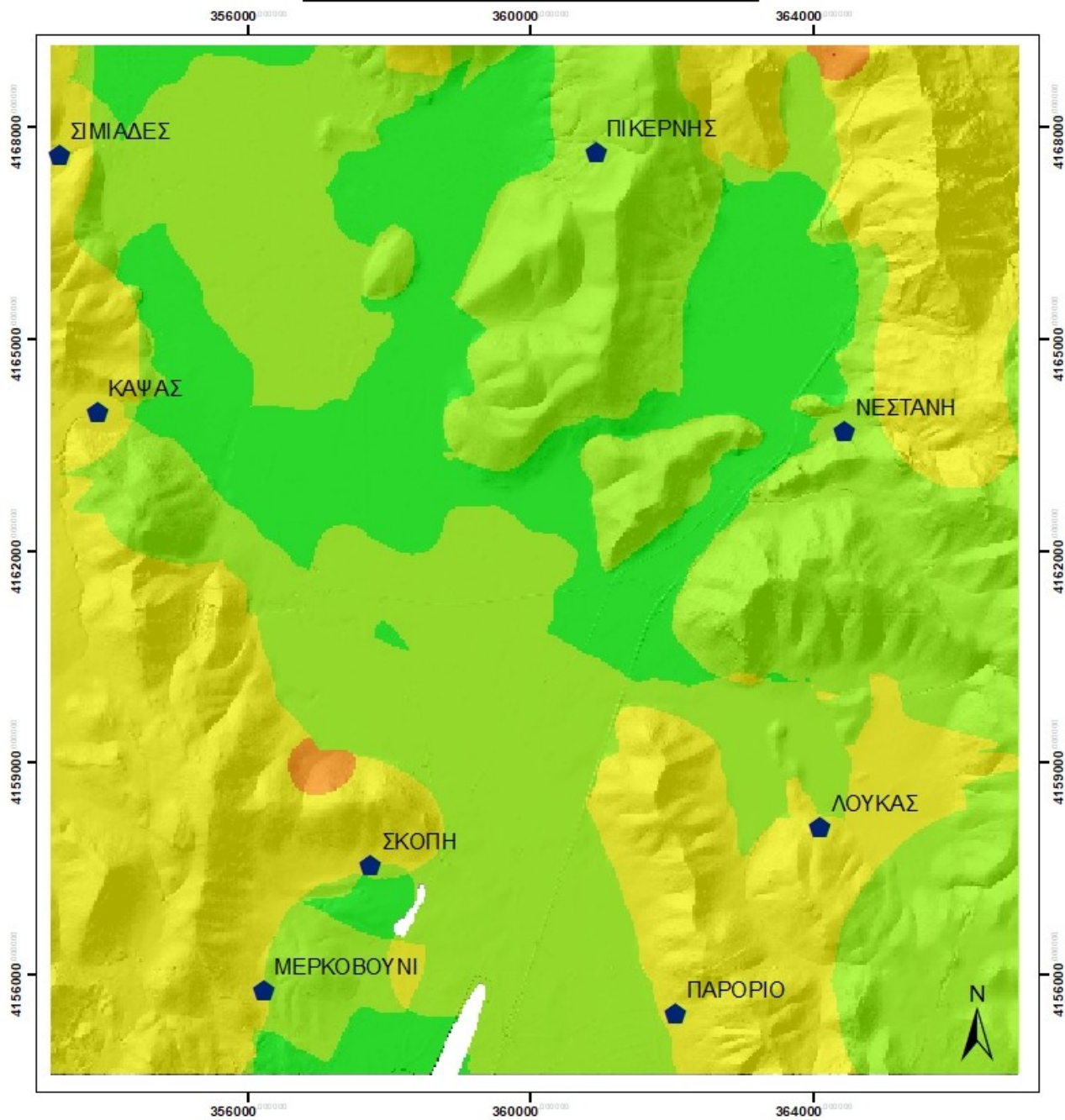
Εικόνα 31: Εδαφολογικός χάρτης της περιοχής (Εδαφολογικός χάρτης της Ελλάδας, κλίμακα 1:30.000)

## ΧΑΡΤΗΣ ΥΠΟΠΑΡΑΓΟΝΤΑ Ο<sub>s</sub>

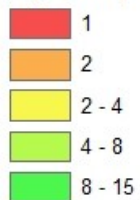


Εικόνα 32: Χάρτης υποπαράγοντα O<sub>s</sub>. Το κόκκινο χρώμα αντιστοιχεί σε περιοχή όπου ο εδαφικός μανδύας απουσιάζει.

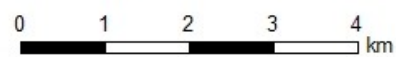
# ΧΑΡΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ Ο



## Τιμή παράγοντα



## Οικισμοί



Εικόνα 33: Χάρτης παράγοντα Ο. Η περιοχή χαρακτηρίζεται γενικά ως μέσης μέχρι πολύ υψηλής προστασίας, όσον αφορά τα υπερκείμενα του υδροφόρου ορίζοντα στρώματα.

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΒΑΘΜΟΣ
Ασβεστόλιθοι Τρίπολης	1
Ασβεστόλιθοι Πίνδου	3
Λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι	1
Μεταβατικά Πίνδου	500
Φλύσχης Τρίπολης	780
Φλύσχης Πίνδου	780
Αλλουβιακοί κώνοι	10
Κώνοι κορημάτων	1000
Πλειστοκαινικά(Θάνα)	10
Πλειστοκαινικά(Παλλάντιο)	1000
Πλειστοκαινικά(γεώτρηση Α2)	1200
Πλειστοκαινικά(γεώτρηση Α3)	1200
Πλειστοκαινικά(γεώτρηση Α4)	1350
Πλειστοκαινικά(γεώτρηση Α11)	1500
Πλειστοκαινικά(γεώτρηση Α12)	1200
Επιφανειακό κάλυμμα(γεώτρηση ΙΓΜΕ Γ4)	1500
Επιφανειακό κάλυμμα(γεώτρηση ΙΓΜΕ Γ6)	500
Επιφανειακό κάλυμμα(γεώτρηση ΙΓΜΕ Γ42)	3

Πίνακας 5: Βαθμονόμηση λιθολογιών της περιοχής για τον υποπαράγοντα  $O_L$ , ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους.

### 3.4 Εκτίμηση παράγοντα P

Ο παράγοντας P σχετίζεται με τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα της περιοχής. Υπολογίζεται από το άθροισμα των δύο υποπαράγοντων P(Q) και P(I).

#### ii) Για τον υποπαράγοντα P(Q) :

Ετήσια κατακρημνίσματα (mm/year)	Τιμή
> 1600	0,4
(1200 – 1600]	0,3
(800 – 1200]	0,2
(400 – 800]	0,3
<= 400	0,4

#### ii) Για τον υποπαράγοντα P(I) :

Σχετίζεται με την ένταση των βροχοπτώσεων, ο οποίος υπολογίζεται από το πηλίκο των ετησίων κατακρημνισμάτων προς τον αριθμό των βροχερών ημερών. Έτσι :

Ένταση(mm/day)	Τιμή
<= 10	0,6
(10 – 20]	0,4
> 20	0,2

## Πρακτικό μέρος

### - Υποπαράγοντας P(Q)

Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα της Ε.Μ.Υ. για τα έτη 1957 έως 1997. Σύμφωνα με αυτά η μέση ετήσια βροχόπτωση στην περιοχή ανέρχεται στα 780,6 mm, η οποία αντιστοιχεί στον παραπάνω πίνακα σε τιμή 0,3.

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση	111.1	89.5	74.8	58.5	38.6	23.3	19.9	22.1	28.1	69.3	109.8	135.6
Συνολικές Μέρες Βροχής	14.5	13.7	13.2	11.4	9.1	5.7	4.2	3.6	4.9	9.0	11.8	15.8

*Πίνακας 6: Πίνακας βροχομετρικών δεδομένων (ΕΜΥ)*

### -Υποπαράγοντας P(I)

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα ο μέσος αριθμός των βροχερών ημερών στην περιοχή είναι 116,9 και χρησιμοποιώντας τον παραπάνω τύπο υπολογίζουμε πως η ένταση της βροχόπτωσης είναι περίπου 6,68 mm/day, τιμή μικρότερη του 10, η οποία αντιστοιχεί σε 0,6.

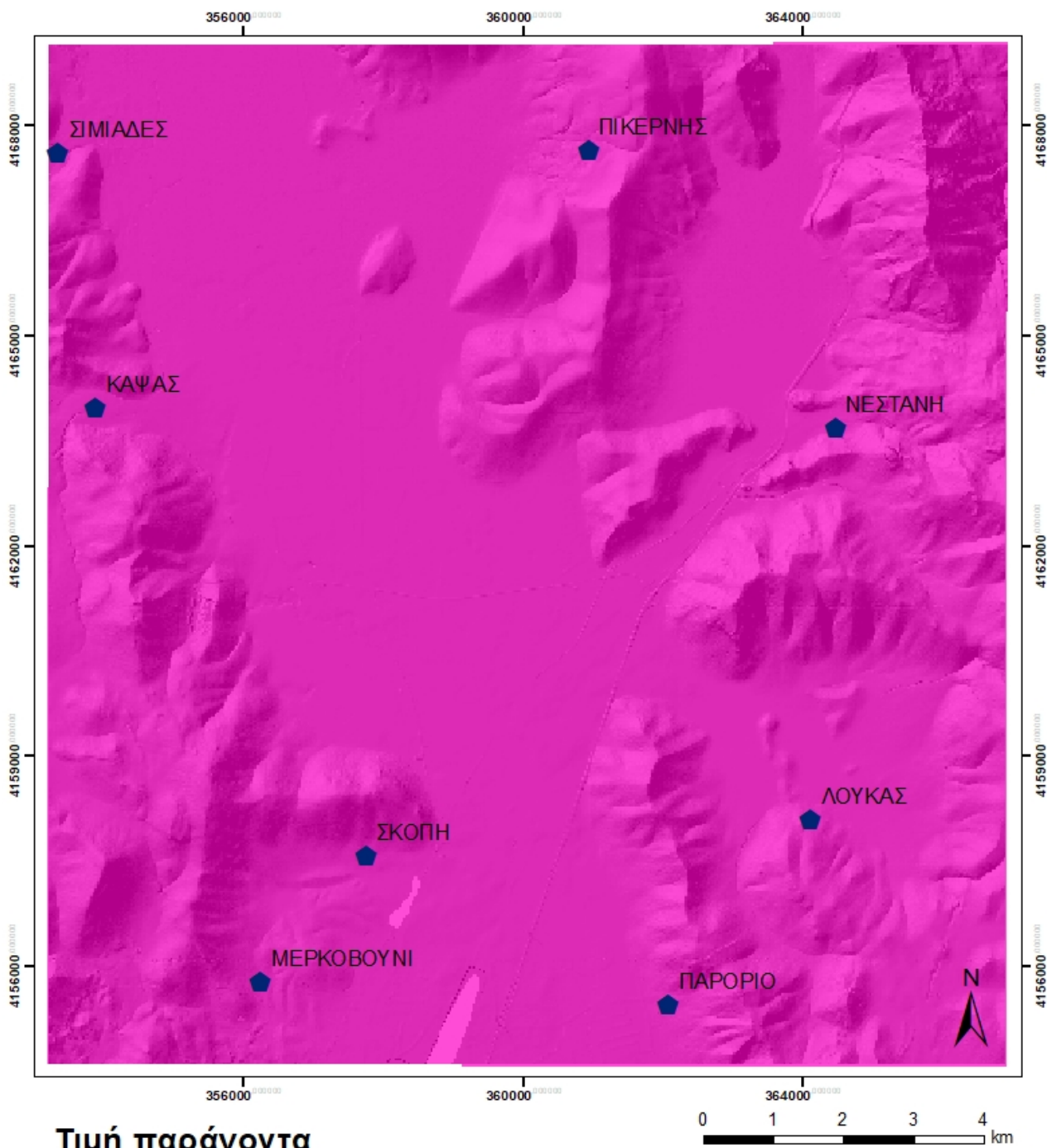
Ο παράγοντας P προκύπτει από το άθροισμα των δύο παραπάνω τιμών. Δηλαδή **P=0,9**. Η διαδικασία δημιουργίας του χάρτη P ήταν η εξής :

- Δημιουργία καινούριου shapefile και συγκεκριμένα πολυγώνου, το οποίο οριοθετούσε την περιοχή μελέτης.

- Προσθήκη της τιμής 0,9 στον attribute table αυτού.

- Χρήση της εντολής Polygon to raster για το μετασχηματισμό του πολυγώνου σε αρχείο raster. (εικόνα 34)

# ΧΑΡΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ Ρ



Εικόνα 34: Χάρτης παράγοντα Ρ

### 3.5 Τελικοί χάρτες τρωτότητας

Όλοι οι χάρτες οριοθετήθηκαν σύμφωνα με τον χάρτη του υποπαράγοντα  $O_L$ , καθώς από αυτόν προέκυψε η μικρότερη έκταση της περιοχής στην οποία θα μπορούσαν να συνδυαστούν δεδομένα με σκοπό τους τελικούς χάρτες.

Σύμφωνα με τη μέθοδο COP, ο τελικός χάρτης τρωτότητας προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό των 3 παραγόντων C, O και P. Έτσι, τα 3 αρχεία raster πολλαπλασιάστηκαν χρησιμοποιώντας την εντολή raster calculator. Συγκεκριμένα, η τρωτότητα προσδιορίστηκε για 4 διαφορετικούς μήνες (Μάρτιος, Ιούνιος, Σεπτέμβριος και Δεκέμβριος), για τις 4 διαφορετικές τιμές του παράγοντα C. (εικόνα 35 για Μάρτιο, εικόνα 36 για Ιούνιο, εικόνα 37 για Σεπτέμβριο, εικόνα 38 για Δεκέμβριο).

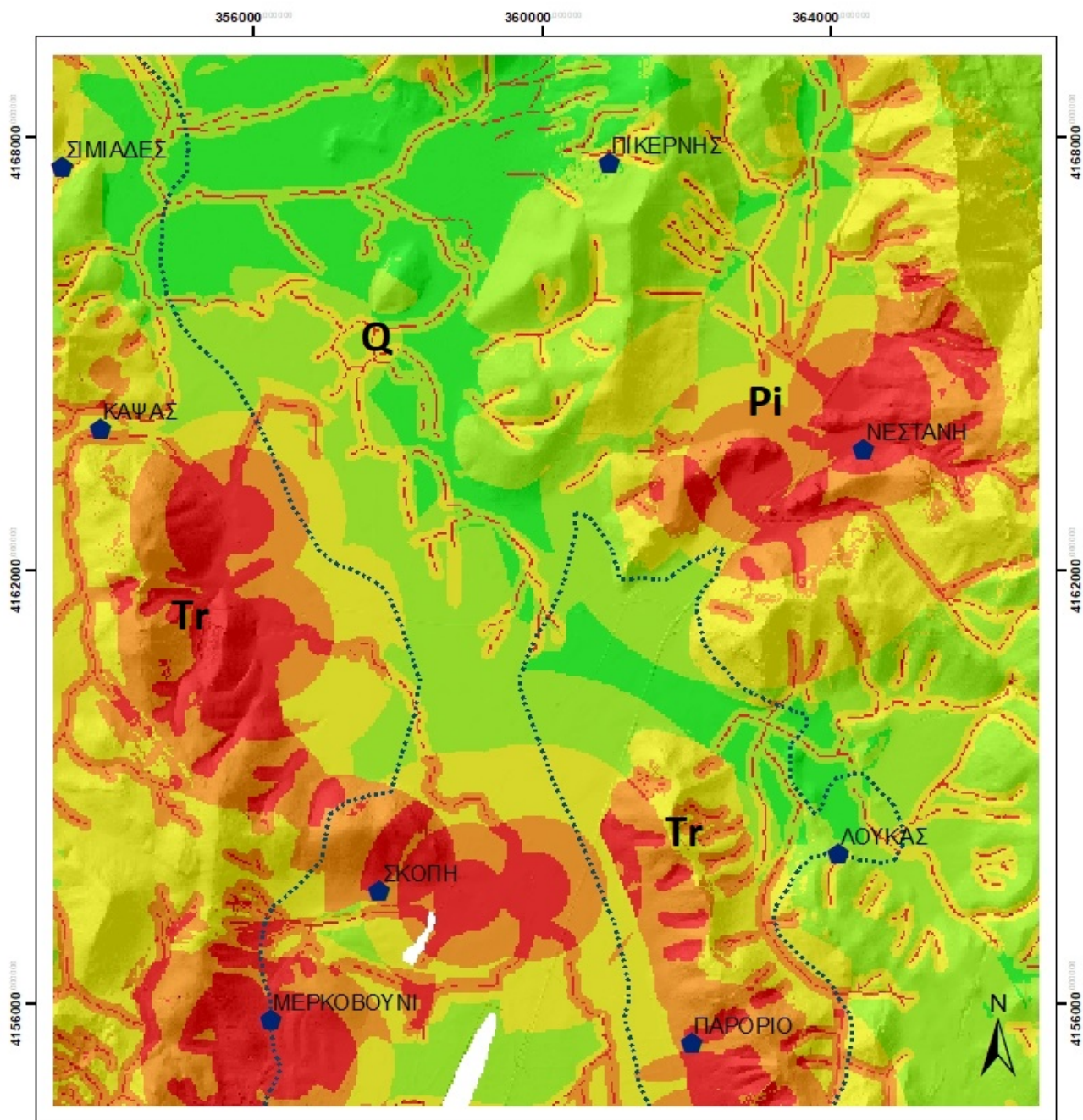
Στους παρακάτω χάρτες φαίνεται το όριο της περιοχής στην οποία αναπτύσσεται και ο καρστικός υδροφόρος της ενότητας Πίνδου (Pi), πάνω από τον καρστικό υδροφόρο της ενότητας Τρίπολης (Tr). Ο υδροφόρος ορίζοντας της Πίνδου παρέχει επιπλέον προστασία στον υποκείμενο υδροφόρο της Τρίπολης, καθώς λειτουργεί σαν ένα προστατευτικό “κάλυμμα”, καθώς όντας πιο κοντά στην επιφάνεια του εδάφους απορροφά πρώτος τους ρύπους. Διακρίνεται επίσης και η περιοχή στην οποία τον ρόλο του προστατευτικού “καλύμματος” έχουν τα τεταρτογενή ιζήματα (Q), στα οποία αναπτύσσεται ο κοκκώδης υδροφόρος ορίζοντας.

Το όριο αυτό χωρίζει την περιοχή σε τρεις ζώνες:

- Μία δυτική ζώνη (Σιμιιάδες – Κάψας), στην οποία αναπτύσσεται ο καρστικός υδροφόρος ορίζοντας της Τρίπολης
- Μία κεντρική ζώνη η οποία εμφανίζεται στα βόρεια, ανατολικά και νότια του χάρτη (Μερκοβούνι – Σκοπή – Πικέρνης – Νεστάνη), στην οποία αναπτύσσεται πιο επιφανειακά ο καρστικός υδροφόρος ορίζοντας της Πίνδου (Πικέρνης – Νεστάνη), καθώς και ο κοκκώδης υδροφόρος ορίζοντας στα τεταρτογενή στην υπόλοιπη περιοχή και υποκείμενος είναι αυτός της Τρίπολης
- Μία μικρότερη ζώνη η οποία εμφανίζεται νότια του χάρτη (Παρόριο – Λουκάς), στην οποία αναπτύσσεται ο καρστικός υδροφόρος ορίζοντας της Τρίπολης



## ΧΑΡΤΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΜΑΡΤΙΟΥ (COP)



### Βαθμός COP

- 0 - 0,5
- 0,5 - 1
- 1 - 2
- 2 - 4
- 4 - 15

Όριο υδροφόρων οριζόντων

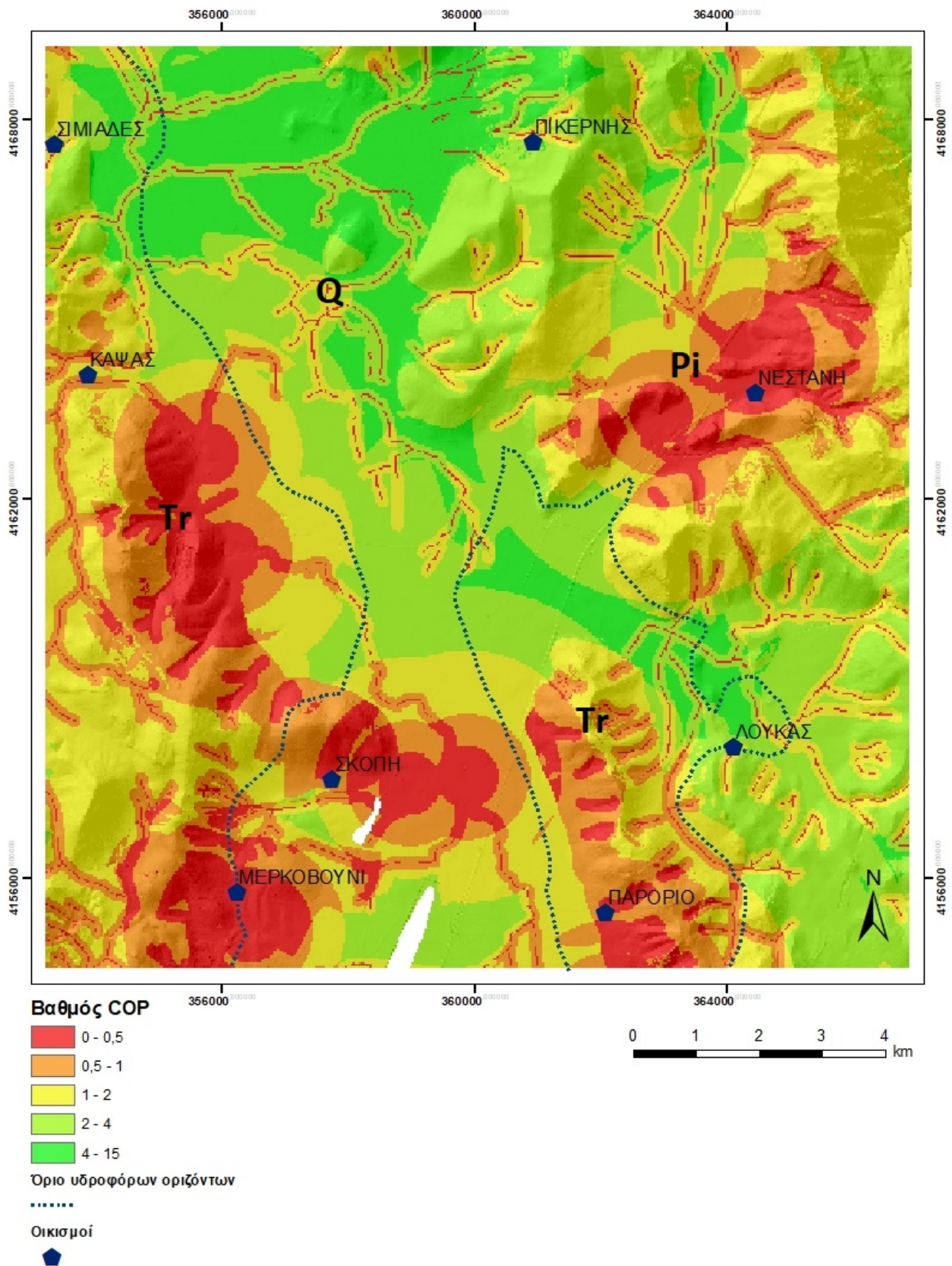
.....

Οικισμοί



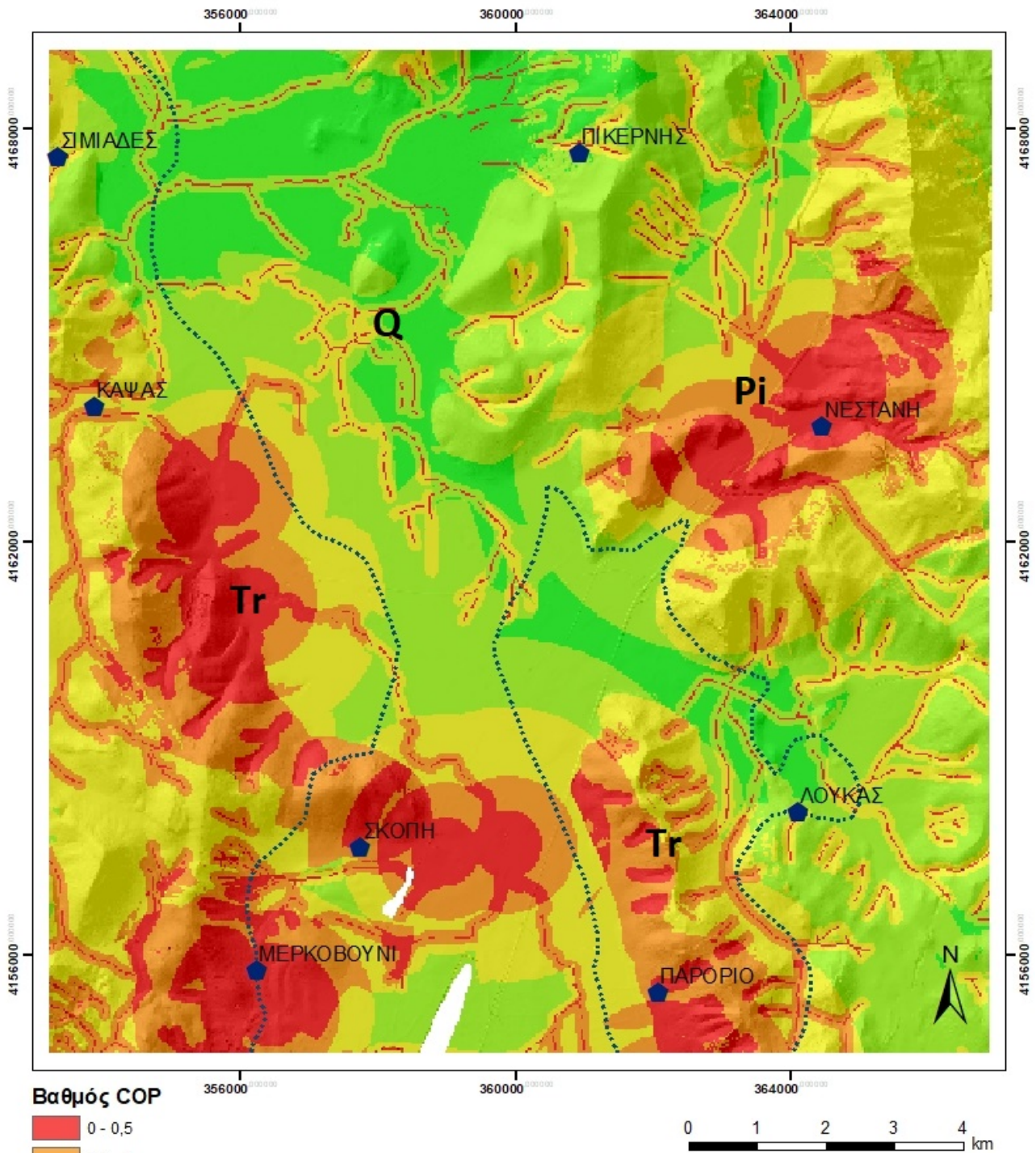
Εικόνα 35: Χάρτης τρωτότητας Μαρτίου, υπολογισμένη με τη μέθοδο COP

# ΧΑΡΤΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΙΟΥΝΙΟΥ (COP)



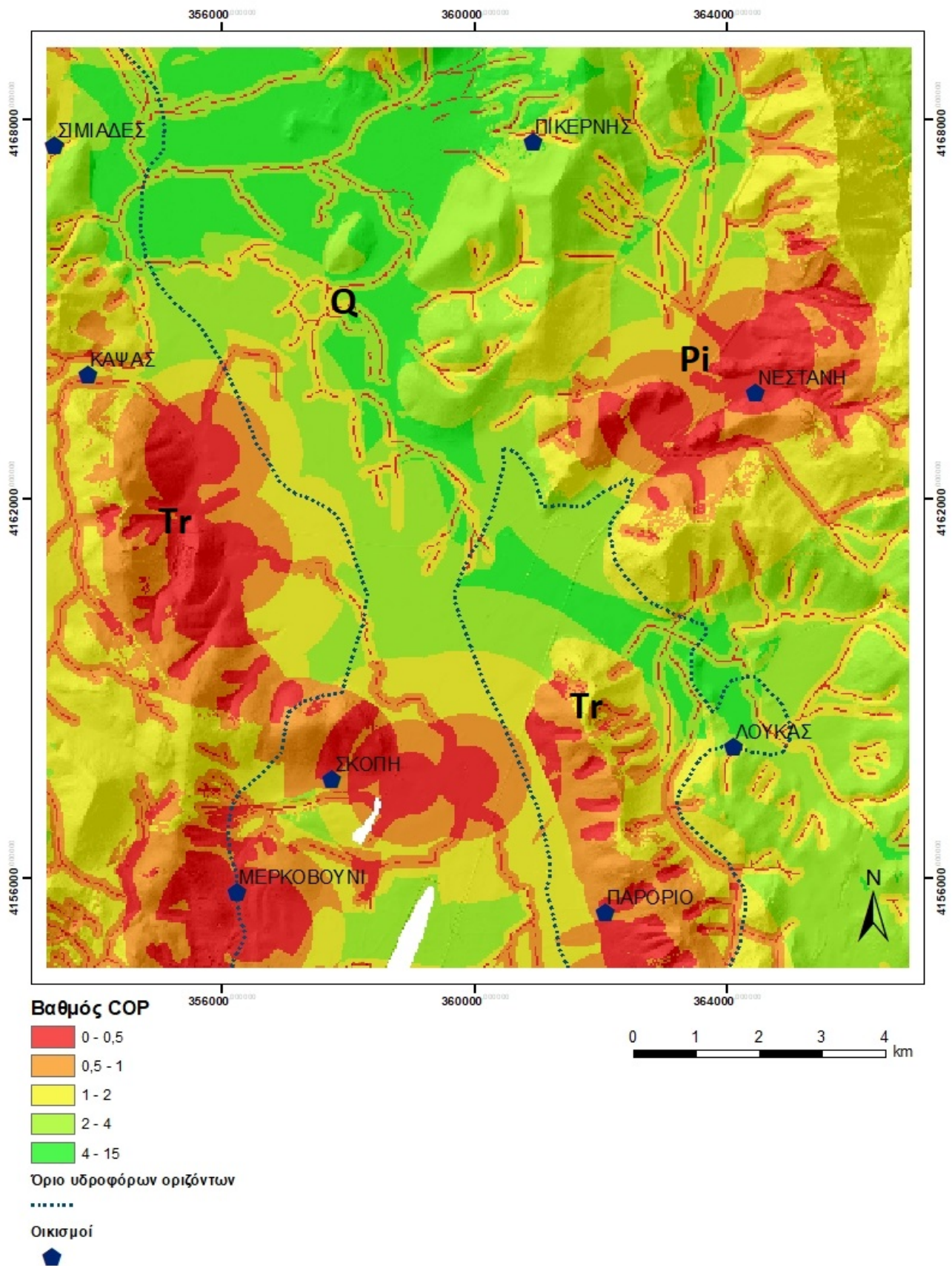
Εικόνα 36: Χάρτης τρωτότητας Ιουνίου, υπολογισμένη με τη μέθοδο COP

## ΧΑΡΤΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ (COP)



Εικόνα 37: Χάρτης τρωτότητας Σεπτεμβρίου, υπολογισμένη με τη μέθοδο COP

# ΧΑΡΤΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ (COP)



Εικόνα 38: Χάρτης τρωτότητας Δεκεμβρίου, υπολογισμένη με τη μέθοδο COP

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Συμπεράσματα

Αρχικά, παρατηρώντας τους τέσσερις τελικούς χάρτες συμπεραίνουμε πως οι διαφορές τους είναι πολύ μικρές. Οι μεγαλύτερες διακρίνονται στους χάρτες του Ιουνίου και του Δεκεμβρίου γύρω από τις ευάλωτες περιοχές. Έτσι, καταλήγουμε στο γεγονός ότι οι διακυμάνσεις της εποχικής βλάστησης δεν διαδραματίζουν κύριο ρόλο στην μεταβολή της τρωτότητας στον καρστικό υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής.

Οι κύριες περιοχές με αυξημένη επικινδυνότητα ταυτίζονται κατά πλειοψηφία με τα καταβοθρικά συστήματα και το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής, αφού οι δύο αυτοί παράγοντες έχουν τον μεγαλύτερο συντελεστή βαρύτητας στην μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε. Αυτές παρατηρούνται στο ανατολικό (γύρω από τη περιοχή Νεστάνη) και στο δυτικό έως νότιο (νότια του οικισμού Κάψα και γύρω από τις περιοχές Σκοπή, Μερκοβούνι και Παρόριο) τμήμα του χάρτη. Εκεί, σε περίπτωση δημιουργίας υδροληπτικού έργου, η προστασία θα πρέπει να είναι άμεση, καθώς το υδροφόρο στρώμα είναι άμεσα εκτεθειμένο σε ρύπους. Έτσι, θα πρέπει να υπάρχει μια ζώνη προστασίας κατηγορίας I, με σκοπό την προφύλαξη του άμεσου χώρου γύρω από το έργο.

Στο κεντρικό και βόρειο τμήμα της περιοχής, παρατηρούνται μεγάλες τιμές COP, οι οποίες αντιστοιχούν σε μικρό βαθμό τρωτότητας. Σε αυτές, ο καρστικός υδροφόρος ορίζοντας προστατεύεται από τα μεταλλικά ιζήματα και τον κοκκώδη υδροφόρο ορίζοντα ο οποίος αναπτύσσεται μέσα σε αυτά καθώς και από τον καρστικό υδροφόρο της Πίνδου. Στους χάρτες τρωτότητας μπορεί επίσης να διακριθεί η επαφή των μεταλλικών σχηματισμών με τους αλπικούς, αφού ο βαθμός τρωτότητας μειώνεται τουλάχιστον κατά μία τάξη κατά την μετάβαση από τα πλειστοκαινικά ιζήματα στα ασβεστολιθικά αλπικά πετρώματα.

Στις ορεινές περιοχές, παρατηρούνται μικρότερες τιμές COP, επομένως εκεί η τρωτότητα είναι μεγαλύτερη. Αυτό συμβαίνει λόγω απουσίας εδαφικού μανδύα και της επιφανειακής εμφάνισης ασβεστολιθικών πετρωμάτων. Εξαιρέση αποτελεί ο ορεινός όγκος της περιοχής Πικέρνης, καθώς εκεί η δομή της ενότητας της Πίνδου είναι ανεστραμμένη, επομένως οι ασβεστόλιθοι της Τρίπολης προστατεύονται από τον φλύσχη της Πίνδου και το αποτέλεσμα είναι να έχουμε μικρές τιμές τρωτότητας, αντίθετα από ότι θα αναμέναμε.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

**Alexopoulos, I. (1998): *A contribution to the investigation of the hydrogeological regime of the Tripolis Plateau (Central Peloponnesus), based on Geophysical methodologies***

**Aller, L., Bennet, T., Lehr, JH., Petty, RJ., Hackett, G. (1987): *DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeological setting***

**Bachmat, Y., Collin, M. (1987): *Mapping to assess groundwater vulnerability to pollution***

**BOGLI, A. (1986): *Contribution to the geomorphology and karsthydrology of the Tripolis polje. Karst Hydrogeology of the Central and Eastern Peloponnese (Greece)***

**Βουδούρης, Κ., Μανδηλαράς, Δ. (2004): *Εκτίμηση της τρωτότητας των υπόγειων νερών με τη μέθοδο DRASTIC: Η περίπτωση του αλλουβιακού υδροφορέα της λεκάνης του Γλαύκου (Ν. Αχαΐας)***

**Βουδούρης, Κ. (2006): *Θέματα Υδρογεωλογίας Περιβάλλοντος***

**Brahim Ben Kabbour, Lahcen Zouhri, Jacky Mania, Jean-Pierre Colbeaux. (2006): *Assessing groundwater contamination risk using the DASTI/IDRISI GIS method: coastal system of western Mamora, Morocco***

**Civita, M. (1994): *Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all' inquinamento. Teoria & pratica. (Aquifer vulnerability maps to pollution)***

**Civita, M., Regibus, C. (1995): *Sperimentazione di alcune metodologie per la valutazione della vulnerabilità degli acquiferi***

**Γκεμιτζή, Α., Πεταλάς, Χ., Τσιχριντζής, Β., Πισινάρας, Β., Γεωργιάδης, Π. (2005): *Εκτίμηση της τρωτότητας στη ρύπανση των υπόγειων υδροφορέων της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης με τη χρήση GIS, πολυκριτηριακής ανάλυσης και ασαφούς λογικής***

**COST 620 (2003): *Vulnerability and Risk Mapping for the Protection of Carbonate (Karst) Aquifers***

**Διαδικτυακή πηγή: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, <http://www.hnms.gr/emv/el/>**

**Διαδικτυακή πηγή: Δορυφορικές εικόνες, <https://libra.developmentseed.org/>**

**Doerfliger, N., Jeannin, P.Y., Zwahlen, F. (1999): *Water vulnerability assessment in karst environments: a new method of defining protection areas using a multi-attribute approach and GIS tools (EPIK method)***

**Fleury, J.J. (1980): *Les zones de Gavrovo-Tripolitza et du Pinde-Olonos (Grèce continentale et Péloponnèse du Nord)***

**Foster, S.S.D. (1987): *Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy***

**Goldscheider, N., Klute, M., Sturm, S., Hötzl, H. (2000): *The PI method - A GIS-based approach to mapping groundwater vulnerability with special consideration of karst aquifers***

**Goldscheider, N. (2005): *Karst groundwater vulnerability mapping: application of a new method in the Swabian Alb, Germany***

**Καλλέργης, Γ. (2000): *Εφαρμοσμένη Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία***

**Καροτσιέρης, Ζ., Λέκκας, Σ. (1986): *Η γεωλογική δομή γύρω από το οροπέδιο της Τρίπολης***

**Λέκκας Σ., Αλεξόπουλος Α. (2009): *Εισαγωγή στην Υδρογεωλογία***

**Margat, J. (1968): *Groundwater vulnerability maps, conception-estimation-mapping***

**Olmer, M., Rezac, B. (1974): *Methodical principles of maps for protection of groundwater in Bohemia and Moravia, scale geologists***

**Όργανισμός Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων (Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε, 2015): *Εδαφολογικός Χάρτης της Ελλάδας, κλίμακα 1:30.000 (φύλλο ΑΡ – 06, φύλλο ΑΣ - 08)***

**Panagopoulos, G., Antonakos, A., Lambrakis, N. (2005): *Optimization of the DRASTIC method for groundwater vulnerability assessment via the use of simple statistical methods and GIS***

**Παπανικολάου Δ. Ι. (2015): *Γεωλογία της Ελλάδος***

**Stamatis, G., Voudouris, K., Karafilakis, Th. (2001): *Groundwater pollution by heavy metals in historical and mineral area of Lavrio, Greece. Water, Air and Soil Pollution***

**Στουρνάρας, Γ. (1996): *Ειδικά θέματα Υδρογεωλογίας***

**Uricchio, V.F., Giordano, R., Lopez, N. (2004): *A fuzzy knowledge-based decision support system for groundwater pollution risk evaluation***

**Van Stempvoort, D, Evert, L, Wassenaar, L. (1992): *Aquifer Vulnerability Index: A GIS compatible method for groundwater vulnerability mapping***

**Villumsen, A., Jacobsen, O.S., Sonderskov, C. (1983): *Mapping of vulnerability of groundwater reservoirs with regard to surface pollution***



## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

### **Βαθμονόμηση τομών και γεωτρήσεων**

Η βαθμονόμηση των τομών από Αλεξόπουλος Ι.(1998) και των γεωτρήσεων των Ι.Γ.Μ.Ε και Δ.Ε.Η έγινε με βάση των παρακάτω πίνακα. Οι πλειστοκαινικοί σχηματισμοί βαθμονομήθηκαν βάσει της περιγραφής τους (κύριας κοκκομετρικής σύστασης) ανά περιοχή.

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΒΑΘΜΟΣ
Ασβεστόλιθοι Τρίπολης	1
Ασβεστόλιθοι Πίνδου	3
Λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι	1
Μεταβατικά Πίνδου	500
Φλύσχης Τρίπολης	780
Φλύσχης Πίνδου	780
Αλλουβιακοί κώνοι	10
Κώνοι κορημάτων	1000
Πλειστοκαινικά(Θάνα)	10
Πλειστοκαινικά(Παλλάντιο)	1000
Πλειστοκαινικά(γεώτρηση Α2)	1200
Πλειστοκαινικά(γεώτρηση Α3)	1200
Πλειστοκαινικά(γεώτρηση Α4)	1350
Πλειστοκαινικά(γεώτρηση Α11)	1500
Πλειστοκαινικά(γεώτρηση Α12)	1200
Επιφανειακό κάλυμμα(γεώτρηση ΙΓΜΕ Γ4)	1500
Επιφανειακό κάλυμμα(γεώτρηση ΙΓΜΕ Γ6)	500
Επιφανειακό κάλυμμα(γεώτρηση ΙΓΜΕ Γ42)	3

Παρακάτω φαίνεται η αναλυτική βαθμονόμηση των γεωτρήσεων και κάθε χαρακτηριστικού σημείου στις τομές που χρησιμοποιήθηκαν και αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 3.

## ΤΟΜΗ Α-Α'

### Σημείο 1

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	300	1	300	300	2

### Σημείο 2

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΦΛΥΣΧΗΣ ΤΡΙΠΟΛΗΣ	80	780	62400		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	300	1	300	62700	5

### Σημείο 3

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	100	780	78000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΤΡΙΠΟΛΗΣ	50	780	39000		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	150	1	150	117150	5

### Σημείο 4

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	200	780	156000		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	150	1	150	156150	5

### Σημείο 5

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	50	10	500		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	200	780	156000		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	150	1	150	156650	5

## ΤΟΜΗ Β-Β'

### Σημείο 1

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ. ΤΡΙΠΟΛΗΣ	400	1	400	400	2

### Σημείο 2

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	100	780	78000		
ΑΣΒ. ΤΡΙΠΟΛΗΣ	300	1	300	78300	5

### Σημείο 3

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	70	3	210		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	100	780	78000		
ΑΣΒ. ΤΡΙΠΟΛΗΣ	300	1	300	78510	5

### Σημείο 4

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	50	10	500		
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	50	3	150		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	100	780	78000		
ΑΣΒ. ΤΡΙΠΟΛΗΣ	300	1	300	78950	5

## ΤΟΜΗ Γ-Γ'

### Σημείο 1

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	150	780	117000	117000	5

### Σημείο 2

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	150	3	450		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	100	1	100	550	2

### Σημείο 3

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	300	3	900		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	200	1	200	1100	3

### Σημείο 4

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	100	3	300		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	200	1	200	500	2

### Σημείο 5

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	200	1	200	200	1

## ΤΟΜΗ Δ-Δ'

### Σημείο 1

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	40	1350	54000		
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	50	500	25000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	100	1	100	79700	5

### Σημείο 2

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	75	500	37500		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	300	1	300	38400	5

### Σημείο 3

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	300	1	300	900	2

### Σημείο 4

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	75	500	37500		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	200	1	200	38300	5

### Σημείο 5

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	100	500	50000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	50	1	50	50650	5

### Σημείο 6

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	150	780	117000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	130	3	390		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	100	1	100	117490	5

### Σημείο 7

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	50	3	150		
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	50	500	25000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	100	780	78000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	130	3	390		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	200	1	200	103740	5

### Σημείο 8

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	175	3	525		
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	50	500	25000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	150	780	117000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	300	1	300	143425	5

### Σημείο 9

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	50	500	25000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	120	780	93600		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	150	3	450		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	300	1	300	119950	5

### Σημείο 10

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	300	3	900		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	400	1	400	1300	3

### Σημείο 11

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	600	1	600	1200	3

## ΤΟΜΗ Ε-Ε'

### Σημείο 1

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	500	1	500	500	2

### Σημείο 2

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	200	1350	270000		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	400	1	400	270400	5

### Σημείο 3

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	150	1350	202500		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	250	3	750		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	250	1	250	203500	5

### Σημείο 4

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	150	500	75000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	300	1	300	75900	5

### Σημείο 5

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	100	1350	135000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	200	1	200	135800	5

### Σημείο 6

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	100	1350	135000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	100	780	78000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	200	1	200	213800	5

### Σημείο 7

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	200	780	156000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	200	1	200	156800	5

### Σημείο 8

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	50	500	25000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	200	780	156000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	300	1	300	181900	5

### Σημείο 9

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	150	780	117000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	400	1	400	118000	5

### Σημείο 10

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	250	3	750		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	400	1	400	1150	3

### Σημείο 11

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	250	3	750		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	400	1	400	1150	3

### Σημείο 12

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	250	3	750		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	400	1	400	1150	3



## ΤΟΜΗ ΣΤ-ΣΤ'

### Σημείο 1

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	40	1000	40000		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	500	1	500	40500	5

### Σημείο 2

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	300	3	900		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	500	1	500	1400	3

### Σημείο 3

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	300	3	900		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	500	1	500	1400	3

### Σημείο 4

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	150	780	117000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	300	1	300	117900	5

### Σημείο 5

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	40	500	20000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	200	780	156000		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	300	1	300	176300	5

### Σημείο 6

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	250	3	750		
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	50	500	25000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	300	780	234000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	300	3	900		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	200	1	200	260850	5

### Σημείο 7

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	150	3	450		
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	50	500	25000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	300	780	234000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	300	3	900		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	200	1	200	260550	5

### Σημείο 8

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	40	500	20000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	350	780	273000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	200	1	200	273800	5

### Σημείο 9

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	300	780	234000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	300	1	300	234900	5

### Σημείο 10

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	150	780	117000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	300	1	300	117900	5

### Σημείο 11

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	150	3	450		
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	50	500	25000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	100	780	78000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	150	3	450		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	200	1	200	104100	5

### Σημείο 12

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	150	3	450		
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	50	500	25000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	100	780	78000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	150	3	450		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	200	1	200	104100	5

### Σημείο 13

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	300	780	234000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	100	3	300		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	300	1	300	234600	5

### Σημείο 14

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	350	780	273000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	100	3	300		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	300	1	300	273600	5

### Σημείο 15

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	50	500	25000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	250	3	750		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	200	1	200	25950	5

## ΤΟΜΗ Ζ-Ζ'

### Σημείο 1

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	75	1500	112500		
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	75	500	37500		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	250	780	195000		
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	100	3	300	345300	5

### Σημείο 2

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	80	500	40000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	250	780	195000		
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600	235600	5

### Σημείο 3

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	75	3	225		
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	100	500	50000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	150	780	117000		
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600	167825	5

### Σημείο 4

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	75	500	37500		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	200	780	156000		
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600	194100	5

### Σημείο 5

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	100	1500	150000		
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	50	500	25000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	150	780	117000		
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600	292600	5

### Σημείο 6

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	50	500	25000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	200	780	156000		
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ. ΤΡΙΠΟΛΗΣ	150	1	150	181750	5

### Σημείο 7

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	150	3	450		
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	75	500	37500		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	150	780	117000		
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	150	1	150	155700	5

### Σημείο 8

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	300	3	900		
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	50	500	25000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	150	780	117000		
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	250	3	750		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	150	1	150	143800	5

### Σημείο 9

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	75	3	225		
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	75	500	37500		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	150	780	117000		
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	250	3	750		
ΑΣΒ. ΤΡΙΠΟΛΗΣ	150	1	150	155625	5

### Σημείο 10

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	250	3	750		
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	75	500	37500		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	150	780	117000		
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	250	3	750		
ΑΣΒ. ΤΡΙΠΟΛΗΣ	150	1	150	156150	5

### Σημείο 11

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	150	3	450		
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	75	500	37500		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	150	780	117000		
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	250	3	750		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	150	1	150	155850	5

### Σημείο 12

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΚΩΝΟΙ ΚΟΡΗΜΑΤΩΝ	75	1000	75000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	200	780	156000		
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ. ΤΡΙΠΟΛΗΣ	100	1	100	231700	5

### Σημείο 13

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	50	1200	60000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	200	780	156000		
ΑΣΒ. ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ. ΤΡΙΠΟΛΗΣ	50	1	50	216650	5

## ΤΟΜΗ Η-Η'

### Σημείο 1

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	1000	1	1000	1000	2

### Σημείο 2

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	100	1500	150000		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	1000	1	1000	151000	5

### Σημείο 3

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	150	1500	225000		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	1000	1	1000	226000	5

### Σημείο 4

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	150	1500	225000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	250	780	195000		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	800	1	800	420800	5

### Σημείο 5

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	150	1500	225000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	150	780	117000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	500	1	500	343100	5

### Σημείο 6

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	100	1500	150000		
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	50	500	25000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	200	780	156000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	250	3	750		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	250	1	250	332000	5

### Σημείο 7

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	250	3	750		
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	100	500	50000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	300	780	234000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	250	3	750		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	250	1	250	285750	5

### Σημείο 8

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	100	3	300		
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	100	500	50000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	300	780	234000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	300	3	900		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	400	1	400	285600	5

### Σημείο 9

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΠΙΝΔΟΥ	50	500	25000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	300	780	234000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	300	3	900		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	400	1	400	260300	5

### Σημείο 10

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	100	1000	100000		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	250	780	195000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	400	1	400	296000	5

### Σημείο 11

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	75	1000	75000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΕΙΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ	200	1	200		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	400	1	400	1200	5

### Σημείο 12

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	50	1000	50000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΕΙΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ	200	1	200		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	500	1	500	1300	5



### Σημείο 13

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	50	1000	50000		
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	200	3	600		
ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΕΙΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ	200	1	200		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	500	1	500	1300	5

### Σημείο 14

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΕΙΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ	700	1	700		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	1000	1	1000	1700	3

### Σημείο 15

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΕΙΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ	700	1	700		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	1000	1	1000	1700	3

## ΤΟΜΗ Θ-Θ'

### Σημείο 1

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	350	1	350	350	2

### Σημείο 2

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	350	1	350	350	2

### Σημείο 3

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	50	780	39000		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	200	1	200	39200	5

### Σημείο 4

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	75	3	225		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	100	780	78000		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	150	1	150	78375	5

### Σημείο 5

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	25	10	250		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΠΙΝΔΟΥ	75	780	58500		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	200	1	200	58950	5

### Σημείο 6

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	50	10	500		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	250	1	250	750	2

### Σημείο 7

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	100	10	1000		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	200	1	200	1200	3

### Σημείο 8

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΑ	50	10	500		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	200	1	200	700	2

### Σημείο 9

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΟΙ ΚΩΝΟΙ	50	10	500		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	200	1	200	200	2

### Σημείο 10

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	400	1	400	400	2

### Σημείο 11

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	400	1	400	400	2

### Σημείο 12

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΦΛΥΣΧΗΣ ΤΡΙΠΟΛΗΣ	150	780	117000		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	150	1	150	117150	5

### Σημείο 13

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΕΙΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ	75	1	75		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΤΡΙΠΟΛΗΣ	150	780	117000		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	150	1	150	117150	5

### Σημείο 14

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	50	3	150		
ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΕΙΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ	75	1	75		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΤΡΙΠΟΛΗΣ	150	780	117000		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	150	1	150	117375	5

### Σημείο 15

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
ΑΣΒ.ΠΙΝΔΟΥ	100	3	300		
ΦΛΥΣΧΗΣ ΤΡΙΠΟΛΗΣ	150	780	117000		
ΑΣΒ.ΤΡΙΠΟΛΗΣ	150	1	150	117450	5

### Γεώτρηση ΔΕΗ-Α2

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

ΠΗΛΟΙ, ΠΗΛΟΙ ΜΕ ΚΟΡΗΜΑΤΑ, ΑΡΓΙΛΟΥΧΟΙ/ΑΣΒΕΣΤΟΥΧΟΙ ΠΗΛΟΙ ΚΑΙ ΑΡΓΙΛΟΙ

ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
29	1200	43500	5

### Γεώτρηση ΔΕΗ-Α3

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

ΠΗΛΟΙ, ΑΡΓΙΛΟΙ, ΧΑΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΚΟΡΗΜΑΤΑ

ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
86	1200	103200	5

### Γεώτρηση ΔΕΗ-Α4

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

ΠΗΛΟΙ, ΑΡΓΙΛΟΙ, ΚΟΡΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΜΜΟΙ

ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
81	1350	109350	5

### Γεώτρηση ΔΕΗ-Α11

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

ΑΡΓΙΛΟΙ, ΠΗΛΟΙ ΚΑΙ ΚΟΡΗΜΑΤΑ

ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
67,5	1500	101250	5

### Γεώτρηση ΔΕΗ-Α12

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

ΠΗΛΟΙ

ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
63	1200	75600	5

### Γεώτρηση ΙΓΜΕ-Γ4

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

ΑΡΓΙΛΟΙ ΚΑΙ ΧΑΛΙΚΕΣ

ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
5	1500	7500	4

### Γεώτρηση ΙΓΜΕ-Γ6

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

ΑΡΓΙΛΟΙ ΜΕ ΛΑΤΥΠΕΣ

ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
4	500	2000	3

### Γεώτρηση ΙΓΜΕ-Γ42

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΑ ΚΟΡΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΛΑΤΥΠΕΣ

ΠΑΧΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ*ΒΑΘΜΟΣ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ
15	3	45	1