



ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ ΠΕ2

Συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση μετεωρολογικών και υδρομετρικών παρατηρήσεων

ΕΡΓΟ:

«Λεπτομερής αποτύπωση κατακρημνισμάτων,
εκτίμηση του υδρολογικού ισοζυγίου στον ταμιευτήρα
του Μόρνου και πρόγνωση ακραίων επεισοδίων
βροχής»

ΑΝΑΔΟΧΟΣ:

ΕΘΝΙΚΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΥΠΕΡΓΟΛΑΒΟΙ:

**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ
ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

ΙΟΥΛΙΟΣ 2012



ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΟΥ: Λεπτομερής αποτύπωση κατακρημνισμάτων, εκτίμηση του υδρολογικού ισοζυγίου στον ταμιευτήρα του Μόρνου και πρόγνωση ακραίων επεισοδίων βροχής.

Ανάδοχος:

Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών,

Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης,

Λόφος Κουφού, Π. Πεντέλη, 15236

Διάρκεια έργου: 18 μήνες

ΣΚΟΠΟΣ

Ο σκοπός του προτεινόμενου έργου είναι η καταγραφή και αποτύπωση των μετεωρολογικών παραμέτρων στην περιοχή των ταμιευτήρων της ΕΥΔΑΠ καθώς και η δημιουργία εφαρμογής εκτίμησης του υδρολογικού ισοζυγίου της λεκάνης ανάντη του φράγματος του ταμιευτήρα του Μόρνου. Η ολοκληρωμένη υδρολογική διερεύνηση της περιοχής θα επιτρέψει την εκτίμηση και παρακολούθηση των διαρροών του ταμιευτήρα του Μόρνου.

ΜΕΛΟΘΟΛΟΓΙΑ

Το προτεινόμενο έργο θα αποτελείται από τρία Πακέτα Εργασίας:

ΠΕ1. Σχεδιασμός και ανάπτυξη δικτύου υδρομετεωρολογικών παρατηρήσεων

ΠΕ1.1 Σχεδιασμός και ανάπτυξη δικτύου μετεωρολογικών σταθμών (σε συνεργασία με τους ήδη υπάρχοντες)

ΠΕ1.2 Σχεδιασμός και εγκατάσταση υδρομετρικών σταθμών - σταθμημέτρων

ΠΕ2. Συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση μετεωρολογικών και υδρομετρικών παρατηρήσεων

ΠΕ2.1 Χωροχρονική απεικόνιση πεδίου βροχόπτωσης.

ΠΕ2.2 Σύστημα εκτίμησης ύψους και ισοδύναμου ύψους νερού χιονοκάλυψης

ΠΕ2.3 Χωροχρονική απεικόνιση της στάθμης νερού

ΠΕ3. Υπολογισμός του υδρολογικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα του Μόρνου καθώς και πρόγνωση ακραίων επεισοδίων βροχής

ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΑ ΟΦΕΛΗ

Στα αναμενόμενα οφέλη για την ΕΥΔΑΠ αναφέρονται :

- η βελτίωση της διαχείρισης του ταμιευτήρα του Μόρνου, με βάση τα δεδομένα ενός ολοκληρωμένου συστήματος επίγειων παρατηρήσεων και αποτελεσμάτων αριθμητικών μοντέλων, που θα λειτουργεί σε καθημερινή βάση
- η καταγραφή της διαχρονικής εξέλιξης των διαρροών του Ταμιευτήρα.

ΑΝΑΦΟΡΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΠΑΚΕΤΟΥ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 2 (ΠΕ2)

Συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση μετεωρολογικών και υδρομετρικών παρατηρήσεων

1. ΠΕ2.1 Χωροχρονική απεικόνιση πεδίου βροχόπτωσης.

Από την πρώτη φάση του έργου έχουν ήδη εγκατασταθεί 4 αυτόματοι μετεωρολογικοί σταθμοί στο φράγμα του Μόρνου, στο Διακόπι, στον Κονιάκο και στους Πενταγιούς (Εικόνα 1) σε συνδυασμό με το υδροσταθμό του Μαυρολιθαρίου από το δίκτυο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ). Όλες οι μετρήσεις του δικτύου παρατήρησης αποθηκεύονται προσωρινά σε τοπικό data logger (με δυνατότητα αποθήκευσης 16 ημερών) ενώ συγχρόνως αποστέλλονται μέσω GPRS δικτύου σε πραγματικό χρόνο σε κεντρικό εξυπηρετητή της εφαρμογής στο ΕΑΑ για ποιοτικό έλεγχο και επεξεργασία αλλά και για παρουσίασή τους σε πραγματικό χρόνο.



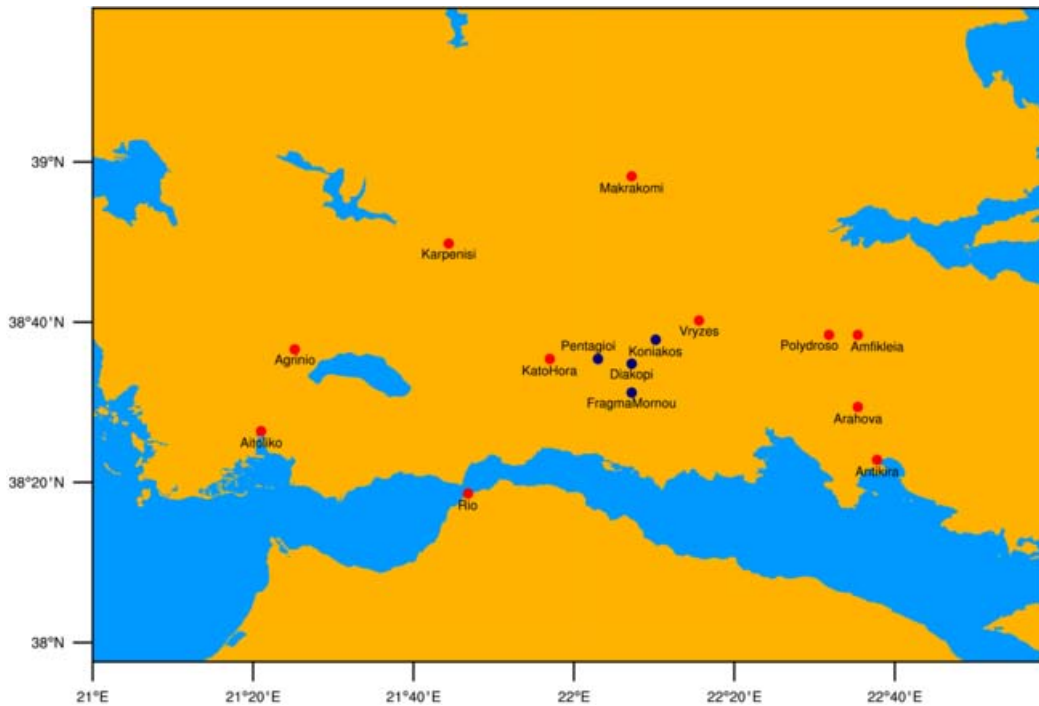
Εικόνα 1: Θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών στην ευρύτερη περιοχή του Μόρνου.

Η ύπαρξη ικανού αριθμού αυτόματων σταθμών στην ευρύτερη περιοχή επέτρεψε την δημιουργία χαρτών απεικόνισης του πεδίου βροχόπτωσης, χρησιμοποιώντας μεθόδους παρεμβολής. Για την χωροχρονική αποτύπωση της βροχόπτωσης σε ευρύτερη κλίμακα χρησιμοποιήθηκαν οι σταθμοί στην περιοχή του ταμιευτήρα, οι οποίοι εγκαταστάθηκαν και λειτουργούν στο πλαίσιο του έργου, σε συνδυασμό με τους υπόλοιπους υπάρχοντες σταθμούς του δικτύου του ΕΑΑ (Σχήμα 1). Συνολικά λαμβάνονται δεδομένα από 15 σταθμούς:

1. Φράγμα Μόρνου (ΕΥΔΑΠ)
2. Διακόπι (ΕΥΔΑΠ)
3. Κονιάκος (ΕΥΔΑΠ)
4. Πενταγιοί (ΕΥΔΑΠ)
5. Μαυρολιθάρι-Βρύζες (ΕΑΑ)
6. Κάτω Χώρα (ΕΑΑ)
7. Καρπενήσι (ΕΑΑ)
8. Μακρακώμη (ΕΑΑ)
9. Πολύδροσο (ΕΑΑ)
10. Αμφίκλεια (ΕΑΑ)
11. Αράχωβα (ΕΑΑ)
12. Αντίκυρα (ΕΑΑ)
13. Ρίο (ΕΑΑ)
14. Αιτωλικό (ΕΑΑ)
15. Αγρίνιο (ΕΑΑ)

Η παρεμβολή των σημειακών μετρήσεων από τους μετεωρολογικούς σταθμούς στον χώρο πραγματοποιήθηκε με εφαρμογή του σχήματος Cubic Spline που περιλαμβάνεται στην υπορουτίνα CSSGGRID. Η CSSGGRID (Cubic Spline Sphere GRIDder) αποτελεί μέρος της βιβλιοθήκης ngmath της γλώσσας προγραμματισμού NCL (NCAR Command Language) η οποία εισάγει έναν αλγόριθμο παρεμβολής tension καμπύλης spline έτσι ώστε τα δεδομένα να μπορέσουν να λειτουργήσουν ως δεδομένα εισαγωγής. Τα εισαγόμενα στον αλγόριθμο της παρεμβολής ουσιαστικά αποτελούν ένα σετ δεδομένων ορισμένων τυχαία στο χώρο και όχι σε ένα καθορισμένο σύστημα συντεταγμένων. Οι ρουτίνες προκύπτουν από τη μετατροπή των καρτεσιανών συντεταγμένων στο σφαιρικό επίπεδο. Η CSSGGRID είναι ένας αλγόριθμος ειδικά σχεδιασμένος να παρεμβάλλει δεδομένα σε σφαιρικό επίπεδο. Το αποτέλεσμα του συγκεκριμένου αλγόριθμου είναι ένα σύνολο τιμών που αντιστοιχούν στις

συντεταγμένες που ορίζει το πλέγμα που καθορίζει ο χρήστης (το οποίο ενδέχεται να είναι και ένα μόνο σημείο). Η CSSGGRID μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης από τις γλώσσες προγραμματισμού FORTRAN και C.

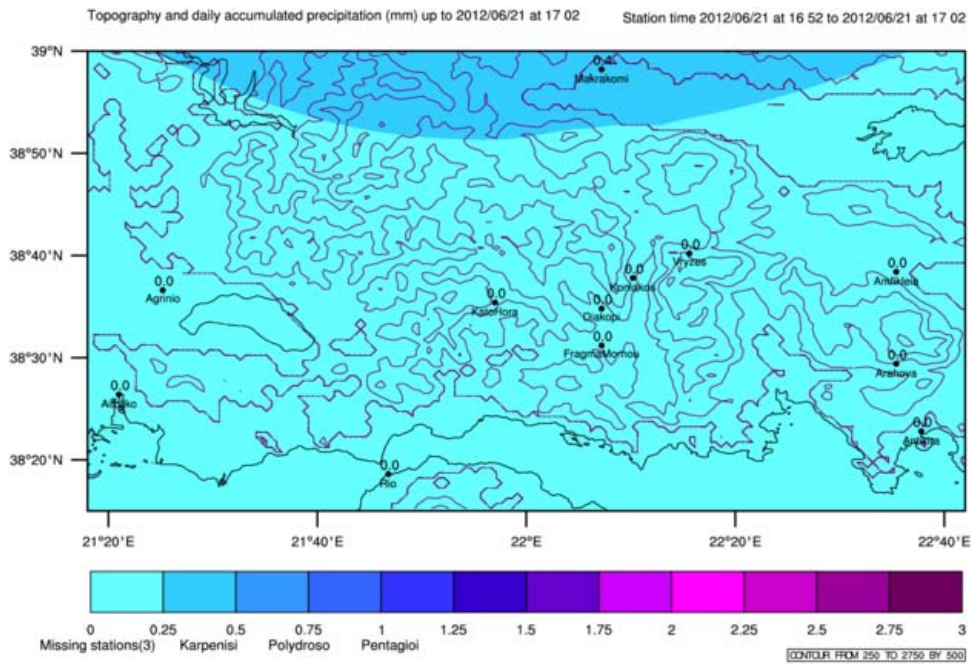


Σχήμα 1: Οι θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών της ΕΥΔΑΠ (μπλε σημεία) καθώς και των γειτονικών σταθμών του δικτύου του ΕΑΑ (κόκκινα σημεία).

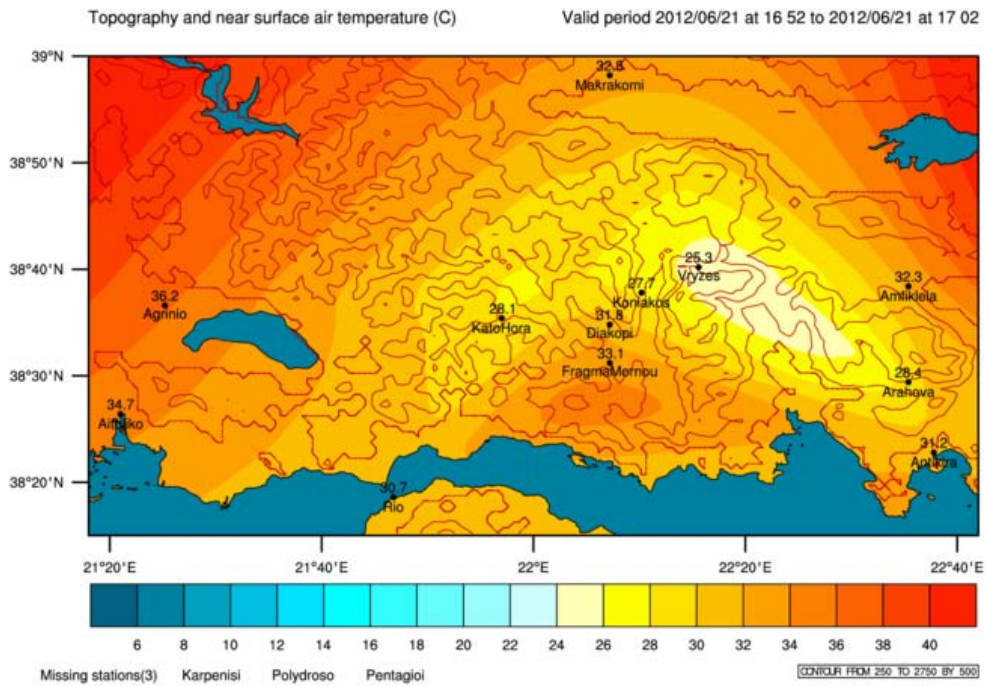
Γενικά η παρεμβολή και οι προσεγγιστικές μέθοδοι μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες: στις προσαρμοσμένες συναρτήσεις (fitted functions) και στους σταθμισμένους μέσους (weighted averages). Η πρώτη περίπτωση προσαρμόζει μια αλγεβρική επιφάνεια σε γνωστά δεδομένα και ύστερα παίρνει τις τιμές που έχουν προκύψει από την παρεμβολή ή τις κατά προσέγγιση τιμές από την προσαρμοσμένη επιφάνεια. Στην περίπτωση των σταθμισμένων μέσων υπολογίζονται οι παρεμβαλλόμενες ή κατά προσέγγιση τιμές ως σταθμισμένοι μέσοι των γνωστών τιμών. Η μέθοδος παρεμβολής χρησιμοποιεί ένα fitted-function αλγόριθμο. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιεί πολυωνυμικές καμπύλες spline. Οι καμπύλες spline είναι η προέκταση των κυβικών καμπύλων spline όπου ένας παράγοντας ορισμένος από το χρήστη ελέγχει τη συνάρτηση η οποία ξεκινά από γραμμική παρεμβολή και καταλήγει αμιγώς σε παρεμβολή κυβικής καμπύλης spline. Στην CSSGGRID υπάρχουν ρουτίνες οι οποίες υπολογίζουν τον τριγωνισμό Delaunay και τα πολύγωνα Voronoi.

Η βασική ρουτίνα παρεμβολής (CSSGGRID) πραγματοποιεί εσωτερικά τον τριγωνισμό και με αυτόν τον τρόπο δεν είναι απαραίτητο να κληθεί η ρουτίνα τριγωνισμού ξεχωριστά εκτός κι αν ο χρήστης θέλει να λάβει παραμέτρους του τριγωνισμού ως εξαγόμενο. Μέσα στο πακέτο της CSSGGRID υπάρχουν ρουτίνες για την παρεμβολή δεδομένων που έχουν προκύψει από τυχαία δειγματοληψία από το σφαιρικό επίπεδο σε ένα ορισμένο από το χρήστη πλεγματοειδές επίπεδο, για τη μετατροπή γεωγραφικού μήκους/πλάτους και των ισοδύναμων καρτεσιανών συντεταγμένων στο σφαιρικό επίπεδο, για τον υπολογισμό του τριγωνισμού Delaunay και των πολυγώνων Voronoi και για τον καθορισμό και την ανάκτηση των παραμέτρων ελέγχου που έχουν οριστεί από το χρήστη. Υπάρχει επίσης περίπτωση τροποποίησης του αλγόριθμου CSSGGRID χρησιμοποιώντας την ρουτίνα CSSETP. Οι τιμές των παραμέτρων ελέγχου πρέπει να οριστούν πριν κληθεί η ρουτίνα της παρεμβολής. Όλες οι παράμετροι ελέγχου έχουν προεπιλεγμένες τιμές οι οποίες παρέχουν σε γενικές γραμμές ικανοποιητικά αποτελέσματα. Πηγή: [://www.ncarg.ucar.edu/ngmath/cssgrid/intro.html](http://www.ncarg.ucar.edu/ngmath/cssgrid/intro.html). Δείγμα της χωρικής απεικόνισης της βροχόπτωσης απεικονίζεται στη Σχήμα 2.

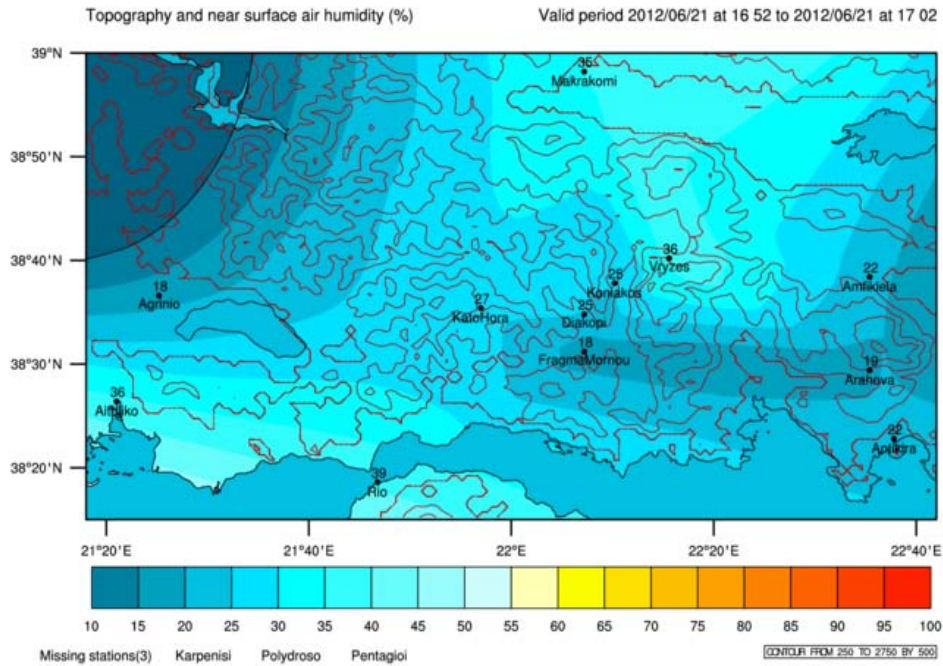
Τα δεδομένα από τους μετεωρολογικούς σταθμούς λαμβάνονται σε πραγματικό χρόνο με καταγραφές ανά 10 λεπτά. Τα μετρητικά πεδία αφορούν μεταξύ άλλων την θερμοκρασία (°C) και την σχετική υγρασία (%) στα 2 μέτρα και την αθροιστική βροχόπτωση (mm). Οι συνεχείς καταγραφές αποθηκεύονται σε βάση δεδομένων ενώ στους χάρτες οι μετεωρολογικές μεταβλητές αποτυπώνονται ανά μία ώρα. Για την αποτύπωση του ανάγλυφου της περιοχής οι μετεωρολογικές μεταβλητές σχεδιάζονται μαζί με την τοπογραφία σε μορφή ισουψών καμπυλών ανά 500 m. Η χωρική κατανομή της βροχόπτωσης στο Σχήμα 2 αναφέρεται χρονικά στο αθροιστικό ύψος νετού από την αρχή της ημέρας 2/6/2012 00:00 μέχρι την περίοδο 16:52-17:02 ανάλογα με τον σταθμό και ανανεώνεται ανά 1 ώρα. Η χωρική απεικόνιση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας στα 2 μέτρα για την ίδια περίοδο (στιγμιαίες μετρήσεις) με ανανέωση ανά 1 ώρα παρουσιάζονται στα σχήματα 3 και 4 αντίστοιχα.



Σχήμα 2: Χωρική απεικόνιση της αθροιστικής βροχοπτώσης (mm) με τις ισοϋψείς της τοπογραφίας (m) από τους μετεωρολογικούς σταθμούς της ΕΥΔΑΠ και του δικτύου του ΕΑΑ.



Σχήμα 3: Χωρική απεικόνιση της θερμοκρασίας στα 2 μέτρα (°C) με τις ισοϋψείς της τοπογραφίας (m) από τους μετεωρολογικούς σταθμούς της ΕΥΔΑΠ και του δικτύου του ΕΑΑ.



Σχήμα 4: Χωρική απεικόνιση της σχετικής υγρασίας στα 2 μέτρα (%) με τις ισοψείς της τοπογραφίας (m) από τους μετεωρολογικούς σταθμούς της ΕΥΔΑΠ και του δικτύου του ΕΑΑ.

Το πεδίο της βροχόπτωσης παρουσιάζεται σε πραγματικό χρόνο στην ιστοσελίδα του έργου (.meteo.gr/meteomornos) η οποία και θα παρουσιαστεί στην τελευταία ενότητα της παρούσης αναφοράς (ΠΕ2.3).

2. ΠΕ2.2 Σύστημα εκτίμησης ύψους και ισοδύναμου ύψους νερού χιονοκάλυψης.

Το ισοδύναμο ύψος νερού χιονοκάλυψης (IYNX) είναι η ποσότητα του νερού που περιέχεται σε ένα στρώμα χιονιού. Θεωρητικά είναι το ύψος του νερού (στη μονάδα επιφανείας) που προκύπτει από την άμεση τήξη όλης της ποσότητας του στρώματος χιονιού. Με άλλα λόγια, εκφράζει το ποσό της βροχόπτωσης που δεν έχει πέσει στην επιφάνεια του εδάφους, αλλά έχει αποθηκευτεί προσωρινά σε στερεά κατάσταση και λιώνει ανάλογα με τις επικρατούσες ατμοσφαιρικές συνθήκες, αυξάνοντας έτσι την υστέρηση μεταξύ κατακρήμνισης και απορροής.

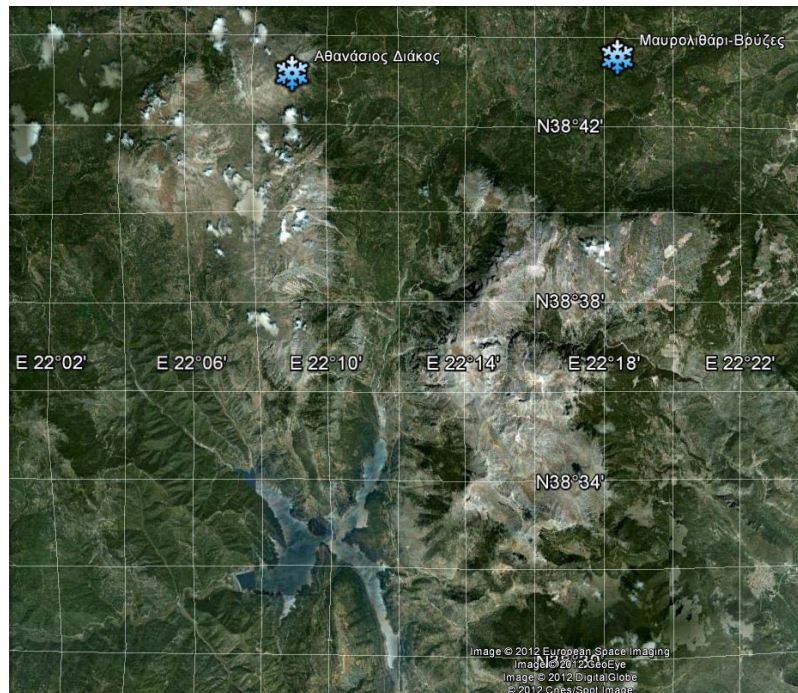
Η μέτρηση του IYNX μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορα όργανα μέτρησης, όπως χιονοτράπεζες, μαξιλάρια χιονιού, χιονόμετρα ραδιοϊσοτόπων. Όμως, οι διατάξεις αυτές είναι πολύ υψηλού κόστους και θα πρέπει να λειτουργούν σε ειδικά διαμορφωμένους και προστατευμένους χώρους. Επιπρόσθετα, για την καλή επιχειρησιακή τους λειτουργία

απαιτείται η καθημερινή επίβλεψη τους, απαίτηση που αυξάνει ακόμα περισσότερο το κόστος λειτουργίας τους. Ο παραδοσιακός τρόπος μέτρησης του IYNX είναι η δειγματοληψία με ειδικούς σωλήνες και στη συνέχεια η ζύγιση του δείγματος του στρώματος του χιονιού. Οι δειγματοληψίες θα πρέπει να πραγματοποιούνται κατά μήκος προκαθορισμένων διαδρομών που να τέμνουν κατάλληλα τη λεκάνη απορροής και θα πρέπει να επαναλαμβάνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα (15-30 μέρες). Προφανώς, το κόστος της συγκεκριμένης μεθόδου αυξάνεται σημαντικά όταν εφαρμόζεται σε μεγάλες λεκάνες απορροής. Επίσης και πολύ σημαντικό είναι ότι οι επιτόπου δειγματοληψίες/μετρήσεις συνήθως παρουσιάζουν σημαντικές απώλειες στις καταγραφές τους λόγω αδυναμίας ολοκλήρωσης της δειγματοληψίας κατά μήκος των διαδρομών, λόγω των δυσμενών καιρικών συνθηκών. Εναλλακτικά, και για τα συγκεκριμένα δεδομένα του έργου, αναπτύξαμε το σύστημα εκτίμησης ύψους και ισοδύναμου ύψους νερού χιονοκάλυψης βασισμένο σε μαθηματικό υπολογισμό του IYNX και λαμβάνοντας υπόψη την πραγματική μέτρηση του ύψους του στρώματος χιονιού και της εκτιμώμενης πυκνότητας του στρώματος του χιονιού.

Η μέτρηση του πάχους στρώματος χιονιού μπορεί να πραγματοποιηθεί με διατάξεις χαμηλότερου κόστους και χωρίς να απαιτούνται αυστηρές προδιαγραφές λειτουργίας, επίβλεψης και προστασίας. Όπως, αναφέρεται στην Τεχνική Έκθεση του Παραδοτέου 1, στο πλαίσιο του έργου εγκαταστάθηκαν δύο αυτόματοι σταθμοί μέτρησης πάχους στρώματος χιονιού. Οι δύο θέσεις εγκατάστασης των σταθμών αυτών καθορίστηκαν ύστερα από μελέτη των φυσιογραφικών χαρακτηριστικών της λεκάνης και επιτόπια έρευνα. Στη χωροθέτηση, λήφθηκε επίσης υπόψη η ασφάλεια των οργάνων, δίνοντας ιδιαίτερη μέριμνα στο να περιοριστεί κατά το δυνατόν η εύκολη πρόσβαση ζώων και περίοικων προς τη θέση λειτουργίας των σταθμών. Οι θέσεις που τοποθετήθηκαν οι σταθμοί είναι στην θέση Αθανάσιος Διάκος και Μαυρολιθάρι-Βρύζες (Εικόνα 2).

Οι καταγραφές των σταθμών είναι ανά 10 λεπτά και τα δεδομένα μεταφέρονται σε κεντρικό εξυπηρετητή μία φορά την εβδομάδα. Από την περίοδο 14 Δεκεμβρίου 2011 που έγινε η αρχική εγκατάσταση των αισθητήρων μέχρι την προσωρινή απομάκρυνσή τους για λόγους ασφαλείας στις 18 Μαΐου 2012 έχουν αποθηκευτεί πάνω από 18000 εγγραφές για κάθε σταθμό. Ειδικότερα οι καταγραφές του πάχους χιονιού (cm) για το σύνολο της περιόδου και για τους δύο σταθμούς παρουσιάζονται στα σχήματα 5 και 6 αντίστοιχα. Στον πίνακα 1 αναφέρονται βασικά στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων κατά την περίοδο λειτουργίας. Οι καταγραφές του πάχους χιονιού (cm) για τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο και

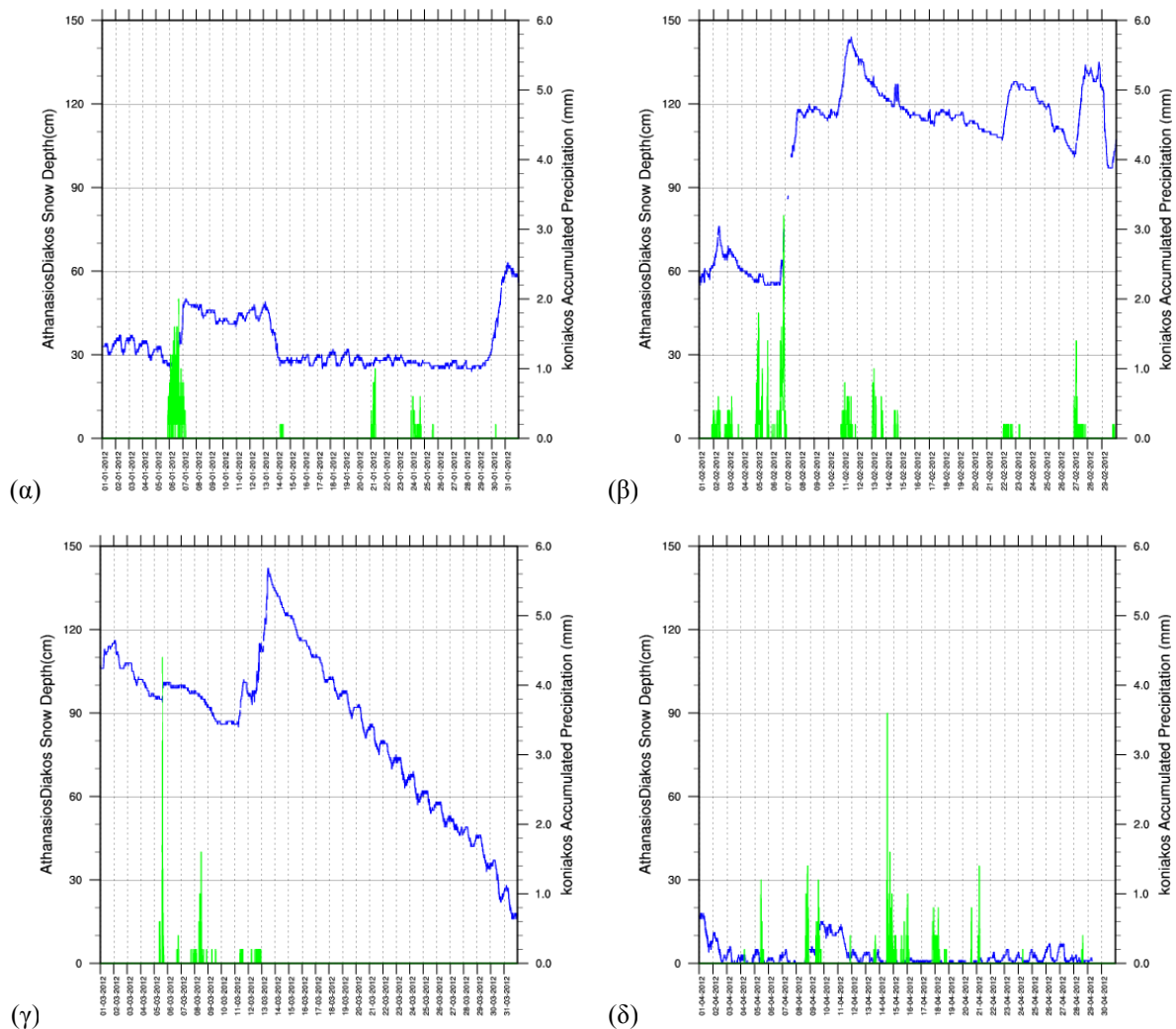
Απρίλιο 2012 και για τους δύο σταθμούς παρουσιάζονται στα σχήματα 5 και 6 αντίστοιχα. Για την αξιολόγηση των μετρήσεων πάχους χιονιού αποτυπώνεται επίσης στα σχήματα και ο αθροιστικός νετός (mm), όπως έχει καταγραφεί από τους κοντινότερους μετεωρολογικούς σταθμούς Κονιάκο και Βρύζες αντίστοιχα.



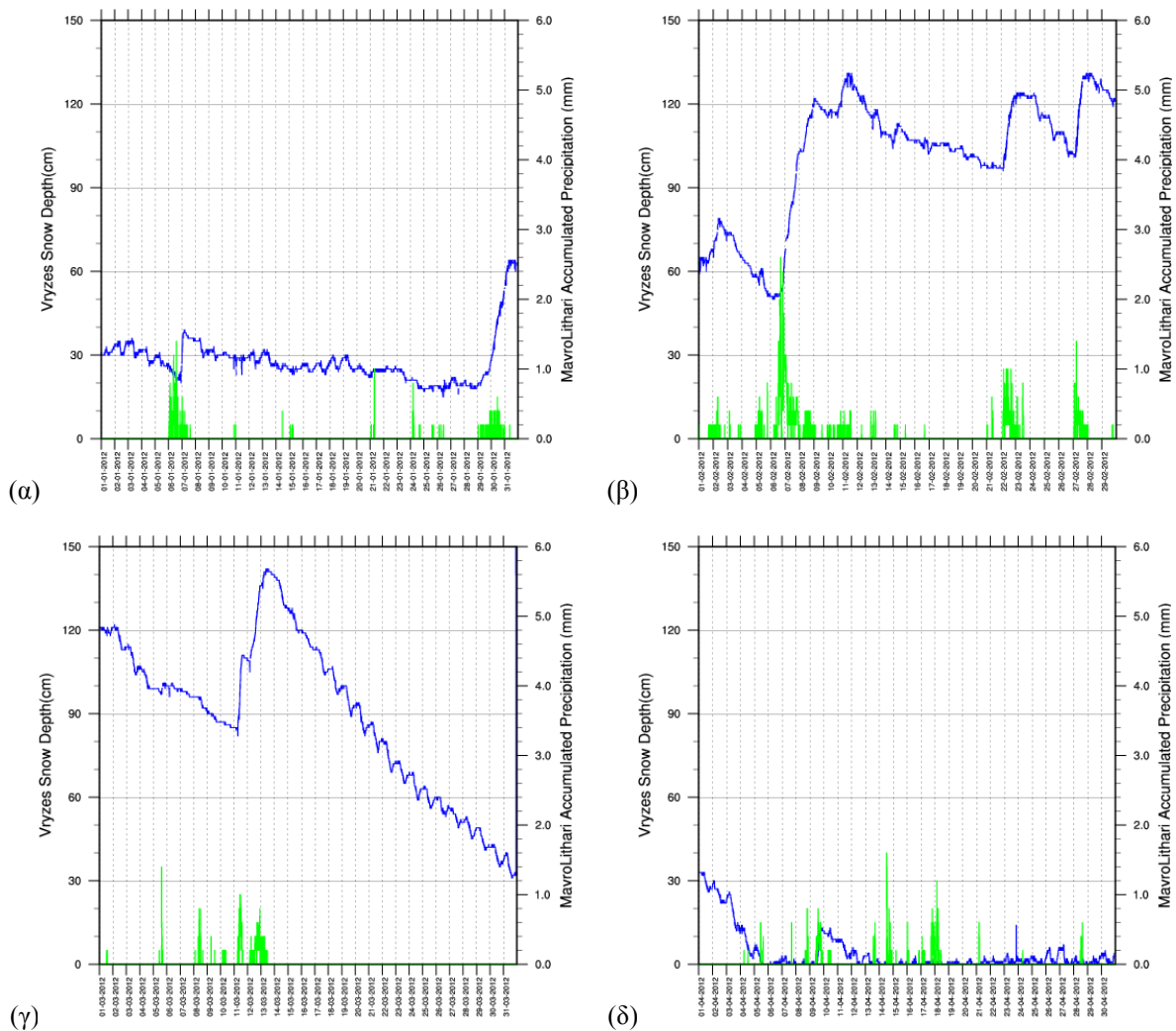
Εικόνα 2: Θέσεις των σταθμών μέτρησης πάχους χιονιού.

Ειδικότερα την περίοδο 6-7/1/2012 η αύξηση του πάχους χιονιού στα 50 cm στον Αθανάσιο Διάκο προέρχεται από χιονόπτωση η οποία έχει καταγραφεί και από τον μετεωρολογικό σταθμό του Κονιάκου. Αντίθετα η καταγραφόμενη βροχόπτωση στις 21/1/2012 δεν φαίνεται να έχει αποτυπωθεί ως χιόνι στον Αθανάσιο Διάκο. Ημερομηνίες σημαντικής συσσώρευσης χιονιού και αντίστοιχης καταγραφής σημαντικού νετού είναι οι 6-7/2/2012, 27/2/2012 και 5/3/2012. Συνολικά τα δεδομένα του μετρητικού σταθμού στον Αθανάσιο Διάκο κρίνονται αξιόπιστα και σε συνάφεια με τις αντίστοιχες μετρήσεις από τον μετεωρολογικό σταθμό του Κονιάκου για την περίοδο Ιανουάριος-Απρίλιος 2012. Αντίστοιχα την περίοδο 6-7/1/2012 καταγράφηκε αύξηση του πάχους χιονιού από 20 cm την 6^η Ιανουαρίου στις 22:20 στα 39 cm την 7^η Ιανουαρίου στις 7:20 στη θέση Βρύζες και συνδυάζεται με αθροιστική καταγραφή νετού στο Μαύρο Λιθάρι ύψους 41.2 mm. Σημαντικότερη αύξηση καταγράφηκε την περίοδο 30-31/1/2012 από 28 σε 64 cm. Ημερομηνίες σημαντικής συσσώρευσης χιονιού και

αντίστοιχης καταγραφής σημαντικού υετού είναι οι 6-7/2/2012, 22-23/2/2012, 27-28/2/2012 και 11-13/3/2012. Αξίζει να σημειωθεί πως οι περίοδοι αύξησης του πάχους χιονιού δεν συμπίπτουν στους δύο γειτονικούς χιονομετρικούς σταθμούς γεγονός που επιβεβαιώνει την έντονη διακύμανση της χιονόπτωσης στην περιοχή και την αναγκαιότητα εγκατάστασης των δύο αισθητήρων για την βέλτιστη αποτύπωση της μεταβλητότητας. Ημερήσιες τιμές καταγραφής πάχους χιονιού στις 00:00 για την περίοδο Ιανουάριος-Απρίλιος 2012 παρουσιάζονται στο Παράρτημα του παρόντος κειμένου.



Σχήμα 5: Χρονδιαγράμματα του πάχους χιονιού (μπλε καμπύλη) στην θέση Αθανάσιος Διάκος μαζί με την αθροιστική βροχόπτωση (πράσινα ιστογράμματα) του μετεωρολογικού σταθμού Κονιάκος για τον (α) Ιανουάριο 2012, (β) Φεβρουάριο 2012, (γ) Μάρτιο 2012 και (δ) Απρίλιο 2012.



Σχήμα 6: Χρονοδιαγράμματα του πάχους χιονιού (μπλε καμπύλη) στην θέση Βρύζες μαζί με την αθροιστική βροχοπτώση (πράσινα ιστογράμματα) του μετεωρολογικού σταθμού Μαύρο Λιθάρι για τον (α) Ιανουάριο 2012, (β) Φεβρουάριο 2012, (γ) Μάρτιο 2012 και (δ) Απρίλιο 2012.

Τα μηνιαία στατιστικά στοιχεία των μετρήσεων των χιονομετρικών σταθμών στις θέσεις Αθανάσιος Διάκος και Βρύζες παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Ο πρώτος σταθμός εμφανίζει φυσιολογικές τιμές ανά μήνα και στο σύνολο της περιόδου. Η μέγιστη τιμή καταγραφής χιονιού στις Βρύζες για τον Μάρτιο είναι 172 cm. Με βάση τον έλεγχο ακρότατων τιμών η συγκεκριμένη καταγραφή έγινε την 31^η Μαρτίου στις 22:50 και μπορεί να χαρακτηριστεί ως μη αποδεκτή τιμή και θα πρέπει να αποκλειστεί από την μελέτη του υδρολογικού ισοζυγίου καθώς οι καταγραφές σε γειτονικές χρονικές στιγμές ήταν 32-33 cm.

Αθανάσιος Διάκος	Έγκυρες καταγραφές	Μη έγκυρες καταγραφές	Ελάχιστο/Μέγιστο πάχος (cm)	Μέση τιμή πάχους (cm)
Ιανουάριος 2012	4444	20	24/63	33.74
Φεβρουάριος 2012	4091	85	55/144	106.55
Μάρτιος 2012	4456	8	16/142	85.46
Απρίλιος 2012	3851	469	0/18	2.78
Σύνολο	16842	582	0/144	54.01

Βρύζες	Έγκυρες καταγραφές	Μη έγκυρες καταγραφές	Ελάχιστο/Μέγιστο πάχος (cm)	Μέση τιμή πάχους (cm)
Ιανουάριος 2012	4420	44	15/64	27.91
Φεβρουάριος 2012	4060	116	50/131	101.34
Μάρτιος 2012	4442	22	31/172	89.23
Απρίλιος 2012	4195	125	0/33	4.28
Σύνολο	17117	307	0/172	51.62

Πίνακας 1: Μηνιαία στατιστικά στοιχεία χρονοσειρών των χιονομέτρων.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την πυκνότητα του χιονιού είναι κυρίως: (α) οι διαδικασίες μικροφυσικής που συμβαίνουν μέσα στο νέφος και είναι ικανές να ρυθμίσουν το σχήμα και το μέγεθος των παγοκρυστάλλων χιονιού, (β) οι θερμοδυναμικές διαδικασίες της ατμόσφαιρας που αλλοιώνουν τους παγοκρυστάλλους χιονιού κατά την πτώση τους προς το έδαφος και (γ) οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν στο έδαφος και μπορούν να μεταμορφώσουν τις νιφάδες χιονιού. Με τον άνεμο οι παγοκρύσταλλοι χιονιού μπορούν να μετακινούνται στην επιφάνεια καταστρέφοντας την κρυσταλλική τους δομή και αυξάνοντας την πυκνότητα του συνολικού στρώματος χιονιού. Επίσης, λόγω του βάρους των παγοκρυστάλλων η πυκνότητα του στρώματος χιονιού αυξάνει με το χρόνο. Επιπρόσθετα, οι μεταβολές της θερμοκρασίας επηρεάζουν σημαντικά τις μεταβολές της φυσικής κατάστασης

του νερού που περιέχεται στο στρώμα του χιονιού, μεταβάλλοντας σημαντικά την μέση πυκνότητα του στρώματος χιονιού.

Η μέση πυκνότητα του στρώματος χιονιού που χρησιμοποιείται στον υπολογισμό του IYNX βασίζεται κυρίως στον κανόνα 10:1. Ο κανόνας αυτός προκύπτει από την αναλογία της πυκνότητας του νερού (1000 kg m^{-3}) και της πυκνότητας του χιονιού (που θεωρείται ότι είναι 100 kg m^{-3}). Με αυτή την προσέγγιση, όταν το πάχος του στρώματος του χιονιού είναι 10 cm το IYNX είναι 1 cm. Ο κανόνας αυτός προκύπτει από τα αποτελέσματα της έρευνας του Potter (1965) και χρησιμοποιείται ευρέως μέχρι σήμερα. Όμως, επισημαίνεται ότι η τιμή αυτή δεν πρέπει να χρησιμοποιείται γενικά και για κάθε περίπτωση, αλλά ουσιαστικά ως μία μέση τιμή πυκνότητας. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι από δημοσιευμένες εργασίες η πυκνότητα του στρώματος χιονιού έχει μετρηθεί μεταξύ 10 και 350 kg m^{-3} (π.χ. Judson and Doesken, 2000; Baxter et al. 2005), με συνήθη διακύμανση μεταξύ 70 και 150 kg m^{-3} . Επίσης, σύμφωνα με τον ευρωκώδικα EN 1991 1-3 το στρώμα φρέσκου χιονιού παρουσιάζει μέση πυκνότητα 100 kg m^{-3} , το στρώμα συσσωρευμένου χιονιού αρκετών ωρών μέχρι και ημερών έχει μέση πυκνότητα 200 kg m^{-3} , ενώ το στρώμα χιονιού που έχει συσσωρευτεί για αρκετές εβδομάδες και μήνες κυμαίνεται από 250 μέχρι 350 kg m^{-3} . (Meløysund et al. 2007). Οι εκτιμήσεις αυτές στηρίζονται σε διάφορες εμπειρικές σχέσεις που έχουν προταθεί και βασίζονται στη συσχέτιση μετρήσεων IYNX με τη θερμοκρασία του αέρα στην επιφάνεια ή σε κάποιο ύψος στην ατμόσφαιρα (π.χ. 700 hPa), με την ταχύτητα του ανέμου, με το πάχος του στρώματος χιονιού καθώς και με τη δυνητική αύξηση της πυκνότητας του στρώματος χιονιού με το χρόνο.

Στη συγκεκριμένη μελέτη, εφαρμόζουμε μια εμπειρική σχέση στην οποία το φρέσκο χιόνι που έχει πέσει σε μία περιοχή την προηγούμενη ημέρα θεωρείται ότι έχει πυκνότητα 100 kg m^{-3} , ενώ το στρώμα χιονιού που έχει συσσωρευτεί τις προηγούμενες ημέρες έχει πυκνότητα σύμφωνα με τη σχέση:

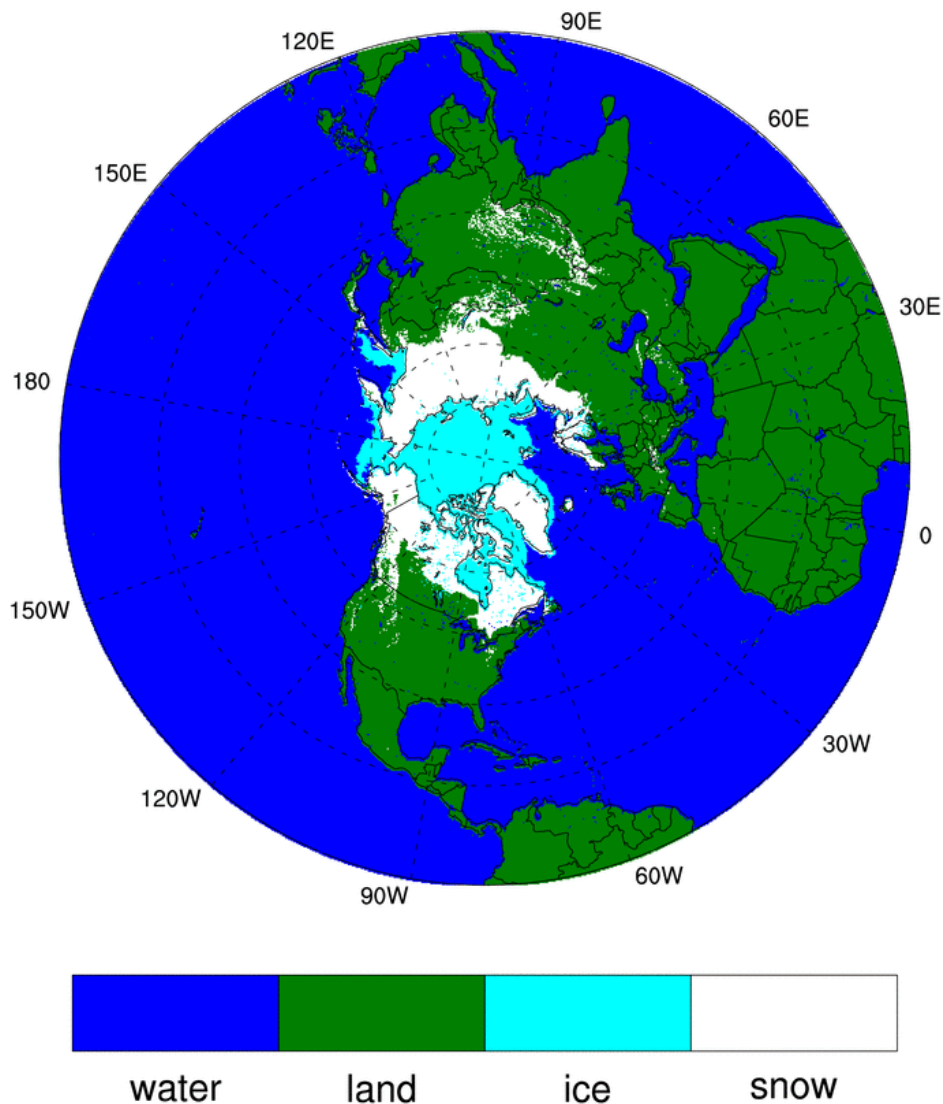
$$\rho = (90 + 130\sqrt{d}) (1.5 + 0.17 \sqrt[3]{T}) (1 + 0.1\sqrt{u})$$

όπου d το πάχος του στρώματος χιονιού σε m, T η μέση θερμοκρασία του αέρα ($^{\circ}\text{C}$) κατά την περίοδο συσώρευσης του χιονιού και u η μέση ταχύτητα του ανέμου (ms^{-1}) στην ίδια περίοδο.

Καθώς το χιόνι αποτελεί μια σημαντική συνιστώσα του κλιματικού συστήματος και έναν κρίσιμο παράγοντα του υδρολογικού κύκλου αναζητήθηκαν συμπληρωματικά δεδομένα των παραδοσιακών τρόπων μέτρησης του ύψους και της κάλυψης του χιονιού. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα τηλεπισκόπισης που περιλαμβάνουν στοιχεία παγοκάλυψης πάνω από θαλάσσιες επιφάνειες και χιονοκάλυψης πάνω από την ξηρά. Τα συγκεκριμένα δεδομένα προέρχονται από το National Environmental Satellite, Data and Information Service (NESDIS), τμήμα του National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) των ΗΠΑ. Τα δεδομένα καλύπτουν το βόρειο ημισφαίριο σε ανάλυση 4 km και ανανεώνονται σε καθημερινή βάση με μία ημέρα καθυστέρηση (National Ice Center, 2008). Η αρχική χωρική ανάλυση των δεδομένων ήταν 190 km με διάθεση κάθε επτά ημέρες. Το 1997 το Interactive Multisensor Snow and Ice Mapping System (IMS) τέθηκε σε επιχειρησιακή λειτουργία με χωρική ανάλυση 24 km (πλέγμα 1024x1024 σημείων) και διάθεση σε ημερήσια βάση. Από τον Φεβρουάριο 2004 τα συγκεκριμένα δεδομένα παρέχονται σε οριζόντια ανάλυση 4x4 km (πλέγμα 6144x6144 σημείων) σε ημερήσια βάση. Τα δεδομένα διατίθενται σε πολική στερεογραφική προβολή με κέντρο 90°N με κάθετο στον πόλο μεσημβρινό στις 80°W και σταθερή παράλληλο στις 60°N. Η ποιότητα των δεδομένων παγοκάλυψης ή χιονοκάλυψης εξαρτάται κυρίως από την ύπαρξη νεφών στην περιοχή κατά τη στιγμή της δορυφορικής σάρωσης. Το τελικό προϊόν προκύπτει σε συνδυασμό με μετρητικά στοιχεία επιφανείας καθώς σε περιοχές με συνεχή 24ωρη νεφοκάλυψη χρησιμοποιούνται επικρατούσες τιμές κάλυψης προερχόμενες από χαμηλότερης ανάλυσης μικροκυματικά δεδομένα και παρατηρήσεις επιφανείας.

Στο πλαίσιο του συγκεκριμένου έργου αναπτύχθηκε κώδικας σε NCL για την προσπέλαση και διαχείριση των NIC-IMS δεδομένων σε ανάλυση 4 km. Τα στοιχεία χιονοκάλυψης και παγοκάλυψης για το βόρειο ημισφαίριο αποτυπώνονται στο Σχήμα 7 όπου η μάσκα πάγου πάνω από θαλάσσιες επιφάνειες εμφανίζεται σε γαλάζιο χρώμα και η μάσκα κάλυψης χιονιού πάνω από την ξηρά σε λευκό χρώμα. Σε φάση ανάπτυξης βρίσκεται επίσης κώδικας εστίασης των δορυφορικών δεδομένων πάνω από τη λεκάνη του Μόρνο υ για σύγκριση με τις καταγραφές των χιονομέτρων και εφαρμογή στην εκτίμηση του υδρολογικού ισοζυγίου της περιοχής.

NIC-IMS 4km product - 2012/04/25



Σχήμα 7: Αποτύπωση της χιονοκάλυψης βορείου ημισφαιρίου.

3. ΠΕ2.3 Χωροχρονική απεικόνιση της παροχής νερού

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης ενότητας αναπτύχθηκε δικτυακή εφαρμογή που περιλαμβάνει τη χωροχρονική κατανομή και απεικόνιση της βροχόπτωσης, του ισοδύναμου ύψους νερού της χιονοκάλυψης και της στάθμης νερού, καθώς επίσης και πληροφοριακό υλικό για το έργο. Συγκεκριμένα η ιστοσελίδα που αναπτύχθηκε, [.meteo.gr/meteomornos](http://meteo.gr/meteomornos), παρουσιάζεται στην εικόνα 3 και περιλαμβάνει τις παρακάτω ενότητες :

meteomornos






Αρχική	<p>Καλώς ορίσατε στη σελίδα του έργου με τίτλο: <i>Λεπτομερής αποτύπωση κατακρημνισμάτων, εκτίμηση του υδρολογικού ισοζυγίου στον ταμιευτήρα του Μόρνου και πρόγνωση ακραίων επεισοδίων βροχής.</i></p> <p>Στη σελίδα αυτή παρουσιάζεται το δίκτυο των μετεωρολογικών και υδρομετρικών σταθμών που έχουν εγκατασταθεί στην περιοχή του Μόρνου, οι μετρήσεις του δικτύου και οι μετεωρολογικές προγνώσεις για την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης του Μόρνου.</p> <p style="text-align: center;">ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ</p>  <p style="text-align: center;">για τις τρέχουσες καιρικές συνθήκες πατήστε στον σταθμό που σας ενδιαφέρει.</p>
Το έργο	
Μετεωρολογικοί Σταθμοί	
Υδρομετρικοί Σταθμοί	
Προγνώσεις για την περιοχή	
Μηνιαίες αναφορές Μ/Σ	
Μηνιαίες αναφορές Υ/Σ	
Σύνδεσμοι	
Επικοινωνία	

Εικόνα 3. Η ιστοσελίδα του έργου (.meteo.gr/meteomornos).

(α) Αρχική σελίδα: Παρουσιάζονται οι εγκατεστημένοι μετεωρολογικοί σταθμοί με σύνδεση (link) στην σελίδα του κάθε σταθμού, ώστε να υπάρχει άμεση ενημέρωση για τις τρέχουσες συνθήκες, καθώς και χάρτες κατανομής της επιφανειακής θερμοκρασίας, της αθροιστικής βροχόπτωσης και της σχετικής υγρασίας, που όπως αναφέρθηκε στην ενότητα ΠΕ1 ανανεώνονται κάθε ώρα.

(β) Το έργο: Παρουσιάζονται ο σκοπός, η μεθοδολογία και τα αναμενόμενα οφέλη του έργου

(γ) Μετεωρολογικοί σταθμοί: Παρουσιάζονται οι εγκατεστημένοι μετεωρολογικοί σταθμοί με σύνδεση (link) στην σελίδα του κάθε σταθμού, ώστε να υπάρχει άμεση ενημέρωση για τις τρέχουσες συνθήκες καθώς και στοιχεία για το είδος των σταθμών και φωτογραφίες τους.

(δ) Υδρομετρικοί σταθμοί: Παρουσιάζονται οι εγκατεστημένοι υδρομετρικοί σταθμοί (στοιχεία για το είδος των σταθμών και φωτογραφίες τους).

(ε) Προγνώσεις για την περιοχή: Παρουσιάζονται προγνωστικές χρονοσειρές των βασικών μετεωρολογικών μεταβλητών (μετεωγράμματα) για τη θέση Φράγμα του Μόρνου (22.15°, 38.50°) από το Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΧΠΑ), το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ) και το Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ). Οι μετεωρολογικές μεταβλητές στα διαγράμματα είναι η θερμοκρασία στα 2 μέτρα (°C), η ατμοσφαιρική πίεση στη μέση στάθμη θάλασσας (hPa), η σχετική υγρασία στα 2 μέτρα (%), η ταχύτητα του ανέμου στα 10 μέτρα (m s⁻¹) και η αθροιστική βροχόπτωση 3ώρου. Τα στοιχεία ανανεώνονται σε καθημερινή βάση (κάθε πρωί).

(στ) Μηνιαίες αναφορές Μ/Σ: Παρουσιάζονται μηνιαία δελτία των 4 μετεωρολογικών σταθμών που έχουν εγκατασταθεί στο πλαίσιο του έργου. Η συγκεκριμένη βάση εμπλουτίζεται σταδιακά, με αρχή τον Ιανουάριο 2012.

(ζ) Μηνιαίες αναφορές Υ/Σ: Παρουσιάζονται μηνιαία δελτία των 3 σταθμημέτρων (2 που εγκαταστάθηκαν στο πλαίσιο του έργου (Κόκκινος και νέα γέφυρα Λευκαδίτη και 1 που υπήρχε ήδη εγκατεστημένο στην παλαιά γέφυρα του Λευκαδίτη) και των 2 χιονομέτρων. Η συγκεκριμένη βάση εμπλουτίζεται σταδιακά, με αρχή τον Ιανουάριο 2012.

(η) Σύνδεσμοι: Δίνονται σύνδεσμοι με το ΕΑΑ, την ΕΥΔΑΠ, το ΕΛΚΕΘΕ και το Χαροκόπειο Παν/μιο.

(θ) Επικοινωνία: Δίνονται στοιχεία επικοινωνίας με την υπεύθυνη του έργου.

Βιβλιογραφία

- Baxter, M. A., C. E. Graves, and J. T. Moore, 2005: “A *climatology of snow-to-liquid ratio for the contiguous United States*”. *Wea. Forecasting*, 20, 729-744
- EN 1991-1-3, 2003: Eurocode 1, Action on structures - Part 1-3: General actions – Snow Loads.
- Judson, A., and N. Doesken, 2000: “Density of freshly fallen snow in the central Rocky Mountains”. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 81, 1577–1587.
- Meløysund, V., Leira, B., Høiseth, K.V., and Lisøa, K.R., 2007: “*Predicting snow density using meteorological data*”. *Meteorol. Appl.*, 14, 413–423.
- National Ice Center. 2008, updated daily. IMS daily Northern Hemisphere snow and ice analysis at 4 km and 24 km resolution. Boulder, CO: National Snow and Ice Data Center. Digital Media.
- Potter, J. G., 1965: “Water content of freshly fallen snow”. CIR-4232, TEC-569, Meteorol. Branch, Dept. of Transport, Toronto, ON, Canada, 12 pp. [Available from National Snow and Ice Data Center User Services, Campus Box 449, University of Colorado, Boulder, CO 80309-0449.]

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for January 2012

NAME: Athanasios Diakos ELEV: 1549 m LAT: 38.702 LON: 22.151
 NAME: Vryzes ELEV: 1562 m LAT: 38.717 LON: 22.306

Year	Month	Day	SD(cm)-Ath.Diakos	SD(cm)-Vryzes
2012	01	01	33	30
2012	01	02	35	34
2012	01	03	35	35
2012	01	04	34	32
2012	01	05	32	29
2012	01	06	27	26
2012	01	07	44	27
2012	01	08	47	35
2012	01	09	46	31
2012	01	10	42	30
2012	01	11	41	29
2012	01	12	46	30
2012	01	13	47	31
2012	01	14	32	27
2012	01	15	27	25
2012	01	16	29	27
2012	01	17	29	27
2012	01	18	30	27
2012	01	19	29	29
2012	01	20	30	25
2012	01	21	26	23
2012	01	22	28	24
2012	01	23	29	25
2012	01	24	28	21
2012	01	25	27	18
2012	01	26	26	19
2012	01	27	26	20
2012	01	28	27	20
2012	01	29	26	19
2012	01	30	32	28
2012	01	31	60	54

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for February 2012

NAME: Athanasios Diakos ELEV: 1549 m LAT: 38.702 LON: 22.151
 NAME: Vryzes ELEV: 1562 m LAT: 38.717 LON: 22.306

Year	Month	Day	SD(cm)-Ath.Diakos	SD(cm)-Vryzes
2012	02	01	57	63
2012	02	02	63	68
2012	02	03	67	74
2012	02	04	60	65
2012	02	05	57	59
2012	02	06	56	51
2012	02	07	-99	67
2012	02	08	117	103
2012	02	09	119	119
2012	02	10	116	117
2012	02	11	128	125
2012	02	12	137	125
2012	02	13	128	116
2012	02	14	122	110
2012	02	15	118	112
2012	02	16	116	106
2012	02	17	116	103
2012	02	18	117	106
2012	02	19	116	104
2012	02	20	114	102
2012	02	21	110	98
2012	02	22	108	97
2012	02	23	128	123
2012	02	24	125	122
2012	02	25	120	115
2012	02	26	111	110
2012	02	27	102	102
2012	02	28	131	129
2012	02	29	126	126

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for March 2012

NAME: Athanasios Diakos ELEV: 1549 m LAT: 38.702 LON: 22.151
 NAME: Vryzes ELEV: 1562 m LAT: 38.717 LON: 22.306

Year	Month	Day	SD(cm)-Ath.Diakos	SD(cm)-Vryzes
2012	03	01	107	121
2012	03	02	115	121
2012	03	03	108	114
2012	03	04	102	107
2012	03	05	96	99
2012	03	06	101	100
2012	03	07	100	99
2012	03	08	97	96
2012	03	09	93	91
2012	03	10	86	87
2012	03	11	86	85
2012	03	12	97	109
2012	03	13	113	136
2012	03	14	134	139
2012	03	15	125	128
2012	03	16	116	120
2012	03	17	110	113
2012	03	18	102	106
2012	03	19	97	100
2012	03	20	92	93
2012	03	21	85	86
2012	03	22	80	81
2012	03	23	73	73
2012	03	24	66	69
2012	03	25	61	63
2012	03	26	58	60
2012	03	27	53	56
2012	03	28	47	51
2012	03	29	46	49
2012	03	30	35	42
2012	03	31	25	37

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for April 2012

NAME: Athanasios Diakos ELEV: 1549 m LAT: 38.702 LON: 22.151
 NAME: Vryzes ELEV: 1562 m LAT: 38.717 LON: 22.306

Year	Month	Day	SD(cm)-Ath.Diakos	SD(cm)-Vryzes
2012	04	01	17	33
2012	04	02	9	28
2012	04	03	2	23
2012	04	04	2	12
2012	04	05	3	5
2012	04	06	1	0
2012	04	07	4	2
2012	04	08	0	0
2012	04	09	5	0
2012	04	10	14	12
2012	04	11	11	9
2012	04	12	3	4
2012	04	13	3	3
2012	04	14	1	0
2012	04	15	1	-1
2012	04	16	1	1
2012	04	17	0	-1
2012	04	18	1	1
2012	04	19	0	0
2012	04	20	1	0
2012	04	21	0	-1
2012	04	22	2	1
2012	04	23	3	2
2012	04	24	4	2
2012	04	25	4	3
2012	04	26	5	2
2012	04	27	7	6
2012	04	28	2	0
2012	04	29	0	0
2012	04	30	-99	3