



ΟΔΥΣΣΕΥΣ

ΝΑΜΑ

ΕΜΠ

ΔΕΥΑΚ

ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ

MDS



Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης 2000-2006
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανταγωνιστικότητα

ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ
ΣΥΖΕΥΞΗ ΜΕ ΕΞΕΛΙΓΜΕΝΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

ΟΔΥΣΣΕΥΣ

Τεύχος 10

Προδιαγραφές εγκατάστασης δικτύων μέτρησης
υδρολογικών παραμέτρων

Αθήνα
Ιούνιος 2005

Γ. Λούρμας, Ν. Μαμάσης

Συνεργαζόμενοι φορείς



NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί και Μελετητές Α.Ε.



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τομέας Υδατικών Πόρων
Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων



Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης
Καρδίτσας

ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ

Αειφορική Δωδεκανήσου Α.Ε.

MDS

Άδωνις Κοντός και ΣΙΑ Ε.Ε. (Marathon Data Systems)

Ενότητα Εργασίας 5

**Τυποποίηση υποδομών μέτρησης υδρομετεωρολογικών
και ποιοτικών παραμέτρων**

Τεύχος 10

**Προδιαγραφές εγκατάστασης δικτύων μέτρησης
υδρολογικών παραμέτρων**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το παρόν τεύχος αποτελεί παραδοτέο της ενότητας εργασίας 5 του ερευνητικού προγράμματος ΟΔΥΣΣΕΥΣ και έχει τίτλο «Τυποποίηση υποδομών μέτρησης υδρομετεωρολογικών και ποιοτικών παραμέτρων». Αποτελεί βασική έρευνα και έχει ως φορέα εκτέλεσης τον τομέα Υδατικών Πόρων του ΕΜΠ. Κύριος στόχος της ενότητας είναι η ανάπτυξη υποδομής ώστε, ανεξάρτητα από τη συγκεκριμένη εφαρμογή, να διευκολύνεται η διαδικασία επιλογής των συνιστωσών ενός μετρητικού συστήματος αλλά και να βελτιώνεται η επιχειρησιακή λειτουργία του. Το τεύχος αυτό λοιπόν περιλαμβάνει τη μεθοδολογία καθώς και τις διεθνώς αποδεκτές προδιαγραφές που διέπουν την εγκατάσταση, τη λειτουργία και τη συντήρηση μετεωρολογικών και υδρομετρικών σταθμών. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην παρουσίαση των νέων τεχνολογιών του είδους.

ABSTRACT

This issue is the output of the Work-package 5 of the research program entitled ODYSSEUS, and it is entitled as “Drafting of technical specifications for the installation of telemetric networks”. It is described as basic research and was carried out by the Department of Water Resources, Hydraulic and Maritime Engineering of National Technical University of Athens. The main object of this work-package is to describe the essential methodology which makes straightforward the establishment, as well as the operational use of a meteorological or hydrometric station. This issue emphasizes to the new technologies related to these subjects.

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	ii
1 Εισαγωγή	1
1.1 Ιστορικό.....	1
1.2 Αντικείμενο και διάρθρωση του τεύχους.....	2
2 Προδιαγραφές μετεωρολογικών σταθμών	4
2.1 Γενικές προδιαγραφές μετεωρολογικών σταθμών.....	4
2.1.1 Μετεωρολογικές παρατηρήσεις.....	4
2.1.2 Οι γενικές απαιτήσεις μετεωρολογικού σταθμού.....	5
2.1.3 Γενικές απαιτήσεις των οργάνων.....	8
2.1.4 Πρότυπα μετρήσεων.....	8
2.1.5 Ακρίβεια των μετρήσεων.....	9
2.2 Ειδικές προδιαγραφές μετεωρολογικών οργάνων.....	13
2.2.1 Μέτρηση της θερμοκρασίας.....	13
2.2.2 Μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης.....	15
2.2.3 Μέτρηση της υγρασίας.....	16
2.2.4 Μέτρηση των επιφανειακών ανέμων.....	17
2.2.5 Μέτρηση των κατακρημνίσεων.....	19
2.2.6 Μέτρηση της ακτινοβολίας.....	20
2.2.7 Μέτρηση της διάρκειας ηλιοφάνειας.....	22
2.2.8 Μέτρηση της ορατότητας.....	24
2.2.9 Μέτρηση της εξάτμισης.....	26
2.2.10 Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας.....	27
2.2.11 Παρατήρηση των νεφών.....	28
2.2.12 Καταγραφή του παρόντος και του παρελθόντος καιρού.....	30
3 Προδιαγραφές υδρομετρικών σταθμών	31
3.1 Γενικές προδιαγραφές υδρομετρικών σταθμών.....	31
3.1.1 Η αντικειμενική σημασία της υδρομετρίας.....	31
3.1.2 Τυπική σύνθεση και λειτουργία υδρομετρικού σταθμού.....	31
3.2 Ειδικές προδιαγραφές υδρομετρικών οργάνων.....	33
3.2.1 Μέτρηση στάθμης.....	33
3.2.2 Μέτρηση παροχής.....	34
Παράρτημα Α: Πίνακες προδιαγραφών μέτρησης μετεωρολογικών μεταβλητών	38
Παράρτημα Β: Τεκμηρίωση βάσης δεδομένων	44

Παράρτημα Γ: Υποδείγματα διαγωνισμών	50
Παράδειγμα περιγραφής τεχνικών χαρακτηριστικών μετεωρολογικών σταθμών.....	50
Γενικές απαιτήσεις.....	50
Αισθητήρες (sensors).....	51
Παράδειγμα περιγραφής τεχνικών χαρακτηριστικών μονάδας λήψης και καταχώρησης δεδομένων – data logger (ΚΔ).....	52
Γενικές απαιτήσεις.....	52
Βιβλιογραφικές αναφορές	54

1 Εισαγωγή

1.1 Ιστορικό

Η ΓΓΕΤ χρηματοδότησε το έργο «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Συστημάτων σε Σύζευξη με Εξελιγμένο Υπολογιστικό Σύστημα (ΟΔΥΣΣΕΥΣ)». Αντικείμενο του είναι η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος εργαλείων πληροφορικής, που σε συνδυασμό με ένα παράλληλο πλαίσιο μεθοδολογιών και προδιαγραφών, θα παρέχει την κατάλληλη υποδομή για την ορθολογική και βιώσιμη διαχείριση υδροσυστημάτων κάθε κλίμακας. Το έργο έχει χωριστεί σε 11 ενότητες εργασίας, οι οποίες καλύπτουν το σύνολο των δραστηριοτήτων που υποστηρίζει το πρόγραμμα «Φυσικό Περιβάλλον και Βιώσιμη Ανάπτυξη», δηλαδή τη βασική, βιομηχανική και προανταγωνιστική έρευνα (αρχική επίδειξη). Οι παραπάνω τρεις δραστηριότητες είναι αλληλένδετες και αλληλοσυμπληρούμενες, και αποσκοπούν στην υλοποίηση ενός επιχειρησιακού προϊόντος λογισμικού, το οποίο θα πλαισιώνεται από ένα πλέγμα μεθοδολογιών και προδιαγραφών για την υποστήριξη της διαχείρισης υδατικών συστημάτων.

Η ανάπτυξη του συστήματος γίνεται με στενή συνεργασία της εταιρίας NAMA – Σύμβουλοι Μηχανικοί και Μελετητές (NAMA) και του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ). Άλλοι φορείς που θα έχουν πλήρη συμμετοχή στο έργο είναι: η Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης (ΔΕΥΑ) Καρδίτσας και η Αειφορική Δωδεκανήσου (τόσο στη μεταφορά τεχνογνωσίας όσο και στις πιλοτικές εφαρμογές), καθώς και η εταιρία Marathon Data Systems, στα πλαίσια της επιχειρησιακής υλοποίησης, προβολής και προώθησης των αποτελεσμάτων του έργου. Επιπλέον, η γαλλική εταιρία συμβούλων SOGREAH θα συμμετάσχει στον έλεγχο του τελικού προϊόντος με δική της χρηματοδότηση. Τέλος, η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), η Εταιρία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτεύουσας (ΕΥΔΑΠ) και η ΕΥΔΑΠ Παγίων θα είναι τελικοί χρήστες του προϊόντος και θα μοιραστούν την εμπειρία τους στη διαχείριση του νερού με τους υπόλοιπους φορείς, χωρίς καμία συμμετοχή στα έξοδα του έργου.

Το τεύχος αυτό αποτελεί παραδοτέο της ενότητας εργασίας 5 που έχει τίτλο «Τυποποίηση υποδομών μέτρησης υδρομετεωρολογικών και ποιοτικών παραμέτρων». Αποτελεί βασική έρευνα και έχει ως φορέα εκτέλεσης τον τομέα Υδατικών Πόρων του ΕΜΠ.

Η ενότητα αφορά στην τυποποίηση των διαδικασιών εγκατάστασης και λειτουργίας αυτόματων τηλεμετρικών υδρομετεωρολογικών σταθμών και σταθμών μέτρησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των υπογείων και επιφανειακών υδάτων. Οι αυτόματοι τηλεμετρικοί σταθμοί θα αντικαταστήσουν σταδιακά τους συμβατικούς, ώστε οι μετρήσεις να είναι άμεσα διαθέσιμες και να έχουν την απαιτούμενη αξιοπιστία, ακρίβεια και χρονική διακριτικότητα. Κύριος στόχος της ενότητας είναι η υποστήριξη στην ανάπτυξη υποδομής ώστε, ανεξάρτητα από τη συγκεκριμένη εφαρμογή, να διευκολύνεται η διαδικασία επιλογής των συνιστωσών του μετρητικού συστήματος αλλά και να βελτιώνεται η επιχειρησιακή λειτουργία του.

Η διαδικασία εγκατάστασης ενός μετρητικού δικτύου περιλαμβάνει τον προσδιορισμό του είδους και των θέσεων των μετρητικών οργάνων, την έρευνα αγοράς, τη συγγραφή προδιαγραφών και την διαδικασία προμήθειας του εξοπλισμού. Η τυποποίηση της παραπάνω διαδικασίας περιλαμβάνει:

- συλλογή προδιαγραφών που διέπουν την εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση των αυτόματων υδρολογικών και μετεωρολογικών σταθμών και δικτύων, σύμφωνα με τη διεθνή πρακτική και τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (WMO)·
- συλλογή προδιαγραφών που διέπουν την εγκατάσταση και λειτουργία συμβατικών υδρολογικών σταθμών για περιπτώσεις που οι αυτόματες μετρήσεις δεν είναι δυνατές (π.χ. για τη μέτρηση της παροχής σε υδατορεύματα)·
- συλλογή προδιαγραφών που διέπουν την εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση των αυτόματων διατάξεων μέτρησης της παροχής σε υδραγωγεία (κανάλια, σίφωνες, σήραγγες, αγωγοί υπό πίεση), με έμφαση σε διατάξεις υψηλής ακρίβειας·
- συλλογή προδιαγραφών που διέπουν την εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση των συσκευών μέτρησης ποιοτικών χαρακτηριστικών των επιφανειακών και υπόγειων νερών·
- έρευνα αγοράς και υλοποίηση βάσης δεδομένων με τα τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά των συνιστωσών των παραπάνω μετρητικών συστημάτων, όπως αισθητήρων, καταχωρητών, τηλεπικοινωνιακών διατάξεων, υπολογιστών και λοιπών μηχανικών μερών (ιστοί, περιφράξεις, κλπ.)·

Σύμφωνα με τη σύμβαση, παραδοτέα της ενότητας εργασίας είναι:

1. **Τεύχος προδιαγραφών εγκατάστασης δικτύων μέτρησης υδρολογικών και ποιοτικών παραμέτρων.** Στο τεύχος θα υπάρχει αναλυτική περιγραφή των προδιαγραφών που διέπουν την εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση των υδρομετρικών και μετεωρολογικών σταθμών και δικτύων, καθώς και των διατάξεων μέτρησης της ποιότητας του νερού, με βάση τα διεθνή πρότυπα.
2. **Βάση δεδομένων τεχνικών και οικονομικών χαρακτηριστικών των μετρητικών διατάξεων.** Θα υλοποιηθεί μία βάση δεδομένων, όπου θα περιέχονται και θα μπορούν να επικαιροποιούνται τα τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά των συνιστωσών ενός μετρητικού σταθμού. Επιπλέον, στη βάση θα δημιουργηθεί ηλεκτρονικό αρχείο προκηρύξεων διαγωνισμών σχετικών με την προμήθεια ανάλογων μετρητικών συστημάτων.

Το παρόν τεύχος αποτελεί το παραδοτέο 1 της ενότητας εργασίας 5. Η βάση δεδομένων (παραδοτέο 2) επισυνάπτεται ηλεκτρονικά, ενώ η τεκμηρίωσή της (σχήμα, πεδία κλπ.) παρουσιάζονται στο παράρτημα.

1.2 Αντικείμενο και διάρθρωση του τεύχους

Το παρόν τεύχος αποτελείται από 3 κεφάλαια και 3 παραρτήματα.

Το κεφάλαιο 1 αποτελεί την εισαγωγή του και περιγράφονται ο σκοπός της ενότητας και η γενική διάρθρωση του τεύχους.

Το κεφάλαιο 2 ασχολείται με της μετεωρολογικές μεταβλητές. Αρχικά παρουσιάζονται οι γενικές προδιαγραφές εγκατάστασης και λειτουργίας μετεωρολογικών σταθμών. Επίσης γίνεται αναφορά στα διεθνή πρότυπα μετρήσεων και στις απαιτήσεις ακριβείας που διέπουν τέτοιες εγκαταστάσεις. Στη συνέχεια περιγράφεται ξεχωριστά για κάθε μετεωρολογική μεταβλητή ο τρόπος μέτρησης ή εκτίμησής της.

Το κεφάλαιο 3 σχετίζεται με την υδρομετρία. Παρουσιάζονται οι απαιτήσεις εγκατάστασης και λειτουργίας υδρομετρικών σταθμών. Ακόμα γίνεται εκτενής αναφορά στις μετρήσεις της στάθμης και της παροχής ποταμών, καναλιών και υδατορευμάτων.

Στο παράρτημα Α του τεύχους, δίνονται οι γενικές απαιτήσεις ακρίβειας των μετεωρολογικών μετρήσεων όπως αυτές διατυπώνονται από τον WMO. Στο παράρτημα Β παρουσιάζεται η

τεκμηρίωση της βάσης δεδομένων οργάνων. Τέλος στο παράρτημα Γ δίνονται υποδείγματα και παραδείγματα διαγωνισμών για την αγορά μετεωρολογικών και υδρομετρικών οργάνων.

2 Προδιαγραφές μετεωρολογικών σταθμών

2.1 Γενικές προδιαγραφές μετεωρολογικών σταθμών

2.1.1 Μετεωρολογικές παρατηρήσεις

Οι μετεωρολογικές (και οι σχετικές περιβαλλοντικές και γεωφυσικές) παρατηρήσεις χρησιμοποιούνται κυρίως για την ανάλυση και την πρόγνωση του καιρού σε πραγματικό χρόνο καθώς και σε υδρολογικές, κλιματικές και μετεωρολογικές εφαρμογές.

Η απαραίτητη πυκνότητα (ή ανάλυση) των παρατηρηθέντων δεδομένων εξαρτάται τόσο από τις χρονικές και τις χωρικές κλίμακες των φαινομένων που αναλύονται όσο και από τον σκοπό της μέτρησης. Στο WMO (1981a) ταξινομούνται οι οριζόντιες κλίμακες των μετεωρολογικών φαινομένων ως εξής:

1. Μικρής κλίμακας (λιγότερο από 100 km), π.χ. καταιγίδες, τοπικοί άνεμοι, ανεμοστρόβιλοι
2. Μεσαίας κλίμακας (100 έως 1000 km), π.χ. μέτωπα, συστάδες σύννεφων
3. Μεγάλης κλίμακας (1000 έως 5000 km), π.χ. κυκλώνες, αντικυκλώνες
4. Πλανητικής κλίμακας (περισσότερα από 5000 km).

Η οριζόντια κλίμακα συσχετίζεται πολύ με τη χρονική κλίμακα των φαινομένων. Κατά συνέπεια οι βραχυπρόθεσμες καιρικές προβλέψεις απαιτούν συχνότερες παρατηρήσεις με ένα πυκνότερο δίκτυο σε μία καθορισμένη περιοχή προκειμένου να ανιχνευθούν οποιαδήποτε μικρής κλίμακας φαινόμενα. Όσο η χρονική περίοδος πρόβλεψης αυξάνεται, τόσο αυξάνεται και η έκταση για την οποία απαιτούνται μετεωρολογικές παρατηρήσεις.

Μια μετεωρολογική παρατήρηση είναι αντιπροσωπευτική μιας περιοχής ανάλογα με τον σκοπό της. Παραδείγματος χάριν, οι συνοπτικές παρατηρήσεις πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικές μιας περιοχής έως 100 km γύρω από το σταθμό για να αντιπροσωπεύουν τη μεσαία και τη μεγαλύτερη κλίμακα. Για τις εφαρμογές μικρής κλίμακας η περιοχή μπορεί να έχει διαστάσεις 10 km ή λιγότερο. Η χωροθέτηση του σταθμού είναι κρίσιμη, αφού το σφάλμα λόγω ελλιπούς αντιπροσωπευτικότητας μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερο από εκείνο που αναμένεται από το κάθε όργανο μεμονωμένα. Ένας σταθμός σε μια λοφώδη ή παράκτια θέση είναι πιθανό να μην είναι αντιπροσωπευτικός στην ευρεία ή μέση κλίμακα. Εντούτοις, ακόμη και στους μη αντιπροσωπευτικούς σταθμούς, η ομοιογένεια των παρατηρήσεων στο χρόνο μπορεί να επιτρέψει στους χρήστες να χρησιμοποιήσουν τα δεδομένα με επιτυχία.

Οι μετεωρολογικές παρατηρήσεις πρέπει πάντα να είναι σύμφωνες με τον τύπο και την κατάσταση του εξοπλισμού. Επίσης οι χρήστες χρειάζεται να ξέρουν τις ιστορικές συνθήκες των παρατηρήσεων. Αυτό γίνεται ιδιαίτερα σημαντικό στη μελέτη του κλίματος, όπου το λεπτομερές ιστορικό του μετεωρολογικού σταθμού πρέπει να εξεταστεί. Πρέπει να φυλάσσεται ιστορικό αρχείο σχετικά με όλα τα θέματα εγκατάστασης και συντήρησης του σταθμού και σχετικά με τις αλλαγές που εμφανίζονται, συμπεριλαμβανομένου του τύπου των οργάνων, του ιστορικού βαθμονόμησης και συντήρησης και των αλλαγών στην λειτουργία και το προσωπικό. Το ιστορικό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τις παρατηρήσεις που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες όπως ο άνεμος και η θερμοκρασία.

2.1.2 Οι γενικές απαιτήσεις μετεωρολογικού σταθμού

Σε αυτή την παράγραφο εξετάζονται οι παράμετροι που συνήθως παρουσιάζουν ενδιαφέρον και απαιτούν μετρήσεις από έναν κλιματολογικό ή μετεωρολογικό σταθμό.

Από ένα επιφανειακό σταθμό παρατηρήσεων μπορούμε να έχουμε δεδομένα για τις παρακάτω μεταβλητές:

- Ύψος βροχόπτωσης
- Θερμοκρασία
- Σχετική υγρασία
- Διεύθυνση, ταχύτητα και ριπή ανέμου
- Ηλιακή ακτινοβολία
- Εξάτμιση
- Ατμοσφαιρική πίεση
- Νεφοκάλυψη
- Τύπος νέφωσης
- Υψόμετρο βάσης νέφωσης
- Ορατότητα
- Χιονοκάλυψη
- Θερμοκρασία εδάφους σε διάφορα βάθη
- Παρών καιρός
- Παρελθών καιρός

Υπάρχουν όργανα που μπορούν να μετρήσουν όλες αυτές τις μεταβλητές εκτός από τον τύπο της νέφωσης. Εντούτοις, με την υπάρχουσα τεχνολογία τα όργανα για την μέτρηση της ποσότητας και του υψόμετρου της βάσης της νέφωσης καθώς και για τη χιονοκάλυψη δεν μπορούν να κάνουν μετρήσεις για όλη την έκταση των φαινομένων όπως μπορεί ένας εκπαιδευμένος παρατηρητής. Τέλος, ο παρών και ο παρελθών καιρός προκύπτουν από το ιστορικό αρχείο και τις εκτιμήσεις των παρατηρητών.

Αυτόματοι μετεωρολογικοί σταθμοί

Οι περισσότερες μεταβλητές που χρειάζονται για μετεωρολογικούς, κλιματολογικούς ή αεροναυτικούς σκοπούς μπορούν να μετρηθούν με χρήση αυτόματων οργάνων. Όσο οι δυνατότητες των αυτόματων συστημάτων αυξάνονται, τόσο αυξάνεται και η χρήση τους σε βάρος των επανδρωμένων μετεωρολογικών σταθμών. Οι οδηγίες στις επόμενες παραγράφους σχετικά με την τοποθέτηση, τις αλλαγές σε εξοπλισμό, την επιθεώρηση και τη συντήρηση αναφέρεται εξίσου σε αυτόματους καθώς και συμβατικούς μετεωρολογικούς σταθμούς.

Παρατηρητές

Ο παρατηρητής μετεωρολογικών φαινομένων είναι απαραίτητος για τις παρακάτω εργασίες:

- Να κάνει τις συνοπτικές ή/και κλιματολογικές παρατηρήσεις στην απαραίτητη ακρίβεια με τη βοήθεια κατάλληλων οργάνων.
- Να διατηρεί τα όργανα σε καλή κατάσταση.
- Να κωδικοποιεί και να αποστέλλει τις παρατηρήσεις αν υπάρχει απουσία αυτόματων συστημάτων κωδικοποίησης και μεταφοράς δεδομένων.
- Να συντηρεί τις συσκευές που πραγματοποιούν μετρήσεις πεδίου.
- Να διατηρεί και να αντιπαραβάλλει τα εβδομαδιαία ή/και μηνιαία αρχεία των κλιματολογικών στοιχείων όταν τα αυτόματα συστήματα δεν είναι διαθέσιμα ή είναι ανεπαρκή.
- Να παρέχει συμπληρωματικές παρατηρήσεις όταν δεν είναι επαρκείς αυτές από τον αυτόματο εξοπλισμό ή όταν αυτός είναι εκτός λειτουργίας.

- Να παρατηρεί τα φαινόμενα για τα οποία δεν υπάρχουν τρόποι αυτόματης μέτρησης.

Οι παρατηρητές πρέπει να είναι επαρκώς εκπαιδευμένοι και να διαθέτουν πιστοποιητικά από την αρμόδια μετεωρολογική υπηρεσία. Πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να ερμηνεύουν τις οδηγίες για τη χρήση των οργάνων και να κατέχουν τις απαραίτητες τεχνικές που εφαρμόζονται στις μετρήσεις πεδίου.

Τοποθέτηση του σταθμού και έκθεση των οργάνων

Οι μετεωρολογικοί σταθμοί παρατήρησης σχεδιάζονται για να επιτρέψουν αντιπροσωπευτικές μετρήσεις των μεταβλητών ανάλογα με τον τύπο του σταθμού. Ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιείται ο σταθμός θα υπαγορεύσει την ακριβή θέση του καθώς και αυτή των σχετικών αισθητήρων του.

Για παράδειγμα, οι ακόλουθες θεωρήσεις ισχύουν για την επιλογή των θέσεων έκθεσης των οργάνων για έναν χαρακτηριστικό μετεωρολογικό ή κλιματολογικό σταθμό σε ένα περιφερειακό ή εθνικό δίκτυο:

- Τα υπαίθρια όργανα πρέπει να εγκατασταθούν σε επίπεδο έδαφος με διαστάσεις περίπου 10×7 m, καλυμμένο με χλόη ή μια επιφάνεια αντιπροσωπευτική της τοποθεσίας, και να περιβληθούν με ανοικτή περίφραξη. Εντός της περίφραξης διατηρείται ένα γυμνό μάλωμα του εδάφους περίπου 2×2 m για τις παρατηρήσεις της κατάστασης του εδάφους και της θερμοκρασίας του σε βάθη λιγότερο από 30 cm.
- Δεν πρέπει να υπάρχει κανένα απότομα κεκλιμένο τμήμα του εδάφους στην περιοχή και αυτή δεν πρέπει να βρίσκεται μέσα σε κοιλάτητα. Εάν αυτοί οι όροι δεν ικανοποιούνται, οι παρατηρήσεις μπορούν να παρουσιάσουν σημαντικά σφάλματα.
- Η περιοχή πρέπει να είναι ικανοποιητικά μακριά από δέντρα, κτίρια, τοίχους ή άλλα εμπόδια. Η απόσταση οποιουδήποτε τέτοιου εμποδίου (συμπεριλαμβανομένης της περίφραξης) από τον αισθητήρα της βροχόπτωσης δεν πρέπει να είναι λιγότερη από δύο φορές το ύψος του αντικειμένου επάνω από το πλαίσιο του αισθητήρα, και κατά προτίμηση τέσσερις.
- Ο αισθητήρας ηλιοφάνειας, ο αισθητήρας βροχόπτωσης και το ανεμόμετρο πρέπει να εκτίθενται σε περιοχή που ικανοποιεί τις απαιτήσεις τους και οπωσδήποτε στην ίδια περιοχή με όλα τα άλλα όργανα.
- Πρέπει να σημειωθεί ότι η περίφραξη μπορεί να μην είναι η καλύτερη θέση από την οποία να υπολογιστεί η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου. Ένα άλλο σημείο παρατήρησης, που εκτίθεται περισσότερο στον άνεμο, μπορεί να είναι επιθυμητό.
- Οι πολύ ανοικτές περιοχές που είναι ικανοποιητικές για τα περισσότερα όργανα είναι ακατάλληλες για τους αισθητήρες βροχόπτωσης. Σε τέτοιες περιοχές οι άνεμοι επηρεάζουν τις μετρήσεις οπότε επιβάλλεται κάποιου είδους κάλυμμα.
- Εάν η περίφραξη των οργάνων δεν επιτρέπει μια αρκετά εκτενή εικόνα της περιοχής, πρέπει να διερευνηθούν εναλλακτικές θέσεις για τον αισθητήρα της ορατότητας.
- Η θέση που χρησιμοποιείται για την παρατήρηση της νέφωσης και της ορατότητας πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ανοιχτή και να προσφέρει πλήρη οπτική επαφή με τον ουρανό και τη γύρω περιοχή.
- Στους παράκτιους σταθμούς, είναι επιθυμητό ο σταθμός να έχει επαφή με την ανοικτή θάλασσα, αλλά πρέπει επίσης να μη βρίσκεται κοντά στην άκρη ενός απότομου βράχου επειδή οι στρόβιλοι αέρα που δημιουργούνται από τον απότομο βράχο έχουν επιπτώσεις στις μετρήσεις της βροχόπτωσης και του ανέμου.
- Οι νυχτερινές παρατηρήσεις της νέφωσης και της ορατότητας γίνονται καλύτερα από θέση που βρίσκεται μακριά από φωτισμένες περιοχές.

Η ακριβής θέση ενός σταθμού πρέπει να είναι γνωστή και καταγεγραμμένη. Οι συντεταγμένες ενός σταθμού είναι:

- Το γεωγραφικό πλάτος στρογγυλοποιημένο στο κοντινότερο λεπτό
- Το γεωγραφικό μήκος στρογγυλοποιημένο στο κοντινότερο λεπτό
- Το υψόμετρο του σταθμού επάνω από το μέσο επίπεδο της θάλασσας στρογγυλοποιημένο στο κοντινότερο μέτρο μήκους.

Για ειδικούς λόγους μπορεί να απαιτηθεί μεγαλύτερη ακρίβεια.

Αυτές οι συντεταγμένες αναφέρονται στη θέση στην οποία γίνονται οι παρατηρήσεις και μπορούν να μην συμπίπτουν με εκείνους της πόλης, του χωριού ή του αεροδρομίου του οποίου το όνομα φέρει ο σταθμός.

Το υψόμετρο του σταθμού ορίζεται ως η υψομετρική διαφορά μεταξύ του μέσου επιπέδου της θάλασσας και του εδάφους πάνω στο οποίο βρίσκεται ο αισθητήρας βροχόπτωσης, ή αν δεν υπάρχει αυτός, του θερμομέτρου. Εάν δεν υπάρχει ούτε αισθητήρας βροχόπτωσης ούτε θερμοόμετρο, είναι το μέσο υψόμετρο της περιοχής πέριξ του σταθμού. Εάν ο σταθμός καταγράφει την ατμοσφαιρική πίεση, πρέπει να διευκρινιστεί ξεχωριστά το υψόμετρο του βαρομέτρου στο οποίο αυτή αντιστοιχεί με σκοπό τη συνοχή των μετρήσεων της ατμοσφαιρικής πίεσης.

Αλλαγές στα όργανα και την ομοιογένεια των μετρήσεων

Τα χαρακτηριστικά μιας θέσης παρατήρησης αλλάζουν στο πέρασμα του χρόνου, π.χ. μέσω της ανάπτυξης των δέντρων ή της ανέγερσης κτιρίων στις παρακείμενες περιοχές. Οι θέσεις πρέπει να επιλεγούν έτσι ώστε να συμβούν οι μικρότερες δυνατές τροποποιήσεις. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να ελαχιστοποιηθούν οι συνέπειες της αντικατάστασης ή της αλλαγής θέσης των οργάνων. Αν και τα χαρακτηριστικά των νέων αισθητήρων μπορεί να είναι γνωστά, είναι πιθανό στην πράξη να επιφέρουν αλλαγές στο μικρόκλιμα της περιοχής μέτρησης (για παράδειγμα ένα εξατμισόμετρο αυξάνει τοπικά την υγρασία της ατμόσφαιρας). Για να υπαρξη προφύλαξη από αυτή την παρενέργεια, τα νέα όργανα θα πρέπει να ελέγχονται σε πραγματικές συνθήκες για περίπου ένα χρόνο πριν αντικαταστήσουν τα παλιά. Τα ίδια μέτρα προφύλαξης πρέπει να παίρνονται όταν αλλάζει η θέση ενός μετεωρολογικού σταθμού.

Επιθεώρηση και συντήρηση

Όλοι οι σταθμοί εδάφους και οι κύριοι κλιματολογικοί σταθμοί πρέπει να επιθεωρούνται το λιγότερο κάθε δύο χρόνια. Οι αγροτικοί μετεωρολογικοί σταθμοί και οι ειδικοί σταθμοί μετεωρολογικών παρατηρήσεων πρέπει να επιθεωρούνται σε μικρότερα χρονικά διαστήματα ικανά να εξασφαλίσουν τη σωστή λειτουργία τους. Ο κύριος στόχος τέτοιων επιθεωρήσεων είναι για να εξακριβωθεί ότι:

- Η χωροθέτηση του σταθμού είναι γνωστή και σύμφωνη με τις προδιαγραφές.
- Τα όργανα είναι του εγκεκριμένου τύπου, σε σωστή διάταξη, και τακτικά συντηρημένα.
- Υπάρχει ομοιομορφία στις μεθόδους παρατήρησης και στις διαδικασίες για την εξαγωγή αποτελεσμάτων από τις παρατηρήσεις.
- Οι παρατηρητές είναι ικανοί να πραγματοποιήσουν τις παρατηρήσεις τους.

Οι θέσεις παρατηρήσεων και τα όργανα πρέπει να συντηρούνται τακτικά έτσι ώστε η ποιότητα των παρατηρήσεων να μην επιδεινώνεται σημαντικά μεταξύ των επιθεωρήσεων των σταθμών. Η τυπική συντήρηση περιλαμβάνει συνηθισμένες εργασίες όπως η κοπή της χλόης και ο καθαρισμός των εκτεθειμένων επιφανειών των οργάνων, και τους συνιστώμενους από τον κατασκευαστή ελέγχους στα αυτόματα όργανα. Οι τυπικοί έλεγχοι πρέπει να σχεδιαστούν έτσι ώστε να ανιχνεύουν τα ελαττώματα του εξοπλισμού εγκαίρως. Ανάλογα με τη φύση του ελαττώματος και τον τύπο του σταθμού, ο εξοπλισμός πρέπει να αντικαθίσταται ή να επισκευάζεται σύμφωνα με τα συμφωνηθέντα χρονοδιαγράμματα. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να φυλάσσεται ένα ιστορικό αρχείο των ελαττωμάτων

των οργάνων και των διορθωτικών μέτρων που λαμβάνονται όταν τα στοιχεία χρησιμοποιούνται για κλιματολογικούς σκοπούς.

2.1.3 Γενικές απαιτήσεις των οργάνων

Οι σημαντικότερες απαιτήσεις για τα μετεωρολογικά όργανα είναι:

- Ακρίβεια
- Αξιοπιστία
- Ευκολία στη λειτουργία και τη συντήρηση
- Απλότητα στο σχεδιασμό
- Αντοχή στο χρόνο

Όσον αφορά τις πρώτες δύο απαιτήσεις, είναι σημαντικό ένα όργανο να είναι σε θέση να διατηρήσει μια δεδομένη ακρίβεια για μια μεγάλη περίοδο. Αυτό είναι σαφώς προτιμότερο από μια υψηλή αρχική ακρίβεια η οποία φθίνει στο πέρασμα του χρόνου.

Οι αρχικές βαθμονομήσεις των οργάνων οδηγούν πολλές φορές σε αποκλίσεις στα αποτελέσματα στη διάρκεια μιας μέτρησης. Έτσι απαιτούνται επί τόπου διορθώσεις και εκ νέου βαθμονόμηση τους. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να ακολουθούνται από τους παρατηρητές σαφείς οδηγίες του κατασκευαστή.

Η απλότητα, η αντοχή, και η ευκολία στη λειτουργία και τη συντήρηση είναι πολύ σημαντικά στοιχεία, δεδομένου ότι τα περισσότερα μετεωρολογικά όργανα είναι σε συνεχή χρήση κάτω από αντίξοες συνθήκες. Η εμμονή σε τέτοια χαρακτηριστικά συχνά μειώνει το συνολικό κόστος, αντισταθμίζοντας το κόστος της προμήθειας.

2.1.4 Πρότυπα μετρήσεων

Ορισμοί των προτύπων της μέτρησης

Ο όρος «πρότυπο» χρησιμοποιείται για να εδραιώσει την ακρίβεια και την αξιοπιστία των μετρήσεων. Μια ονοματολογία για τα πρότυπα της μέτρησης δίνεται από το Διεθνή Οργανισμό για την Τυποποίηση (ISO, 1993α). Στα πλαίσια αυτού του κειμένου κρίνεται σκόπιμο να δοθούν οι δύο παρακάτω ορισμοί:

Ανιχνευσιμότητα: Είναι η ιδιότητα του αποτελέσματος μιας μέτρησης να σχετίζεται με εθνικά ή διεθνή πρότυπα μέσω μιας συνεχούς αλυσίδας συγκρίσεων με δεδομένη αβεβαιότητα.

Βαθμονόμηση: Είναι το σύνολο των διαδικασιών που θεμελιώνουν τη σχέση μεταξύ των αποτελεσμάτων ενός οργάνου μέτρησης και των αντίστοιχων γνωστών τιμών μιας παραμέτρου.

Οι διαδικασίες για την τυποποίηση

Τα όργανα που λειτουργούν σε επιχειρησιακή βάση πρέπει να συγκρίνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα άμεσα ή έμμεσα με εθνικά ή διεθνή πρότυπα. Οι συγκρίσεις αυτές λαμβάνουν χώρα την περίοδο της βαθμονόμησης ενός οργάνου, αλλά και κατά τις τακτικές περιόδους συντήρησής του.

Μονάδες και σταθερές

Μονάδες

Οι μετεωρολογικές μεταβλητές εκφράζονται με τις παρακάτω μονάδες μέτρησης:

- Η ατμοσφαιρική πίεση σε hectopascal (hPa).
- Η θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου (°C).

- Η ταχύτητα του ανέμου στην επιφάνεια ή στα ανώτερα στρώματα σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο ($m \cdot s^{-1}$) ή σε κόμβους (knots).
- Η διεύθυνση του ανέμου σε βαθμούς ωρολογιακά από τον βορρά ή με κλίμακα από 0 έως 36, όπου 36 είναι ο άνεμος από τον βορρά και 09 ο άνεμος από την ανατολή ($^{\circ}$).
- Η σχετική υγρασία επί τοις εκατό (%).
- Το ύψος βροχόπτωσης σε χιλιοστά του μέτρου (mm).
- Η εξάτμιση σε χιλιοστά του μέτρου (mm).
- Η ορατότητα σε μέτρα ή χιλιόμετρα (m, km).
- Η ακτινοβολία σε Watt ανά τετραγωνικό μέτρο ($W \cdot m^{-2}$)
- Η διάρκεια ηλιοφάνειας σε ώρες (h).
- Το ύψος νέφωσης σε μέτρα (m)
- Η νεφοκάλυψη σε όγδοα

Σταθερές

Οι ακόλουθες σταθερές έχουν υιοθετηθεί για μετεωρολογική χρήση:

- Η απόλυτη θερμοκρασία του κανονικού σημείου πήξης $T_0 = 273.15 \text{ K}$.
- Η απόλυτη θερμοκρασία των τριών φάσεων του νερού $T = 273.16 \text{ K}$.
- Η τυποποιημένη επιτάχυνση της βαρύτητας $g_n = 9.80665 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.
- Η πυκνότητα του υδραργύρου στους $0^{\circ} \text{C} = 1.35951 \cdot 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

2.1.5 Ακρίβεια των μετρήσεων

Μετεωρολογικές μετρήσεις

Εξετάζονται οι ορισμοί που είναι σχετικοί με την ακρίβεια και τη εκτίμηση της αβεβαιότητας στις μετεωρολογικές μετρήσεις.

Ο όρος «μέτρηση» ορίζεται παρακάτω, αλλά εξακολουθεί στο κείμενο αυτό να σημαίνει άλλοτε τη διαδικασία για την μέτρηση μιας μεταβλητής και άλλοτε το αποτέλεσμα μιας μέτρησης (συνθά αναφέρεται και ως «παρατήρηση»). Το «δείγμα» είναι μία μέτρηση από μια σειρά τέτοιων ή στιγμιαίων αναγνώσεων της ένδειξης ενός αισθητήρα.

Οι όροι «ακρίβεια», «σφάλμα» και «αβεβαιότητα», επίσης εξηγούνται στη συνέχεια. Ο όρος ακρίβεια είναι ένας ποιοτικός όρος του οποίου αριθμητική έκφραση είναι η αβεβαιότητα. Εντούτοις στο κείμενο χρησιμοποιείται η έκφραση «ακρίβεια $\pm x$ » η οποία θα έπρεπε να είναι «αβεβαιότητα $\pm x$ με όρια εμπιστοσύνης $y \%$ »

Ορισμοί των μετρήσεων και των σφαλμάτων τους

Η ακόλουθη ορολογία σχετικά με την ακρίβεια των μετρήσεων εξάγεται από το ISO (1993a), το οποίος περιέχει πολλούς ορισμούς από εφαρμογές στη μετεωρολογική παρατήρηση. Το ISO (1993b) παρέχει πολύ χρήσιμες και λεπτομερείς πρακτικές οδηγίες σχετικά με τον υπολογισμό και την έκφραση της αβεβαιότητας στις μετρήσεις.

Αβεβαιότητα (της μέτρησης): Μια μεταβλητή που συσχετίζεται με το αποτέλεσμα μιας μέτρησης και χαρακτηρίζει τη διασπορά των πιθανών τιμών που σχετίζονται με την μετεωρολογική μεταβλητή.

Ακρίβεια της μέτρησης: Η συμφωνία μεταξύ του αποτελέσματος μιας μέτρησης και της αληθινής τιμής της παραμέτρου.

Αληθινή τιμή (μιας μεταβλητής): Η τιμή μιας μεταβλητής που θα προέκυπτε από μια τέλεια μέτρηση.

Σημείωση: Οι αληθινές τιμές είναι ουσιαστικά απροσδιόριστες.

Αποτέλεσμα μιας μέτρησης: Η τιμή που αποδίδεται σε μια μεταβλητή και λαμβάνεται από τη μέτρηση.

Σημείωση: α) Όταν δίνεται ένα αποτέλεσμα, πρέπει να καταστεί σαφές εάν αναφέρεται στην ένδειξη, στο μη διορθωμένο αποτέλεσμα, ή το διορθωμένο αποτέλεσμα, και εάν διάφορες τιμές υπολογίζονται ως μέσος όρος.

β) Μια πλήρης δήλωση του αποτελέσματος μιας μέτρησης περιλαμβάνει πληροφορίες για την αβεβαιότητα της μέτρησης.

Διορθωμένο αποτέλεσμα: Το αποτέλεσμα μιας μέτρησης μετά από τη διόρθωση για το συστηματικό σφάλμα.

Διόρθωση: Η ποσότητα που προστίθεται αλγεβρικά στο μη διορθωμένο αποτέλεσμα μιας μέτρησης για να αντισταθμίσει ένα συστηματικό σφάλμα.

Δυνατότητα αναπαγωγής (των αποτελεσμάτων των μετρήσεων): Η συμφωνία μεταξύ των αποτελεσμάτων μέτρησης της ίδιας μεταβλητής κάτω από διαφορετικές συνθήκες.

Επαναληψιμότητα (των αποτελεσμάτων των μετρήσεων): Η συμφωνία μεταξύ των αποτελεσμάτων διαδοχικών μετρήσεων της ίδιας μεταβλητής κάτω από τις ίδιες συνθήκες.

Μέτρηση: Ένα σύνολο διαδικασιών που έχουν ως αντικείμενο τον καθορισμό της τιμής μιας μεταβλητής

Τιμή (μιας μεταβλητής): Το μέγεθος μιας μεταβλητής που εκφράζεται γενικά ως η μονάδα της μέτρησης πολλαπλασιαζόμενη με έναν αριθμό. Παράδειγμα: το μήκος μιας ράβδου είναι 5.34 m.

Συστηματικό σφάλμα: Η μέση τιμή μιας μεταβλητής που θα προέκυπτε από μια σειρά άπειρων μετρήσεων κάτω από τις ίδιες συνθήκες μείον την πραγματική τιμή της μεταβλητής.

Σημειώσεις: α) Το συστηματικό σφάλμα είναι ίσο με το σφάλμα μείον το τυχαίο σφάλμα. β) Όπως και η αληθινή τιμή, το συστηματικό σφάλμα και οι αιτίες δημιουργίας του δεν μπορούν να γίνουν ποτέ πλήρως γνωστές.

Σφάλμα (μιας μέτρησης): Η διαφορά της τιμής μιας μεταβλητής από την πραγματική τιμή της.

Τυχαίο σφάλμα: Το αποτέλεσμα μιας μέτρησης μείον τη μέση τιμή του αποτελέσματος που θα προέκυπτε από μια σειρά άπειρων μετρήσεων κάτω από τις ίδιες συνθήκες.

Χαρακτηριστικά των οργάνων

Μερικές άλλες ιδιότητες των οργάνων σχετικά με την ακρίβεια, που πρέπει να γίνουν κατανοητές είναι:

Διακριτική Ικανότητα: Μια ποσοτική έκφραση της ικανότητας ενός αισθητήρα να ξεχωρίσει δύο πολύ κοντινές τιμές της μεταβλητής.

Ευαισθησία: Είναι η απόκριση ενός οργάνου μέτρησης σε μια μεταβολή που διαιρείται με την αντίστοιχη μεταβολή του ερεθίσματος. Σημείωση: Η ευαισθησία μπορεί να εξαρτάται από το μέγεθος του ερεθίσματος.

Ικανότητα Διάκρισης: Η ικανότητα ενός οργάνου μέτρησης να ανταποκριθεί σε μικρές αλλαγές στην τιμή της μετεωρολογικής μεταβλητής.

Σταθερότητα (ενός οργάνου): Η ικανότητα ενός οργάνου να διατηρεί σταθερά τα χαρακτηριστικά του με το χρόνο.

Υστέρηση: Η ιδιότητα ενός αισθητήρα να εξαρτά το αποτέλεσμα της μέτρησης από την ακολουθία των προηγούμενων μετρήσεων.

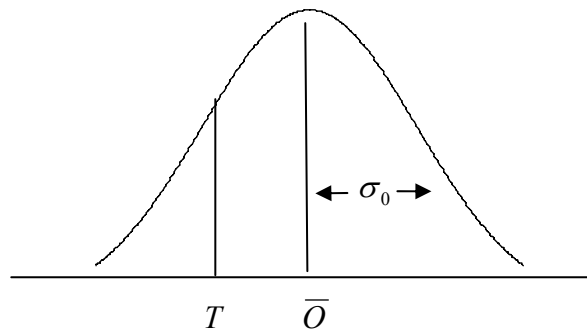
Χρόνος απόκρισης: Το χρονικό διάστημα μεταξύ της στιγμής που λαμβάνει χώρα ένα ερέθισμα και της στιγμής που αυτό γίνεται αντιληπτό από το όργανο.

Η αβεβαιότητα της μέτρησης μιας μεταβλητής από ένα μεμονωμένο όργανο

Στο ISO (1993b) παρουσιάζονται οι τρόποι έκφρασης και υπολογισμού της αβεβαιότητας μιας μετεωρολογικής μέτρησης. Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται τα σημαντικότερα σημεία.

Οι στατιστικές κατανομές των παρατηρήσεων

Εάν γίνουν n μετρήσεις με ένα επιχειρησιακό μετεωρολογικό όργανο, αν είναι γνωστή η πραγματική τιμή της μεταβλητής αυτής και ακολουθεί κανονική κατανομή, τα αποτελέσματα μπορούν να παρουσιαστούν στο Σχήμα 2.1:



Σχήμα 2.1: Η κατανομή των μετρήσεων από ένα όργανο

όπου T είναι η πραγματική τιμή, \bar{O} η μέση τιμή των n παρατηρήσεων και σ_0 η τυπική απόκλιση τους.

Σε αυτή την περίπτωση, μπορούν να προσδιορισθούν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Το συστηματικό σφάλμα δίνεται από την αλγεβρική διαφορά $\bar{O} - T$
- Η ακρίβεια εξαρτάται από την τυπική απόκλιση. Η έκφρασή της είναι:
$$(\bar{O} - T) \pm f(\sigma_0, n)$$

όπου f είναι η συνάρτηση πιθανότητας.

Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα χρησιμοποιείται συχνά ως προσέγγιση της τυπικής απόκλισης.

Η εκτίμηση της πραγματικής τιμής μιας μεταβλητής

Σύμφωνα με τη συνήθη πρακτική, οι παρατηρήσεις χρησιμοποιούνται για να γίνει μια εκτίμηση της πραγματικής τιμής. Εάν ένα συστηματικό σφάλμα δεν υπάρχει ή έχει αφαιρεθεί από τα δεδομένα, η πραγματική τιμή μπορεί να προσεγγιστεί με τη λήψη του μέσου όρου ενός πολύ μεγάλου αριθμού προσεκτικά εκτελεσμένων και ανεξάρτητων μετρήσεων. Όταν είναι διαθέσιμες λιγότερες μετρήσεις, ο μέσος όρος τους ακολουθεί δική του κατανομή και μπορούν να εντοπιστούν μόνο τα όρια μέσα στα οποία αναμένεται να βρεθεί η πραγματική τιμή. Προκειμένου να συμβεί αυτό, πρέπει να επιλεγεί μια στατιστική πιθανότητα (επίπεδο εμπιστοσύνης) για τα όρια και να είναι γνωστή η κατανομή του σφάλματος της μέσης τιμής.

Η εκτίμηση της πραγματικής τιμής μιας μεταβλητής – μεγάλο δείγμα

Όταν ο αριθμός παρατηρήσεων n είναι μεγάλος, η κατανομή της μέσης τιμής του δείγματος είναι κανονική. Στην περίπτωση αυτή τα όρια μέσα στα οποία αναμένεται να κινηθεί η πραγματική μέση τιμή προκύπτουν από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\text{Άνω όριο: } L_U = \bar{X} + z \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\text{Κάτω όριο: } L_L = \bar{X} - z \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

όπου το \bar{X} είναι η μέση τιμή των παρατηρήσεων \bar{O} μετά την αφαίρεση του συστηματικού σφάλματος, σ η τυπική απόκλιση και z η τυποποιημένη μεταβλητή της κανονικής κατανομής και λαμβάνεται από πίνακες μονόπλευρης κανονικής κατανομής.

Η εκτίμηση της πραγματικής τιμής μιας μεταβλητής – μικρό δείγμα

Όταν το n είναι μικρό, η μέση τιμή του δείγματος προσαρμόζεται στη κατανομή τ του Student υπό τον όρο ότι το σφάλμα της παρατήρησης ακολουθεί κανονική κατανομή. Σε αυτήν την περίπτωση, και για ένα επιλεγμένο επίπεδο εμπιστοσύνης, το άνω και κάτω όριο είναι:

$$\text{Άνω όριο: } L_U \approx \bar{X} + t \cdot \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$$

$$\text{Κάτω όριο: } L_L \approx \bar{X} - t \cdot \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$$

όπου το t προέρχεται από την κατανομή Student και εξαρτάται από το επίπεδο εμπιστοσύνης και το μέγεθος του δείγματος και το $\hat{\sigma}$ είναι η εκτίμηση της τυπικής απόκλισης του πληθυσμού και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} = \frac{n}{n-1} \cdot \sigma_0^2$$

όπου X_i είναι μια μεμονωμένη, διορθωμένη από το συστηματικό σφάλμα, παρατήρηση.

Οι τιμές του t λαμβάνονται από τους πίνακες της κατανομής Student και προσεγγίζουν τις τιμές του z όσο μεγαλώνει το δείγμα.

2.2 Ειδικές προδιαγραφές μετεωρολογικών οργάνων

2.2.1 Μέτρηση της θερμοκρασίας

Γενικά

Η θερμοκρασία είναι το μέτρο της κινητικής ενέργειας των μορίων ενός σώματος. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δύο σωμάτων έχει ως αποτέλεσμα τη ροή θερμότητας από το θερμό στο ψυχρό σώμα.

Η θερμοδυναμική θερμοκρασία (T), που εκφράζεται σε μονάδες Kelvin (K), είναι η βασική θερμοκρασία. Το ένα Kelvin είναι το $1/273.16$ της θερμοδυναμικής θερμοκρασίας του σημείου αλλαγής φάσης του νερού. Η θερμοκρασία (t) σε βαθμούς Celsius χρησιμοποιείται περισσότερο στη μετεωρολογία και η σχέση της με τη θερμοκρασία (T) δίνεται από τη σχέση:

$$t = T - 273.16$$

Στη θερμοδυναμική κλίμακα της θερμοκρασίας, οι μετρήσεις εκφράζονται ως διαφορές από το απόλυτο μηδέν ($0 K$), το οποίο είναι η θερμοκρασία στην οποία τα μόρια οποιασδήποτε ουσίας έχουν μηδενική κινητική ενέργεια. Η κλίμακα της θερμοκρασίας που βρίσκεται σε γενική χρήση από το 1990 είναι η Διεθνής Κλίμακα Θερμοκρασίας (ITS).

Μετεωρολογικές απαιτήσεις

Γενικά

Οι μετεωρολογικές απαιτήσεις για μετρήσεις θερμοκρασίας αφορούν πρώτιστα:

- Τον αέρα κοντά στη γήινη επιφάνεια
- Την επιφάνεια του εδάφους
- Το έδαφος σε διάφορα βάθη
- Την επιφάνεια θαλασσών και λιμνών
- Τις ανώτερες αέριες μάζες

Αυτές οι μετρήσεις απαιτούνται, είτε από κοινού είτε ανεξάρτητα τοπικά και συνολικά, για την εισαγωγή στα αριθμητικά μοντέλα καιρικής πρόβλεψης, για υδρολογικούς και γεωργικούς λόγους, και ως δείκτες της κλιματικής μεταβλητότητας. Η τοπική θερμοκρασία έχει επίσης άμεση επίδραση στις καθημερινές δραστηριότητες του πληθυσμού. Στον πίνακα Α1 του παραρτήματος δίνονται οι γενικές απαιτήσεις των χαρακτηριστικών μιας θερμοκρασιακής μέτρησης.

Απαιτήσεις ακρίβειας

Το εύρος, η ανάλυση και η απαιτούμενη ακρίβεια, εμφανίζονται λεπτομερώς στους σχετικούς πίνακες. Στην πράξη, μπορεί να μην είναι οικονομικό να χρησιμοποιούνται θερμοόμετρα που ικανοποιούν άμεσα αυτές τις απαιτήσεις. Χρησιμοποιούνται φθηνότερα θερμοόμετρα, που βαθμονομούνται με εργαστηριακά πρότυπα, και γίνονται διορθώσεις κατά την ανάγνωση των μετρήσεων. Επίσης, το λειτουργικό εύρος τιμών του θερμομέτρου θα επιλεγεί για να απεικονίσει το τοπικό κλιματολογικό εύρος θερμοκρασιών.

Χρόνος απόκρισης θερμομέτρων

Για τις τυπικές μετεωρολογικές παρατηρήσεις δεν υπάρχει κανένα πλεονέκτημα στη χρήση των θερμομέτρων με πολύ μικρή χρονική σταθερά, δεδομένου ότι η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται

συνεχώς έως και ένα βαθμό μέσα σε μερικά δευτερόλεπτα. Κατά συνέπεια, το να λαμβάνεται μια αντιπροσωπευτική τιμή με ένα τέτοιο θερμόμετρο θα απαιτούσε το μέσο όρο διάφορων αναγνώσεων, ενώ ένα θερμόμετρο με μια μεγαλύτερη χρονική σταθερά τείνει να εξομαλύνει τις διακυμάνσεις. Επίσης, μια πολύ μεγάλη χρονική σταθερά μπορεί να οδηγήσει σε λάθη όταν εμφανίζονται μακροχρόνιες αλλαγές της θερμοκρασίας. Συνιστάται η χρονική σταθερά, η οποία ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται από το θερμόμετρο για να καταχωρήσει το 63,2% μιας αλλαγής στη θερμοκρασία αέρα, να είναι μεταξύ 30 και 60 s για μια ταχύτητα αέρα $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Η χρονική σταθερά είναι κατά προσέγγιση αντιστρόφως ανάλογη προς την τετραγωνική ρίζα της ταχύτητας αέρα.

Μέθοδοι μέτρησης

Προκειμένου να μετρηθεί η θερμοκρασία ενός αντικείμενου, πρέπει ένα θερμόμετρο να αποκτήσει την ίδια θερμοκρασία με το αντικείμενο (δηλ. να βρίσκεται σε θερμοδυναμική ισορροπία με αυτό) και έπειτα να μετρηθεί η θερμοκρασία του. Εναλλακτικά, η θερμοκρασία μπορεί να καθοριστεί από ένα ραδιόμετρο χωρίς να είναι απαραίτητη η θερμική ισορροπία.

Οποιαδήποτε φυσική ιδιότητα μιας ουσίας που είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση ενός θερμομέτρου. Οι ιδιότητες που χρησιμοποιούνται ευρύτατα στα μετεωρολογικά θερμόμετρα είναι η θερμική διαστολή και η αλλαγή με τη θερμοκρασία στην ηλεκτρική αντίσταση. Τα ραδιομετρικά θερμόμετρα λειτουργούν στο υπέρυθρο μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και χρησιμοποιούνται, μεταξύ άλλων εφαρμογών, για τις μετρήσεις θερμοκρασίας από τους δορυφόρους.

Με τον όρο θερμόμετρα είναι γνωστά τα όργανα που δείχνουν την επικρατούσα θερμοκρασία, ενώ εκείνα που δείχνουν την ακραία θερμοκρασία για μια χρονική περίοδο καλούνται θερμόμετρα μεγίστου ή ελαχίστου.

Έκθεση και χωροθέτηση θερμομέτρων

Η ακτινοβολία από τον ήλιο, τα σύννεφα, το έδαφος και άλλα περιβάλλοντα αντικείμενα περνά μέσω του αέρα χωρίς να αλλάξει σημαντικά τη θερμοκρασία του, αλλά ένα θερμόμετρο που εκτίθεται ελεύθερα στο ύπαιθρο μπορεί να απορροφήσει αρκετή ακτινοβολία. Κατά συνέπεια, η θερμοκρασία του μπορεί να διαφέρει από την αληθινή θερμοκρασία αέρα, ανάλογα με την ένταση της ακτινοβολίας. Για μερικά στοιχεία των θερμομέτρων, όπως το πολύ λεπτό καλώδιο που χρησιμοποιείται σε ένα θερμόμετρο αντίστασης, η διαφορά μπορεί να είναι πολύ μικρή ή ακόμα και αμελητέα, αλλά στα συνηθισμένα θερμόμετρα η διαφορά θερμοκρασίας μπορεί να φθάσει μέχρι και τους 25 K. Επομένως, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι το θερμόμετρο δείχνει την πραγματική θερμοκρασία αέρα, είναι απαραίτητο να προστατευθεί από την ακτινοβολία.

Για τη γενική μετεωρολογική χρήση, η παρατηρηθείσα θερμοκρασία πρέπει να είναι αντιπροσωπευτική του αέρα που περιβάλλει το σταθμό σε μια περιοχή 1.5-2 m πάνω από το έδαφος. Το ύψος επάνω από το έδαφος διευκρινίζεται επειδή μπορούν να υπάρχουν μεγάλες κάθετες κλίσεις θερμοκρασίας στα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Η καλύτερη περιοχή για τις μετρήσεις είναι πάνω από το επίπεδο του εδάφους, με ελεύθερη έκθεση στην ηλιοφάνεια και τον αέρα και που δεν εμποδίζεται από δέντρα ή κτίρια. Μια περιοχή με απότομη κλίση ή σε μια κοιλότητα δεν συνιστάται μια και θα πρέπει να γίνουν ιδιαίτερες ρυθμίσεις και βαθμονομήσεις. Οι παρατηρήσεις της θερμοκρασίας από την κορυφή των κτιρίων είναι αμφιβόλου αξίας λόγω της μεταβλητής κάθετης κλίσης της θερμοκρασίας και της επίδρασης του ίδιου του κτιρίου στη θερμοκρασιακή κατανομή.

2.2.2 Μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης

Γενικά

Η ατμοσφαιρική πίεση σε μια δεδομένη επιφάνεια είναι η δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας που ασκείται από τη μάζα του υπερκείμενου αέρα. Έτσι η πίεση είναι ίση με το βάρος μιας κάθετης στήλης αέρα η οποία εκτείνεται κατακόρυφα έως το εξωτερικό όριο της ατμόσφαιρας.

Η βασική μονάδα για τις ατμοσφαιρικές μετρήσεις πίεσης είναι το Pascal (Pa) ή Newton ανά τετραγωνικό μέτρο ($N \cdot m^{-2}$). Συνήθως προστίθεται το πρόθεμα hecto στο Pascal, μετατρέποντας το σε hectopascal (hPa), το οποίο είναι ίσο με 100 Pa. Αυτό συμβαίνει επειδή το 1 hPa είναι ίσο με 1 mbar, το οποίο ήταν η συνήθης μονάδα της ατμοσφαιρικής πίεσης παλαιότερα.

Οι κλίμακες όλων των βαρόμετρων που χρησιμοποιούνται για μετεωρολογικούς λόγους πρέπει να βαθμολογηθούν σε hPa. Πολλά βαρόμετρα είναι βαθμολογημένα σε «χιλιοστόμετρα ή ίντσες υδραργύρου κάτω από τυποποιημένες συνθήκες» ($mmHg$)_n και ($inHg$)_n αντίστοιχα. Υπό αυτούς τους τυποποιημένους όρους, μια στήλη υδραργύρου που έχει ένα αληθινό ύψος 760 mmHg, ασκεί μια πίεση 1013.250 hPa.

Μπορούν να γίνουν οι εξής μετατροπές:

- $1 hPa = 0.750062 (mmHg)_n$
- $1 (mmHg)_n = 1.333224 hPa$

Η κλίμακα στα βαρόμετρα υδραργύρου που χρησιμοποιούνται για μετεωρολογικό σκοπό πρέπει να βαθμολογείται έτσι ώστε να παράγει τις αληθινές τιμές πίεσης στις τυποποιημένες μονάδες όταν διατηρείται το όργανο σε μια τυποποιημένη θερμοκρασία (0°C) και επιτάχυνση βαρύτητας ($9.80665 m \cdot s^{-2}$). Η ατμοσφαιρική πίεση πρέπει να εκφράζεται κατά προτίμηση σε hPa και έτσι γίνεται στο εξής στο κείμενο αυτό.

Μετεωρολογικές απαιτήσεις

Τα πεδία πίεσης είναι η βάση για όλες τις προβλέψεις της κατάστασης της ατμόσφαιρας στο χρόνο. Οι μετρήσεις πίεσης πρέπει να είναι τόσο ακριβείς όσο η τεχνολογία επιτρέπει, μέσα στους ρεαλιστικούς οικονομικούς περιορισμούς.

Το επίπεδο ακρίβειας που απαιτείται για τις μετρήσεις πίεσης για να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις των διάφορων μετεωρολογικών εφαρμογών παρουσιάζεται στον πίνακα A2 του παραρτήματος.

Μέθοδοι μέτρησης και παρατήρησης

Για μετεωρολογικούς σκοπούς, η ατμοσφαιρική πίεση μετριέται γενικά με βαρόμετρα υδραργύρου, ηλεκτρονικά βαρόμετρα, τα βαρόμετρα κενού, ή τα αλτίμετρα. Τα μετεωρολογικά όργανα πίεσης (βαρόμετρα) είναι κατάλληλα για επιχειρησιακή χρήση εάν καλύπτουν τις ακόλουθες απαιτήσεις:

- Τα όργανα πρέπει να βαθμονομούνται και να ελέγχονται τακτικά συγκρινόμενα με ένα τυποποιημένο βαρόμετρο που εφαρμόζει τις εγκεκριμένες μεθόδους. Η χρονική περίοδος μεταξύ δύο βαθμονομήσεων πρέπει να είναι αρκετά μικρή ώστε να εξασφαλίζει ότι το συνολικό απόλυτο σφάλμα μέτρησης θα ικανοποιεί τις απαιτήσεις ακρίβειας.
- Οι ενδείξεις των βαρομέτρων δεν πρέπει να επηρεάζονται από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Τα βαρόμετρα είναι κατάλληλα μόνο εάν οι διαδικασίες για τη διόρθωση των θερμοκρασιακών σφαλμάτων ικανοποιούν τις απαιτήσεις ακρίβειας για την ατμοσφαιρική πίεση ή και όταν είναι τοποθετημένα σε σταθεροποιημένο θερμοκρασιακά περιβάλλον. Μερικά όργανα μετρούν τη θερμοκρασία του αισθητήρα πίεσης προκειμένου να αντισταθμιστεί η επιρροή της θερμοκρασίας. Είναι απαραίτητο να ελεγχθούν και να βαθμονομηθούν αυτές οι διαδικασίες.

- Το όργανο πρέπει να τοποθετηθεί σε ένα περιβάλλον όπου οι εξωτερικές επιρροές δεν θα οδηγήσουν σε λάθη μέτρησης. Αυτές οι επιρροές περιλαμβάνουν τον αέρα, την ακτινοβολία, τη θερμοκρασία, τις δονήσεις, τις διακυμάνσεις στην παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, και τις απότομες μεταβολές της πίεσης. Μεγάλη προσοχή πρέπει να ληφθεί κατά την επιλογή της θέσης του οργάνου, ιδιαίτερα εάν είναι βαρόμετρο υδραργύρου. Είναι σημαντικό κάθε παρατηρητής να κατανοεί πλήρως αυτές τις επιρροές και να είναι σε θέση να αξιολογήσει εάν οποιεσδήποτε από αυτές έχουν επιπτώσεις στην ακρίβεια των αναγνώσεων του βαρόμετρου.
- Το όργανο πρέπει να είναι γρήγορο και εύκολο στην ανάγνωση. Τα όργανα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε η τυπική απόκλιση των αναγνώσεών τους να είναι μικρότερη από το ένα τρίτο της δηλωμένης απόλυτης ακρίβειας.
- Σε περίπτωση που το όργανο πρέπει να βαθμονομηθεί μακριά από τη θέση λειτουργίας του, η μέθοδος μεταφοράς που θα υιοθετηθεί δεν πρέπει να έχει επιπτώσεις στη σταθερότητα ή την ακρίβεια του βαρόμετρου.

Ιστορικά ο συνήθης τρόπος υπολογισμού της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι η σύγκρισή της με το ύψος μιας στήλης υγρού. Ο υδράργυρος θεωρείται το καταλληλότερο γι' αυτή τη χρήση υγρού. Η μέθοδος αυτή θεωρείται πολύ αξιόπιστη, αν και σήμερα χάνει έδαφος σε σχέση με τα ηλεκτρονικά βαρόμετρα.

2.2.3 Μέτρηση της υγρασίας

Γενικά

Η μέτρηση της ατμοσφαιρικής υγρασίας, και συχνά επίσης η συνεχής καταγραφή της, είναι μια σημαντική απαίτηση των περισσότερων τομέων της μετεωρολογικής δραστηριότητας. Εδώ εξετάζεται η μέτρηση της υγρασίας κοντά στην επιφάνεια της γης. Οι απλοί ορισμοί των πιο συνηθισμένων ποσοτήτων σχετικών με την υγρασία είναι οι εξής:

Αναλογία μίξης, r : Είναι η αναλογία μεταξύ της μάζας των υδρατμών και της μάζας του ξηρού αέρα.

Ειδική υγρασία, q : Είναι η αναλογία μεταξύ της μάζας των υδρατμών και της μάζας του υγρού αέρα.

Σημείο δρόσου, T_d : Είναι η θερμοκρασία στην οποία ο υγρός αέρας θα μετατραπεί σε κορεσμένο, αν διατηρηθεί σταθερή η αναλογία μίξης.

Σχετική υγρασία, U : Είναι η αναλογία επί τοις εκατό μεταξύ της παρατηρηθείσας πίεσης υδρατμών και της πίεσης κορεσμένων υδρατμών σε ίδια πίεση και θερμοκρασία.

Πίεση υδρατμών, e' : Είναι η μερική πίεση των υδρατμών στον αέρα.

Πίεση κορεσμένων υδρατμών, e'_w και e'_i : Είναι η πίεση των υδρατμών στον αέρα σε ισορροπία με την επιφάνεια του νερού και του πάγου, αντίστοιχα.

Οι ακόλουθες μονάδες χρησιμοποιούνται για την έκφραση των συνηθέστερων ποσοτήτων που συνδέονται με την υγρασία στην ατμόσφαιρα:

- Η αναλογία μίξης r και η ειδική υγρασία q σε $kg \cdot kg^{-1}$
- Η πίεση των υδρατμών e' , e'_w και e'_i καθώς και η πίεση p σε hPa
- Το σημείο δρόσου T_d σε βαθμούς K
- Η σχετική υγρασία U %

Μετεωρολογικές απαιτήσεις

Οι μετρήσεις υγρασίας στην επιφάνεια της γης απαιτούνται για τη μετεωρολογική ανάλυση και πρόβλεψη, για τις μελέτες κλίματος, και για πολλές ειδικές εφαρμογές στην υδρολογία, τη γεωργία, και τις περιβαλλοντικές μελέτες, γενικά.

Οι γενικές απαιτήσεις για το εύρος, την ανάλυση, και την ακρίβεια των μετρήσεων υγρασίας δίνονται στον πίνακα Α3 του παραρτήματος.

Μέθοδοι μέτρησης

Το όργανο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της υγρασίας είναι γνωστό ως υγρόμετρο.

Οι γενικές απαιτήσεις για την έκθεση των υγρόμετρων είναι παρόμοιες με εκείνες για τους αισθητήρες θερμοκρασίας. Οι ιδιαίτερες απαιτήσεις περιλαμβάνουν την προστασία από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, ατμοσφαιρικούς και μολυσματικούς παράγοντες, τη βροχή και τον αέρα. Επίσης πρέπει να αποφεύγεται η δημιουργία τοπικού μικροκλίματος στο χώρο των αισθητήρων.

Τα σφάλματα στη μέτρηση της υγρασίας μπορούν να προκληθούν από:

- Τροποποίηση του δείγματος αέρα, π.χ. από πηγή θερμότητας ή υδρατμών.
- Μόλυνση του αισθητήρα, π.χ. ρύπος, θαλασσινό νερό.
- Λάθος βαθμονόμησης, συμπεριλαμβανομένης της διόρθωσης της πίεσης, τον θερμικό συντελεστή του αισθητήρα, και ηλεκτρική διεπαφή.
- Ακατάλληλη επεξεργασία των φάσεων του νερού.
- Κακός σχεδιασμός του οργάνου.
- Εσφαλμένη λειτουργία.
- Ακατάλληλος τρόπος για τον υπολογισμό των χρονικών διαστημάτων για τα οποία λαμβάνονται οι μέσες τιμές.

Η επιλογή της σταθεράς χρόνου του αισθητήρα πρέπει να είναι συνεπής.

2.2.4 Μέτρηση των επιφανειακών ανέμων

Γενικά

Η ταχύτητα αέρα είναι μια τρισδιάστατη διανυσματική ποσότητα με μικρής κλίμακας τυχαίες διακυμάνσεις στο χώρο και στο χρόνο που πραγματοποιούνται σε μια μεγαλύτερης κλίμακας οργανωμένη ροή. Για τις συνήθεις μετεωρολογικές απαιτήσεις, ο επιφανειακός άνεμος θεωρείται δισδιάστατος και εκφράζεται περιγράφεται με δύο μεγέθη, την ταχύτητα και την διεύθυνση. Ο άνεμος χαρακτηρίζεται από αιφνίδιες ραγδαίες διακυμάνσεις, οι οποίες ονομάζονται ριπές.

Οι περισσότεροι χρήστες των μετεωρολογικών δεδομένων απαιτούν τον υπολογισμένο κατά μέσο όρο οριζόντιο άνεμο, που εκφράζεται συνήθως σε πολικές συντεταγμένες ως ταχύτητα και διεύθυνση. Όλο και περισσότερες εφαρμογές απαιτούν επίσης πληροφορίες για τη μεταβλητότητα ή τη ριπή του ανέμου. Για αυτό το λόγο, τρεις ποσότητες χρησιμοποιούνται, η μέγιστη ριπή, και οι τυπικές αποκλίσεις της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου.

Όσον αφορά τον άνεμο, ορίζονται τα παρακάτω:

- Οι υπολογισμένες κατά μέσο όρο ποσότητες: είναι ποσότητες (π.χ. οριζόντια ταχύτητα αέρα) που υπολογίζονται κατά μέσο όρο κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος 10 έως 30 λεπτών.
- Η τυπική απόκλιση: είναι $\left\{ (s - \bar{s})^2 \right\}^{1/2}$ όπου το s είναι ένα χρονικά εξαρτημένο σήμα (π.χ. οριζόντια ταχύτητα αέρα). Η τυπική απόκλιση χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει το μέγεθος των διακυμάνσεων σε ένα ιδιαίτερο σήμα.
- Η μέγιστη ριπή: είναι η μέγιστη παρατηρηθείσα ταχύτητα αέρα σε ένα διευκρινισμένο χρονικό διάστημα, το οποίο συνήθως είναι η μία ώρα.
- Η διάρκεια της ριπής: είναι ένα μέτρο της διάρκειας της παρατηρηθείσας μέγιστης ριπής. Για τον καθορισμό της διάρκειας ριπής χρησιμοποιείται μια ιδανική μετρητική αλυσίδα, δηλαδή ένα ενιαίο φίλτρο που αναλαμβάνει ένα μέσο όρο του εισερχόμενου σήματος αέρα σε χρόνο t_0 . Οι

ακραίες τιμές που παρατηρούνται από ένα τέτοιο φίλτρο ορίζονται ως μέγιστες ριπές με διάρκεια t_0 .

- Η χρονική σταθερά: είναι ο χρόνος που απαιτείται για μια συσκευή να ανιχνεύσει και να δείξει περίπου το 63% μιας αλλαγής της τιμής της μεταβλητής.
- Το μήκος απόκρισης: είναι η μετάβαση του αέρα (σε m) που απαιτείται από έναν αισθητήρα διεύθυνσης-ταχύτητας ανέμου για να δείξει περίπου το 63% μιας αλλαγής της τιμής της μεταβλητής.
- Η κρίσιμη απόσβεση: είναι η τιμή της απόσβεσης που δίνει τη γρηγορότερη παροδική απόκριση σε μια μεταβολή της μεταβλητής χωρίς σφάλμα
- Η αναλογία απόσβεσης: είναι η αναλογία της πραγματικής απόσβεσης προς την κρίσιμη απόσβεση.

Η ταχύτητα αέρα εκφράζεται σε $m \cdot s^{-1}$ ή σε κόμβους (knots). Οι τιμές πρέπει να αντιπροσωπεύουν τον μέσο όρο 10 λεπτών.

Η διεύθυνση του αέρα πρέπει να αναφερθεί σε μοίρες, ενώ χρησιμοποιείται και ο κώδικας 01 .., 36 (π.χ. το 2 σημαίνει ότι η διεύθυνση αέρα είναι μεταξύ 10° και 20°). Η διεύθυνση αέρα ορίζεται ως η διεύθυνση από την οποία ο άνεμος φυσά, και μετριέται δεξιόστροφα από το γεωγραφικό Βορρά.

Ως «ηρεμία» πρέπει να χαρακτηρίζεται η κατάσταση κατά την οποία η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι μικρότερη του ενός κόμβου. Η διεύθυνση κωδικοποιείται σε αυτήν την περίπτωση ως 00.

Μετεωρολογικές απαιτήσεις

Οι παρατηρήσεις του ανέμου απαιτούνται για την καταγραφή και την πρόγνωση μετεωρολογικών φαινομένων, για κλιματολογικές μελέτες, για την εύρεση της πιθανότητας καταστροφών από ισχυρούς ανέμους και για τον υπολογισμό της αιολικής ενέργειας που μπορεί να παραχθεί σε μια συγκεκριμένη θέση. Οι γενικές απαιτήσεις ενός αισθητήρα ανέμου δίνονται στον πίνακα Α4 του παραρτήματος.

Μέθοδοι μέτρησης και παρατήρησης

Ο επιφανειακός άνεμος μετριέται συνήθως από έναν ανεμοδείκτη και ένα ανεμόμετρο με κύπελλα ή προπέλα. Όταν τα όργανα είναι προσωρινά εκτός λειτουργίας ή όταν δεν υπάρχουν, η διεύθυνση και η δύναμη του αέρα μπορούν να υπολογιστούν προσεγγιστικά από πίνακες.

Εκτός από τα προαναφερθέντα ανεμόμετρα (με κύπελλο ή προπέλα) υπάρχουν και άλλα, τα οποία όμως δε χρησιμοποιούνται ευρέως κυρίως λόγω του μεγάλου τους κόστους. Παραδείγματα αυτών είναι ο σωλήνας Pitot και το ηχητικό ανεμόμετρο. Το ανεμόμετρο σωλήνων Pitot μετρά την πίεση σε έναν σωλήνα που ευθυγραμμίζεται με το διάνυσμα αέρα με τη βοήθεια του ανεμοδείκτη. Είναι σχετικά απλό αλλά έχει το μειονέκτημα μιας μη γραμμικής σχέσης μεταξύ της ταχύτητας αέρα και της πίεσης, η οποία δεν είναι κατάλληλη για τον υπολογισμό του μέσου όρου. Το ηχητικό ανεμόμετρο μετρά το χρόνο μεταξύ της εκπομπής και της λήψης ενός υπερηχητικού σήματος που διανύει μια σταθερή απόσταση. Αν και γενικά λειτουργεί πολύ καλά, ενδέχεται να είναι λιγότερο αξιόπιστο όταν ο καιρός είναι βροχερός, αφού το νερό ανακλά το σήμα και αλλάζει την πορεία του.

Για σχεδόν όλες τις εφαρμογές, είναι απαραίτητο να μετρηθούν οι μέσοι όροι της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου. Πολλές εφαρμογές χρειάζονται επίσης στοιχεία για τις ριπές. Ένα σύστημα καταγραφής του ανέμου, επομένως, αποτελείται όχι μόνο από έναν αισθητήρα, αλλά και από ένα σύστημα επεξεργασίας και καταγραφής. Η επεξεργασία γίνεται για τον υπολογισμό του μέσου όρου και τον υπολογισμό των τυπικών αποκλίσεων και των ακραίων τιμών.

2.2.5 Μέτρηση των κατακρημνίσεων

Γενικά

Ως κατακρημνίσματα ορίζονται τα υγρά ή στερεά προϊόντα της συμπύκνωσης των υδρατμών που πέφτει από τα σύννεφα στο έδαφος. Περιλαμβάνουν τη βροχή, το χαλάζι, το χιόνι, τον παγετό και την πτώση ομίχλης. Το συνολικό ποσό πτώσης που φθάνει στο έδαφος σε μια δηλωμένη περίοδο εκφράζεται από την άποψη του κατακόρυφου ύψος του νερού το οποίο θα κάλυπτε μια οριζόντια προβολή της γήινης επιφάνειας. Οι χιονοπτώσεις εκφράζονται επίσης από το ύψος του φρέσκου χιονιού που καλύπτει μια ομαλή οριζόντια επιφάνεια.

Η κατακρήμνιση έχει μονάδες μήκους (μια και εκφράζει ύψος), συνήθως χιλιοστά (mm). Τα ημερήσια ποσά κατακρήμνισης πρέπει να στρογγυλοποιούνται στα κοντινότερα 0.2 mm και, εάν είναι εφικτό, στο κοντινότερο 0.1 mm. Τα εβδομαδιαία ή μηνιαία ποσά πρέπει να στρογγυλοποιούνται στο κοντινότερο 1 mm (τουλάχιστον).

Οι μετρήσεις της χιονόπτωσης γίνονται στις μονάδες των εκατοστών (cm), με στρογγυλοποίηση στα κοντινότερα 0.2 cm.

Μετεωρολογικές απαιτήσεις

Στον πίνακα Α5 του παραρτήματος δίνονται οι απαιτήσεις ακρίβειας των οργάνων μέτρησης των κατακρημνισμάτων. Τα συνήθη χρονικά βήματα για τις μετρήσεις είναι 1 ώρα, 3 ώρες και 1 ημέρα για συνήθεις μετεωρολογικούς και κλιματικούς σκοπούς. Σε ειδικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται ακόμα μικρότερα χρονικά βήματα για την μελέτη ραγδαίων καταγιγίδων που λαμβάνουν χώρα για πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

Μέθοδοι μέτρησης

Όργανα

Το βροχόμετρο είναι το πιο κοινό όργανο που χρησιμοποιείται για να μετρήσει τις κατακρημνίσεις. Γενικά είναι ένα ανοικτό δοχείο με κάθετα πλευρικά τοιχώματα, συνήθως με μορφή κυλίνδρου, και με μια χοάνη εάν ο κύριος σκοπός του είναι να μετρήσει τη βροχή. Διαφορετικά μεγέθη και μορφές των στομιών και των μετρητών χρησιμοποιούνται σε διαφορετικές χώρες, έτσι οι ενδείξεις των μετρήσεων δεν είναι πολλές φορές άμεσα συγκρίσιμες. Το στόμιο του μετρητή μπορεί να βρίσκεται σε ένα από τα πολλά προκαθορισμένα ύψη επάνω από το έδαφος ή μπορεί να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με αυτό. Σε κάθε περίπτωση το στόμιο πρέπει να τοποθετείται επάνω από το αναμενόμενο μέγιστο ύψος χιονοκάλυψης. Η μέτρηση της κατακρήμνισης είναι πολύ ευαίσθητη στα καιρικά φαινόμενα, και ειδικότερα στον αέρα.

Οι αισθητήρες που ενδιαφέρουν και αναφέρονται στο παρόν κείμενο είναι οι επίγειοι συνήθεις αισθητήρες. Δεν γίνεται αναφορά στα μετεωρολογικά ραντάρ και στους δορυφόρους οι οποίοι σήμερα δίνουν μια αρκετά πλήρη εικόνα των κατακρημνίσεων σε μια περιοχή.

Αισθητήρες αναφοράς

Διάφοροι τύποι αισθητήρων έχουν χρησιμοποιηθεί ως αισθητήρες αναφοράς. Ο κύριος στόχος του σχεδιασμού τους είναι να μειωθεί η επίδραση του ανέμου, οποία αποτελεί και την κύρια αιτία ύπαρξης αναξιόπιστων ή ανομοιογενών μετρήσεων.

Οι αισθητήρες που τοποθετούνται στο επίπεδο του εδάφους χρησιμοποιούνται ως μετρητές αναφοράς για τα κατακρημνίσματα που βρίσκονται σε υγρή μορφή. Λόγω της απουσίας σφαλμάτων που προκαλούνται από τον άνεμο, γενικά εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές κατακρήμνισης από κάθε άλλο

ανυψωμένο βροχόμετρο. Το βροχόμετρο τοποθετείται σε κοίλωμα, του οποίου το χείλος πρέπει να βρίσκεται σε ικανοποιητική απόσταση από τα τοιχώματα του.

Χωροθέτηση και λειτουργία

Όποιος και αν είναι ο τρόπος μέτρησης της κατακρήμνισης, πρέπει να στοχεύει στη συλλογή και αναπαραγωγή των τιμών που είναι χαρακτηριστικές για την περιοχή. Η επιλογή της περιοχής, καθώς επίσης και το συστηματικό σφάλμα μέτρησης είναι, επομένως, σημαντικά.

Η θέση των βροχογράφων μέσα στην υπό μελέτη περιοχή είναι σημαντική, επειδή ο αριθμός και οι θέσεις τους καθορίζουν πόσο καλά αντιπροσωπεύουν οι μετρήσεις το πραγματικό ποσό κατακρημνισμάτων στην περιοχή.

Εμπόδια που μεταβάλλουν το πεδίο ανέμου στην περιοχή γύρω από το βροχογράφο ενδέχεται να οδηγήσουν σε αλλοιωμένες μετρήσεις. Γενικά, κανένα αντικείμενο δεν πρέπει να είναι πιο κοντά στο μετρητή από μια απόσταση ίση με δύο φορές το ύψος του επάνω από το στόμιο του μετρητή. Περιοχές με έντονη κλίση ή η στέγη ενός κτιρίου πρέπει να αποφευχθούν. Οι περιοχές που επιλέγονται για τη μέτρηση του χιονιού πρέπει να βρίσκονται σε περιοχές με επαρκή προστασία από τον άνεμο. Οι καλύτερες περιοχές βρίσκονται συχνά σε ξέφωτα μέσα στα δάση.

Η επίδραση του ανέμου στις μετρήσεις με βροχογράφο μπορεί να μειωθεί αν αυτός τοποθετείται στο επίπεδο του εδάφους ή με κάποιο τρόπο η διεύθυνση του ανέμου μετατρέπεται σε οριζόντια πάνω από τον βροχογράφο. Οι τρόποι για να συμβεί αυτό παρατίθενται παρακάτω σε φθίνουσα σειρά αποτελεσματικότητας.

- Στις περιοχές που έχουν την ομοιογενή πυκνή βλάστηση, το ύψος της πρέπει να είναι στο ίδιο επίπεδο με το στόμιο του βροχογράφου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τακτική περιποίηση της βλάστησης.
- Στις άλλες περιοχές μπορεί να γίνει προσομοίωση της βλάστησης με κάποιο τεχνητό μέσο (π.χ. φράκτη)
- Τέλος μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατάλληλοι ανεμοφράκτες γύρω από το βροχογράφο.

Το έδαφος γύρω από το βροχογράφο μπορεί να είναι καλυμμένο με χλόη, χώμα ή χαλίκι. Καλό είναι να αποφεύγονται σκληρές επίπεδες επιφάνειες για να μην πιτσιλίζεται ο βροχογράφος από σταγόνες που πέφτουν πάνω τους.

2.2.6 Μέτρηση της ακτινοβολίας

Γενικά

Οι διάφορες ροές ακτινοβολίας προς και από τη γήινη επιφάνεια, είναι μεταξύ των σημαντικότερων μεταβλητών για τη θερμική ισορροπία της γης. Μετρήσεις της ακτινοβολίας λαμβάνουν χώρα για τους εξής κυρίως σκοπούς:

- Για μελέτη της μετατροπής της ενέργειας μέσα στην ατμόσφαιρα και τη μεταβολή της στο χώρο και στο χρόνο.
- Για ανάλυση των ιδιοτήτων και της κατανομής των συστατικών της ατμόσφαιρας (όζον, υδρατμοί κτλ).
- Για μελέτη της μεταβολής της εισερχόμενης, της εξερχόμενης και της καθαρής ακτινοβολίας.
- Για ικανοποίηση των βιολογικών, ιατρικών, αγροτικών κ.α. δραστηριοτήτων, σχετικών με την ακτινοβολία.
- Για επαλήθευση των υπολογισμών της ακτινοβολίας που γίνονται με δορυφόρο ή με αλγόριθμους.

Τέτοιες εφαρμογές απαιτούν καλά κατανεμημένες χρονοσειρές της ηλιακής και της γήινης ακτινοβολίας.

Η ακτινοβολία μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες όσον αφορά την προέλευσή της: σε ηλιακή και σε γήινη ακτινοβολία.

Ηλιακή ακτινοβολία ονομάζεται η ενέργεια που εκπέμπεται από τον ήλιο. Η ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στο άνω όριο της ατμόσφαιρας λέγεται εξωγήινη ηλιακή ακτινοβολία. Το 97% αυτής ανήκει στο φάσμα μεταξύ 0.29 και 3.0 μm και καλείται μικροκυματική ακτινοβολία. Μέρος της εξωγήινης ακτινοβολίας εισχωρεί στην ατμόσφαιρα και φτάνει στην επιφάνεια της γης, ενώ ένα άλλο μέρος της διαχέεται ή απορροφάται από τα αέρια της ατμόσφαιρας.

Γήινη ακτινοβολία είναι η ακτινοβολία μακρού κύματος που εκπέμπεται από τη γή. Απορροφάται και αυτή εν μέρη στην ατμόσφαιρα. Για μια θερμοκρασία 300 K, το 99.99% της ισχύος της γήινης ακτινοβολίας έχει μήκος κύματος μεγαλύτερο από 3000 nm και το 99% μεγαλύτερο από 5000 nm.

Από τη στιγμή που οι φασματικές κατανομές της γήινης και της ηλιακής ακτινοβολίας επικαλύπτονται τόσο λίγο, μπορούν να μελετώνται ξεχωριστά. Το άθροισμα των δύο καλείται στη μετεωρολογία ολική ακτινοβολία.

Το φως είναι η ορατή ακτινοβολία στο ανθρώπινο μάτι. Το φάσμα του ορατού φωτός κυμαίνεται μεταξύ 360 και 830 nm, με το 99% να βρίσκεται μεταξύ 400 και 730 nm. Η ακτινοβολία με μήκος κύματος μικρότερο από 400 nm καλείται υπεριώδης, ενώ εκείνη με μήκος μεγαλύτερο από 800 nm υπέρυθρη.

Η ακτινοβολία συνήθως εκφράζεται ως ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας, έχει τουτέστιν ως μονάδα το $W \cdot m^{-2}$.

Η βαθμονόμηση των οργάνων βασίζεται σε πρότυπα πυρηλιόμετρα που βρίσκονται στο Παγκόσμιο Κέντρο Ακτινοβολίας στο Νταβός (World Radiation Centre, Davos).

Μετεωρολογικές απαιτήσεις

Η ακτινοβολία και η έκθεση σε αυτή, είναι οι συνηθέστερες μεταβλητές που μετρώνται και καταγράφονται με μέσες και αθροιστικές τιμές για χρονικό βήμα μεγαλύτερο της μιας ώρας. Για ειδικές περιπτώσεις και συνήθως όχι για μετεωρολογικούς σκοπούς, η ακτινοβολία μετριέται για μικρότερα χρονικά διαστήματα. Είναι πάντως σε κάθε περίπτωση ιδιαίτερα σημαντικό να είναι γνωστές οι συνθήκες κάτω από τις οποίες γίνεται η μέτρηση. Αυτές περιλαμβάνουν τον τύπο και την ανιχνευσιμότητα του οργάνου, το ιστορικό της βαθμονόμησής του, τη θέση του και το αρχείο συντήρησής του.

Στον πίνακα Α6 του παραρτήματος αναφέρονται αναλυτικά οι απαιτήσεις ακρίβειας σύμφωνα με τον WMO. Συγκεκριμένα αναφέρεται ότι η ακρίβεια πρέπει να είναι $\pm 0.4 MJ \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ για ποσότητες ακτινοβολίας μικρότερες από $8 MJ \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$, ενώ πρέπει να είναι $\pm 5\%$ για ποσότητες μεγαλύτερες.

Οι απαιτήσεις ακρίβειας μπορούν να ικανοποιηθούν αν γίνεται μέτρηση κάθε ένα λεπτό, ακόμα και στην περίπτωση που το χρονικό βήμα που ενδιαφέρει είναι η μία ώρα ή περισσότερο. Η καταγραφή συνίσταται να γίνεται με ψηφιακούς καταγραφείς, οι οποίοι δεν πρέπει να αυξάνουν την ήδη υπάρχουσα αβεβαιότητα από τη μέτρηση.

Σε ένα δίκτυο μέτρησης και καταγραφής της ακτινοβολίας είναι πολύ σημαντικό τα δεδομένα να είναι ομογενή, όχι μόνο όσον αφορά τη βαθμονόμησή τους, αλλά και τη χρονική στιγμή στην οποία αναφέρονται. Συνεπώς κάθε παρατήρηση οφείλει να συνοδεύεται από τη χρονική στιγμή στην οποία αντιστοιχεί. Συνήθως ως χρόνος αναφοράς χρησιμοποιείται η παγκόσμια ώρα (UTC).

Μέθοδοι μέτρησης

Οι αισθητήρες ακτινοβολίας μπορούν να ταξινομηθούν με διάφορα κριτήρια. Μερικά από αυτά είναι: η μεταβλητή που μετράται, το οπτικό πεδίο του αισθητήρα, το φάσμα της ακτινοβολίας που μπορεί να καταγράψει, ο σκοπός λειτουργίας του κλπ. Οι πιο σημαντικοί τύποι ταξινόμησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1:

Τύπος Αισθητήρα	Μεταβλητή που μετράει	Οπτικό πεδίο
Απόλυτο Πυρηλιόμετρο	Άμεση ηλιακή ακτινοβολία	5×10^{-3}
Πυρηλιόμετρο	Άμεση ηλιακή ακτινοβολία	5×10^{-3} Έως 2.5×10^{-2}
Πυρανόμετρο	Σφαιρική ακτινοβολία Ουράνια ακτινοβολία Ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία	2π
Καθαρό πυρανόμετρο	Καθαρή σφαιρική ακτινοβολία	4π
Πυργεώμετρο	Προς τα άνω και προς τα κάτω ακτινοβολία μακρού κύματος	2π
Πυρακτινόμετρο	Ολική ακτινοβολία	2π
Καθαρό πυρακτινόμετρο	Καθαρή ολική ακτινοβολία	4π

Πίνακας 2.1: Αισθητήρες μέτρησης ακτινοβολίας

Οι περισσότεροι αισθητήρες χρειάζεται να βαθμονομηθούν πριν τη χρήση τους. Η ακρίβεια λοιπόν των μετρήσεων εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες, οι οποίοι πρέπει να είναι γνωστοί για ένα όργανο που έχει περιγραφεί πλήρως:

- Διακριτική ανάλυση. Η μικρότερη, δηλαδή, μεταβολή στην ακτινοβολία που μπορεί να μετρηθεί από τον αισθητήρα.
- Μακροχρόνιες αποκλίσεις της ευαισθησίας. Π.χ. η μέγιστη πιθανή μεταβολή σε ένα χρόνο.
- Μεταβολές στην ευαισθησία λόγω αλλαγών σε μετεωρολογικές μεταβλητές όπως η θερμοκρασία, η υγρασία κλπ.
- Μη γραμμικότητα της απόκρισης.
- Απόκλιση από την υποτιθέμενη φασματική απόκριση.
- Απόκλιση από την υποτιθέμενη απόκριση διεύθυνσης.
- Σταθερά χρόνου του οργάνου.
- Αβεβαιότητες σε βοηθητικά όργανα.

Τα όργανα πρέπει να επιλέγονται με βάση τον τόπο χρήσης τους. Μερικοί αισθητήρες συμπεριφέρονται καλύτερα σε συγκεκριμένες κλιματικές συνθήκες, σε συγκεκριμένη ακτινοβολία και θέση του ηλίου.

Στους σχετικούς πίνακες παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά διαφόρων τύπων αισθητήρων ακτινοβολίας.

2.2.7 Μέτρηση της διάρκειας ηλιοφάνειας

Γενικά

Ο όρος ηλιοφάνεια συνδέεται με τη φωτεινότητα του ηλιακού δίσκου που υπερβαίνει το διάχυτο φως στον ουρανό και οδηγεί σε δημιουργία σκιάς πίσω από φωτισμένα αντικείμενα. Υπό αυτήν τη μορφή, ο όρος συσχετίζεται περισσότερο με την ορατή ακτινοβολία παρά με την ενέργεια που ακτινοβολείται σε άλλα μήκη κύματος, αν και οι δύο αυτές πτυχές της είναι αδιαίρετες.

Σύμφωνα με την Επιτροπή για τα Όργανα και τις Μεθόδους Παρατήρησης (Commission for Instruments and Methods of Observation), η διάρκεια ηλιοφάνειας σε μια δεδομένη περίοδο ορίζεται ως η χρονική διάρκεια εκείνης της υποπεριόδου για την οποία η άμεση ηλιακή ακτινοβολία υπερβαίνει τα $120 W \cdot m^{-2}$.

Η διάρκεια ηλιοφάνειας προφανώς εκφράζει χρόνο. Οι μονάδες που χρησιμοποιούνται είναι δευτερόλεπτα (s) ή ώρες (h). Για κλιματολογικούς λόγους χρησιμοποιούνται πολλές φορές οι όροι: «ώρες ανά ημέρα ($h \cdot d^{-1}$)» ή «ημερήσιες ώρες ηλιοφάνειας».

Μετεωρολογικές απαιτήσεις

Γενικά η αβεβαιότητα των μετρήσεων της διάρκειας ηλιοφάνειας πρέπει να είναι της τάξης των ± 0.1 h με διακριτική ευκρίνεια 0.1 h. Οι απαιτήσεις των αισθητήρων είναι άμεσα συνυφασμένες με τη νέφωση. Μία από τις πρώτες χρήσεις των δεδομένων της διάρκειας ηλιοφάνειας ήταν να χαρακτηρίσουν το κλίμα μιας περιοχής.

Η περιγραφή των καιρικών συνθηκών, παραδείγματος χάριν, ενός μήνα, περιέχει συνήθως την πορεία των καθημερινών στοιχείων της διάρκειας ηλιοφάνειας. Εάν δεν υπάρχουν διαθέσιμες χρονοσειρές ηλιακής ακτινοβολίας, οι τιμές αυτές είναι πολύτιμες για γεωργικούς σκοπούς. Για αυτές τις εφαρμογές, μια αβεβαιότητα περίπου 10% για τις μέσες τιμές είναι αποδεκτή.

Ο σημαντικότερος συσχετισμός μεταξύ της διάρκειας ηλιοφάνειας και της σφαιρικής ηλιακής ακτινοβολίας G περιγράφεται από τον τύπο του Ångström:

$$G/G_0 = a + b \cdot (SD/SD_0)$$

όπου το G/G_0 ονομάζεται δείκτης καθαρότητας (σχετικός με την εξωγήινη σφαιρική ακτινοβολία), και το SD/SD_0 είναι η αντίστοιχη διάρκεια ηλιοφάνειας (σχετική με την εξωγήινη πιθανή τιμή της SD). Το a και το b είναι σταθερές που πρέπει να καθορίζονται για κάθε μήνα.

Ο τύπος Ångström περιγράφει τον αρνητικό συσχετισμό μεταξύ της ποσότητας νέφωσης και της διάρκειας ηλιοφάνειας. Αυτός ο τύπος δεν ισχύει για υψηλή και λεπτή νέφωση και προφανώς όχι για τα σύννεφα που δεν καλύπτουν τον ήλιο.

Μέθοδοι μέτρησης

Οι αρχές που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της διάρκειας ηλιοφάνειας παρουσιάζονται μέσω των παρακάτω μεθόδων:

- Μέθοδος βασισμένη στην καύση. Ειδικό χαρτί-δείκτης καίγεται κάτω από την επίδραση της συγκεντρωμένης από ειδικό φακό ηλιακής ακτινοβολίας. Το μέγεθος του καψίματος αντιστοιχεί στη διάρκεια ηλιοφάνειας. Χαρακτηριστικός τύπος τέτοιου οργάνου είναι ο καταγραφέας Campbell-Stokes.
- Πυρηλιομετρική μέθοδος. Πυρηλιομετρική ανίχνευση του ποσού της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που ξεπερνά το κατώτατο όριο των $120 W \cdot m^{-2}$. Η διάρκεια είναι αναγνώσιμη σε ειδικούς χρονικούς μετρητές. Η καταγραφή λοιπόν γίνεται με πυρηλιόμετρο σε συνδυασμό με κατάλληλο λογισμικό το οποίο θέτει το κατώφλι των $120 W \cdot m^{-2}$ καθώς και τα προαναφερθέντα χρονόμετρα.
- Πυρανομετρική μέθοδος. Πυρανομετρική μέτρηση της σφαιρικής και διάχυτης ακτινοβολίας, έτσι ώστε να υπολογιστεί η άμεση ηλιακή ακτινοβολία και να ακολουθηθούν στη συνέχεια τα βήματα της προηγούμενης μεθόδου. Για τη μέθοδο αυτή είναι απαραίτητο ένα ζεύγος πυρανόμετρων με κατάλληλο λογισμικό το οποίο θέτει το κατώφλι των $120 W \cdot m^{-2}$ καθώς και χρονόμετρα.

Η πρώτη μέθοδος (με τη χρήση των αισθητήρων Campbell-Stokes) είναι η συνηθέστερη μέθοδος μέτρησης της διάρκειας ηλιοφάνειας .

2.2.8 Μέτρηση της ορατότητας

Γενικά

Η ορατότητα καθορίστηκε αρχικά για μετεωρολογικούς λόγους ως μια ποσότητα που εκτιμάται από παρατηρητή. Παρά το γεγονός ότι η εκτίμηση της ορατότητας επηρεάζεται από πολλούς υποκειμενικούς και φυσικούς παράγοντες, η μετεωρολογική μεταβλητή, που αντιπροσωπεύει στην ουσία τη διαφάνεια της ατμόσφαιρας, μπορεί να μετρηθεί αντικειμενικά.

Το μετεωρολογικό οπτικό εύρος είναι το μήκος της διαδρομής στην ατμόσφαιρα που απαιτείται για να μειώσει τη φωτεινή ροή σε μια παράλληλη ακτίνα, προερχόμενη από έναν πυρακτωμένο λαμπτήρα, σε μια θερμοκρασία 2700 K, σε 5% της αρχικής αξίας της.

Η μετεωρολογική ορατότητα ημέρας ορίζεται ως η μέγιστη απόσταση στην οποία ένα μαύρο αντικείμενο κατάλληλων διαστάσεων, που βρίσκεται κοντά στο έδαφος μπορεί να φανεί και να αναγνωριστεί, όταν παρατηρείται σε μεικτό φόντο (ουρανός, σύννεφα κλπ.). Πρέπει να υπογραμμιστεί ότι πρέπει να χρησιμοποιείται ως κριτήριο η αναγνώριση ενός αντικειμένου, και όχι απλά η θέασή του.

Η μετεωρολογική ορατότητα νύχτας ορίζεται ως:

- Η μέγιστη απόσταση στην οποία ένα μαύρο αντικείμενο κατάλληλων διαστάσεων θα μπορούσε να φανεί και να αναγνωριστεί, εάν ο γενικός φωτισμός αυξανόταν στο κανονικό επίπεδο ημερήσιου φωτός ή
- Η μέγιστη απόσταση στην οποία φώτα μέτριας έντασης μπορούν να φανούν και να προσδιοριστούν.

Διάχυτο φως του αέρα είναι το φως από τον ήλιο και τον ουρανό που διαχέεται στα μάτια ενός παρατηρητή από τα ατμοσφαιρικά σωματίδια. Δηλαδή το διάχυτο φως του αέρα φθάνει στο μάτι με τον ίδιο τρόπο όπως η διάχυτη ακτινοβολία του ηλίου στη γήινη επιφάνεια. Είναι ο βασικός παράγοντας περιορισμού της πρωινής οριζόντιας ορατότητας.

Σημαντικές είναι οι ακόλουθες τέσσερις φωτομετρικές ιδιότητες:

- Ροή φωτός (σύμβολο: F ή Φ , μονάδες: lumen (lm)) είναι μια ποσότητα προερχόμενη από τη ροή ακτινοβολίας, υπολογίζοντας την ακτινοβολία που λαμβάνει ένας φωτομετρικός παρατηρητής.
- Ένταση φωτός (σύμβολο: I , μονάδες: candela (cd) ή $lm \cdot sr^{-1}$) είναι ροή φωτός ανά μονάδα στερεάς γωνίας.
- Φωτεινότητα (σύμβολο: L , μονάδες: $cd \cdot m^{-2}$) είναι η ένταση του φωτός ανά μονάδα επιφάνειας.
- Φωτισμός (σύμβολο: E , μονάδες: lux ή $lm \cdot m^{-2}$) είναι η ροή φωτός ανά μονάδα επιφάνειας.

Ο συντελεστής εξάλειψης (σύμβολο: σ) είναι το ποσοστό της ροής φωτός που χάνεται από μια παράλληλη ακτίνα, που εκπέμπεται από μια πυρακτωμένη πηγή σε μια θερμοκρασία 2700 K, η οποία διανύει μια μονάδα μήκους στην ατμόσφαιρα. Ο συντελεστής είναι ένα μέτρο της απώλειας και λόγω της απορρόφησης και της διασποράς.

Η αντίθεση φωτεινότητας (σύμβολο: C) είναι η αναλογία της διαφοράς μεταξύ της φωτεινότητας ενός αντικειμένου και του υποβάθρου του και της φωτεινότητας του υποβάθρου.

Το κατώφλι αντίθεσης (σύμβολο: E) είναι η ελάχιστη τιμή της αντίθεσης φωτεινότητας που το ανθρώπινο μάτι μπορεί να ανιχνεύσει, δηλ. η τιμή που επιτρέπει σε ένα αντικείμενο να διακριθεί από το υπόβαθρό του. Το κατώφλι αντίθεσης ποικίλλει με το άτομο.

Το κατώφλι φωτισμού (σύμβολο: E_l) είναι ο μικρότερος φωτισμός για την ανίχνευση μιας πηγής σημειακού φωτός μέσα σε ένα περιβάλλον συγκεκριμένης φωτεινότητας.

Ο παράγοντας μετάδοσης (σύμβολο: T) καθορίζεται, για μια παράλληλη ακτίνα από μια πυρακτωμένη πηγή σε μια θερμοκρασία 2700 K, ως μέρος της ροής φωτός που παραμένει στην ακτίνα αφού διανύσει μια ορισμένη απόσταση μέσα στην ατμόσφαιρα. Ο παράγοντας μετάδοσης καλείται επίσης συντελεστής μετάδοσης.

Η ορατότητα στη μετεωρολογία εκφράζεται σε μονάδες μήκους και συνήθως σε m ή km . Το εύρος μέτρησης ποικίλλει ανάλογα με την εφαρμογή. Ενώ για τις συνήθεις μετεωρολογικές απαιτήσεις, η κλίμακα εκτείνεται από τα 100 m έως τα 70 km, την πολιτική αεροπορία ενδιαφέρουν μετρήσεις ορατότητας με ανώτερο όριο τα 10 km.

Το σφάλμα στη μέτρηση της ορατότητας αυξάνει αναλογικά με την ίδια την τιμή της ορατότητας.

Μετεωρολογικές απαιτήσεις

Οι γενικές απαιτήσεις ακρίβειας της μέτρησης της ορατότητας δίνονται στον πίνακα A7 του παραρτήματος. Η έννοια της ορατότητας χρησιμοποιείται εκτενώς στη μετεωρολογία με δύο διαφορετικούς τρόπους. Πρώτα απ' όλα χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό των χαρακτηριστικών της μάζας του αέρα. Συγκεκριμένα η ορατότητα είναι αντιπροσωπευτική της οπτικής κατάστασης της ατμόσφαιρας. Κατά δεύτερο λόγο χρησιμοποιείται για ειδικούς λόγους σε εξειδικευμένες εφαρμογές. Μια από αυτές είναι στην αεροπλοΐα.

Το μέτρο της ορατότητας που χρησιμοποιείται στη μετεωρολογία πρέπει να είναι απαλλαγμένο από την επιρροή των πρόσθετων μετεωρολογικών μεταβλητών, αλλά πρέπει να αφορά απλά τη διαισθητική έννοια της ορατότητας, δηλαδή την απόσταση από την οποία τα κοινά αντικείμενα μπορούν να φανούν υπό κανονικές συνθήκες.

Μέθοδοι μέτρησης

Η διαφάνεια είναι ένα σύνθετο ψυχοφυσικό φαινόμενο, που εξαρτάται κυρίως από τον ατμοσφαιρικό συντελεστή εξάλειψης ο οποίος συνδέεται με τα στερεά και υγρά σωματίδια που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα. Η εξάλειψη προκαλείται κυρίως λόγω της διασποράς παρά της απορρόφησης του φωτός. Η εκτίμησή της υπόκειται στην ικανότητα αντίληψης και την ερμηνευτική δυνατότητα καθώς επίσης και στα χαρακτηριστικά της πηγής φωτός και τον παράγοντα μετάδοσης του. Κατά συνέπεια, οποιαδήποτε οπτική εκτίμηση της διαφάνειας είναι υποκειμενική.

Όταν η διαφάνεια εκτιμάται από έναν ανθρώπινο παρατηρητή εξαρτάται όχι μόνο από τα φωτομετρικά και διαστατικά χαρακτηριστικά του αντικειμένου που είναι, ή πρέπει να γίνει, αντιληπτό, αλλά και από το κατώφλι αντίθεσης του παρατηρητή. Τη νύχτα, εξαρτάται από την ένταση της πηγής φωτός, την ένταση φωτισμού του υποβάθρου και, εάν υπολογίζεται από έναν παρατηρητή, από την προσαρμογή των ματιών του στο σκοτάδι και το κατώφλι φωτισμού του ίδιου. Η εκτίμηση της ορατότητας τη νύχτα είναι ιδιαίτερα προβληματική.

Αν χρησιμοποιούνται όργανα, αυτά μετρούν το συντελεστή εξάλειψης από τον οποίο μπορεί να εκτιμηθεί η ορατότητα. Συγκεκριμένα αυτή υπολογίζεται αν είναι γνωστά τα κατώφλια της αντίθεσης και του φωτισμού. Συνήθως τα όργανα χρησιμοποιούνται υποθέτοντας ότι ο συντελεστής εξάλειψης είναι ανεξάρτητος από την απόσταση. Μερικά όργανα μετρούν τη μείωση της έντασης του φωτός άμεσα και άλλα μετρούν τη διασπορά του φωτός για να υπολογίσουν τον συντελεστή εξάλειψης.

2.2.9 Μέτρηση της εξάτμισης

Γενικά

Σχετικά με την εξάτμιση, δίνονται οι παρακάτω ορισμοί:

Πραγματική εξάτμιση: Η ποσότητα ύδατος που εξατμίζεται από μια ελεύθερη υδάτινη επιφάνεια ή από το έδαφος.

Διαπνοή: Είναι η διαδικασία κατά την οποία το νερό από τη βλάστηση μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα με τη μορφή των υδρατμών.

Πραγματική εξατμοδιαπνοή: Η ποσότητα ύδατος που εξατμίζεται από το έδαφος και από τα φυτά, όταν στο έδαφος υπάρχει φυσιολογική ποσότητα υγρασίας.

Δυνητική εξατμοδιαπνοή: Είναι η μέγιστη ποσότητα ύδατος που μπορεί να εξατμιστεί από μια περιοχή με συγκεκριμένη βλάστηση κάτω από συγκεκριμένες κλιματολογικές συνθήκες και για άπειρη διαθεσιμότητα νερού. Επομένως, περιλαμβάνει την εξάτμιση από το χώμα και τη διαπνοή από τη βλάστηση της περιοχής.

Η εξάτμιση ορίζεται ως το ποσό ύδατος που εξατμίστηκε από μια επιφάνεια μονάδων ανά μονάδα χρόνου. Συνήθως εκφράζεται ως βάθος νερού που εξατμίστηκε από όλη την υπό εξέταση περιοχή στη μονάδα του χρόνου. Η μονάδα του χρόνου είναι συνήθως η μία ημέρα και το βάθος μπορεί να εκφραστεί είτε σε χιλιοστόμετρα (*mm*), είτε σε εκατοστόμετρα (*cm*). Ανάλογα με το όργανο, η ακρίβεια της μέτρησης είναι από 0.1 έως 10 *mm*.

Μετεωρολογικές απαιτήσεις

Η εκτίμηση της εξάτμισης από ελεύθερη υδάτινη επιφάνεια και από το έδαφος και της εξατμοδιαπνοής από φυτοκαλυμμένες περιοχές, είναι μεγάλης σπουδαιότητας για υδρολογικές και υδρομετεωρολογικές εφαρμογές όπως είναι π.χ. ο σχεδιασμός και η λειτουργία των φραγμάτων και των εγγειοβελτιωτικών έργων.

Οι απαιτήσεις ακρίβειας δίνονται αναλυτικά στον πίνακα Α8 του παραρτήματος. Γενικά απαιτείται μια ανάλυση 0.1 *mm* και για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η αβεβαιότητα πρέπει να είναι ± 0.1 *mm* για τιμές μικρότερες των 5 *mm* και $\pm 2\%$ για μεγαλύτερες τιμές εξάτμισης.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το ποσοστό εξάτμισης από οποιαδήποτε υδάτινο σώμα ή επιφάνεια μπορούν να διαιρεθούν ευρέως σε δύο ομάδες, στους μετεωρολογικούς και τους επιφανειακούς. Οι μετεωρολογικοί παράγοντες μπορούν, στη συνέχεια, να υποδιαιρεθούν σε ενεργειακούς και αεροδυναμικούς. Η ενέργεια που απαιτείται για να μεταπέσει το νερό από την υγρή στην αέρια φάση (υδρατμοί), παρέχεται κατά ένα μεγάλο μέρος από την ηλιακή και την γήινη ακτινοβολία. Οι αεροδυναμικές μεταβλητές, όπως η ταχύτητα ανέμου στην επιφάνεια και η διαφορά της πίεσης υδρατμών μεταξύ της επιφάνειας και του κατώτερου στρώματος της ατμόσφαιρας, επηρεάζουν σημαντικά την εξάτμιση.

Είναι χρήσιμο να γίνει διάκριση μεταξύ των περιπτώσεων που υπάρχει ή όχι ελεύθερη υδάτινη επιφάνεια. Οι σημαντικότεροι παράγοντες είναι η ποσότητα και η κατάσταση του ύδατος και τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας που έχουν επιπτώσεις στη διαδικασία μεταφοράς υδρατμών στον αέρα ή μέσω της επιφάνειας σωμάτων. Η αντίσταση στη μεταφορά υγρασίας στην ατμόσφαιρα εξαρτάται, παραδείγματος χάριν, από την τραχύτητα της επιφάνειας. Η διαπνοή από τη βλάστηση, εκτός από τους μετεωρολογικούς και τους επιφανειακούς παράγοντες που ήδη αναφέρθηκαν, καθορίζεται κατά ένα μεγάλο μέρος και από τα χαρακτηριστικά των φυτών, όπως ο αριθμός και το μέγεθος των στομάτων (ανοίγματα στα φύλλα), και εάν αυτά είναι ανοικτά ή κλειστά. Η αντίσταση των στομάτων στη μεταφορά υγρασίας παρουσιάζει ημερήσια μεταβολή αλλά εξαρτάται επίσης αρκετά από τη διαθεσιμότητα της εδαφικής υγρασίας στις ρίζες.

Η εξάτμιση από λίμνες και δεξαμενές επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοχωρητικότητα του ύδατος.

Μέθοδοι μέτρησης

Άμεσες μετρήσεις της εξάτμισης ή της εξατμοδιαπνοής από εκτεταμένες φυσικές επιφάνειες ύδατος ή εδάφους δεν είναι επιχειρησιακά εφαρμόσιμες αυτή τη στιγμή. Εντούτοις, διάφορες έμμεσες μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί και παρέχουν λογικά αποτελέσματα.

Η απώλεια ύδατος από μια τυποποιημένη κορεσμένη επιφάνεια μετριέται με εξατμισίμετρα, τα οποία μπορούν να ταξινομηθούν σε ατμόμετρα και εξατμισίμετρα με λεκάνη. Αυτά τα όργανα δεν μετρούν άμεσα ούτε την εξάτμιση από φυσικές επιφάνειες ύδατος, ούτε την πραγματική εξατμοδιαπνοή, ούτε τη δυνητική εξατμοδιαπνοή. Συνεπώς οι μετρήσεις απαιτούν ιδιαίτερη διαχείριση για να αποτελούν αξιόπιστα αποτελέσματα.

Ένα άλλο όργανο που μετρά την εξατμοδιαπνοή είναι το λυσίμετρο. Είναι ένα δοχείο γεμάτο χώμα με βλάστηση, που τοποθετείται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Είναι ένα όργανο πολλαπλών χρήσεων για τη μελέτη των φάσεων του υδρολογικού κύκλου κάτω από φυσικές συνθήκες. Εκτίμηση της εξατμοδιαπνοής (ή εξάτμισης σε περίπτωση γυμνού εδάφους) μπορεί να γίνει με τη μέτρηση όλων των άλλων μεταβλητών του υδατικού ισοζυγίου στο δοχείο.

Τέλος στην περίπτωση λιμνών ή δεξαμενών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι βασισμένες στο υδατικό ή το ενεργειακό ισοζύγιο.

Το ατμόμετρο είναι ένα όργανο που μετρά την απώλεια ύδατος από μια υγρή, πορώδη επιφάνεια. Οι υγρές επιφάνειες μπορεί να είναι είτε πορώδεις κεραμικές σφαίρες, κύλινδροι, πιάτα, είτε εκτεθειμένα φίλτρα σε μορφή δίσκου, διαποτισμένα με νερό. Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στη λειτουργία των ατμομέτρων είναι να κρατηθούν καθαρές οι επιφάνειες εξάτμισης. Οι βρόμικες επιφάνειες επιδρούν σημαντικά στο ποσοστό εξάτμισης. Τέλος, η κίνηση του αέρα γύρω από τα ατμόμετρα επηρεάζει επίσης σημαντικά τις μετρήσεις.

Τα εξατμισίμετρα με λεκάνη υπάρχουν σε διάφορα μεγέθη και σχήματα. Τα γνωστότερα είναι η λεκάνη τύπου A (United States Class A pan) και λεκάνη GGI-3000 από τη Ρωσία (Russian GGI-3000 pan). Συνήθως τοποθετούνται με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

- Βυθίζονται στο έδαφος με την ελεύθερη επιφάνειά τους κοντά σε αυτό.
- Τοποθετούνται πάνω στο έδαφος με την ελεύθερη επιφάνειά τους σχετικά κοντά στην επιφάνεια του εδάφους.
- Τοποθετούνται σε δεμένες επιπλέουσες πλατφόρμες σε λίμνες ή άλλα υδάτινα σώματα.

2.2.10 Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας

Γενικά

Η εδαφική υγρασία είναι μια πολύ σημαντική μεταβλητή για την υδρολογία. Μεταξύ άλλων χρησιμοποιείται ως είσοδος σε υδρολογικά μοντέλα για τον υπολογισμό της επιφανειακής απορροής. Επίσης επηρεάζει σημαντικά τη συμπεριφορά των καλλιεργειών.

Η απλούστερη μέθοδος υπολογισμού της εδαφικής υγρασίας είναι η βαρυτική. Μια και αυτή η μέθοδος είναι απλή και βασισμένη σε απευθείας μετρήσεις, είναι σημείο αναφοράς για όλες τις άλλες διαδικασίες. Η βαρυτική εδαφική υγρασία, θ_g , εκφράζεται ως:

$$\theta_g = \frac{M_{water}}{M_{soil}} \cdot 100$$

όπου το M_{water} είναι η μάζα του νερού σε ένα εδαφικό δείγμα και M_{soil} είναι η μάζα του εδάφους μετά την ξήρανσή του σε φούρνο (100-110°C).

Σε αρκετές περιπτώσεις η εδαφική υγρασία εκφράζεται ογκομετρικά. Εφόσον οι κατακρημνίσεις, και η εξατμοδιαπνοή εκφράζονται συχνά σε όρους ροής, μπορεί να είναι χρήσιμη η ογκομετρική έκφραση της εδαφικής υγρασίας. Έτσι η ογκομετρική εδαφική υγρασία, θ_v , εκφράζεται ως:

$$\theta_v = \frac{V_{water}}{V_{soil}} \cdot 100$$

όπου V_{water} είναι ο όγκος του νερού και V_{soil} ο συνολικός όγκος του εδάφους (περιλαμβάνει το έδαφος, το νερό και τον αέρα).

Η βαρυμετρική και η ογκομετρική υγρασία συνδέονται με τη σχέση:

$$\theta_v = \theta_g \rho_b / \rho_w$$

όπου ρ_b είναι η πυκνότητα του ξηρού εδάφους και ρ_w η πυκνότητα του νερού.

Η περιεκτικότητα σε νερό συνήθως είναι αδιάστατα μεγέθη αφού εκφράζονται σε ποσοστά επί τοις εκατό. Εντούτοις, όταν χρησιμοποιούνται η εξίσωση διατήρησης της μάζας ή η εξίσωση της συνέχειας, η περιεκτικότητα σε νερό δεν είναι αδιάστατη. Έτσι για την περίπτωση π.χ. της ογκομετρικής εδαφικής υγρασίας, χρησιμοποιείται ως μονάδα το ένα cm^3 νερού προς cm^3 ξηρού εδάφους.

Μετεωρολογικές απαιτήσεις

Η ακρίβεια που απαιτείται είναι συνάρτηση του σκοπού για τον οποίο γίνεται η μέτρηση. Προς το παρόν, ένα αποδεκτό επίπεδο ακρίβειας είναι από 1 έως 5%.

Η χωρική και χρονική ανάλυση που απαιτείται επίσης εξαρτάται από την εφαρμογή. Για υδρολογικούς σκοπούς τα μοντέλα απορροής βαθμονομούνται χρησιμοποιώντας συχνά εκτιμήσεις της εδαφικής υγρασίας σε επίπεδο υδρολογικής λεκάνης. Αντίθετα, τα μοντέλα ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας χρειάζονται δεδομένα κλίμακας μιας ολόκληρης ηπείρου.

Μέθοδοι μέτρησης

Υπάρχουν πολλά διαθέσιμα όργανα ικανά να εκτιμήσουν την εδαφική υγρασία. Συνήθως το θ_g εκτιμάται άμεσα ενώ το θ_v έμμεσα με μετρήσεις κάποιας ιδιότητας του εδάφους.

Για τον απευθείας υπολογισμό, αφαιρούνται εδαφικά δείγματα με κάποιο πρόσφορο όργανο, όπως φτυάρι ή τρυπάνι. Στη συνέχεια μεταφέρονται στο εργαστήριο, αφού τοποθετηθούν σε ειδικά αεροστεγή δοχεία. Εκεί λαμβάνει χώρα το απαραίτητο ζύγισμα και στη συνέχεια τοποθετούνται τα δείγματα σε φούρνος για να αποξηρανθούν και να ξαναζυγιστούν.

Η πιο συνηθισμένες έμμεσες μέθοδοι, είναι βασισμένες σε ακτινολογικές τεχνικές. Συνήθως με ακτίνες γάμα, εκτιμάται η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό.

2.2.11 Παρατήρηση των νεφών

Γενικά

Η παρατήρηση των νεφών και η εκτίμηση ή η μέτρηση του ύψους της βάσης τους επάνω από τη γήινη επιφάνεια, είναι σημαντική για πολλούς λόγους, και ειδικά για τις επιχειρησιακές εφαρμογές της μετεωρολογίας. Μερικοί σημαντικοί ορισμοί δίνονται παρακάτω:

Σύννεφο: Ένα σύνολο πολύ μικρών σταγονιδίων, παγοκρυστάλλων, ή ένα μείγμα και των δύο, με τη βάση του επάνω από τη γήινη επιφάνεια. Η ανώτατη διάμετρος των σωματιδίων είναι της τάξης των 200 μm . Μεγαλύτερα σωματίδια από αυτό χαρακτηρίζονται ως βροχή. Με εξαίρεση ορισμένους σπάνιους τύπους τα σύννεφα είναι περιορισμένα στην τροπόσφαιρα. Διαμορφώνονται κυρίως ως αποτέλεσμα της κατακόρυφης κίνησης του αέρα, στην αναγκασμένη ανάβαση πέρα από υψηλό έδαφος, ή στη μεγάλης κλίμακας κατακόρυφη κίνηση που συνδέεται με τα μέτωπα.

Νεφοκάλυψη: Το μέρος του ουρανού που υπολογίζεται να καλυφθεί από έναν καθορισμένο ή μη τύπο νεφών. Σε κάθε περίπτωση, η εκτίμηση γίνεται στο κοντινότερο όγδοο και αναφέρεται σε μια κλίμακα από το μηδέν έως το οκτώ, όπου το μηδέν αντιπροσωπεύει τον απολύτως καθαρό ουρανό και το οκτώ την πλήρη νεφοκάλυψη.

Βάση σύννεφων: Είναι η χαμηλότερη ζώνη της νέφωσης. Το ύψος της βάσης σύννεφων ορίζεται ως το ύψος επάνω από τη γη.

Τύπος σύννεφων (ταξινόμηση): Διάφορες μέθοδοι ταξινόμησης έχουν διατυπωθεί:

Στο WMO (1975), ο διαχωρισμός γίνεται σε γένη νεφών σε 10 βασικές χαρακτηριστικές μορφές:

1. Θύσανοι (Cirrus)
2. Θυσανοστρώματα (Cirrostratus)
3. Θυσανοσωρείτες (Cirrocumulus)
4. Υψιστρώματα (Altostratus)
5. Υψισωρείτες (Alto cumulus)
6. Στρώματα (Stratus)
7. Στρωματοσωρείτες (Stratocumulus)
8. Μελανοστρώματα (Nimbostratus)
9. Σωρείτες (Cumulus)
10. Σωρειτομελανίες (Cumulonimbus)

Η μονάδα της μέτρησης του ύψους νεφών είναι το μέτρο (m). Η νεφοκάλυψη, όπως αναφέρθηκε και πριν, εκφράζεται σε όγδοα.

Μέθοδοι μέτρησης και παρατήρησης

Οι γενικές απαιτήσεις ακρίβειας των σχετικών με τη νέφωση μετρήσεων, δίνονται στον πίνακα A9 του παραρτήματος.

Νεφοκάλυψη

Οι περισσότερες μετρήσεις της νεφοκάλυψης γίνονται με οπτική παρατήρηση. Οι μέθοδοι με όργανα είναι ακόμα υπό ανάπτυξη. Ο παρατηρητής πρέπει να δίνει ίση έμφαση στις περιοχές από πάνω του και σε εκείνες στη βάση του ουράνιου θόλου. Περιστασιακά, όταν τα σύννεφα είναι πολύ ακανόνιστα κατανομημένα, είναι χρήσιμο να εξεταστεί χωριστά ο ουρανός σε τεταρτημόρια.

Ύψος βάσης νεφών

Το υψόμετρο της βάσης των νεφών μετριέται με όργανα, αν και συχνά σε επιχειρησιακή βάση γίνεται απλή εκτίμησή του από τον παρατηρητή.

Στους σταθμούς στους οποίους δεν παρέχονται όργανα μέτρησης, οι τιμές του ύψους σύννεφων μπορούν μόνο να εκτιμηθούν. Στις ορεινές περιοχές, το ύψος οποιασδήποτε βάσης σύννεφων που είναι χαμηλότερη από τις κορυφές των λόφων των βουνών γύρω από το σταθμό μπορεί να υπολογιστεί σε σύγκριση με τα ύψη των επαρκώς καθορισμένων τοπογραφικών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων όπως δίνεται σε έναν χάρτη της περιοχής. Σε κάθε περίπτωση, ο παρατηρητής πρέπει να

χρησιμοποιήσει την κρίση του, και να λαμβάνει υπόψη τη μορφή και τη γενική εμφάνιση του σύννεφου.

Τα συνηθέστερα όργανα μέτρησης του υψομέτρου των νεφών είναι οι προβολείς, ειδικά μπαλόνια και συσκευές laser.

Όσον αφορά την πρώτη μέθοδο, εκπέμπεται δυνατό φως προς τη βάση της νέφωσης υπό γνωστή γωνία E και σε καθορισμένη απόσταση L από το σημείο παρατήρησης. Συνεπώς το υψόμετρο της βάσης των νεφών δίνεται από το ορθογώνιο τρίγωνο που σχηματίζεται και είναι ίση με $h = L \tan E$.

Για την εφαρμογή της μεθόδου με μπαλόني, αφήνεται ελεύθερο ένα μπαλόني γεμάτο υδρογόνο και ήλιο. Το υψόμετρο της βάσης του σύννεφου είναι η απόσταση που διανύει το μπαλόني μέχρι να μην είναι πια ορατό από τον παρατηρητή.

Τέλος, με εντελώς παρόμοιο τρόπο όπως και με τους προβολείς, χρησιμοποιείται ακτίνα laser για τη μέτρηση. Εκπέμπεται ακτίνα η οποία ανακλάται στη βάση της νέφωσης και λαμβάνεται από τον δέκτη. Ο χρόνος διαδρομής της καθορίζει και την απόσταση που διένυσε.

2.2.12 Καταγραφή του παρόντος και του παρελθόντος καιρού

Γενικά

Με τον όρο «καιρός» εννοείται η έκφραση μετεωρολογικών μεταβλητών με ποιοτικό και όχι ποσοτικό τρόπο. Ο καιρός λοιπόν είναι μια περιληπτική έκφραση της κατάστασης της ατμόσφαιρας. Σε επιχειρησιακή βάση καταγράφεται ο παρόν καιρός (τα φαινόμενα που συμβαίνουν τη στιγμή της μετεωρολογικής παρατήρησης) και ο παρελθόν καιρός (φαινόμενα που ίσχυαν πριν ξεκινήσει η παρατήρηση, αλλά δεν ισχύουν πλέον). Η καταγραφή των δύο αυτών μετεωρολογικών μεταβλητών βασίζεται αποκλειστικά στην παρατήρηση, την καταγραφή και την αρχειοθέτηση από εξειδικευμένο παρατηρητή.

Τα φαινόμενα που πρέπει να καταγράφονται και καθορίζουν τον παρόντα και τον παρελθόντα καιρό είναι:

- Φαινόμενα κατακρήμνισης. Είναι σημαντικό να καταγράφεται το είδος της κατακρήμνισης (όταν αυτή υπάρχει) δηλαδή αν πρόκειται για βροχή, χαλάζι, χιόνι κλπ., καθώς και μια ποιοτική έκφραση της έντασης.
- Φαινόμενα υδρολογικών αποθέσεων, όπως η ομίχλη, η πάχνη κλπ.
- Άνεμοι
- Η κατάσταση του ουρανού, αν δηλαδή υπάρχει νέφωση, ο τύπος της κλπ.
- Ειδικά μετεωρολογικά φαινόμενα (κεραυνοί, ανεμοστρόβιλοι, κλπ.)

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο καιρός πρέπει να καταγράφεται στο αρχείο του μετεωρολογικού σταθμού για κάθε πιθανή μελλοντική χρήση.

3 Προδιαγραφές υδρομετρικών σταθμών

3.1 Γενικές προδιαγραφές υδρομετρικών σταθμών

3.1.1 Η αντικειμενική σημασία της υδρομετρίας

Η υδρολογική πληροφορία και κυρίως η πρωτογενής μέτρηση, η οποία είναι το προϊόν της υδρομετρίας, είναι βασικό συστατικό της υποδομής τόσο των επιστημονικών και ερευνητικών μελετών, όσο και των αναπτυξιακών και διαχειριστικών μελετών για έργα και μέτρα που αποσκοπούν στην αξιοποίηση του νερού και την προστασία από έκτακτα υδρολογικά περιστατικά.

Για λόγους που θα αναλυθούν παρακάτω, η υδρομετρία, σε αντίθεση π.χ. με τη βροχομετρία, είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και πολυδάπανη διαδικασία, και απαιτεί ειδικευμένο προσωπικό τόσο για τις διαδικασίες υπαίθρου όσο και για τις εργασίες γραφείου. Η υδρομετρία αποτελεί σήμερα αυτόνομη εφαρμοσμένη επιστήμη που απασχολεί σημαντικές βιομηχανικές μονάδες με ενσωματωμένα ερευνητικά κέντρα, αλλά και υδρολογικές υπηρεσίες. Προδιαγραφές για την υδρομετρία έχουν εκδώσει τόσο ο World Meteorological Organization (1981) όσο και ο International Standards Organization (1983). Κύριος στόχος της είναι η παραγωγή αδιάλειπτων χρονοσειρών παροχής σε διάφορες χρονικές κλίμακες. Για την εξυπηρέτηση αυτού του στόχου απαιτείται κατ' αρχήν η εκτέλεση μετρήσεων παροχής ανά τακτά χρονικά διαστήματα (π.χ. εβδομάδας ή δεκαπενθημέρου). Όμως, συνήθως η χρονική πυκνότητα των μετρήσεων παροχής δεν είναι η απαιτούμενη, λόγω των ιδιαίτερων δυσκολιών και του σημαντικού κόστους τους. Έτσι, για την πύκνωση των χρονοσειρών παροχής στο επιθυμητό χρονικό βήμα (π.χ. ημερήσιο, ωριαίο ή και ακόμη μικρότερο) αξιοποιούνται και άλλα χαρακτηριστικά της ροής των υδατορευμάτων, των οποίων η μέτρηση είναι απλούστερη. Το κυριότερο απ' αυτά είναι η στάθμη.

3.1.2 Τυπική σύνθεση και λειτουργία υδρομετρικού σταθμού

Τυπικά, ένας υδρομετρικός σταθμός εγκαθίσταται σε κατάλληλη διατομή υδατορεύματος και η τυπική σύνθεσή του περιλαμβάνει διάφορα όργανα και εγκαταστάσεις που εξυπηρετούν τη μέτρηση τόσο της στάθμης όσο και της παροχής του υδατορεύματος. Ειδικότερα:

- Υποχρεωτικά ο σταθμός περιλαμβάνει σταθμήμετρο για τη μέτρηση της στάθμης του υδατορεύματος (σταθμημετρία).
- Είναι επιθυμητό (χωρίς όμως να μπορεί να επιτευχθεί πάντα, κυρίως για οικονομικούς λόγους) ο σταθμός να περιλαμβάνει και σταθμηγράφο, ο οποίος καταγράφει συνεχώς τη στάθμη, παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα για λεπτομερέστερη χρονική αποτύπωση της εξέλιξης της στάθμης του υδατορεύματος, απαραίτητη ιδίως για τη μελέτη πλημμυρικών υδρογραφημάτων.
- Στη θέση του σταθμού θα πρέπει να διατίθενται όργανα μέτρησης της ταχύτητας ροής. Τα όργανα αυτά δεν απαιτείται να λειτουργούν συνεχώς και έτσι είναι δυνατό, για λόγους οικονομίας, περισσότεροι του ενός σταθμοί μιας περιοχής να εξυπηρετούνται από το ίδιο συγκρότημα οργάνων.
- Γενικά θα πρέπει να υπάρχει τρόπος γεφύρωσης του υδατορεύματος ώστε να είναι δυνατό να γίνει μέτρηση σε οποιοδήποτε σημείο της διατομής του. Συχνά για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται υπαρκτές οδικές ή σιδηροδρομικές γέφυρες, οι οποίες καθορίζουν και τη θέση του σταθμού.

Ωστόσο, είναι προτιμότερο να γίνεται εγκατάσταση ειδικής εναέριας καλωδίωσης, η οποία εξυπηρετεί αποκλειστικά το σκοπό της υδρομετρίας.

Η παραπάνω τυπική σύνθεση μπορεί να διαφοροποιείται ανάλογα με τις ειδικότερες τεχνικές μέτρησης που χρησιμοποιούνται στο συγκεκριμένο υδρομετρικό σταθμό.

Η θέση εγκατάστασης του υδρομετρικού σταθμού πρέπει να εξασφαλίζει στον καλύτερο δυνατό βαθμό την πλήρωση των ακόλουθων κριτηρίων:

- Συγκέντρωση της ροής σε μια μοναδική κοίτη (αποφυγή διάσπαρτης ροής σε πολλούς κλάδους).
- Απλότητα και ομοιομορφία της γεωμετρίας τόσο της διατομής (αποφυγή διατομών με γεωμετρικά σύνθετες διατομές, αποφυγή εμποδίων ανάντη ή κατάντη της διατομής) όσο και της οριζοντιογραφίας του ποταμού (προτίμηση των ευθύγραμμων έναντι των καμπύλων).
- Μη επηρεασμό της στάθμης από κατάντη συνθήκες ανεξάρτητες της παροχής (π.χ. από στάθμη λίμνης, επίδραση παλιρροιών, επίδραση συμβολής άλλου υδατορεύματος κτλ.).
- Περιορισμένη δραστηριότητα διάβρωσης και απόθεσης φερτών.
- Σταθερότητα στη σχέση στάθμης – παροχής.
- Ευαισθησία στη μεταβολή της παροχής για όλο το πεδίο μεταβολής της στάθμης.
- Αντιπροσωπευτικότητα της θέσης για τους τυχόν ειδικότερους σκοπούς που εξυπηρετεί ο υδρομετρικός σταθμός (π.χ. γεινίαση με τη θέση φράγματος, σε περίπτωση που τα δεδομένα του σταθμού θα χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη φράγματος).
- Εύκολη πρόσβαση των συνεργείων εγκατάστασης και συντήρησης, και ιδίως των συνεργείων μέτρησης ακόμη και σε περιπτώσεις έντονων πλημμυρών.
- Οικονομικότητα (συγκριτικά με άλλες θέσεις) εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης.

Μερικές από τις συνθήκες αυτές, και συγκεκριμένα η σταθερότητα της καμπύλης στάθμης - παροχής και η ευαισθησία της στάθμης στη μεταβολή της παροχής, μπορούν να ελεγχθούν μόνο αφού εγκατασταθεί και λειτουργήσει για ένα διάστημα ο σταθμός. Γι' αυτό δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις που ένας υδρομετρικός σταθμός αποδεικνύεται ακατάλληλος μετά την εγκατάστασή του και μεταφέρεται σε άλλη καταλληλότερη θέση, ανάντη ή κατάντη της παλιάς. Άλλες συνθήκες, που εξειδικεύονται ανάλογα με τη μέθοδο μέτρησης της παροχής, αναλύονται από το World Meteorological Organization (1981).

3.2 Ειδικές προδιαγραφές υδρομετρικών οργάνων

3.2.1 Μέτρηση στάθμης

Γενικά

Η στάθμη ενός ποταμού μιας λίμνης ή ενός υπόγειου υδροφορέα, είναι μια σημαντικότερη πληροφορία για τη μελέτη του εν λόγω συστήματος. Λέγοντας στάθμη εννοείται το βάθος του νερού σε κάποια δεδομένη διατομή.

Η στάθμη, όπως είναι εύκολα αντιληπτό έχει διαστάσεις μήκους. Συνεπώς έχει μονάδα το μέτρο (m) ή συνηθέστερα το εκατοστόμετρο (cm).

Για τους συνήθεις σκοπούς μετρήσεων, απαιτείται μια ακρίβεια της τάξης του ενός cm . Άλλωστε είναι αρκετά δύσκολο, λόγω της φύσης των μετρήσεων, να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια.

Μέθοδοι μέτρησης

Συμβατικά όργανα

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η μέτρηση της στάθμης γίνεται συμβατικά με σταθμήμετρα και σταθμηγράφους.

Το σταθμήμετρο είναι απλή σταδία με αποτυπωμένη εκατοστομετρική κλίμακα, η αφετηρία (το μηδέν) της οποίας έχει εξαρτηθεί υψομετρικά από κάποιο σταθερό υψόμετρο αναφοράς. Αν για το συνολικό εύρος διακύμανσης της στάθμης δεν είναι εφικτή η λήψη μετρήσεων από ένα μόνο σταθμήμετρο, τότε εγκαθίσταται σειρά σταθμημέτρων στην ίδια διατομή, υψομετρικά εξαρτημένων μεταξύ τους. Ο παρατηρητής μπορεί εύκολα να διαβάσει τη στάθμη του υδατορεύματος πάνω στο σταθμήμετρο. Συνήθως η στάθμη καταγράφεται μια φορά την ημέρα, κατά σύμβαση στις 08:00. Σε περιπτώσεις πλημμυρών και εφόσον δεν υπάρχει στην ίδια θέση σταθμηγράφος, είναι ιδιαίτερα σκόπιμο να καταγράφεται η στάθμη σε πυκνότερα χρονικά διαστήματα (π.χ. ανά δίωρο) ή έστω να καταγράφεται η μέγιστη στάθμη που εμφανίστηκε στη διάρκεια του πλημμυρικού επεισοδίου. Γίνεται αμέσως αντιληπτό ότι η επιτυχία μιας τέτοιας μέτρησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ικανότητα του χρήστη του σταθμήμετρου. Βεβαίως με τη μέθοδο αυτή δεν είναι δυνατή η τηλεμετρική καταγραφή της στάθμης.

Ο σταθμηγράφος περιλαμβάνει μηχανισμό αυτοματισμού της μέτρησης της στάθμης και σύστημα καταγραφής. Ο αυτοματισμός της μέτρησης συνηθέστατα γίνεται με πλωτήρα που επιπλέει στην ελεύθερη επιφάνεια του υδατορεύματος, και η κατακόρυφη κίνησή του ελέγχεται με μηχανισμό τροχαλίας και αντίβαρου. Το όλο σύστημα περιέχεται μέσα σε ένα σωλήνα ή πηγάδι που το κατώτερο σημείο του επικοινωνεί με το υδατόρευμα ενώ το ανώτερο, όπου βρίσκεται η τροχαλία και το καταγραφικό σύστημα, τοποθετείται μέσα σε οικίσκο προστατευμένο από τις πλημμύρες του ποταμού και τις καιρικές επιδράσεις. Το σύστημα καταγραφής είναι παρόμοιο με αυτό του συμβατικού βροχογράφου. Εναλλακτικά, αντί του πλωτήρα, ο αυτοματισμός της μέτρησης μπορεί να γίνεται μέσω μανομέτρου με αισθητήρα πίεσης βυθισμένο σε φρεάτιο που επικοινωνεί με τη ροή του υδατορεύματος, μια και η πίεση εύκολα μετατρέπεται σε στάθμη.

Η σημερινή τεχνολογία μετρήσεων δίνει τη δυνατότητα αντί του συμβατικού καταγραφικού συστήματος, να χρησιμοποιείται ηλεκτρονικός καταχωρητής δεδομένων (data logger), μετά από μετατροπή της κίνησης του μηχανισμού αυτοματισμού σε ψηφιακό σήμα.

Χρήση της τεχνολογίας των μικροκυμάτων

Σημαντική πρόοδος υπάρχει τα τελευταία χρόνια στον τομέα της σταθμημετρίας, με τη χρήση συσκευών μέτρησης που χρησιμοποιούν μικροκύματα. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα των οργάνων αυτών είναι ότι δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το νερό και μπορούν να λειτουργούν σε επιχειρησιακή βάση, χωρίς την απαίτηση παρατηρητών, αφού υπάρχει η δυνατότητα της τηλεμετρικής μεταφοράς των δεδομένων. Η τοποθέτησή τους γίνεται συνήθως κάτω από γέφυρες. Η συσκευή αποτελείται από έναν πομποδέκτη μικροκυμάτων (τάξης συχνότητας δεκάδων χιλιάδων GHz), ο οποίος εκπέμπει το σήμα κάθετα στην επιφάνεια. Στην πορεία του προς τον πυθμένα το σήμα συναντά το νερό και τέλος τον ίδιο τον πυθμένα. Οι αλλαγές (απορρόφηση σήματος) καταγράφονται από το όργανο και μεταφράζονται σε απόσταση μεταξύ επιφάνειας και πυθμένα και συνεπώς σε βάθος ροής.

Σταθμημέτρα και σταθμηγράφοι χρησιμοποιούνται όχι μόνο για τη μέτρηση της στάθμης ποταμών αλλά και σε άλλες περιπτώσεις υδάτινων σωμάτων, όπως στις λίμνες και τους υπόγειους υδροφορείς.

3.2.2 Μέτρηση παροχής

Γενικά

Η παροχή ως υδραυλικό μέγεθος ορίζεται από τη σχέση $Q = dV/dt$, όπου V ο όγκος νερού και t ο χρόνος. Εκφράζει δηλαδή τον όγκο του νερού που περνάει από μια διατομή στη μονάδα του χρόνου.

Από τον ορισμό της παροχής, προκύπτει ότι οι μονάδες της είναι μονάδες όγκου ανά μονάδα χρόνου. Συνήθως η παροχή ενός ποταμού εκφράζεται σε κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο ($m^3 \cdot s^{-1}$).

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα επιτυγχάνουν μια ακρίβεια της τάξης του $\pm 4\%$ για μικρές παροχές και $\pm 1.5\%$ για μεγάλες.

Μέθοδοι μέτρησης

Εργαστηριακές μέθοδοι

Η παροχή σπανίως μπορεί να μετρηθεί με εφαρμογή της έκφρασης του ορισμού της. Αυτό μπορεί να γίνει μόνο εργαστηριακά και για πολύ μικρές τιμές της, ώστε να είναι εφικτή η ογκομέτρηση. Ωστόσο, η υδραυλική έχει εγκαθιδρύσει σχέσεις που εφαρμόζονται είτε σε ροή υπό πίεση είτε σε ροή με ελεύθερη επιφάνεια, αλλά με παρεμβολή ειδικών τμημάτων δεδομένης γεωμετρίας (π.χ. στενώσεις διατομής, υπερχειλιστές), οι οποίες συνδέουν αμφιμονοσήμαντα την παροχή με τη στάθμη, την πίεση ή μεταβολές αυτών των μεγεθών. Αυτά τα ειδικά τμήματα δεδομένης γεωμετρίας που παρεμβάλλονται στη ροή λέγονται μετρητές παροχής. Ειδικά για τη ροή με ελεύθερη επιφάνεια, τα ειδικά τμήματα είναι είτε υπερχειλιστές (συνήθως σχήματος V με γωνία στομίου 60° ή 90° , λεπτής στέψης) είτε στενώσεις (flumes) τυποποιημένης γεωμετρίας που στηρίζονται στην αρχή της κρίσιμης ροής (στένωση Parshall, τροποποιημένη στένωση Parshall). Και στους δύο αυτούς τύπους δημιουργείται ασυνέχεια στη ροή και έτσι εξασφαλίζεται μια αμφιμονοσήμαντη σχέση μεταξύ της ανάντη στάθμης και της παροχής, ανεξάρτητη των κατάντη συνθηκών ροής. Η σχέση αυτή καθορίζεται από τη γεωμετρία των μετρητών και η εγκαθίδρυσή της δεν προϋποθέτει μετρήσεις. Εφαρμόζονται μόνο για σχετικά μικρές παροχές, κυρίως σε τεχνητές διώρυγες. Σε φυσικά υδατορεύματα, όπου η παροχή έχει μεγάλη διακύμανση και μπορεί να πάρει μεγάλες τιμές, αλλά και συνοδεύεται από μεταφορά και απόθεση φερτών υλικών, η εφαρμογή των μετρητών περιορίζεται σε πειραματικές λεκάνες με μικρές λεκάνες απορροής.

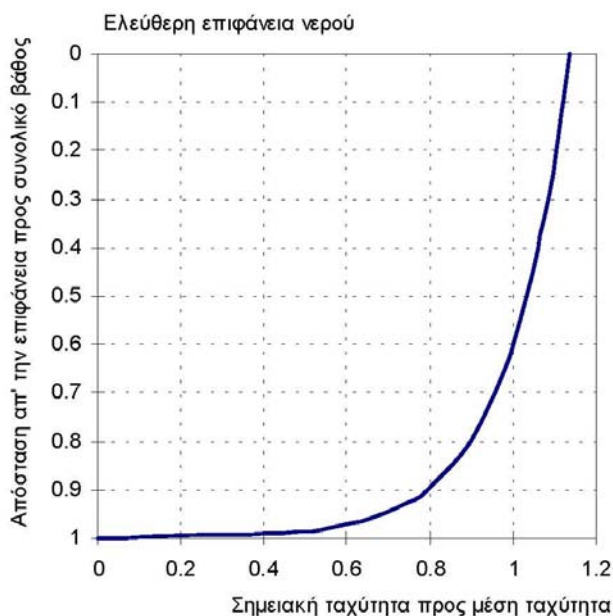
Συμβατικές μέθοδοι πεδίου

Αν είναι γνωστό το πεδίο ταχυτήτων u σε μια διατομή υδατορεύματος A , τότε η παροχή προκύπτει άμεσα από τη σχέση:

$$Q = \int_A u dA$$

Η εφαρμογή της σχέσης προϋποθέτει τη μέτρηση της ταχύτητας u σε διάφορα σημεία (x, y) της διατομής και στη συνέχεια αριθμητική ολοκλήρωση του πεδίου ταχυτήτων. Το τυπικό συμβατικό όργανο μέτρησης της ταχύτητας είναι ο μιλίσκος. Αποτελείται από μια έλικα που εμβαπίζεται στη διατομή του υδατορεύματος στο συγκεκριμένο σημείο (x, y) και περιστρέφεται υπό την επίδραση της ροής. Η ταχύτητα στο σημείο αυτό προκύπτει ως γραμμική συνάρτηση της συχνότητας περιστροφής της έλικας, όπου οι παράμετροι της συνάρτησης δίνονται από τον κατασκευαστή του οργάνου. Οι συνήθεις μιλίσκοι του εμπορίου έχουν όριο ανοχής σφάλματος $\pm 3\%$. Οι μετρήσεις παρουσιάζουν σημαντικές δυσκολίες (ανάρτηση, γωνία με κατακόρυφο) όταν οι ταχύτητες ξεπεράσουν τα 7 m/s .

Ο αξιόπιστος υπολογισμός της παροχής προϋποθέτει σωστή επιλογή των σημείων μέτρησης μέσα στη διατομή. Στο Σχήμα 3.1 δίνεται η τυπική κατανομή ταχυτήτων σε μια κατακόρυφη διατομή υδατορεύματος, όπως προκύπτει από την εφαρμογή του λογαριθμικού νόμου.



Σχήμα 3.1: Τυπική κατανομή ταχυτήτων σε μια κατακόρυφη διατομή υδατορεύματος

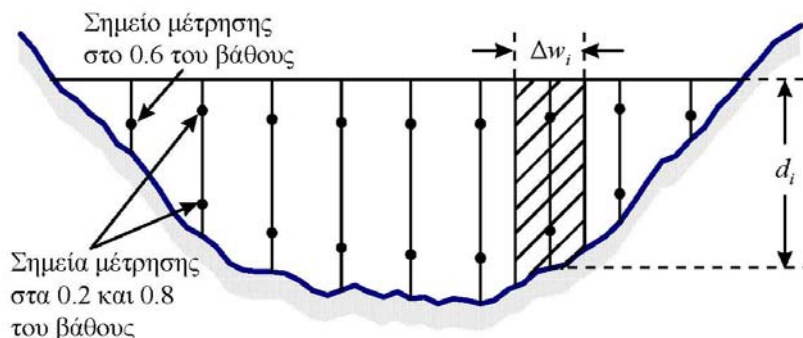
Συγκεκριμένα, στον κατακόρυφο άξονα απεικονίζεται ο λόγος της απόστασης (βάθους, y) από την ελεύθερη επιφάνεια προς το συνολικό βάθος d στην υπόψη θέση της διατομής, ενώ στον οριζόντιο άξονα απεικονίζεται ο λόγος της (σημειακής) ταχύτητας u στη θέση y προς τη μέση ταχύτητα \bar{u} στο συνολικό βάθος d . Από το διάγραμμα προκύπτει ότι στη θέση $y/d = 0.60$ ισχύει $u_{0.6}/\bar{u} = 1.00$ άρα, αν σε μια κατακόρυφη πάρουμε μόνο μία μέτρηση της ταχύτητας, τότε η πιο αντιπροσωπευτική θέση είναι στο 0.6 του συνολικού βάθους (μετρούμενο από την επιφάνεια). Όμοια, για $y/d = 0.20$ προκύπτει $u_{0.2}/\bar{u} = 1.10$ και για $y/d = 0.80$, $u_{0.8}/\bar{u} = 1.10$ και 0.90, σε τρόπο ώστε:

$$\bar{u} = \frac{u_{0.2} + u_{0.8}}{2}$$

Κατά συνέπεια, αν σε μια κατακόρυφη πάρουμε δύο μετρήσεις της ταχύτητας, τότε αντιπροσωπευτικές είναι οι θέσεις στα 0.2 και 0.8 του συνολικού βάθους. Εννοείται ότι η λήψη δύο μετρήσεων δίνει πιο αξιόπιστη τιμή της μέσης ταχύτητας παρά η λήψη μιας μέτρησης. Ωστόσο, για μικρά βάθη ($d < 0.75 \text{ m}$) είναι δύσκολο ή και πρακτικώς αδύνατο το κατέβασμα του μιλίσκου στο σημείο 0.8 του βάθους και έτσι θεωρείται αποδεκτή η μοναδική μέτρηση στο 0.6 του βάθους. Για μεγάλα βάθη είναι προτιμότερη η μέτρηση σε τρία σημεία, οπότε χρησιμοποιείται η σχέση (World Meteorological Organization, 1981, σ. 2.53):

$$\bar{u} = \frac{u_{0.6}}{2} + \frac{u_{0.2} + u_{0.8}}{4}$$

Εξ άλλου, απαιτείται να ληφθούν μετρήσεις σε πολλές κατακόρυφες της διατομής του ποταμού, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στο Σχήμα 3.2:



Σχήμα 3.2: Βοηθητικό σκαρίφημα για την εκτέλεση της μέτρησης και τον υπολογισμό της παροχής

Οι αποστάσεις μεταξύ των κατακορύφων θα πρέπει να είναι τέτοιες ώστε η παροχή που αντιπροσωπεύεται από μία κατακόρυφο ($q_i = \bar{u}_i d_i \Delta w_i$) να μην υπερβαίνει το 10% της ολικής παροχής της διατομής. Η ολική παροχή της διατομής προκύπτει από τη σχέση:

$$Q = \sum_i q_i = \sum_i \bar{u}_i d_i \Delta w_i$$

Από τεχνική άποψη η εκτέλεση της μέτρησης της παροχής προϋποθέτει τη βύθιση του μιλίσκου σε διάφορες θέσεις και διάφορα βάθη της διατομής και τη μέτρηση τόσο των συντεταγμένων (x, y) και του βάθους d , όσο και της ταχύτητας u σε κάθε θέση. Πρέπει λοιπόν να είναι προσπελάσιμη η συνολική διατομή του υδατορεύματος και να μπορεί να μετρηθούν με ακρίβεια όλα τα παραπάνω δεδομένα. Η προσπέλαση και μέτρηση μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους ανάλογα με τις συνθήκες ροής:

- Σε αβαθή υδατορεύματα με μικρή ταχύτητα, η όλη διαδικασία μπορεί να γίνει με υδροβασία (περπάτημα στο νερό). Η μέθοδος προσφέρει άμεση αίσθηση της ροής και ακρίβεια μετρήσεων.
- Σε βαθιά πλωτά υδατορεύματα με μικρή ταχύτητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί βάρκα κατάλληλα εξοπλισμένη με όργανα.
- Αν υπάρχει γέφυρα στη διατομή, η διαδικασία μέτρησης γίνεται από τη γέφυρα, αλλά πάντως η ακρίβεια των μετρήσεων είναι μειωμένη, ιδίως αν το ύψος της γέφυρας είναι μεγάλο.
- Διαφορετικά είναι επιβεβλημένη η μόνιμη εγκατάσταση εναέριας καλωδίωσης η οποία προσφέρει τη δυνατότητα προσπέλασης σε οποιοδήποτε σημείο της διατομής. Υπάρχουν δύο ειδών καλωδιώσεις: η απλή καλωδίωση (cableway, στην Ελλάδα γνωστή και ως Maritza) που προσφέρει τη δυνατότητα αιώρησης των οργάνων και διεύθυνσής τους από την όχθη, και η καλωδίωση με φορείο (cablecar, στην Ελλάδα γνωστή και ως Vardar), στο οποίο επιβαίνει ο χειριστής.

Ανεξάρτητα από τη διαδικασία μέτρησης, αναγκαία προϋπόθεση για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων είναι ο σωστός προσανατολισμός, οριζόντιος και παράλληλος με τη διεύθυνση ροής, του άξονα περιστροφής του μιλίσκου. Για το σκοπό αυτό ο μιλίσκος είναι εφοδιασμένος με πτερύγιο και με κατάλληλο αντίβαρο. Μια άλλη προϋπόθεση για την ακρίβεια της μέτρησης είναι να μη μεταβάλλεται η παροχή στη διάρκεια της μέτρησης.

Η χρήση του μιλίσκου απαιτεί, όπως και η χρήση των σταθμημέτρων προηγουμένως, την ανθρώπινη παρουσία.

Σύγχρονες μέθοδοι

Η εξέλιξη της τεχνολογίας των μετρήσεων έχει δώσει σήμερα μια σειρά από νεότερες τηλεμετρικές μεθόδους μέτρησης της παροχής. Παρακάτω αναφέρονται συνοπτικά τα κύρια χαρακτηριστικά τους.

Χρήση υπερήχων

Η κυριότερη από αυτές τις μεθόδους είναι αυτή με τους υπερήχους. Η μέθοδος στηρίζεται στην εκπομπή υπερηχητικών παλμών, που κατευθύνονται διαγώνια στη ροή του υδατορεύματος, και την εν συνεχεία ανάκλασή τους. Από τη διαφορά του χρόνου στις δύο διαδρομές αντίθετης φοράς μπορεί να εκτιμηθεί η μέση ταχύτητα της ροής. Σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η δυνατότητα συνεχούς καταγραφής της παροχής. Τα μειονεκτήματά της είναι το μεγάλο κόστος, και η αδυναμία εφαρμογής της σε περιπτώσεις που το υδατόρευμα μεταφέρει στερεοπαροχή ή έχει πολύ μεγάλο πλάτος.

Ηλεκτρομαγνητική μέθοδος

Μία άλλη μέθοδος, είναι η ηλεκτρομαγνητική. Στηρίζεται στη δημιουργία ηλεκτρομαγνητικού πεδίου λόγω της ροής του υδατορεύματος, με τη βοήθεια ενός πηνίου που τοποθετείται κάτω από τον πυθμένα του ποταμού. Από τη διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο ηλεκτροδίων που τοποθετούνται στις δύο όχθες μπορεί να εκτιμηθεί η μέση ταχύτητα της ροής. Πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η δυνατότητα συνεχούς καταγραφής της παροχής, ενώ μειονεκτήματά της είναι το μεγάλο κόστος και η αδυναμία εφαρμογής της σε περιπτώσεις που το υδατόρευμα έχει πολύ μεγάλο πλάτος.

Μέθοδος φυσαλίδων

Τέλος υπάρχει και η μέθοδος των φυσαλίδων. Στηρίζεται στην εκπομπή φυσαλίδων αέρα από ένα σωλήνα που τοποθετείται εγκάρσια στον πυθμένα του ποταμού, και στη μελέτη της μορφής που δημιουργούν οι φυσαλίδες όταν φτάσουν στην επιφάνεια. Συγκεκριμένα, οι φυσαλίδες δεν κινούνται κατακόρυφα, αλλά παρασύρονται προς τα κατάντη από τη ροή του νερού· έτσι, η απόστασή τους από την διατομή εκπομπής, όταν φτάσουν στην επιφάνεια, εξαρτάται από την ταχύτητα και την κατακόρυφη απόσταση (δηλαδή το βάθος) που έχουν διανύσει. Κατά συνέπεια, από μια φωτογραφία της επιφάνειας του υδατορεύματος μπορεί να εκτιμηθεί η παροχή. Η μέθοδος είναι κατάλληλη για ποταμούς με βραδεία ροή και σχετικά αδιατάρακτη επιφάνεια, ώστε να μπορούν να διακριθούν οι φυσαλίδες.

Παράρτημα Α: Πίνακες προδιαγραφών μέτρησης μετεωρολογικών μεταβλητών

	Θερμοκρασία αέρα	Ακραίες τιμές θερμοκρασίας αέρα	Θερμοκρασία επιφάνειας θαλάσσης
Διάστημα	-60 έως +60 °C	-60 έως +60 °C	-2 έως +40 °C
Διακριτότητα	0.1 K	0.1 K	0.1 K
Τρόπος μέτρησης-παρατήρησης	Στιγμιαία	Στιγμιαία	Στιγμιαία
Απαιτούμενη ακρίβεια	±0.1 K	±0.5 K	±0.1 K
Σταθερά χρόνου αισθητήρα	20 s	20 s	20 s
Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής	1 min	1 min	1 min
Ακρίβεια που επιτυγχάνεται επιχειρησιακά	±0.2 K	±0.2 K	±0.2 K
Παρατηρήσεις	Η ακρίβεια που επιτυγχάνεται επιχειρησιακά και η σταθερά χρόνου μπορεί να επηρεάζονται από το σχεδιασμό της οθόνης ηλιακής ακτινοβολίας του θερμομέτρου		

Πίνακας Α.1: Προδιαγραφές μέτρησης θερμοκρασίας

	Πίεση	Βαρομετρική τάση
Διάστημα	920-1080 hPa	Δεν έχει οριστεί
Διακριτότητα	0.1 hPa	0.1 hPa
Τρόπος μέτρησης-παρατήρησης	Στιγμιαία	Στιγμιαία
Απαιτούμενη ακρίβεια	±0.1 hPa	±0.2 hPa
Σταθερά χρόνου αισθητήρα	20 s	20 s
Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής	1 min	1 min
Ακρίβεια που επιτυγχάνεται επιχειρησιακά	±0.3 hPa	±0.2 hPa
Παρατηρήσεις	Το διάστημα αφορά στη ΜΣΘ. Η ακρίβεια επηρεάζεται σημαντικά από δυναμική πίεση εξαιτίας του ανέμου και του συντελεστή θερμοκρασίας of transducer	Αφορά στην διαφορά μεταξύ στιγμιαίων τιμών

Πίνακας Α.2: Προδιαγραφές μέτρησης ατμοσφαιρικής πίεσης

	Σημείο δρόσου	Σχετική υγρασία Ξηρό-υγρό	Solid state και άλλοι αισθητήρες
Διάστημα	-60 έως +35 °C	5 έως 100%	
Διακριτικότητα	0.1 K	1%	
Τρόπος μέτρησης- παρατήρησης	Στιγμιαία	Στιγμιαία	
Απαιτούμενη ακρίβεια	±0.5 K	±3%	
Σταθερά χρόνου αισθητήρα	20 s	20 s	40 s
Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής	1 min	1 min	1 min
Ακρίβεια που επιτυγχάνεται επιχειρησιακά	±0.2 K	±0.2 K	±3-5%
Παρατηρήσεις	Η ακρίβεια τείνει στο ±0.1 K όταν η σχετική υγρασία πλησιάζει στο 100%	Μεγάλα λάθη είναι πιθανά εξαιτίας της διαδικασίας εισπνοής και καθαριότητας	Οι solid state sensors μπορούν να επιδείξουν ισχυρή εξάρτηση από την θερμοκρασία και την υγρασία
		Η ακρίβεια τείνει στο 1% όταν η σχετική υγρασία πλησιάζει στο 100%	

Πίνακας Α.3: Προδιαγραφές μέτρησης υγρασίας

	Ταχύτητα	Διεύθυνση	Ριπή
Διάστημα	0-75 m·s ⁻¹	0-360°	5-75 m·s ⁻¹
Διακριτικότητα	0.5 m·s ⁻¹	10°	0.5 m·s ⁻¹
Τρόπος μέτρησης-παρατήρησης	Μέσης τιμής	Μέσης τιμής	Μέσης τιμής
Απαιτούμενη ακρίβεια	0.5 m·s ⁻¹ για ≤ 5 m·s ⁻¹ ±10% για >5 m·s ⁻¹	±5%	±10%
Σταθερά χρόνου αισθητήρα	Σταθερά απόστασης 2-5 m	1 s	
Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής	2 και/ή 10 min	2 και/ή 10 min	3 s
Ακρίβεια που επιτυγχάνεται επιχειρησιακά	±0.5 m·s ⁻¹	±5°	±0.5 m·s ⁻¹
Παρατηρήσεις	Μέση τιμή από 2 και/ή 10 min. Μη γραμμικές συσκευές. Απαιτεί προσοχή ο σχεδιασμός της διαδικασίας υπολογισμού της μέσης τιμής		Η μεγαλύτερη μέση τιμή 3 s πρέπει να καταγραφεί

Πίνακας Α.4: Προδιαγραφές μέτρησης χαρακτηριστικών των επιφανειακών ανέμων

	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ	ΥΨΟΣ ΧΙΟΝΙΟΥ	ΥΨΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗΣ ΠΑΓΟΥ
Διάστημα	0->400 mm	0-10 m	
Διακριτότητα	0.1 mm	1 cm	1 cm
Τρόπος μέτρησης- παρατήρησης	Αθροιστικός	Μέσης τιμής	Στιγμαία
Απαιτούμενη ακρίβεια	0.1 mm για ≤ 5 mm $\pm 2\%$ για > 5 mm	± 1 cm για ≤ 20 cm $\pm 5\%$ για > 20 cm	± 1 cm για ≤ 10 cm $\pm 10\%$ για > 10 cm
Σταθερά χρόνου αισθητήρα			
Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής			
Ακρίβεια που επιτυγχάνεται επιχειρησιακά	$\pm 5\%$		
Παρατηρήσεις	Η ακρίβεια εξαρτάται από την αεροδυναμική ικανότητα συλλογής των δοχείων και τις απώλειες εξάτμισης σε θερμαινόμενα δοχεία	Μέσο ύψος σε περιοχή αντιπροσωπευτική της θέσης παρατήρησης	

Πίνακας Α.5: Προδιαγραφές μέτρησης κατακρημνισμάτων

	Διάρκεια ηλιοφάνειας	Καθαρή ακτινοβολία
Διάστημα	0-24 h	
Διακριτότητα	0.1 h	
Τρόπος μέτρησης-παρατήρησης	Αθροιστική	Αθροιστική
Απαιτούμενη ακρίβεια	± 0.1 h	$\pm 0.4 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ για $\leq 8 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ $\pm 5\%$ για $> 8 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$
Σταθερά χρόνου αισθητήρα	20 s	20 s
Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής		
Ακρίβεια που επιτυγχάνεται επιχειρησιακά	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$
Παρατηρήσεις		

Πίνακας Α.6: Προδιαγραφές μέτρησης ακτινοβολίας

	MOR	RVR
Διάστημα	<50 m – 70 km	50 m – 1500 m
Διακριτότητα	50 m	25 m
Τρόπος μέτρησης-παρατήρησης	Στιγμιαία	Μέσης τιμής
Απαιτούμενη ακρίβεια	±50 m για ≤500 m ±10% για >500 m	±25 m για ≤150 m ±50 m για >150 έως ≤500 m ±100 m για >500 έως ≤1000 m ±200 m για >1000
Σταθερά χρόνου αισθητήρα		
Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής	3 min	1 και 10 min
Ακρίβεια που επιτυγχάνεται επιχειρησιακά	±10-20%	
Παρατηρήσεις	Η ακρίβεια που επιτυγχάνεται επιχειρησιακά μπορεί να εξαρτάται από την αιτία της παρεμπόδισης	

Πίνακας Α.7: Προδιαγραφές μέτρησης ορατότητας

	Ποσό εξάτμισης από εξαμισίμετρο
Διάστημα	0-10 mm
Διακριτότητα	0.1 mm
Τρόπος μέτρησης-παρατήρησης	Αθροιστικός
Απαιτούμενη ακρίβεια	±0.1 mm για ≤5 mm ±2% για >5 mm
Σταθερά χρόνου αισθητήρα	
Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής	
Ακρίβεια που επιτυγχάνεται επιχειρησιακά	
Παρατηρήσεις	

Πίνακας Α.8: Προδιαγραφές μέτρησης εξάτμισης

	Ποσό νέφωσης	Ύψος βάσης
Διάστημα	0-8/8	<30 m – 30 km
Διακριτότητα	1/8	30 m
Τρόπος μέτρησης-παρατήρησης	Στιγμιαία	Στιγμιαία
Απαιτούμενη ακρίβεια	±1/8	±10 m για ≤100 m ±10% για >100 m
Σταθερά χρόνου αισθητήρα		
Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής		
Ακρίβεια που επιτυγχάνεται επιχειρησιακά	±1/8	περίπου 10 m
Παρατηρήσεις	Period (30 s) clustering algorithms μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υπολογιστεί αυτόματα το ποσό των χαμηλών νεφών	Η ακρίβεια είναι δύσκολο να εκτιμηθεί εφόσον δεν υπάρχει ορισμός για ύψος βάσης νεφών που μετριέται με όργανα.

Πίνακας Α.9: Προδιαγραφές μέτρησης νέφωσης

ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΙΑΚΡΙΤΟΤΗΤΑ (km)	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΙΑΚΡΙΤΟΤΗΤΑ (km)	ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΚΡΙΤΟΤΗΤΑ (hours)	ΑΚΡΙΒΕΙΑ (RMS)
Άνεμος	100	0.1-2 0.5-16 2-30	3	2 m·s ⁻¹ στην τροπόσφαιρα 3 m·s ⁻¹ στην στρατόσφαιρα
Θερμοκρασία	100	0.1-2 0.5-16 2-30	3	0.5 Κ στην τροπόσφαιρα 1 Κ στην στρατόσφαιρα
Σχετική υγρασία	100	0.1-2 0.5-τροπόπαυση	3	5%

Πίνακας Α.10: Γενικές προδιαγραφές τρισδιάστατων πεδίων

ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΙΑΚΡΙΤΟΤΗΤΑ (km)	ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΚΡΙΤΟΤΗΤΑ	ΑΚΡΙΒΕΙΑ (RMS)
Πίεση	100	1 hour	0.5 hPa
Άνεμος	100	1 hour	2 m·s ⁻¹
Θερμοκρασία	100	1 hour	1 K
Σχετική υγρασία	100	1 hour	5%
Αθροιστική κατακρήμνιση	100	3 hours	0.1 mm
Θερμοκρασία επιφάνειας	100	1 day	0.5 K
θάλασσας	100	3 hours	0.5 K
Θερμοκρασία εδάφους			
Παγοκάλυψη θάλασσας	100	1 day	10%
Χιονοκάλυψη	100	1 day	10%
Ισοδύναμο ύψος χιονιού	100	1 day	5 mm
Εδαφική υγρασία 0-10 cm	100	1 day	0.02 m ³ ·m ⁻³
Εδαφική υγρασία 10-100 cm	100	1 week	0.02 m ³ ·m ⁻³
Ποσοστό καλλιεργειών	100	1 week	10%
Θερμοκρασία εδάφους 20 cm	100	6 hours	0.5 K
Θερμοκρασία εδάφους 100 cm	100	1 day	0.5 K
Ανακλαστικότητα, ορατό	100	1 day	1%
Ανακλαστικότητα, εγγύς	100	1 day	1%
υπέρυθρο	100	1 day	1%
Εκπομπή μακρών κυμάτων			
Ύψος κυμάτων ωκεανών	100	1 hour	0.5 m

Πίνακας Α.11: Γενικές προδιαγραφές επιφανειακών πεδίων

Παράρτημα Β: Τεκμηρίωση βάσης δεδομένων

Μετεωρολογικοί αισθητήρες		Αισθητήρες υδρομετρίας		Αισθητήρες ποιοτικών παραμέτρων
Θερμοκρασία		Θερμοκρασία και Υγρασία	Παροχή	Αισθητήρες Συμβατικά
Σχετική Υγρασία				Αισθητήρες Συμβατικά
Άνεμος	Ταχύτητα ανέμου	Ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου	Στάθμη	Αισθητήρες Συμβατικά
	Διεύθυνση ανέμου			Αισθητήρες Συμβατικά
Ακτινοβολία		Άμεση ακτινοβολία		
		Καθαρή ακτινοβολία		
		Ολική ακτινοβολία – ακτινοβολία μακρών κυμάτων		
		Υπεριώδης ακτινοβολία		
Διάρκεια ηλιοφάνειας				
Κατακρημνίσεις		Βροχόπτωση		
		Χιονόπτωση		
Ατμοσφαιρική πίεση				
Ορατότητα				
Εδαφική υγρασία				
Εξάτμιση				

Πίνακας Β.1: Γενική δομή βάσης

ID	Μέγιστη λειτουργίας	θερμοκρασία	Κάτω όριο λειτουργίας
Μεταβλητή μέτρησης	Ελάχιστη λειτουργίας	θερμοκρασία	Χρόνος ταχείας απόκρισης
Κατασκευαστής	Ακρίβεια		Σταθερά χρόνου αισθητήρα
Χώρα κατασκευής	Τρόπος μέτρησης		Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής
Τύπος	Διακριτική ικανότητα		Μέγιστο σφάλμα
Αρχή Λειτουργίας	Ευαισθησία		Ενδεικτική τιμή
Μονάδες	Άνω όριο λειτουργίας		

Πίνακας Β.2: Πεδία θερμοκρασίας

ID	Μέγιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Κάτω όριο λειτουργίας
Μεταβλητή μέτρησης	Ελάχιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Χρόνος ταχείας απόκρισης
Κατασκευαστής	Ακρίβεια	Σταθερά χρόνου αισθητήρα
Χώρα κατασκευής	Τρόπος μέτρησης	Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής
Τύπος	Διακριτική ικανότητα	Μέγιστο σφάλμα
Αρχή Λειτουργίας	Ευαισθησία	Ενδεικτική τιμή
Μονάδες	Άνω όριο λειτουργίας	

Πίνακας Β.3: Πεδία υγρασίας

ID	Μέγιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Κάτω όριο λειτουργίας
Μεταβλητή μέτρησης	Ελάχιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Χρόνος ταχείας απόκρισης
Κατασκευαστής	Ακρίβεια	Σταθερά χρόνου αισθητήρα
Χώρα κατασκευής	Τρόπος μέτρησης	Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής
Τύπος	Διακριτική ικανότητα	Μέγιστο σφάλμα
Αρχή Λειτουργίας	Ευαισθησία	Γραμμικότητα
Μονάδες	Άνω όριο λειτουργίας	Μήκος απόκρισης
Ταχύτητα επιβίωσης	Κατώφλι εκκίνησης	Ενδεικτική τιμή

Πίνακας Β.4: Πεδία ταχύτητας ανέμου

ID	Μέγιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Κάτω όριο λειτουργίας
Μεταβλητή μέτρησης	Ελάχιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Χρόνος ταχείας απόκρισης
Κατασκευαστής	Ακρίβεια	Σταθερά χρόνου αισθητήρα
Χώρα κατασκευής	Τρόπος μέτρησης	Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής
Τύπος	Διακριτική ικανότητα	Μέγιστο σφάλμα
Αρχή Λειτουργίας	Ευαισθησία	Γραμμικότητα
Μονάδες	Άνω όριο λειτουργίας	Μήκος απόκρισης
Ταχύτητα επιβίωσης	Κατώφλι εκκίνησης	Ενδεικτική τιμή

Πίνακας Β.5: Πεδία διεύθυνσης ανέμου

ID	Ελάχιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Σταθερότητα
Μεταβλητή μέτρησης	Ακρίβεια	Χρόνος ταχείας απόκρισης
Κατασκευαστής	Τρόπος μέτρησης	Σταθερά χρόνου αισθητήρα
Χώρα κατασκευής	Διακριτική ικανότητα	Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής
Τύπος	Ευαισθησία	Θερμοκρασιακή απόκριση
Αρχή Λειτουργίας	Άνω όριο λειτουργίας	Μη Γραμμικότητα
Μονάδες	Κάτω όριο λειτουργίας	Φασματική ευαισθησία
Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας	Απόκριση θερμοκρασιακής μετάθεσης	Ευαισθησία σε κλίση
		Ενδεικτική τιμή

Πίνακας Β.6: Πεδία άμεσης ακτινοβολίας

ID	Ελάχιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Χρόνος ταχείας απόκρισης
Μεταβλητή μέτρησης	Ακρίβεια	Σταθερά χρόνου αισθητήρα
Κατασκευαστής	Τρόπος μέτρησης	Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής
Χώρα κατασκευής	Διακριτική ικανότητα	Θερμοκρασιακή απόκριση
Τύπος	Ευαισθησία	Μη Γραμμικότητα
Αρχή Λειτουργίας	Άνω όριο λειτουργίας	Φασματική ευαισθησία
Μονάδες	Κάτω όριο λειτουργίας	Ευαισθησία σε κλίση
Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας	Απόκριση θερμοκρασιακής μετάθεσης	Απόκριση κατεύθυνσης
	Σταθερότητα	Ενδεικτική τιμή

Πίνακας Β.7: Πεδία καθαρής ακτινοβολίας

ID	Ελάχιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Χρόνος ταχείας απόκρισης
Μεταβλητή μέτρησης	Ακρίβεια	Σταθερά χρόνου αισθητήρα
Κατασκευαστής	Τρόπος μέτρησης	Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής
Χώρα κατασκευής	Διακριτική ικανότητα	Θερμοκρασιακή απόκριση
Τύπος	Ευαισθησία	Μη Γραμμικότητα
Αρχή Λειτουργίας	Άνω όριο λειτουργίας	Φασματική ευαισθησία
Μονάδες	Κάτω όριο λειτουργίας	Σφάλμα αζιμούθιου
Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας	Σφάλμα συνημιτονοειδούς απόκρισης	Εξάρτηση από τη θερμοκρασία
	Σταθερότητα	Ενδεικτική τιμή

Πίνακας Β.8: Πεδία ολικής ακτινοβολίας – ακτινοβολίας μακρών κυμάτων

ID	Ελάχιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Χρόνος ταχείας απόκρισης
Μεταβλητή μέτρησης	Ακρίβεια	Σταθερά χρόνου αισθητήρα
Κατασκευαστής	Τρόπος μέτρησης	Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής
Χώρα κατασκευής	Διακριτική ικανότητα	Θερμοκρασιακή απόκριση
Τύπος	Ευαισθησία	Μη Γραμμικότητα
Αρχή Λειτουργίας	Άνω όριο λειτουργίας	Φασματική ευαισθησία
Μονάδες	Κάτω όριο λειτουργίας	Σφάλμα αζιμούθιου
Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας	Σφάλμα συνημιτονοειδούς απόκρισης	Εξάρτηση από τη θερμοκρασία
	Σταθερότητα	Ενδεικτική τιμή

Πίνακας Β.9: Πεδία υπεριώδους ακτινοβολίας

ID	Μέγιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Κάτω όριο λειτουργίας
Μεταβλητή μέτρησης	Ελάχιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Χρόνος ταχείας απόκρισης
Κατασκευαστής	Ακρίβεια	Σταθερά χρόνου αισθητήρα
Χώρα κατασκευής	Τρόπος μέτρησης	Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής
Τύπος	Διακριτική ικανότητα	Κατώφλι εκκίνησης
Αρχή Λειτουργίας	Ευαισθησία	Οπτικό πεδίο
Μονάδες	Άνω όριο λειτουργίας	Γεωγραφικά πλάτη λειτουργίας
	Κατώφλι εκκίνησης	Ενδεικτική τιμή

Πίνακας Β.10: Πεδία ηλιοφάνειας

ID	Μέγιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Κάτω όριο λειτουργίας
Μεταβλητή μέτρησης	Ελάχιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Χρόνος ταχείας απόκρισης
Κατασκευαστής	Ακρίβεια	Σταθερά χρόνου αισθητήρα
Χώρα κατασκευής	Τρόπος μέτρησης	Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής
Τύπος	Διακριτική ικανότητα	Επιφάνεια συλλογής
Αρχή Λειτουργίας	Ευαισθησία	Χωρητικότητα
Μονάδες	Άνω όριο λειτουργίας	Ενδεικτική τιμή

Πίνακας Β.11: Πεδία βροχόπτωσης

ID	Μέγιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Κάτω όριο λειτουργίας
Μεταβλητή μέτρησης	Ελάχιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Χρόνος ταχείας απόκρισης
Κατασκευαστής	Ακρίβεια	Σταθερά χρόνου αισθητήρα
Χώρα κατασκευής	Τρόπος μέτρησης	Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής
Τύπος	Διακριτική ικανότητα	Επιφάνεια συλλογής
Αρχή Λειτουργίας	Ευαισθησία	Χωρητικότητα
Μονάδες	Άνω όριο λειτουργίας	Ενδεικτική τιμή

Πίνακας Β.12: Πεδία χιονόπτωσης

ID	Μέγιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Άνω όριο λειτουργίας
Μεταβλητή μέτρησης	Ελάχιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Κάτω όριο λειτουργίας
Κατασκευαστής	Ακρίβεια	Χρόνος ταχείας απόκρισης
Χώρα κατασκευής	Τρόπος μέτρησης	Σταθερά χρόνου αισθητήρα
Τύπος	Διακριτική ικανότητα	Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής
Αρχή Λειτουργίας	Ευαισθησία	Ενδεικτική τιμή
Μονάδες		

Πίνακας Β.13: Πεδία ατμοσφαιρικής πίεσης

ID	Μέγιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Άνω όριο λειτουργίας
Μεταβλητή μέτρησης	Ελάχιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Κάτω όριο λειτουργίας
Κατασκευαστής	Ακρίβεια	Χρόνος ταχείας απόκρισης
Χώρα κατασκευής	Τρόπος μέτρησης	Σταθερά χρόνου αισθητήρα
Τύπος	Μήκος κύματος	Γωνία διασποράς
Αρχή Λειτουργίας	Διακριτική ικανότητα	Φωτεινή πηγή
Μονάδες	Ευαισθησία	Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής
		Ενδεικτική τιμή

Πίνακας Β.14: Πεδία ορατότητας

ID	Μέγιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Άνω όριο λειτουργίας
Μεταβλητή μέτρησης	Ελάχιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Κάτω όριο λειτουργίας
Κατασκευαστής	Ακρίβεια	Χρόνος ταχείας απόκρισης
Χώρα κατασκευής	Τρόπος μέτρησης	Σταθερά χρόνου αισθητήρα
Τύπος	Διακριτική ικανότητα	Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής
Αρχή Λειτουργίας	Ευαισθησία	Ενδεικτική τιμή
Μονάδες		

Πίνακας Β.15: Πεδία εδαφικής υγρασίας

ID	Μέγιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Άνω όριο λειτουργίας
Μεταβλητή μέτρησης	Ελάχιστη λειτουργίας θερμοκρασία	Κάτω όριο λειτουργίας
Κατασκευαστής	Ακρίβεια	Χρόνος ταχείας απόκρισης
Χώρα κατασκευής	Τρόπος μέτρησης	Σταθερά χρόνου αισθητήρα
Τύπος	Διακριτική ικανότητα	Χρόνος υπολογισμού μέσης τιμής
Αρχή Λειτουργίας	Ευαισθησία	Ενδεικτική τιμή
Μονάδες		

Πίνακας Β.16: Πεδία εξάτμισης

Παράρτημα Γ: Υποδείγματα διαγωνισμών

Παράδειγμα περιγραφής τεχνικών χαρακτηριστικών μετεωρολογικών σταθμών

Γενικές απαιτήσεις

- Ο κάθε Αυτόματος Τηλεμετρικός Μετεωρολογικός Σταθμός (ΑΤΜΣ) θα αποτελείται από τις παρακάτω μονάδες:
- Τους αισθητήρες μέτρησης των μετεωρολογικών παραμέτρων (sensors)
- Τη μονάδα λήψης, επεξεργασίας και καταχώρησης δεδομένων (Data Logger)
- Το σύστημα τηλεμετάδοσης των μετρήσεων
- Συστήματα προστασίας από κεραυνούς, υπερτάσεις, υπερεντάσεις, ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές
- Τον ιστό
- Την περίφραξη
- Τα υλικά εγκατάστασης

Όλα τα επιμέρους τμήματα του ΑΤΜΣ θα πρέπει να είναι της πλέον πρόσφατης σχεδίασης και κατασκευασμένα με τη τελευταία τεχνολογία από διεθνώς αναγνωρισμένους κατασκευαστικούς οίκους οι οποίοι θα διαθέτουν CE Mark.

Ο ΑΤΜΣ θα πρέπει να είναι ικανός να λειτουργεί σε συνεχή 24ωρη βάση και για τη κατασκευή του να χρησιμοποιηθούν μόνο ηλεκτρονικά κυκλώματα στερεάς δομής και κινητά μέρη στο μικρότερο δυνατό ποσοστό.

Όλες οι μονάδες που απαρτίζουν το σταθμό θα πρέπει να λειτουργούν χωρίς προβλήματα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος τουλάχιστον από -20°C έως $+55^{\circ}\text{C}$, σχετική υγρασία 95%, να μην είναι ευαίσθητες στη σκόνη (και γενικά σε αλλοιώσεις από εξωτερικούς παράγοντες) και να διαθέτουν βαθμό προστασίας IP 65.

Όλα τα μεταλλικά μέρη του ΑΤΜΣ πρέπει να είναι ανοξειδωτά ή γαλβανισμένα εν θερμό, ενώ τα πλαστικά να είναι ανεπηρέαστα από την υπεριώδη (UV) ακτινοβολία.

Ο ΑΤΜΣ σαν σύνολο, αλλά και οι ευαίσθητες υπομονάδες που τον αποτελούν θα πρέπει να φέρουν την αναγκαία προστασία έναντι πτώσης κεραυνών, υπερτάσεις, υπερεντάσεις και υψηλά ηλεκτροστατικά πεδία ή άλλες ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Απαιτείται λεπτομερής περιγραφή του είδους και του τρόπου προστασίας.

Ο ΑΤΜΣ θα πρέπει να λειτουργεί αυτόνομα χωρίς την απαίτηση ανθρώπινης παρουσίας.

Η ηλεκτροδότηση του ΑΤΜΣ θα γίνεται από το δίκτυο της ΔΕΗ (220VAC). Σε περίπτωση διακοπής της τροφοδοσίας ΔΕΗ ο ΑΤΜΣ θα συνεχίσει να λειτουργεί χωρίς προβλήματα, με τη χρήση επαναφορτιζόμενων μπαταριών (χωρίς τη χρήση ηλιακών στοιχείων) και με αυτονομία 30 ημερών.

Ο ΑΤΜΣ θα πρέπει να διαθέτει μονάδα σταθεροποίησης της τάσης τροφοδοσίας (ΔΕΗ) για την αποφυγή προβλημάτων που μπορεί να προκληθούν από τις διακυμάνσεις της τάσης.

Η προσφορά θα συνοδεύεται από κατάλογο πελατών (customer list) όπου έχουν εγκατασταθεί τα προσφερόμενα συστήματα στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό.

Αισθητήρες (sensors)

Όλοι οι προσφερόμενοι αισθητήρες θα συνοδεύονται από έγκυρα πιστοποιητικά ελέγχου των τεχνικών χαρακτηριστικών τους.

- **Διεύθυνση Ανέμου**

Εύρος μετρήσεων : από 0° έως 360°

Ακρίβεια : $\pm 3^\circ$

Κατώφλι εκκίνησης : μικρότερο από 0.25 m/s

- **Αισθητήρας ταχύτητας ανέμου**

Εύρος μετρήσεων : 0 έως 60 m/s

Ακρίβεια : $\pm 1\%$

Κατώφλι εκκίνησης : μικρότερο από 0.25m/s

Ο αισθητήρας θα πρέπει να έχει την δυνατότητα μέτρησης και της ριπής ανέμου (μέγιστη ταχύτητα σε χρονικό διάστημα ορισμένων δευτερολέπτων) για κάθε χρονικό βήμα μέτρησης

- **Αισθητήρας Θερμοκρασίας Περιβάλλοντος**

Η θερμοκρασία περιβάλλοντος θα πρέπει να μετριέται με αισθητήριο που θα διαθέτει κάλυμμα για τη προστασία των μετρήσεων από επιδράσεις της ηλιακής ακτινοβολίας και της βροχής.

Εύρος μετρήσεων : -40°C έως $+60^\circ\text{C}$

Ακρίβεια : καλύτερη από $\pm 0.3^\circ\text{C}$

- **Αισθητήρας Σχετικής Υγρασίας**

Εύρος μετρήσεων : 0 έως 100%

Ακρίβεια : καλύτερη από $\pm 2\%$

Το αισθητήριο θα διαθέτει κάλυμμα για τη προστασία των μετρήσεων από επιδράσεις της ηλιακής ακτινοβολίας και της βροχής, το οποίο να είναι κατάλληλο για τη δημιουργία τεχνητού ρεύματος αέρα χωρίς ανεμιστήρα.

- **Αισθητήρας μέτρησης ύψους βροχής**

Το αισθητήριο της βροχόπτωσης θα είναι τύπου ανατρεπόμενου κάδου (tipping bucket). Η χοάνη για τη συλλογή της βροχής θα έχει άνοιγμα με εμβαδόν από 200 έως 500 cm²

Διακριτική ικανότητα : 0.2mm

Ακρίβεια : - καλύτερη από $\pm 1\%$ για ποσά βροχής
έως 20mm/h

- καλύτερη από $\pm 3\%$ για μεγαλύτερα ποσά

Χωρητικότητα (capacity) : τουλάχιστον 120mm/h

Θα πρέπει να παρέχεται η δυνατότητα καταγραφής των χρόνων ανατροπών του κάδου, με κατανομή χρόνου ανά περίοδο δειγματοληψίας, π.χ. αν οι μετρήσεις λαμβάνονται κάθε 10 λεπτά, τότε θα πρέπει να καταχωρούνται οι χρονικές στιγμές εντός του 10λέπτου όπου συνέβη ανατροπή του κάδου. Ακόμη θα πρέπει να υπάρχει θερμοαντικό στοιχείο για τη προστασία της ευαίσθητης επιφάνειας του από ομίχλη, συμπύκνωση υδρατμών, πάγο (αν χρειάζεται).

- **Αισθητήρας Ολικής Ηλιακής Ακτινοβολίας**

Ο προσφερόμενος αισθητήρας θα πρέπει να πληρεί τουλάχιστον τις απαιτήσεις του First Class του World Meteorological Organization (WMO) με κλίμακα μήκους κύματος από 305 έως 2800 nm.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΟΛΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΑΤΑ WMO			
Τεχνικά Χαρακτηριστικά	Secondary Standard	First Class	Second Class
Διακριτικότητα (ελάχιστη ανιχνεύσιμη μεταβολή σε W/m^2)	± 1	± 5	± 10
Σταθερότητα (ποσοστό επί της κλίμακας μεταβολή / έτος)	± 1	± 3	± 6
Απόκριση συνημιτόνου (ποσοστό απόκλισης από την ιδανική στους 10 βαθμούς ηλιακής ανύψωσης) σε μια ηλιόλουστη μέρα	$< \pm 3$	$< \pm 7$	$< \pm 15$
Απόκριση αζιμούθιου (ποσοστό απόκλισης από την μέση ηλιακή ανύψωση) στους 10 βαθμούς σε μια ηλιόλουστη ημέρα	$< \pm 3$	$< \pm 5$	$< \pm 10$
Απόκριση θερμοκρασίας (ποσοστό μέγιστου σφάλματος λόγω της μεταβολής της θερμοκρασίας περιβάλλοντος μέσα στα πλαίσια της κλίμακας λειτουργίας)	± 1	± 2	± 5
Μη γραμμικότητα (ποσοστό επί της πλήρους κλίμακας)	± 0.5	± 2	± 5
Ευαισθησία φασματική (ποσοστό απόκλισης από την μέση απορρόφηση 0.3 έως 3 μm)	± 2	± 5	± 5
Χρόνος απόκρισης (99% απόκριση)	< 25 sec	< 1 min	< 4 min

Πίνακας Γ.1: Πίνακας κατάταξης αισθητήρα ολικής ακτινοβολίας κατά WMO

- **Αισθητήρας Διάρκειας Ηλιοφάνειας**

Ο αισθητήρας θα πρέπει να είναι καθαρά ηλεκτρονικός, κατάλληλος για μόνιμη εγκατάσταση στο πεδίο και να είναι σύμφωνος με τις προδιαγραφές του WMO (κατώφλι της απευθείας ηλιακής ακτινοβολίας 120 W/m^2). Ακόμη θα πρέπει να διαθέτει κατάλληλη έξοδο η οποία να συνδέεται με το data logger ο οποίος και θα καταγράφει την διάρκεια ηλιοφάνειας. Ο αισθητήρας δεν πρέπει να απαιτεί καθημερινή ρύθμιση ή προσανατολισμό ώστε να παρακολουθεί την πορεία του ηλίου και δεν πρέπει να έχει κανενός είδους μηχανισμό κίνησης. Ακόμη δεν θα πρέπει να απαιτείται γνώση των γεωγραφικών συντεταγμένων για την λειτουργία του αισθητήρα. Η ακρίβεια πρέπει να είναι μικρότερη από 10% ενώ η θερμοκρασία λειτουργίας να είναι από -20 έως 50 °C.

Παράδειγμα περιγραφής τεχνικών χαρακτηριστικών μονάδας λήψης και καταχώρησης δεδομένων – data logger (ΚΔ)

Γενικές απαιτήσεις

Να μετρά τις πρωτογενείς μετεωρολογικές παραμέτρους των αισθητήρων με περίοδο τουλάχιστον 1 λεπτό της ώρας.

Να υπάρχει δυνατότητα υπολογισμού δευτερογενών μετεωρολογικών δεδομένων, διαθέτοντας το κατάλληλο λογισμικό, όπως:

- Μέσες, τιμές κάποιας χρονικής περιόδου (π.χ. μέση τιμή 10λέπτου)
- Μέσες ωριαίες τιμές
- Τυπικές αποκλίσεις και ακραίες τιμές (min, max) μιας χρονικής περιόδου (π.χ. 1 ώρα)

Οι πρωτογενείς και δευτερογενείς τιμές που μετρώνται και υπολογίζονται τοπικά θα εισάγονται στη μνήμη του ΚΔ

Η χωρητικότητα της μνήμης θα πρέπει να καλύπτει τις απαιτήσεις αποθήκευσης των μετρήσεων για μια περίοδο τουλάχιστον 3 μηνών στη περίπτωση που λαμβάνονται και αποθηκεύονται μόνο πρωτογενή δεδομένα με μία περίοδο δειγματοληψίας 10 λεπτών. Ο προσφέρων πρέπει να αναφέρει στην προσφορά του ρητά τα ακόλουθα:

- Το είδος της διατιθέμενης μνήμης (π.χ. EPROM, E²PROM, Memory Cartridge κ.λ.π.), τη χωρητικότητα της και εάν με τη συγκεκριμένη χωρητικότητα καλύπτεται η παραπάνω αναφερόμενη απαίτηση αποθήκευσης.
- Τις διαθέσιμες δυνατότητες επέκτασης της μνήμης
- Μεθόδους προστασίας του περιεχομένου της μνήμης σε περίπτωση ολοσχερούς διακοπής της τροφοδοσίας του ΑΤΜΣ για χρονικό διάστημα τουλάχιστον 30 ημερών.

Η μονάδα θα πρέπει να διαβιβάζει τις πρωτογενείς και δευτερογενείς παραμέτρους που έχουν αποθηκευθεί, μαζί με τα στοιχεία ταυτότητας του σταθμού μέσω τηλεφωνικής γραμμής ΟΤΕ (dial up γραμμής) ή κυψελωτής (κινητής) τηλεφωνίας, με μια προγραμματιζόμενη χρονική περίοδο (π.χ. ανά 12 ώρες) η οποία θα καθορίζεται ανάλογα με τις απαιτήσεις της Υπηρεσίας, και η οποία θα είναι πάντα μεγαλύτερη ή ίση από μισή ώρα.

Θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα κλήσης του Καταχωρητή Δεδομένων από το ΚΔΔ για τη λήψη των δεδομένων σε τυχαίες στιγμές.

Σε περίπτωση που οι τιμές ορισμένων μετεωρολογικών παραμέτρων ξεπεράσουν τα όρια μέτρησης των αισθητήρων ή ανιχνευθούν λάθη θα πρέπει να διαβιβάζεται αυτόματα κατάλληλο μήνυμα στον ΚΔΔ.

Η μονάδα θα πρέπει να διαβιβάζει στον ΚΔΔ διαγνωστικά στοιχεία για τη λειτουργική κατάσταση του σταθμού όπως π.χ. προβλήματα τάσης τροφοδοσίας, εξασθένηση ή υπέρταση συσσωρευτών, βλάβη κάποιου αισθητήρα.

Η μονάδα θα πρέπει να έχει δυνατότητα λήψης των αποθηκευμένων μετεωρολογικών δεδομένων τοπικά με φορητό υπολογιστή (Laptop).

Η μονάδα θα πρέπει να έχει δυνατότητα μελλοντικής κλήσης του ΑΤΜΣ μέσω δευτερεύοντος επικοινωνιακού καναλιού π.χ. μέσω δορυφόρου ή ραδιοδικτύου.

Σε περίπτωση ολοσχερούς διακοπής της τροφοδοσίας ο Καταχωρητής Δεδομένων θα πρέπει να είναι προγραμματισμένος για αυτόματα επανεκκίνηση.

Η μονάδα θα πρέπει να έχει δυνατότητα επέκτασης του αριθμού εισόδων για μελλοντική σύνδεση τουλάχιστον τεσσάρων επιπλέον αισθητήρων. Στην προσφορά θα πρέπει να αναγράφονται:

- Ο διαθέσιμος αριθμός εισόδων που μπορεί να δεχτεί και οι τυχόν δυνατότητες επέκτασης τους.
- Οι δυνατότητες και προϋποθέσεις σύνδεσης μελλοντικά, άλλων αισθητήρων, διαφορετικού τύπου από αυτόν που παρέχονται στην προσφορά.

Όλες οι είσοδοι πρέπει να είναι προστατευμένες κατάλληλα έναντι υπερτάσεων και ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών. Να αναφερθεί λεπτομερώς πως υλοποιείται αυτή η προστασία.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Κουτσογιάννης Δ., Ξανθόπουλος Θ., 1999, *Τεχνική Υδρολογία*, Έκδοση 3, 418 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- International Organization for Standardization, 1993a, *International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology*
- W.M.O., 1981a, *Manual on the Global Observing System*, Volume 1, Global aspects, WMO – No. 544, Geneva, Switzerland.
- W.M.O., 1981b, *Guide to Agricultural Meteorological Practices*, Second edition, WMO – No. 134, Geneva, Switzerland
- W.M.O., 1983, *Guide to Climatological Practices*, Second Edition, WMO – No. 100, Geneva, Switzerland.
- W.M.O., 1996, *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*, Sixth Edition, WMO - No. 8, Geneva, Switzerland.