

ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ
ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

Αυτόματοι Μετεωρολογικοί Σταθμοί

Σημειώσεις για τους Μαθητές
Μετεωρολογικών Σχολών της Ε.Μ.Υ.

Καλαμαράς Νίκος
Νοέμβριος 2020

1. Γενικά

Ως αυτόματος μετεωρολογικός σταθμός (ΑΜΣ) (AWS – Automatic Weather Station) ορίζεται ένας μετεωρολογικός σταθμός στον οποίο οι παρατηρήσεις γίνονται και μεταδίδονται αυτόματα (ορισμός κατά WMO).

Σε έναν αυτόματο μετεωρολογικό σταθμό οι μετρήσεις που λαμβάνονται από τα όργανα είτε διαβάζονται στο σταθμό είτε λαμβάνονται από ένα κεντρικό σύστημα ανάκτησης δεδομένων. Τα δεδομένα που συλλέγονται από τις αυτόνομες μονάδες μέτρησης μπορούν να υποστούν την κατάλληλη επεξεργασία είτε στον ΑΜΣ ή κάπου αλλού π.χ. στον κεντρικό επεξεργαστή του δικτύου. Οι ΑΜΣ μπορεί να θεωρηθούν ως ένα ολοκληρωμένο σύστημα συσκευών μέτρησης σε συνδυασμό με τις μονάδες ανάκτησης και επεξεργασίας δεδομένων. Ένα τέτοιο ολοκληρωμένο σύστημα οργάνων συχνά αποκαλείται ως αυτοματοποιημένο σύστημα μετεωρολογικής παρατήρησης (AWOS – Automated Weather Observing System) ή αυτοματοποιημένο σύστημα παρατήρησης εδάφους (ASOS – Automated Surface Observing System). Παρ'όλα αυτά έχει επικρατήσει, σαν κοινή πρακτική, η ονομασία ΑΜΣ (AWS) για αυτά τα ολοκληρωμένα συστήματα και αυτή η ονομασία θα χρησιμοποιείται σε αυτό το μάθημα.

2. Σκοπός χρήσης – Μετεωρολογικές απαιτήσεις

Οι ΑΜΣ χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της αξιοπιστίας και την αύξηση του αριθμού των παρατηρήσεων εδάφους. Αυτό επιτυγχάνεται με :

- (α) Αύξηση της πυκνότητας των σταθμών του υπάρχοντος δικτύου παρέχοντας δεδομένα από σταθμούς σε νέες τοποθεσίες καθώς και από σταθμούς σε δυσπρόσιτες περιοχές.
- (β) Παροχή δεδομένων, για τους στελεχωμένους σταθμούς, εκτός των κανονικών ωρών εργασίας.
- (γ) Αύξηση της αξιοπιστίας των μετρήσεων χρησιμοποιώντας νέα τεχνολογία και ψηφιακές τεχνικές μέτρησης.
- (δ) Διασφάλιση της ομοιογένειας των δικτύων προτυποποιώντας τις τεχνικές μέτρησης.
- (ε) Ικανοποίηση των νέων αναγκών και απαιτήσεων των παρατηρήσεων.
- (στ) Μείωση των ανθρωπίνων λαθών.
- (ζ) Μείωση του λειτουργικού κόστους μειώνοντας τον αριθμό των παρατηρητών.
- (η) Πραγματοποιώντας μετρήσεις και αναφορές με μεγάλη συχνότητα ή συνεχώς.

Όταν μια Μετεωρολογική Υπηρεσία πρόκειται να προβεί στην εγκατάσταση ΑΜΣ θα πρέπει :

- (α) Να χρησιμοποιήσει εκείνα τα συστήματα που είναι επαρκώς τεκμηριωμένα, δηλαδή να υπάρχουν για αυτά τα συστήματα όλα εκείνα τα έγγραφα που θα δώσουν μία σαφή και κατανοητή εικόνα για τις δυνατότητες των συστημάτων, των χαρακτηριστικών τους και των όποιων αλγορίθμων χρησιμοποιούν.

- (β) Να αναπτύξει το απαιτούμενο εξειδικευμένο τεχνικό προσωπικό που θα χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη αυτών των συστημάτων.
- (γ) Να χρησιμοποιήσει έναν αριθμό χρηστών για τη δοκιμή και την αξιολόγηση των νέων ΑΜΣ.
- (δ) Να έρθει σε συμφωνία με την κατασκευάστρια εταιρία για την εξέταση της αναγκαιότητας βελτιώσεων στη λειτουργία των ΑΜΣ.
- (ε) Να αναπτύξει λεπτομερείς οδηγίες και τεκμηρίωση του συστήματος για την υποστήριξη όλων των χρηστών.
- (στ) Να αναπτύξει κατάλληλα προγράμματα συντήρησης και ρύθμισης (calibration) για την υποστήριξη των ΑΜΣ.
- (ζ) Να συνεργάζεται με άλλους χρήστες (π.χ. τις αρχές αεροναυτιλίας) σε όλα τα στάδια εγκατάστασης ΑΜΣ, από την αρχική σχεδίαση μέχρι την επιχειρησιακή λειτουργία των ΑΜΣ.
- (η) Να αναπτύξει κώδικες αναφοράς παρατηρήσεων για εθνική και διεθνή χρήση για παρατηρήσεις που προέρχονται τόσο από αυτόματους όσο και από στελεχωμένους σταθμούς.

Επίσης οι γενικές απαιτήσεις που αφορούν τα όργανα που πρέπει να έχουν οι ΑΜΣ, τη θέση των οργάνων τους και το χρόνο των παρατηρήσεων, είναι παρόμοιες με αυτές των στελεχωμένων Μετεωρολογικών σταθμών.

Όταν ένας ΑΜΣ πρέπει να παρέχει στοιχεία για το κλιματολογικό αρχείο θα πρέπει απαραίτητα να λαμβάνονται όλα εκείνα τα μέτρα που θα εξασφαλίζουν την πληρότητα και την ομοιογένεια των κλιματικών στοιχείων με αυτά που λαμβάνονταν από το στελεχωμένο σταθμό. Έτσι θα πρέπει :

- (α) Στις περιπτώσεις όπου ένας ΑΜΣ θα αντικαταστήσει ένα στελεχωμένο που λειτουργεί για πολλά χρόνια, θα πρέπει να υπάρξει ένα χρονικό διάστημα κοινής λειτουργίας (του ΑΜΣ και του στελεχωμένου) τέτοιο που θα εξασφαλίσει την ομοιογένεια των δεδομένων. Αυτό το κοινό διάστημα εξαρτάται αφενός από την κλιματική περιοχή και αφετέρου από το μετρούμενο μετεωρολογικό στοιχείο. Έτσι ο χρόνος κοινής λειτουργίας θα μπορούσε να είναι μικρότερος στις τροπικές και τις νησιωτικές περιοχές απ'ότι στις εύκρατες, τις πολικές και τις ορεινές περιοχές. Για τα επιμέρους μετεωρολογικά στοιχεία το προτεινόμενο από τον WMO διάστημα κοινής λειτουργίας είναι :

- Για τη διεύθυνση και ένταση του ανέμου 12 μήνες.
- Για τη θερμοκρασία, την υγρασία, την ηλιοφάνεια και την εξάτμιση 24 μήνες.
- Για τον υετό 60 μήνες.

Ένας χρήσιμος συμβιβασμός για όλα τα μετεωρολογικά στοιχεία είναι μια περίοδος επικάλυψης λειτουργίας 24 μηνών (δηλαδή δύο εποχιακοί κύκλοι).

- (β) Να διατηρούνται αξιόπιστα στοιχεία για το ιστορικό του σταθμού (metadata, π.χ. θέση του σταθμού, ιστορικό συντήρησης και ρυθμίσεων που έχουν γίνει κ.λ.π.).

- (γ) Πρωτυποποίηση των διαδικασιών για τη διασφάλιση της ποιότητας και για την επεξεργασία των δεδομένων των ΑΜΣ.
- (δ) Να καθορίζονται επακριβώς οι απαιτήσεις των χρηστών των κλιματικών δεδομένων και να λαμβάνονται υπόψη κατά την ανάπτυξη του συστήματος του ΑΜΣ.
- (ε) Να γίνει εκπαίδευση των χρηστών των κλιματικών δεδομένων στην αποτελεσματική διαχείριση των δεδομένων που δίνουν οι ΑΜΣ.
- (στ) Θα πρέπει να αναπτυχθούν προδιαγραφές για έναν πρότυπο κλιματολογικό ΑΜΣ ως προς το ποιες μεταβλητές θα πρέπει να δίνει για κάθε μετεωρολογικό στοιχείο (π.χ. ακραίες τιμές, μέσοι όροι κ.λ.π.). Ο τρόπος καταγραφής των μεταβλητών αυτών να είναι συμβατός με αυτόν που προερχόταν από το στελεχωμένο σταθμό.

3. Τύποι Αυτόματων Μετεωρολογικών Σταθμών

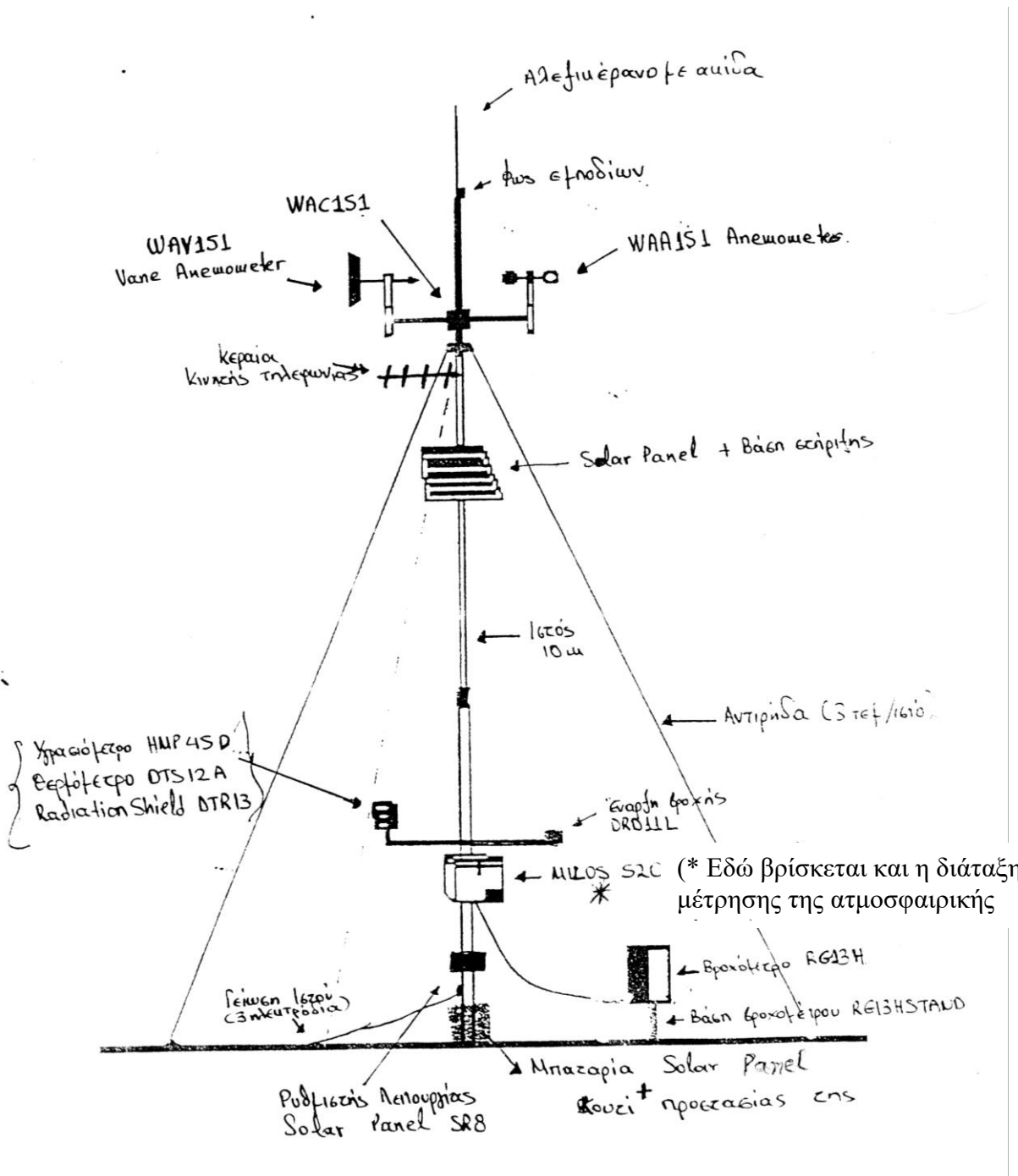
Οι ΑΜΣ χρησιμοποιούνται για να ικανοποιήσουν αρκετές απαιτήσεις που ξεκινούν από την χρήση τους από τον παρατηρητή σαν ένα απλό βοήθημα έως την πλήρη αντικατάσταση των παρατηρητών σε έναν πλήρως αυτοματοποιημένο σταθμό. Είναι δυνατή η ταξινόμηση των ΑΜΣ σε κάποιες κατηγορίες, όμως συνήθως τα όρια αυτών των κατηγοριών είναι ασαφή. Έτσι μία γενική ταξινόμηση των ΑΜΣ μπορεί να γίνει ως προς το αν παρέχουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο ή όχι:

- ΑΜΣ Πραγματικού Χρόνου (Real-time AWS): Είναι ένας σταθμός που παρέχει μετεωρολογικά δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, τυπικά σε προγραμματισμένες ώρες αλλά και σε ώρες που χρειάζεται να εκδοθεί κάποια προειδοποίηση για τις καιρικές συνθήκες. Επίσης μπορεί να δώσει μετεωρολογικά δεδομένα και όποτε ζητηθεί από κάποιον χρήστη. Τυπικά παραδείγματα χρήσης αυτών των ΑΜΣ είναι για την παροχή δεδομένων από συνοπτικές παρατηρήσεις και για την έκδοση προειδοποιήσεων (warnings) π.χ. στην περίπτωση καταιγίδας.
- ΑΜΣ Μη Πραγματικού Χρόνου (Off-line AWS): Είναι ένας σταθμός που καταγράφει τα μετεωρολογικά δεδομένα σε συσκευές αποθήκευσης σε συνδυασμό με μία συσκευή απεικόνισης των δεδομένων. Ο παρατηρητής επεμβαίνει για να στείλει τα δεδομένα σε έναν απομακρυσμένο χρήστη. Τυπικά παραδείγματα τέτοιων σταθμών είναι οι κλιματολογικοί, καθώς και οι σταθμοί που χρησιμοποιούνται μόνο σαν βοηθήματα από τον παρατηρητή.

Δεν είναι ασύνηθες το γεγονός ο ίδιος ΑΜΣ να χρησιμοποιείται και ως πραγματικού χρόνου και ως μη πραγματικού χρόνου. Και στους δύο αυτούς τύπους ΑΜΣ μπορεί ο παρατηρητής (όπου υπάρχει) να επέμβει και να διορθώσει τις παρατηρήσεις καθώς και να προσθέσει παρατηρήσεις που δεν γίνονται αυτόματα, όπως τον παρόντα και τον παρελθόντα καιρό ή να προσθέσει παρατηρήσεις που αν γίνονταν αυτόματα θα απαιτούσαν υψηλό κόστος, όπως το ύψος των νεφών, το είδος του υετού και η ορατότητα. Ένας τέτοιος σταθμός ουσιαστικά είναι ημιαυτόματος.

Καθώς το κόστος των ΑΜΣ μπορεί να γίνει πολύ υψηλό οι δυνατότητες του ΑΜΣ χρησιμοποιούνται τόσο σε κοινές περιπτώσεις, όπως για συνοπτικούς, αεροναυτικούς, γεωργικούς, υδρολογικούς και κλιματολογικούς σκοπούς, όσο και σε εξειδικευμένες περιπτώσεις όπως στην ένδειξη μετεωρολογικών συνθηκών σε οδικούς άξονες, χιονοδρομικά κέντρα κ.λ.π.

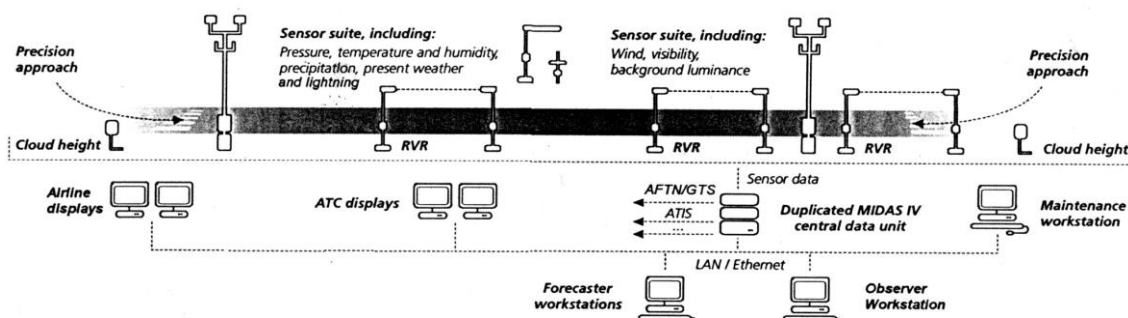
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται μία αναπαράσταση ενός Αυτόματου Μετεωρολογικού Σταθμού του οποίου όλα σχεδόν τα όργανα βρίσκονται πάνω σε έναν ιστό.



Σχήμα 1. Αυτόματος Μετεωρολογικός Σταθμός.

Η διάταξη του παραπάνω σχήματος, αν και εξοικονομεί αρκετό χώρο, δεν είναι η μοναδική που χρησιμοποιείται στους ΑΜΣ. Πολλές φορές υπάρχει η ανάγκη τα όργανα να βρίσκονται τοποθετημένα σε κατάλληλες θέσεις έτσι ώστε να λαμβάνονται οι τιμές των μετεωρολογικών παραμέτρων για τις θέσεις αυτές* οι συγκεκριμένες

τιμές αυτών των παραμέτρων παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο για την απρόσκοπτη λειτουργία μιας εγκατάστασης. Κλασικό παράδειγμα ένας ΑΜΣ που είναι εγκατεστημένος σε ένα αεροδρόμιο όπου τα διάφορα όργανα πρέπει να βρίσκονται στις κατάλληλες θέσεις π.χ. τα ανεμόμετρα στα άκρα των διαδρόμων, όργανα μέτρησης της ορατότητας του διαδρόμου κ.λ.π. Ένα σχηματικό διάγραμμα ενός ΑΜΣ σε αεροδρόμιο φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2. Σύστημα ΑΜΣ σε αεροδρόμιο.

Στο παραπάνω σχήμα δεν φαίνονται μόνο οι θέσεις των βασικών οργάνων μέτρησης αλλά φαίνονται και άλλα βασικά τμήματα που αποτελούν ένα ολοκληρωμένο σύστημα ΑΜΣ (όπως η κεντρική μονάδα επεξεργασίας δεδομένων και οι σταθμοί εργασίας του εμπλεκόμενου προσωπικού). Αναφορά στα τμήματα που αποτελούν έναν ΑΜΣ γίνεται παρακάτω.

4. Τμήματα ενός ΑΜΣ

Ένας ΑΜΣ μπορεί να αποτελείται από ένα αυτοματοποιημένο σύστημα μετεωρολογικής παρατήρησης (AWOS) ή από ένα σύνολο αυτόνομων συσκευών μέτρησης που συνδέονται σε μία μονάδα συλλογής και εκπομπής δεδομένων. Τυπικά ένας ΑΜΣ αποτελείται από τα εξής τμήματα :

- (α) Από μία σειρά αυτόματοποιημένων αισθητήρων που βρίσκονται στις πρόπευτες θέσεις μέσα σε μία κατάλληλη έκταση μεγαλύτερη από 25m x 25m (σύσταση κατά WMO). Οι αισθητήρες αυτοί συνδέονται σε μία ή περισσότερες μονάδες συλλογής δεδομένων ενώ σε ένα σύστημα AWOS οι αισθητήρες είναι κατευθείαν συνδεδεμένοι σε ένα κεντρικό σύστημα επεξεργασίας μέσω θωρακισμένων καλωδίων, οπτικών ινών ή ασύρματων ζεύξεων.
- (β) Από ένα κεντρικό σύστημα επεξεργασίας (CPS – Central Processing System), για την ανάκτηση των δεδομένων από τους αισθητήρες και την μετατροπή τους σε σήμα που να μπορεί να «διαβαστεί» από τους Η/Υ. Τα δεδομένα επεξεργάζονται κατάλληλα με τη βοήθεια ενός μικροϋπολογιστικού συστήματος σύμφωνα με συγκεκριμένους αλγορίθμους. Επίσης γίνεται η προσωρινή αποθήκευση των επεξεργασμένων δεδομένων και η εκπομπή τους προς τους απομακρυσμένους χρήστες αυτών των μετεωρολογικών πληροφοριών.

- (γ) Από τον περιφερειακό εξοπλισμό (Peripheral equipment), όπως ένα σταθεροποιημένο τροφοδοτικό που τροφοδοτεί με ηλεκτρικό ρεύμα τα διάφορα μέρη του σταθμού, ένα ρολόι πραγματικού χρόνου και από συσκευές ελέγχου για την αυτόματη παρακολούθηση των πιο σημαντικών μερών του σταθμού. Για ειδικές εφαρμογές ο σταθμός περιλαμβάνει και τοπικά τερματικά για εισαγωγή και διόρθωση δεδομένων από τον παρατηρητή, συσκευές απεικόνισης και εκτυπωτές ή συσκευές καταγραφής.

5. Οι αισθητήρες

Οι μετεωρολογικές απαιτήσεις για τους αισθητήρες στους ΑΜΣ δε διαφέρουν πολύ από αυτές για τους στελεχωμένους σταθμούς. Επειδή οι μετρήσεις στους περισσότερους ΑΜΣ ελέγχονται από μεγάλες αποστάσεις, αυτοί οι αισθητήρες πρέπει να είναι ανθεκτικοί και να μην παρουσιάζουν ενδογενή συστηματικά σφάλματα ή αβεβαιότητες καθώς λαμβάνουν μετρήσεις μιας μεταβλητής. Γενικά σε έναν ΑΜΣ μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλοι οι αισθητήρες που δίνουν στην έξοδό τους ηλεκτρικό σήμα. Υπάρχει μία μεγάλη ποικιλία αισθητήρων – όσον αφορά τα χαρακτηριστικά τους, την ποιότητα και την τιμή τους - που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα αυτόματα συστήματα ανάκτησης δεδομένων. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του σήματος που δίνουν στη έξοδό τους μπορεί να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες :

- Αναλογικοί αισθητήρες (Analogue sensors). Συνήθως η έξοδος αυτών των αισθητήρων είναι της μορφής τάσης, ρεύματος, αντίστασης, φορτίου ή χωρητικότητας. Αυτά τα σήματα μετατρέπονται σε μεταβολές τάσης.
- Ψηφιακοί αισθητήρες (Digital sensors). Η έξοδος αυτών των αισθητήρων είναι ψηφιακό σήμα με την πληροφορία να είναι υπό τη μορφή παλμοσειράς από bits.
- «Εξυπνοι» αισθητήρες (Intelligent sensors ή transducers). Αυτοί περιλαμβάνουν μία μονάδα ανάκτησης δεδομένων βασισμένη σε μικροεπεξεργαστή και δίνουν ψηφιακή έξοδο σε σειριακή ή παράλληλη μορφή.

Παρακάτω ακολουθεί μία περιγραφή των κυριότερων αισθητήρων που χρησιμοποιούνται σε έναν ΑΜΣ.

5.1 Ατμοσφαιρική πίεση

Υπάρχει μία μεγάλη ποικιλία ηλεκτρονικών βαρομέτρων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στους ΑΜΣ. Οι συσκευές αυτές, οι οποίες παρέχουν στην έξοδό τους ένα ηλεκτρικό σήμα σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή, χρησιμοποιούν ως αισθητήρες είτε μία ανεροειδή κάψουλα, είτε ένα κρύσταλλο χαλαζία είτε ακόμα ένα κυλινδρικό αντηχείο.

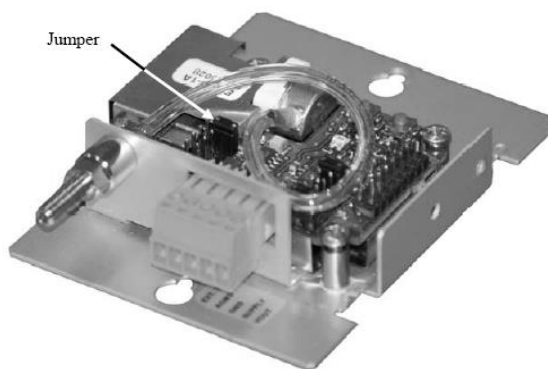
Σε μία ανεροειδή κάψουλα, η κάψουλα είναι προσαρμοσμένη σε ένα σύστημα πλακών πυκνωτή (capacitive displacement detectors) όπου η μία πλάκα μετακινείται υπό την επίδραση της ατμοσφαιρικής πίεσης ενώ η άλλη πλάκα παραμένει σταθερή. Ο πυκνωτής αυτός είναι τμήμα ενός κυκλώματος, και οι μεταβολές της χωρητικότητάς του προκαλούν μεταβολές του ηλεκτρικού σήματος που δίνει το κύκλωμα. Οι μεταβολές αυτές του ηλεκτρικού σήματος αντιστοιχούν στις μεταβολές

της ατμοσφαιρικής πίεσης στο χώρο που βρίσκεται ο αισθητήρας. Σε κάποιες άλλες περιπτώσεις μπορεί η κινητή πλάκα της κάψουλας να μετακινεί το δρομέα ενός ποτενσιομέτρου (potentiometric displacement detectors) και έτσι να μεταβάλλεται μία αντίσταση (που αποτελεί μέρος του κυκλώματος που δίνει στην έξοδό του το ηλεκτρικό σήμα) ανάλογα με τις μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης. Και στην περίπτωση αυτή το ηλεκτρικό σήμα στην έξοδο του αισθητήρα ακολουθεί τις μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης.

Η λειτουργία ενός αισθητήρα με κρύσταλλο χαλαζία βασίζεται στην ιδιότητα που παρουσιάζει ο κρύσταλλος να μεταβάλλει την ηλεκτρική του αντίσταση όταν μεταβάλλεται η πίεση την οποία αυτός υφίσταται (piezo-resistive effect).

Στην περίπτωση του κυλινδρικού αντηχείου, οι μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης προκαλούν την μετακίνηση ενός από τα τοιχώματα του αντηχείου. Η φυσική συχνότητα συντονισμού εξαρτάται από τις διαστάσεις του αντηχείου. Επομένως οι μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης, καθώς προκαλούν μεταβολές στις διαστάσεις του αντηχείου, προκαλούν μεταβολές της φυσικής συχνότητας συντονισμού του αντηχείου. Επομένως μπορεί να προσδιοριστεί μετά από μετρήσεις μία σχέση μεταξύ της φυσικής συχνότητας συντονισμού και της ατμοσφαιρικής πίεσης. Μετρώντας επομένως τη φυσική συχνότητα συντονισμού του αντηχείου, μπορεί να προσδιοριστεί η ατμοσφαιρική πίεση.

Ένας αισθητήρας που χρησιμοποιείται συνήθως στους ΑΜΣ είναι ο χωρητικός αισθητήρας πίεσης κατασκευασμένος από πυρίτιο (silicon capacitive pressure sensor) γνωστός και με την ονομασία Barocap που αναπτύχθηκε από την εταιρία Vaisala. Τέτοιοι αισθητήρες έχουν περιοχή μέτρησης από 600 μέχρι 1100 hPa, λειτουργούν σε θερμοκρασίες από -40 μέχρι $+60$ °C με ακρίβεια $\pm 0,6$ hPa για θερμοκρασίες από 0 ως $+40$ °C. Το εσωτερικό ενός κυκλώματος με τέτοιο αισθητήρα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



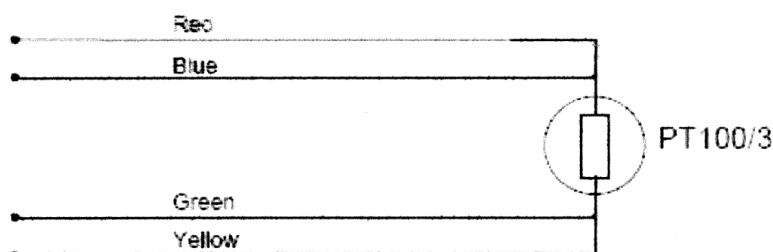
Σχήμα 3. Κύκλωμα αισθητήρα ατμοσφαιρικής πίεσης. Ο ατμοσφαιρικός αέρας φθάνει στον αισθητήρα μέσω του διαφανούς σωλήνα.

Τα κυριότερα προβλήματα που θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπ' όψη από τους κατασκευαστές ΑΜΣ είναι τα ανεπιθύμητα φαινόμενα της επίδρασης των μεταβολών της θερμοκρασίας, της μακροχρόνιας ολίσθησης (δηλαδή της δημιουργίας μίας απόκλισης από την πραγματική τιμή η οποία αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου), των δονήσεων ή κραδασμών και της έκθεσης στο περιβάλλον. Η επίδραση των μεταβολών της θερμοκρασίας είναι πολύ σημαντική και δεν μπορεί να αντισταθμιστεί πλήρως από ενσωματωμένα ηλεκτρονικά κυκλώματα θερμοκρασιακής

αντιστάθμισης. Οι αισθητήρες πίεσης των ΑΜΣ παρουσιάζουν μία ενδογενή απόκλιση από την ακρίβειά τους η οποία αυξάνει με την πάροδο του χρόνου, η οποία τυπικά είναι λιγότερο από 0,2 με 0,3 hPa κάθε έξι μήνες, και ως εκ τούτου απαιτούν μία τακτική περιοδική ρύθμιση (calibration). Η επίδραση των δονήσεων και των κραδασμών στο σήμα που δίνει στην έξοδο ο αισθητήρας είναι σημαντική ειδικά στους ΑΜΣ που χρησιμοποιούνται στη θάλασσα. Λόγω της ευαισθησίας που παρουσιάζουν οι περισσότεροι αισθητήρες πίεσης εξαιτίας της έκθεσης τους σε εξωτερικούς χώρους, αυτοί τοποθετούνται σε στεγανά και θερμοελεγχόμενα κουτιά μέσα στο χώρο που βρίσκεται το Κεντρικό Σύστημα Επεξεργασίας (CPS). Σε περιπτώσεις όπου χρειάζεται υψηλή ακρίβεια και αξιοπιστία (π.χ. στην αεροναυτιλία ή σε απομακρυσμένους σταθμούς), ο ΑΜΣ περιλαμβάνει δύο ή περισσότερους αισθητήρες πίεσης.

5.2 Θερμοκρασία

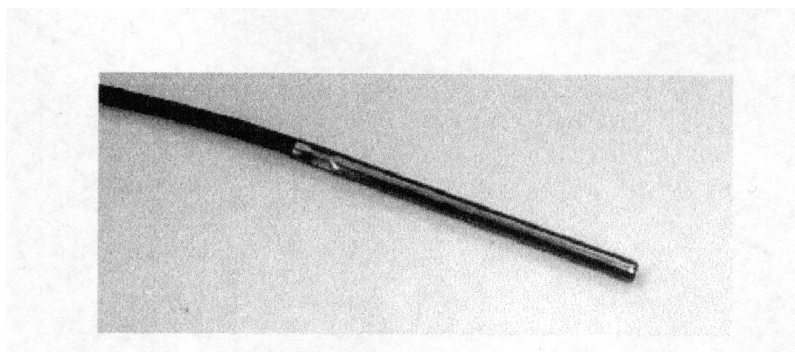
Οι πιο συνηθισμένοι τύποι θερμομέτρων που χρησιμοποιούνται στους ΑΜΣ είναι τα θερμόμετρα ηλεκτρικής αντίστασης που χρησιμοποιούν μέταλλα ή θερμίστορς. Ειδικότερα το θερμόμετρο που χρησιμοποιεί πλατίνα (100Ω στους 0°C) παρουσιάζει μεγάλη σταθερότητα μετά από μακροχρόνια χρήση και ως εκ τούτου χρησιμοποιείται πολύ στους ΑΜΣ. Τα θερμόμετρα πλατίνας είναι γνωστά και με τα αρχικά PRT (Platinum Resistance Thermometers). Κάποια τυπικά χαρακτηριστικά θερμομέτρων πλατίνας που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι περιοχή μέτρησης από -50°C μέχρι +80°C (κάποιοι όμως τύποι καλύπτουν την περιοχή από -200 έως +650°C !) και ακρίβεια της τάξης $\pm 0,15^\circ\text{C}$. Τα θερμόμετρα αυτά έχουν 3 ή 4 καλώδια σύνδεσης μήκους 3 μέτρων, έτσι το θερμόμετρο αυτό παρέχεται με τη συνδεσμολογία του παρακάτω σχήματος.



Σχήμα 4. Συνδεσμολογία των καλωδίων (που καταλήγουν σε μία γέφυρα Wheatstone) σε ένα θερμόμετρο πλατίνας.

Με αυτά τα καλώδια το θερμόμετρο συνδέεται με μια γέφυρα Wheatstone προκειμένου να επιτευχθεί η διαδικασία εξισορρόπησης (αντιμετώπιση των σφαλμάτων που εισάγονται λόγω της αντίστασης των καλωδίων σύνδεσης).

Εκτός από τα θερμόμετρα πλατίνας, αρκετά συχνά χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της θερμοκρασίας στους ΑΜΣ και τα θερμίστορς (thermistors) τα οποία κατασκευάζονται από ημιαγωγούς με βάση διάφορα οξειδία μετάλλων. Ένα θερμίστορ μπορεί να έχει αρνητικό θερμικό συντελεστή (η αντίστασή του να μειώνεται με άνοδο της θερμοκρασίας – NTC, Negative Temperature Coefficient) ή θετικό θερμικό συντελεστή (η αντίστασή του να μεγαλώνει με άνοδο της θερμοκρασίας – PTC, Positive Temperature Coefficient). Στο σχήμα φαίνεται ένας αισθητήρας θερμοκρασίας με θερμίστορ.



Σχήμα 5. Αισθητήρας θερμοκρασίας με θερμίστορ.

Τα θερμίστορ χρησιμοποιούνται λόγω των πλεονεκτημάτων τους (μικρό μέγεθος, αυξημένη ευαισθησία, αντίσταση συνάρτηση μόνο της θερμοκρασίας). Η περιοχή μετρήσεων που καλύπτουν είναι από -50 μέχρι $+70^{\circ}\text{C}$, ενώ η ακρίβεια που παρουσιάζουν είναι της τάξης $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$. Και οι αισθητήρες με θερμίστορ συνδέονται σε γέφυρα Wheatstone για τους λόγους που έχουν αναφερθεί.

Τα ηλεκτρικά θερμόμετρα συνήθως έχουν μικρή σταθερά χρόνου και επομένως η έξοδός τους αποδίδει τις γρήγορες μικρομεταβολές της θερμοκρασίας που συμβαίνουν σε έναν τόπο. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα. Έτσι θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αισθητήρες με μεγάλη σταθερά χρόνου ή να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα κυκλώματα που να αυξάνουν τεχνητά τη σταθερά χρόνου στην έξοδο του αισθητήρα. Επίσης θα μπορούσε να βρίσκεται η μέση τιμή του σήματος εξόδου χρησιμοποιώντας ψηφιακές τεχνικές στο Κεντρικό Σύστημα Επεξεργασίας (CPS).

Τα ηλεκτρικά θερμόμετρα αντίστασης απαιτούν γραμμικοποίηση (linearization), δηλαδή να υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ του σήματος εξόδου του αισθητήρα και της μετρούμενης θερμοκρασίας. Αυτό μπορεί να γίνει με κατάλληλα κυκλώματα μορφοποίησης του σήματος ή ακόμα και ψηφιακά με τη χρήση κατάλληλων αλγορίθμων.

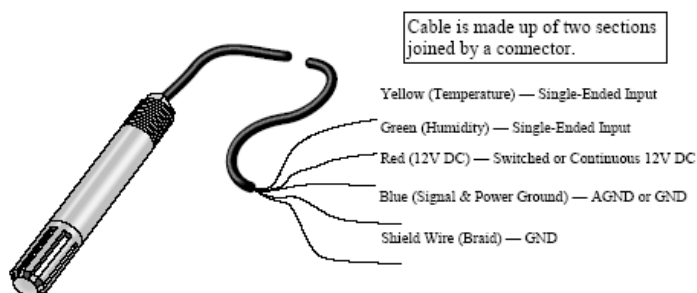
Επίσης πολύ σημαντικό είναι το θέμα της έκθεσης του αισθητήρα θερμοκρασίας στην ακτινοβολία, στη σκόνη και τη βροχή. Για τούτο το λόγο χρησιμοποιούνται ειδικά προστατευτικά καλύμματα που προσαρμόζονται στο μέγεθος του αισθητήρα. (Για ακριβείς μετρήσεις τα καλύμματα ακτινοβολίας θα μπορούσαν να έχουν τεχνητό αερισμό με ταχύτητα αέρα 3m/sec).

5.3 Υγρασία

Για την άμεση μέτρηση της σχετικής υγρασίας στους ΑΜΣ χρησιμοποιούνται σχετικά χαμηλού κόστους αισθητήρες αντίστασης και χωρητικότητας. Η απόδοση αυτών των αισθητήρων καθίσταται προβληματική όταν λειτουργούν σε περιβάλλον που είναι επιβαρυνμένο με ρυπαντές, οπότε τότε θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ειδικά προστατευτικά φίλτρα. Επίσης ειδικές διορθώσεις θα πρέπει να γίνονται για μετρήσεις σε θερμοκρασία κάτω από 0°C ακόμα και αν οι αισθητήρες περιλαμβάνουν κυκλώματα αντιστάθμισης θερμοκρασίας.

Επίσης στους ΑΜΣ χρησιμοποιούνται και άλλοι μετρητές όπως αυτοί του κορεσμένου χλωριούχου λιθίου (saturated lithium chloride sensor) και μετρητές του σημείου δρόσου όπως αυτός του ψυχόμενου καθρέπτη (chilled mirror sensor). Οι μετρητές χλωριούχου λιθίου αποτελούνται από μία υφασμάτινη ταινία εμποτισμένη σε διάλυμα κορεσμένου χλωριούχου λιθίου, του οποίου η αντίσταση είναι συνάρτηση της σχετικής υγρασίας του αέρα εντός του οποίου βρίσκεται η αναφερθείσα ταινία. Το κυριώτερο μειονέκτημα του αισθητήρα κορεσμένου χλωριούχου λιθίου είναι η ευαισθησία του στις διακοπές ρεύματος· σε αυτή την περίπτωση απαιτείται επιτόπια επέμβαση για να αποκατασταθεί η λειτουργία του αισθητήρα. Ο οπτικός μετρητής ψυχόμενου καθρέπτη του σημείου δρόσου είναι μία πολλά υποσχόμενη μέθοδος που ωστόσο απαιτεί περαιτέρω βελτιώσεις προκειμένου να βρεθεί μία καλή συσκευή αυτόματου καθαρισμού του καθρέπτη. Σε αυτή την περίπτωση, η εξάτμιση ενός πτητικού υγρού, όπως ο αιθέρας, προκαλεί την συμπύκνωση των υδρατμών του αέρα πάνω σε μία επιφάνεια καθρέπτη προκαλώντας τη θόλωση αυτής της επιφάνειας. Μετρώντας τη θερμοκρασία που συμβαίνει αυτή η θόλωση προσδιορίζεται η θερμοκρασία του σημείου δρόσου.

Εκείνο που γίνεται συνήθως στην πράξη είναι η ύπαρξη μέσα στην ίδια συσκευασία ενός αισθητήρα θερμοκρασίας και ενός αισθητήρα σχετικής υγρασίας, όπως στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 6. Αισθητήρας θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας.

Στη συσκευασία του σχήματος περιλαμβάνονται ένας αισθητήρας θερμοκρασίας PRT (πλατίνας) και σχετικής υγρασίας ο οποίος είναι ένας χωρητικός αισθητήρας υγρασίας (capacitive humidity sensor). Στον χωρητικό αισθητήρα, οι μεταβολές της υγρασίας προκαλούν μεταβολές της διηλεκτρικής σταθεράς του μονωτικού υλικού ενός πυκνωτή μεταβάλλοντας συνεπώς τη χωρητικότητά του. Για τον αισθητήρα υγρασίας η περιοχή μετρήσεών του είναι από 0 έως 100% (σχετική υγρασία), ενώ η ακρίβειά του είναι της τάξης του $\pm 5\%$.

Τα προβλήματα που σχετίζονται με τη μικρή σταθερά χρόνου των περισσότερων αισθητήρων υγρασίας είναι πιο σημαντικά από εκείνα των αισθητήρων θερμοκρασίας. Όπως συμβαίνει με τους αισθητήρες θερμοκρασίας, έτσι και οι αισθητήρες υγρασίας τοποθετούνται σε παρόμοια ειδικά καλύμματα προστασίας από ακτινοβολία, τα οποία πρέπει να είναι καλά αεριζόμενα. Συνήθως και οι δύο αυτοί αισθητήρες ή η συσκευασία που περιλαμβάνει τους αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας μπαίνουν στο ίδιο κάλυμμα προστασίας. Ένα τέτοιο προστατευτικό κάλυμμα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 7. Προστατευτικό κάλυμμα για αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας.

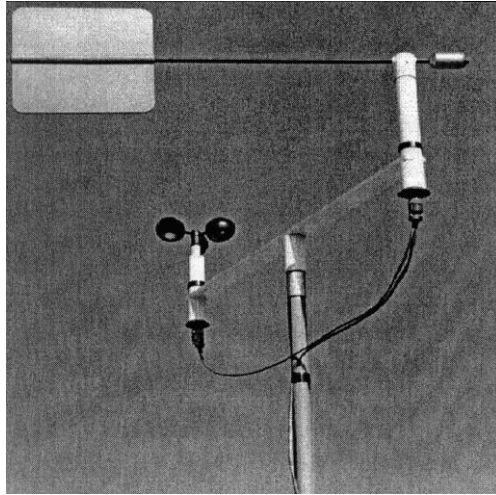
Μπορεί να θεωρηθεί ότι το προστατευτικό αυτό κάλυμμα υποκαθιστά το μετεωρολογικό κλωβό όπου τοποθετούνται τα συμβατικά όργανα θερμοκρασίας και υγρασίας. Τυπικές διαστάσεις για τέτοια καλύμματα είναι 15 cm διάμετρος και 25 με 30 cm ύψος, δηλαδή έχουν πολύ μικρότερες διαστάσεις από αυτές των μετεωρολογικών κλωβών με συμβατικά όργανα.

5.4 Άνεμος

Η χρήση συμβατικών ανεμομέτρων με κύπελλα ή έλικα, τα οποία δίνουν στην έξοδο παλμικό σήμα ή σήμα κάποιας συχνότητας, είναι ευρέως διαδεδομένη και δεν παρουσιάζει άλλα τεχνικά προβλήματα εκτός αυτών που οφείλονται στην παγοποίηση. Η κατάσταση αυτή μπορεί να αντιμετωπιστεί με την τεχνητή θέρμανση του αισθητήρα, αλλά με σημαντική αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος.

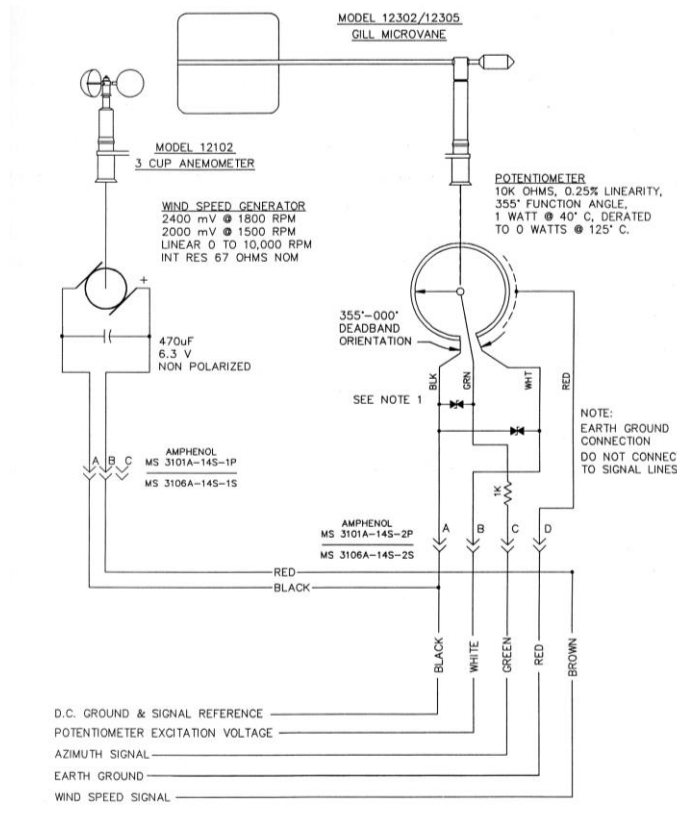
Για τη μέτρηση της διεύθυνσης του ανέμου στους ΑΜΣ είναι συνηθισμένη η χρήση αναλογικών οργάνων που χρησιμοποιούν ένα ποτενσιόμετρο. Τα τελευταία χρόνια κερδίζει έδαφος η χρήση ανεμοδεικτών που είναι εφοδιασμένοι με ψηφιακό μετατροπέα του σήματος εξόδου.

Ένα όργανο μέτρησης διεύθυνσης και ταχύτητας ανέμου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 8. Διάταξη μέτρησης διεύθυνσης και ταχύτητας ανέμου.

Το όργανο αυτό χρησιμοποιεί για τη μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου ένα ανεμόμετρο τριών κυπέλλων και για τη διεύθυνση του ανέμου το σύστημα με την κάθετη πλάκα και το αντίβαρο (η διεύθυνση από όπου πνέει ο άνεμος δείχνεται από το αντίβαρο και ως εκ τούτου αυτή η διάταξη απαιτεί προσανατολισμό). Το κυκλωματικό διάγραμμα που αντιστοιχεί σε ένα τέτοιο όργανο φαίνεται παρακάτω.



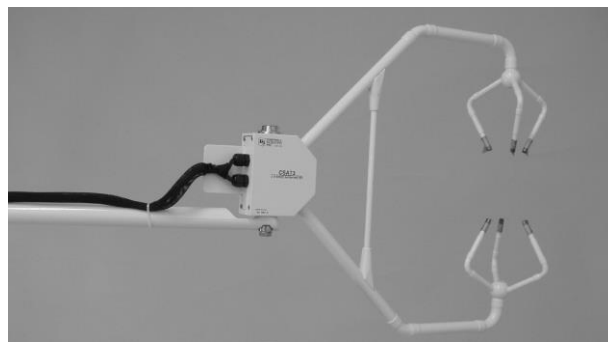
Σχήμα 9. Κυκλωματικό διάγραμμα της διάταξης μέτρησης ανέμου του προηγούμενου σχήματος.

Όπως φαίνεται από το σχήμα, ο άξονας περιστροφής του συστήματος των τριών κυπέλλων καταλήγει σε μία ηλεκτρογεννήτρια η οποία παράγει ηλεκτρικό σήμα στην έξοδό της. Η τάση αυτού του σήματος είναι ανάλογη του αριθμού των στροφών ανά λεπτό που κάνει ο άξονας της ηλεκτρογεννήτριας. Ο αριθμός των στροφών που εκτελεί ανά λεπτό ο άξονας της ηλεκτρογεννήτριας, δηλαδή ο άξονας του συστήματος των τριών κυπέλλων, είναι ανάλογος της ταχύτητας του πνέοντος ανέμου. Επομένως όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του ανέμου τόσο μεγαλύτερη τάση θα παράγει η ηλεκτρογεννήτρια. Το σήμα αυτό μπορεί, ύστερα από τις κατάλληλες μετατροπές να οδηγηθεί σε ένα σύστημα ένδειξης ή/και καταγραφής της ταχύτητας του ανέμου. Επίσης ο άξονας περιστροφής του συστήματος πλάκας-αντίβαρου καταλήγει σε ένα ποτενσιόμετρο που αποτελεί τμήμα ενός διαιρέτη τάσης. Η τάση που δίνει στην έξοδο το κύκλωμα του διαιρέτη τάσης εξαρτάται από τον προσανατολισμό του συστήματος πλάκας-αντίβαρου, δηλαδή από τη διεύθυνση του ανέμου. Το σήμα αυτό οδηγείται επίσης, ύστερα από κατάλληλη επεξεργασία, σε έναν ενδείκτη ή καταγραφέα της διεύθυνσης του ανέμου.

Σε σύγχρονα συστήματα τα δύο σήματα που αντιστοιχούν στη διεύθυνση και την ταχύτητα του ανέμου οδηγούνται σε ψηφιακούς μετατροπείς οπότε δίνεται η δυνατότητα επεξεργασίας αυτών των σημάτων από ηλεκτρονικό υπολογιστή με ό,τι αυτό συνεπάγεται για τις παρεχόμενες δυνατότητες και την τεράστια ευελιξία στην επεξεργασία των δεδομένων.

Τυπικά χαρακτηριστικά για τα όργανα αυτά είναι για την ταχύτητα του ανέμου η περιοχή μέτρησης από 0 μέχρι 50m/s, το κατώφλι μέτρησης 0,5m/s και η ακρίβεια της τάξης $\pm 0,3$ m/s. Για τη διεύθυνση του ανέμου η περιοχή μέτρησης είναι ένας πλήρης κύκλος 360° και ακρίβεια της τάξης των $\pm 3^\circ$.

Σε κάποιες ειδικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και τα ηχητικά ανεμόμετρα (sonic anemometers), όπως του σχήματος.



Σχήμα 10. Ηχητικό ανεμόμετρο.

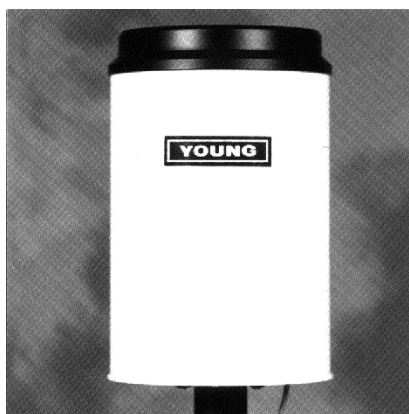
Η λειτουργία αυτών των ανεμομέτρων βασίζεται στο φαινόμενο Doppler (στη διαφορά φάσης που δημιουργείται σε δύο αντίθετα διαδιδόμενα ηχητικά κύματα που διανύουν τον ίδιο δρόμο εξαιτίας της επίδρασης της πνοής του ανέμου από κάποια διεύθυνση). Τα ανεμόμετρα αυτά έχουν πολύ υψηλή ακρίβεια της τάξης των 3cm/s, όμως δεν χρησιμοποιούνται στους ΑΜΣ εξαιτίας του υψηλού τους κόστους.

Ένα σύστημα μέτρησης ανέμου με μία σειριακή ψηφιακή έξοδο και με έναν ή περισσότερους ψηφιακούς ενδείκτες που παρέχουν άμεση οπτικοποίηση των

σημαντικότερων – επιχειρησιακά – στοιχείων του ανέμου (ριπές ανέμου, μέσο άνεμο για διάστημα 2 και 10 λεπτών, διεύθυνση ανέμου και άκρες τιμές) είναι ένα τυπικό παράδειγμα ενός «έξυπνου» αισθητήρα.

5.5 Υετός

Το πιο κοινό όργανο μέτρησης του ύψους βροχόπτωσης σε ένα ΑΜΣ είναι το βροχόμετρο τύπου ανατρεπόμενου ζυγού (tipping-bucket raingauge), όπως αυτό φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 11. Βροχόμετρο ανατρεπόμενου ζυγού.

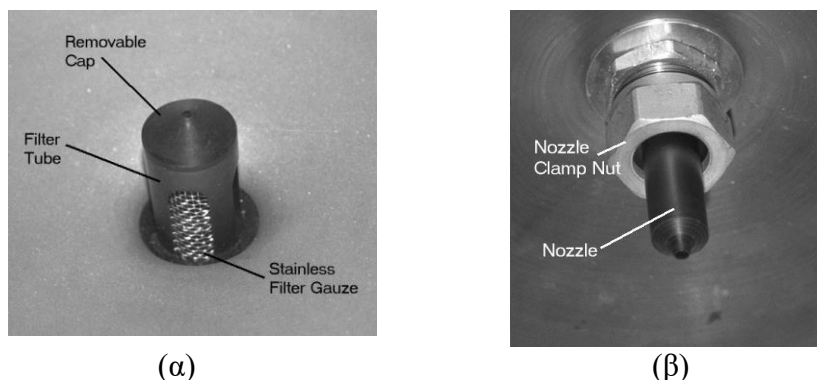
Η επιφάνεια συλλογής αυτού του βροχομέτρου είναι 200cm^2 , το κάθε γέμισμα του ενός από τους δύο χώρους του ζυγού αντιστοιχεί σε ύψος βροχής $0,1\text{mm}$ ενώ η ακρίβειά του είναι της τάξης του $\pm 3\%$ μέχρι όμως τα $50\text{mm}/\text{hour}$. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το εσωτερικό του οργάνου, όπου φαίνεται καθαρά ο ζυγός



Σχήμα 12. Το εσωτερικό ενός βροχομέτρου ανατρεπόμενου ζυγού.

Προσοχή θα πρέπει να δοθεί στο θέμα του σωλήνα εισόδου των σταγόνων της βροχής, ο οποίος μπορεί να βουλώσει από διάφορα υλικά (όπως για παράδειγμα φύλλα, άμμο, ακαθαρσίες πουλιών)· το θέμα αυτό είναι πολύ σημαντικό ειδικά για εκείνους τους ΑΜΣ που μένουν μη εποπτευόμενοι για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Έτσι τοποθετείται φίλτρο στην είσοδο του βρόχινου νερού και τελικά το νερό φθάνει

σε κάθε έναν από τους δύο χώρους του ζυγού μέσω ενός ακροφυσίου, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 13. (α) Φίλτρο στην είσοδο του βρόχινου νερού.

(β) Ακροφύσιο, μέσω του οποίου το εισερχόμενο νερό πέφτει σε κάθε έναν από τους δύο χώρους του ζυγού.

Επίσης θα πρέπει να θερμαίνονται κάποια τμήματα του οργάνου στην περίπτωση γίνονται μετρήσεις νετού σε θερμοκρασίες κάτω από 0°C. Αυτό θα μπορούσε να προκαλέσει προβλήματα τροφοδοσίας ηλεκτρικού ρεύματος, ειδικά στην περίπτωση που ο ΑΜΣ λειτουργεί με συσσωρευτή (μπαταρία). Στην περίπτωση οργάνων που έχουν τέτοια συστήματα θέρμανσης θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα σφάλματα που εισάγονται στη μέτρηση εξαιτίας των απωλειών ποσότητας νετού λόγω εξάτμισης. Κατά τον WMO θεωρείται ικανοποιητική η ακρίβεια της τάξης του 5 με 10%. Βελτίωση της ακρίβειας μπορεί να επιτευχθεί περιβάλλοντας το όργανο με έναν κατάλληλο ανεμοφράκτη.

Στους ΑΜΣ χρησιμοποιούνται κάποιες φορές και όργανα ανίχνευσης βροχής (rain detectors), όπως αυτό του σχήματος.



Σχήμα 14. Ανιχνευτής βροχής.

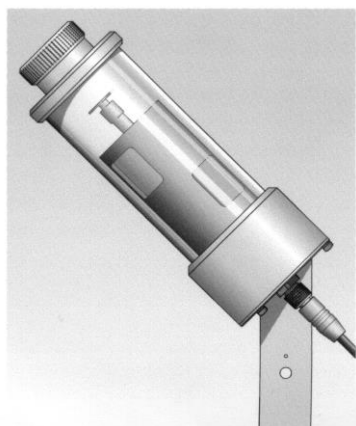
Η λειτουργία του οργάνου αυτού βασίζεται στη μεταβολή της χωρητικότητας του αισθητήρα (η κυκλική σκούρα επιφάνεια του σχήματος), που βρίσκεται υπό γωνία πάνω σε μία πλάκα αλουμινίου, όταν στην επιφάνειά του πέσουν σταγόνες βροχής. Το όργανο αυτό περιλαμβάνει και θερμοαντήρα προκειμένου να προστατεύεται ο αισθητήρας από χιόνι και πάγο και να αποφεύγεται ο σχηματισμός δρόσου στην

επιφάνεια του αισθητήρα. Ο θερμαντήρας επίσης βοηθάει στο γρηγορότερο στέγνωμα του αισθητήρα προκειμένου να ανιχνευτεί το τέλος της βροχής. Το σύστημα τοποθετείται μέσα σε ένα κυκλικό περίβλημα προκειμένου να προστατεύεται από τον άνεμο και να είναι δυνατή η ανίχνευση της ασθενούς βροχής.

Το όργανο αυτό δίνει στην έξοδό του ένα σήμα που αποτελείται από δύο στάθμες τάσης, μία που αντιστοιχεί στο «δεν βρέχει» και μία άλλη που αντιστοιχεί στο «βρέχει». Το όργανο έρχεται στην κατάσταση «βρέχει» αμέσως μόλις πέσουν οι πρώτες σταγόνες βροχής πάνω του ενώ έρχεται στην κατάσταση «δεν βρέχει» με μία καθυστέρηση το πολύ 5 λεπτών αφού σταματήσει να δέχεται σταγόνες. Επίσης το όργανο αυτό μπορεί να δώσει και ένα άλλο σήμα που να δίνει μία ένδειξη της έντασης της βροχόπτωσης ανάλογα με το πόσο υγρός είναι ο αισθητήρας.

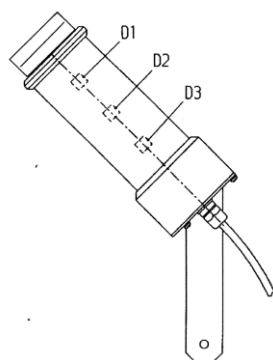
5.6 Ηλιοφάνεια

Για τη μέτρηση του χρόνου ηλιοφάνειας χρησιμοποιούνται όργανα με ηλεκτρικό σήμα στην έξοδό τους. Ένα όργανο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της διάρκειας της ηλιοφάνειας (της εταιρίας Kipp&Zonen) φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 15. Όργανο μέτρησης διάρκειας της ηλιοφάνειας.

Το όργανο αυτό προσανατολίζεται προς βορρά (για το βόρειο ημισφαίριο) και η γωνία που σχηματίζει ο άξονας του οργάνου με το οριζόντιο επίπεδο ισούται με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου (δεν υπάρχουν κινητά μέρη στο όργανο). Το όργανο λειτουργεί ως εξής: Μέσα στο όργανο υπάρχουν 3 αισθητήρες όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



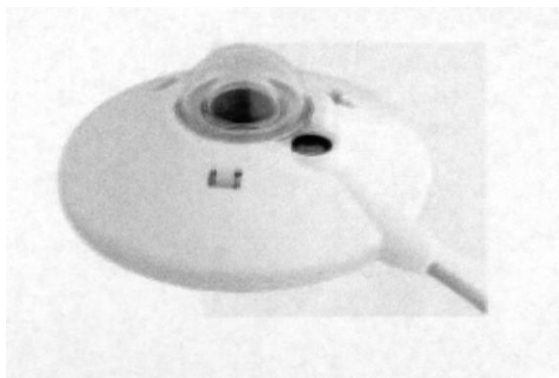
Σχήμα 16. Θέση των αισθητήρων στο όργανο μέτρησης ηλιοφάνειας.

Μέσα στο όργανο υπάρχουν οι 3 ίδιοι αισθητήρες D1, D2 και D3 (που ανιχνεύουν ακτινοβολία με μήκη κύματος 400-1100nm). Η ηλιακή ακτινοβολία φθάνει στους αισθητήρες από τον γυάλινο σωλήνα που τους περιβάλλει. Ο αισθητήρας D1 ανιχνεύει την ολική ηλιακή ακτινοβολία (άμεση και διάχυτη), ενώ οι D2 και D3 καλύπτουν μέρος του ουρανού. Το τμήμα του ουρανού που βλέπει ο D2 δεν το βλέπει ο D3 και αντιστρόφως. Το όργανο περιλαμβάνει ηλεκτρονικό κύκλωμα που καθορίζει ποιος από τους D2 και D3 λαμβάνει άμεση ηλιακή ακτινοβολία. (αυτός που έχει το μέγιστο σήμα). Τότε επιλέγεται ο άλλος αισθητήρας με το μικρότερο σήμα ο οποίος θεωρείται ότι λαμβάνει περίπου το 1/3 της διάχυτης ακτινοβολίας. Η τιμή που αντιστοιχεί στον αισθητήρα που δίνει το μικρότερο σήμα, αφού πολλαπλασιαστεί με έναν κατάλληλο συντελεστή, αφαιρείται από την τιμή του σήματος που δίνει ο αισθητήρας D1. Το αποτέλεσμα θεωρείται ότι αντιστοιχεί στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Ο WMO έχει υιοθετήσει μία τιμή κατωφλίου 120W/m² για ηλιακό φως που προέρχεται από άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι ο χρόνος που η άμεση ηλιακή ακτινοβολία είναι μεγαλύτερη από αυτή την τιμή κατωφλίου προσμετράται για την εύρεση της ηλιοφάνειας. Η ακρίβεια αυτού του οργάνου στην καταγραφή του χρόνου της ηλιοφάνειας ξεπερνά το 90% για το συνολικό χρόνο ηλιοφάνειας ενός μήνα. Όπως φαίνεται τα όργανα αυτά έχουν τη δυνατότητα μέτρησης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας εάν ληφθεί το ηλεκτρικό σήμα που αντιστοιχεί στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία από ξεχωριστή έξοδο. Δηλαδή τα όργανα αυτά εκτός από τη μέτρηση της ηλιοφάνειας μπορεί να λειτουργήσουν ταυτόχρονα και ως πυρηλιόμετρα.

Ένα σημαντικό πρόβλημα για τους αισθητήρες ηλιοφάνειας, όταν αυτοί λειτουργούν χωρίς εποπτεία για μεγάλα χρονικά διαστήματα, είναι οι ακαθαρσίες που συσσωρεύονται στην επιφάνειά τους που «βλέπει» προς τον ήλιο, κάτι που επηρεάζει την τιμή κατωφλίου δημιουργώντας έτσι σφάλματα στη μέτρηση της διάρκειας της ηλιοφάνειας.

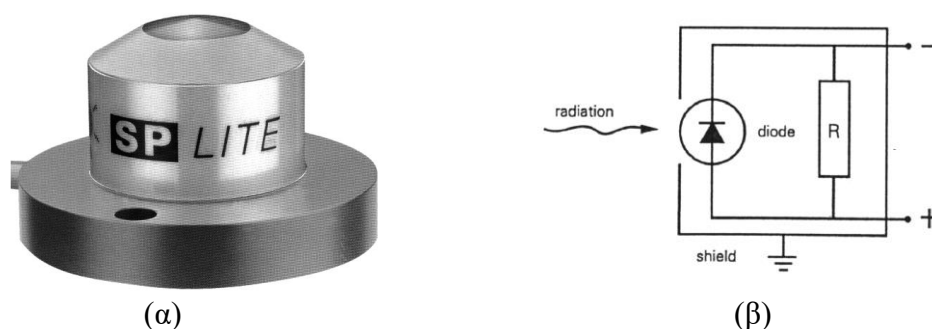
5.7 Ακτινοβολία

Οι περισσότεροι από τους αισθητήρες ακτινοβολίας που χρησιμοποιούνται στους συμβατικούς μετεωρολογικούς σταθμούς μπορούν κατά κανόνα να χρησιμοποιηθούν σε ένα αυτόματο σύστημα. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθούν και εδώ τα πυρανόμετρα (όργανα μέτρησης της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας ή μόνο της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας) που βασίζονται σε μία θερμοηλεκτρική στήλη που όταν πέσει πάνω της η ηλιακή ακτινοβολία τότε στα άκρα της παράγεται μία τάση στα άκρα της (π.χ. πυρανόμετρο τύπου Moll-Gorczynski). Ένα τέτοιο πυρανόμετρο φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 17. Πυρανόμετρο με θερμοηλεκτρική στήλη.

Εκτός από τα πυρανόμετρα με θερμοστήλη μπορεί να χρησιμοποιηθούν και πυρανόμετρα των οποίων η λειτουργία βασίζεται σε μία φωτοδίοδο πυριτίου (silicon pyranometers), η οποία παράγει στα άκρα της μία τάση η οποία είναι ανάλογη με την προσπίπτουσα σε αυτήν ακτινοβολία. Μία τέτοια διάταξη φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 18. (α) Πυρανόμετρο με φωτοδίοδο πυριτίου και
(β) Ηλεκτρικό κύκλωμα του οργάνου αυτού.

Η ακρίβεια της διάταξης του παραπάνω σχήματος είναι της τάξης $\pm 5\%$ όσο περίπου και για τα όργανα που χρησιμοποιούν θερμοηλεκτρική στήλη.

Το κυριότερο τεχνικό πρόβλημα για όλα τα όργανα μέτρησης ακτινοβολίας είναι ότι οι αισθητήρες τους είναι συνήθως αναλογικές συσκευές που παράγουν πολύ μικρή και συνεχώς μεταβαλλόμενη τάση στην έξοδό τους. Αυτές οι τάσεις είναι πολύ ευάλωτες σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και επομένως θα πρέπει να ληφθούν προσεκτικές μετρήσεις. Σε αυτούς τους αισθητήρες το πρόβλημα των ακαθαρσιών της μπροστινής τους επιφάνειας είναι πιο σημαντικό από το αντίστοιχο πρόβλημα των αισθητήρων ηλιοφάνειας. Θεωρείται ότι η εναπόθεση σκόνης πάνω στους ακαθάρστους υάλινους θόλους των πυρανομέτρων προκαλεί μία μείωση της ακρίβειας κατά 2% (μη συμπεριλαμβανομένων των ημερών όπου υπάρχει δρόσος ή πάχνη). Έτσι η ικανοποιητική λειτουργία των αισθητήρων ακτινοβολίας είναι δύσκολο να διατηρηθεί στους μη εποπτευόμενους σταθμούς για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Πάντως μπορεί να επιτευχθεί η ακρίβεια της τάξης του 5% (ημερήσιος μέσος όρος) εάν ακολουθείται το προβλεπόμενο πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης.

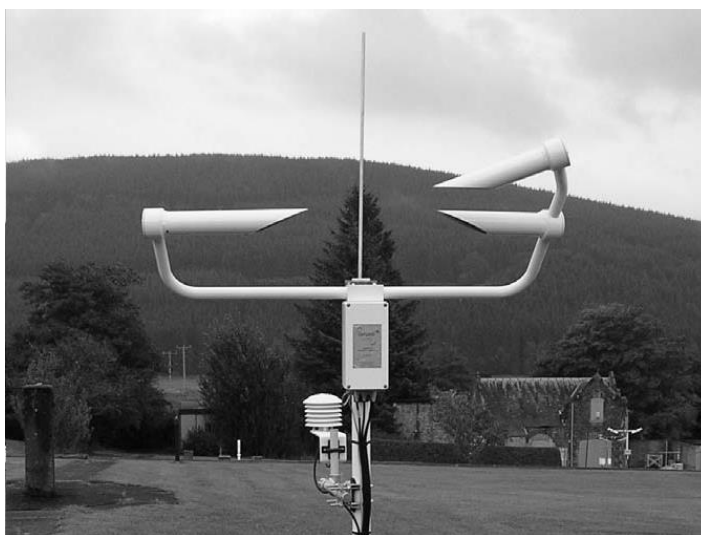
5.8 Ύψος βάσης νεφών

Η μέτρηση του ύψους της βάσης των νεφών στους ΑΜΣ γίνεται κυρίως με τη βοήθεια οργάνων laser (laser ceilometers), όπου μετράται ο χρόνος που χρειάζεται ένας παλμός laser που έχει σταλεί από το όργανο να φθάσει πίσω στον δέκτη του οργάνου, όπως έχει περιγραφεί στην αντίστοιχη ενότητα. Η ακρίβεια αυτών των οργάνων επηρεάζεται κάτω από ορισμένες καιρικές συνθήκες, ιδίως όταν επικρατεί βροχόπτωση ή χιονόπτωση. Άλλο πρόβλημα είναι ότι αυτά τα όργανα μετρούν το ύψος βάσης των νεφών για μικρό τμήμα του ουρανού ακριβώς πάνω από τον ανιχνευτή. Όταν αυτή η πληροφορία παρέχεται σε έναν απομακρυσμένο χρήστη μπορεί να δίνει μία εσφαλμένη εικόνα της νεφικής κατάστασης του ουρανού στην περιοχή, κάτι που αποτελεί σοβαρό πρόβλημα στην περίπτωση που αυτή η

πληροφορία χρησιμοποιείται για αεροναυτικούς σκοπούς. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη χρήση αλγορίθμων που υπολογίζουν τη νεφοκάλυψη ύστερα από επεξεργασία 30 λεπτών. Μία άλλη λύση είναι η χρήση δύο τέτοιων οργάνων για κάθε διάδρομο αεροδρομίου, στα άκρα του διαδρόμου (έτσι δίδεται καλύτερη εικόνα της νεφικής κατάστασης πάνω από ένα αεροδρόμιο, αλλά αυξάνεται το κόστος). Τα όργανα μέτρησης ύψους βάσης νεφών απαιτούν για τη λειτουργία τους ένα σημαντικό ποσό ηλεκτρικής ενέργειας και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αν δεν υπάρχει η κατάλληλη τροφοδοσία ηλεκτρικού ρεύματος. Επιπλέον, η λειτουργία των οργάνων αυτών μπορεί να επηρεαστεί από τη συσσώρευση χιονιού, σκόνης ή άλλης ακαθαρσίας πάνω στην επιφάνεια του ανιχνευτή και του πομπού της οπτικής δέσμης. Σε αρκετές περιπτώσεις το ρόλο ενός τέτοιου οργάνου παίζει ένας παρατηρητής ο οποίος παρακολουθεί τον ουρανό και μπορεί να δώσει επιπλέον αξιόπιστες πληροφορίες για το είδος των νεφών και την ποσότητα της νέφωσης.

5.9 Ορατότητα

Υπάρχει μία μεγάλη ποικιλία οργάνων μέτρησης της ορατότητας που χρησιμοποιούνται στους ΑΜΣ. Τα υψηλού κόστους και μεγάλης ακριβείας όργανα χρησιμοποιούνται κυρίως σε αεροδρόμια (όπου ως γνωστόν η ορατότητα είναι μία σημαντικότερη παράμετρος στην αεροναυτιλία), ενώ τα χαμηλού κόστους και λιγότερο ακριβή όργανα χρησιμοποιούνται σε άλλους ΑΜΣ. Γενικά τα όργανα που χρησιμοποιούνται είναι αυτά που έχουν περιγραφεί στην αντίστοιχη ενότητα (transmissometers και scatter meters). Ένα τέτοιο όργανο πάνω στον ιστό ενός ΑΜΣ φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 19. Όργανο μέτρησης ορατότητας πάνω σε έναν ΑΜΣ.

Η απόδοση αυτών των οργάνων μπορεί να μειωθεί εξαιτίας των ουσιών που επικάθονται πάνω στους αισθητήρες. Ως εκ τούτου απαιτείται συχνός καθαρισμός των αισθητήρων από σκόνη, δρόσο, πάχνη, χιόνι κ.λ.π. Επίσης θα πρέπει να ληφθεί πρόνοια ώστε ο ήλιος να μην είναι στο οπτικό πεδίο των αισθητήρων γιατί το ηλιακό

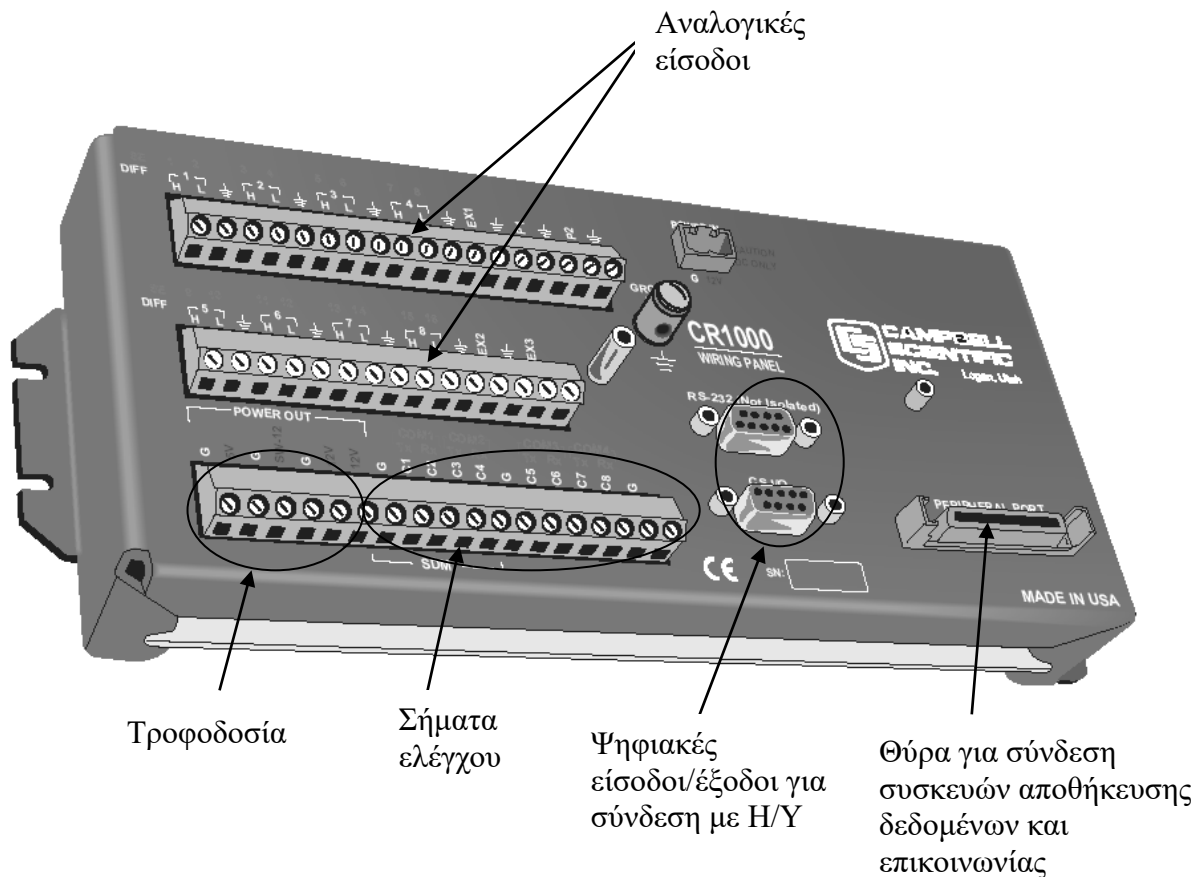
φως αλλοιώνει σοβαρά τις μετρήσεις που λαμβάνονται από αυτά τα όργανα. Έτσι οι αισθητήρες προστατεύονται από κατάλληλα διαμορφωμένα καλύμματα όπως φαίνεται στο σχήμα. Ένας άλλος τρόπος μείωσης της επίδρασης του ηλιακού φωτός είναι η διαμόρφωση της εκπεμπόμενης δέσμης, δηλαδή η αυξομείωση της έντασης της δέσμης κατά ένα προκαθορισμένο τρόπο (έτσι ο δέκτης αντιλαμβάνεται αυτές τις μεταβολές και μπορεί να απορρίψει τεχνητά το – πιο σταθερό – ηλιακό φως). Σε αυτά τα όργανα η απόσταση πομπού – δέκτη είναι 1 με 2 μέτρα επομένως οι αισθητήρες θα πρέπει να μπαίνουν σε θέσεις αντιπροσωπευτικές της περιοχής που πρέπει να μετρηθεί η ορατότητα. Έτσι, για την ακριβέστερη μέτρηση της RVR ορατότητας μπορεί να χρησιμοποιηθούν περισσότερα του ενός όργανα κατά μήκος του κάθε διαδρόμου ενός αεροδρομίου.

Όλοι οι τύποι των οργάνων αυτών μπορεί να χρησιμοποιήσουν για την τροφοδοσία τους με ηλεκτρικό ρεύμα έναν συσσωρευτή (μπαταρία) έτσι ώστε να είναι δυνατή η χρησιμοποίησή τους σε απομακρυσμένες περιοχές όπου δε φθάνει το ρεύμα του δικτύου της ΔΕΗ. Όμως καταναλώνουν σημαντικά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας και επομένως δεν μπορούν να λειτουργήσουν με συσσωρευτή για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα (γενικά ο συσσωρευτής παρέχει ηλεκτρική ενέργεια που επαρκεί για λίγες εβδομάδες).

6. Κεντρικό Σύστημα Επεξεργασίας

Το Κεντρικό Σύστημα Επεξεργασίας ή η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU – Central Processing Unit) είναι ο πυρήνας του ΑΜΣ. Η δομή του εξαρτάται από την πολυπλοκότητα και το εύρος των λειτουργιών που πρέπει να επιτελέσει. Γενικά οι κύριες λειτουργίες αυτής της μονάδας είναι η ανάκτηση των δεδομένων, η επεξεργασία των δεδομένων, η εκπομπή και η αποθήκευσή τους.

Στους περισσότερους ΑΜΣ αυτές οι λειτουργίες εκτελούνται από ένα σύστημα βασισμένο σε μικροεπεξεργαστή που τοποθετείται σε ένα κάλυμμα προστατευμένο από τις καιρικές συνθήκες (ή σε εσωτερικό χώρο) και όσο το δυνατό πλησιέστερα στους αισθητήρες. Τα συστήματα αυτά είναι γνωστά ως dataloggers, ένα τέτοιο σύστημα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 20. Κεντρικό σύστημα επεξεργασίας (datalogger)

A) Το σύστημα ανάκτησης δεδομένων (data acquisition) ανιχνεύει τις εξόδους των αισθητήρων με ένα προκαθορισμένο ρυθμό και μετατρέπει τα σήματα αυτά σε μορφή κατάλληλη για επεξεργασία από Η/Υ και αποτελείται από :

- Τα κυκλώματα ρύθμισης του σήματος (signal conditioning) που προστατεύουν τα σήματα που δίνουν οι αισθητήρες από εξωτερικές παρεμβολές, παρέχουν προστασία στα ηλεκτρονικά εξαρτήματα της μονάδας, ενισχύουν και μορφοποιούν τα σήματα των αισθητήρων κάνοντάς τα κατάλληλα για περαιτέρω επεξεργασία.
- Τα κυκλώματα ανάκτησης δεδομένων (data acquisition) με αναλογικές εισόδους, εισόδους και εξόδους ψηφιακών σημάτων, συστήματα ανίχνευσης σημάτων από τους αισθητήρες, κυκλώματα μετατροπής των αναλογικών σημάτων των αισθητήρων σε ψηφιακά και μετατροπή των δεδομένων σε μορφή κατάλληλη για αποθήκευση στη μνήμη της μονάδας επεξεργασίας.

B) Τα συστήματα επεξεργασίας και αποθήκευσης δεδομένων (data processing and storage). Το σύστημα επεξεργασίας δεδομένων είναι η καρδιά της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας και οι κύριες λειτουργίες του είναι ο έλεγχος εισόδου/εξόδου δεδομένων προς και από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας και η κατάλληλη επεξεργασία όλων των εισερχόμενων δεδομένων με τη βοήθεια του σχετικού λογισμικού (software).

Η λειτουργία του συστήματος επεξεργασίας δεδομένων καθορίζεται από έναν μικροεπεξεργαστή (microprocessor). Οι μικροεπεξεργαστές δεν αλλάζουν τις αρχές των μετεωρολογικών μετρήσεων και παρατηρήσεων, αλλά παρέχουν τέτοιες τεχνικές λειτουργίες που κάνουν τις μετρήσεις ευκολότερα, ταχύτερα και πιο αξιόπιστα και παρέχουν στα όργανα μεγαλύτερη ευελιξία και περισσότερες εφαρμογές.

Το σύστημα αποθήκευσης δεδομένων περιλαμβάνει μνήμες τυχαίας προσπέλασης (RAM – Random Access memory), προγραμματιζόμενες μνήμες μόνο ανάγνωσης (PROM – Programmable Read Only Memory) και μνήμες μόνο ανάγνωσης που μπορούν να σβηστούν ηλεκτρικά (EEPROM – Electrically Erasable PROM). Ο προγραμματισμός των μνημών ROM γίνεται με κατάλληλα προγράμματα, ενώ οι μνήμες RAM συνοδεύονται από μία μικρή μπαταρία προκειμένου να μη σβηστούν τα δεδομένα όταν διακοπεί η παροχή ρεύματος. Σε σταθμούς που λειτουργούν σε μη πραγματικό χρόνο τα δεδομένα μπορούν να αποθηκευτούν σε εξωτερικές μνήμες (μαγνητοταινίες παλαιότερα, και τώρα κάρτες μνήμης, σκληροί δίσκοι κ.λ.π.).

Γ) Το σύστημα εκπομπής δεδομένων (data transmission) αποτελεί τη σύνδεση του κεντρικού συστήματος επεξεργασίας με τον «έξω κόσμος», που μπορεί να είναι είτε ο τοπικός παρατηρητής, είτε το προσωπικό συντήρησης του σταθμού, είτε το κεντρικό σύστημα επεξεργασίας του δικτύου της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, είτε ακόμα και οι χρήστες αυτών των πληροφοριών. Η μονάδα αυτή συνδέεται με το κεντρικό σύστημα επεξεργασίας με τη χρήση των διαθέσιμων σειριακών και παράλληλων θυρών (ports). Υπάρχουν αρκετά μέσα μετάδοσης των δεδομένων, το πιο κατάλληλο μέσο εξαρτάται από τη θέση του ΑΜΣ και του δέκτη και από τη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού μετάδοσης δεδομένων. Παρακάτω δίδονται περισσότερες λεπτομέρειες για τα κυριότερα συστήματα εκπομπής δεδομένων.

6.1 Εκπομπή δεδομένων

Ανάλογα με τις επιχειρησιακές απαιτήσεις και τα υπάρχοντα μέσα για τη διακίνηση των δεδομένων μεταξύ του ΑΜΣ και των τοπικών χρηστών ή του κεντρικού συστήματος επεξεργασίας του δικτύου, η εκπομπή των δεδομένων μπορεί να γίνεται στις παρακάτω περιπτώσεις :

- Όταν ζητηθεί, μετά από εντολή κάποιου χρήστη. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία στον έλεγχο του ΑΜΣ, καθώς μπορούν να ρυθμιστούν κάποιοι παράμετροι της λειτουργίας του σταθμού. Για παράδειγμα, μπορεί να δοθεί εντολή για να τεθεί εκτός λειτουργίας κάποιος ελαττωματικός αισθητήρας ή να ζητηθούν κάποια μετεωρολογικά δεδομένα μίας παρελθούσας ημέρας κ.λ.π.
- Ανά περιοδικά χρονικά διαστήματα που καθορίζονται από τον προγραμματισμό που έχει γίνει στον ΑΜΣ.
- Σε επείγουσες καταστάσεις όταν υπάρχουν δυσμενείς μετεωρολογικές συνθήκες (π.χ. έκδοση Warning).

Γενικά υπάρχουν έτοιμα προγράμματα (λογισμικό) που ρυθμίζουν τον τρόπο μετάδοσης των δεδομένων (έλεγχος των δεδομένων και πρωτόκολλο εκπομπής).

Καθώς τα μέσα που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση των δεδομένων υπόκεινται σε διάφορες παρεμβολές, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην κωδικοποίηση των δεδομένων (για το λόγο αυτό υπάρχουν ειδικοί κώδικες ανίχνευσης λαθών). Παρακάτω γίνεται μία αναφορά στα κυριότερα τηλεπικοινωνιακά μέσα που χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο ΑΜΣ.

6.2 Επικοινωνία μιας κατεύθυνσης (One-way)

Ένα απλό δίκτυο ΑΜΣ μπορεί να χρησιμοποιήσει την επικοινωνία μιας κατεύθυνσης όταν οι απομακρυσμένοι σταθμοί σαρώνουν τα κανάλια των αισθητήρων περιοδικά ή όταν υπάρχουν επείγουσες καταστάσεις. Σε αυτές τις περιπτώσεις καλείται μέσω τηλεφωνικής γραμμής ο κεντρικός έλεγχος και ο υπολογιστής ανάκτησης δεδομένων. Όταν δημιουργηθεί η σύνδεση τότε παραδίδονται μέσω της γραμμής τα δεδομένα που έχει να στείλει ο ΑΜΣ. Κάθε ΑΜΣ μπορεί να έχει μία σειριακή σύνδεση σε ένα modem, οπότε η μετάδοση των δεδομένων μπορεί να γίνει, για παράδειγμα, με μία ταχύτητα 9600 bps (bits per second) χρησιμοποιώντας ακουστικές συχνότητες. Το πλεονέκτημα αυτού του τρόπου επικοινωνίας είναι ότι χρησιμοποιεί την απλή τεχνολογία των τηλεφωνικών γραμμών που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση φωνής. Τα μειονεκτήματα είναι ότι δεν υπάρχει πλήρης ασφάλεια των δεδομένων, η ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων είναι χαμηλή και δεν μπορεί να αλλαχτεί εύκολα η συνδεσμολογία του δικτύου. Επίσης υπάρχει δυσκολία στην αναβάθμιση τέτοιων δικτύων επειδή χρησιμοποιούνται αναλογικά σήματα ενώ οι εταιρίες τηλεπικοινωνιών έχουν ρίξει το βάρος τους στην περαιτέρω ανάπτυξη των σύγχρονων ευέλικτων δικτύων που χρησιμοποιούν ψηφιακά σήματα και μπορούν να διακινήσουν δεδομένα με πολύ μεγαλύτερες ταχύτητες. Τέλος το κόστος το οποίο δεν είναι υψηλό καθορίζεται από τη χρέωση της τηλεφωνικής εταιρίας που εξαρτάται από την απόσταση και το χρόνο σύνδεσης.

6.3 Επικοινωνία δύο κατευθύνσεων (Two-way)

Ένα δίκτυο ΑΜΣ με περισσότερες δυνατότητες χρησιμοποιεί την επικοινωνία δύο κατευθύνσεων έτσι ώστε ο κεντρικός υπολογιστής να μπορεί να «ρωτάει» (poll) τους σταθμούς του δικτύου όχι μόνο τις συνοπτικές ώρες αλλά οποτεδήποτε ο μετεωρολόγος ζητάει ενημέρωση για την τρέχουσα καιρική κατάσταση σε μία ή περισσότερες τοποθεσίες. Οι απομακρυσμένοι σταθμοί μπορούν να στέλνουν τα δικά τους μηνύματα σε πραγματικό χρόνο. Αυτός ο τρόπος επικοινωνίας επιτρέπει σε ένα απομακρυσμένο σταθμό να ζητήσει (μέσω εντολής) να αλλάξει τον τρόπο λειτουργίας του. Επίσης είναι δυνατό με αυτό τον τρόπο επικοινωνίας να φορτωθεί νέο λογισμικό λειτουργίας στον επεξεργαστή ενός απομακρυσμένου σταθμού.

6.4 Επικοινωνία μέσω της δημιουργίας των συνδέσεων του δικτύου των ΑΜΣ

Το δίκτυο μπορεί να χρησιμοποιήσει επίγειες γραμμές ή ραδιοεπικοινωνίες (για πολύ μακρινούς σταθμούς) ή ένα συνδυασμό αυτών των δύο. Το πλεονέκτημα της χρήσης ενός πάροχου (provider) τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών είναι ότι ο πάροχος

αναλαμβάνει αποκλειστικά τη φροντίδα της συντήρησης του δικτύου. Τα δίκτυα των ΑΜΣ συχνά χρησιμοποιούν την υπάρχουσα υποδομή του τηλεφωνικού δικτύου (PSTN – Public Switched Telephone Network) του πάροχου τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών, ενώ το κόστος το οποίο καθορίζεται από τον πάροχο εξαρτάται από την απόσταση και το χρόνο σύνδεσης. Η άλλη επιλογή είναι η χρήση ενός «ιδιωτικού δικτύου» (private network) το οποίο βασίζεται σε μισθωμένες αποκλειστικές γραμμές (dedicated leased lines) μιας προκαθορισμένης ποιότητας. Σε αυτή την περίπτωση δεν υπάρχει καθυστέρηση για τη δημιουργία των συνδέσεων και οι ταχύτητες μετάδοσης είναι υψηλότερες. Το κόστος εκμίσθωσης εξαρτάται από τις αποστάσεις των γραμμών αλλά όχι από τον όγκο των δεδομένων. Γενικά το κόστος χρήσης μιας μισθωμένης αποκλειστικής γραμμής είναι υψηλότερο από αυτό της χρήσης του κοινού τηλεφωνικού δικτύου.

6.5 Ψηφιακό δίκτυο ολοκληρωμένων υπηρεσιών (ISDN)

Πολλές τηλεπικοινωνιακές αρχές προσφέρουν ένα ψηφιακό δίκτυο ολοκληρωμένων υπηρεσιών (ISDN – Integrated Service Digital Network), το οποίο προσφέρει μετάδοση φωνής, δεδομένων και κινούμενης εικόνας (video) με ειδική ψηφιακή κωδικοποίηση (PCM – Pulse Code Modulation) μέσω αναβαθμισμένων γραμμών και κόμβων του τηλεφωνικού δικτύου. Τα ψηφιακά κυκλώματα παρέχουν υψηλό βαθμό ασφάλειας των δεδομένων.

6.6 Επικοινωνία μέσω δικτύων ευρείας περιοχής

Με την ανάπτυξη της διακίνησης δεδομένων σε παγκόσμια κλίμακα και τη χρήση των σύγχρονων τηλεπικοινωνιακών πρωτοκόλλων μαζί με τις ολοένα αυξανόμενες δυνατότητες των υπολογιστών και των μέσων αποθήκευσης δεδομένων, οι απομακρυσμένοι ΑΜΣ και ο κεντρικός υπολογιστής ανάκτησης δεδομένων μπορεί να θεωρηθούν ως «κόμβοι» (nodes) ενός δικτύου ευρείας περιοχής (WAN – Wide Area Network). Τα δεδομένα ή τα μηνύματα ελέγχου χωρίζονται σε «πακέτα» (σύμφωνα με το πρωτόκολλο X.25). Κάθε πακέτο δεδομένων δρομολογείται μέσα στο τηλεπικοινωνιακό δίκτυο του παρόχου έτσι ώστε να φθάσει στο αποδέκτη. Τα πακέτα δεδομένων ακολουθούν διαφορετικούς δρόμους μέσα στο δίκτυο προκειμένου να φθάσουν στον προορισμό τους, κάνοντας έτσι αποτελεσματική χρήση του δικτύου. Στον προορισμό τα πακέτα συναρμολογούνται, με βάση το πρωτόκολλο, έτσι ώστε να σχηματιστεί το μήνυμα που έχει σταλεί. Σε περίπτωση που υπάρχει λάθος ζητείται η αποστολή εκ νέου του πακέτου στο οποίο ανιχνεύτηκε το λάθος. Αξίζει να σημειωθεί η αντίθεση με την επικοινωνία μέσω του τηλεφωνικού δικτύου, η οποία βασίζεται σε τεχνολογία μεταγωγής κυκλώματος (circuit-switching technology) όπου δημιουργείται μία σύνδεση μεταξύ των δύο μερών για τη μετάδοση των δεδομένων. Η μεταγωγή δεδομένων είναι ιδανική όταν δεδομένα πραγματικού χρόνου (όπως φωνή και κινούμενη εικόνα) πρέπει να μεταδοθούν με υψηλή ταχύτητα και να φθάσουν στο προορισμό με την ίδια σειρά που έχουν σταλεί. Η μεταγωγή πακέτων (packet switching) είναι πιο αποτελεσματική για δεδομένα τα οποία μπορούν να υπομείνουν κάποια μικρή καθυστέρηση στη μετάδοση. Τα κόστη των μηνυμάτων εξαρτώνται από το χρόνο σύνδεσης και τον όγκο των δεδομένων. Θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι η σύνδεση τερματίζεται όταν τελειώσει η μετάδοση των δεδομένων, διαφορετικά υπάρχει ο κίνδυνος να παραμείνει ανοικτή η γραμμή εξαιτίας κάποιου ελαττωματικού ΑΜΣ και να συνεχίζεται άσκοπα η χρέωση.

Ένα πρωτόκολλο μετάδοσης δικτύου με μεταγωγή πακέτων που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση δύο συσκευών σε ένα δίκτυο WAN είναι το Frame relay. Σε αντίθεση με τη σύνδεση σημείο προς σημείο που γίνεται σε μία ιδιωτική γραμμή, σε αυτή την περίπτωση μεταξύ του ΑΜΣ και του κεντρικού σταθμού γίνεται μία σύνδεση μέσα στο δίκτυο. Για την ακρίβεια υπάρχει μία ιδιωτική γραμμή προς ένα κόμβο του δικτύου για τον κεντρικό σταθμό, καθώς επίσης μία ιδιωτική γραμμή προς ένα άλλο κόμβο του δικτύου για τον απομακρυσμένο σταθμό. Μεταξύ των δύο αυτών κόμβων δημιουργείται ένα «νοητό ιδιωτικό δίκτυο» (virtual private network) το οποίο χρησιμοποιείται για τη διακίνηση των δεδομένων μεταξύ κεντρικού και απομακρυσμένου σταθμού. Το κόστος μειώνεται και είναι ανεξάρτητο από τον όγκο των δεδομένων και το χρόνο σύνδεσης. Σε κάποιες περιοχές αυτό το πρωτόκολλο αντικαθίσταται από νεότερες και ταχύτερες τεχνολογίες όπως το ATM (Asynchronous transfer mode – Ασύγχρονο τρόπο μετάδοσης δεδομένων). Το πρωτόκολλο ATM συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των δύο τεχνικών, δηλαδή την εγγυημένη παράδοση των δεδομένων στην μεταγωγή κυκλώματος και την αποτελεσματικότητα των δικτύων μεταγωγής πακέτων.

6.7 Πρωτόκολλο μετάδοσης

Ένα εκ των πραγμάτων καθιερωμένο πρωτόκολλο μετάδοσης δεδομένων μεταξύ των υπολογιστών ενός δικτύου είναι το πρωτόκολλο TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol). Το πρωτόκολλο IP καθορίζει τη μορφή των πακέτων, τα οποία ονομάζονται «datagrams» και τον τρόπο που θα καθορίζονται οι διευθύνσεις μέσα στο δίκτυο. Το πρωτόκολλο TCP εγκαθιστά μία νοητή σύνδεση μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη των δεδομένων, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η αμφίδρομη μεταφορά των δεδομένων για ένα χρονικό διάστημα και ότι τα πακέτα (datagrams) παραδίδονται με τη σωστή σειρά, ενώ τα όποια λάθη διορθώνονται με την επαναμετάδοση του – σωστού αυτή τη φορά – πακέτου. Το πρωτόκολλο TCP ρυθμίζει επίσης τη μετακίνηση δεδομένων μεταξύ εφαρμογών λογισμικού. Η λειτουργία του Διαδικτύου (Internet) βασίζεται στο πρωτόκολλο TCP/IP, ενώ το πρωτόκολλο IP χρησιμοποιείται και στα δίκτυα WAN εκεί όπου οι κόμβοι έχουν δυνατότητα επεξεργασίας δεδομένων και μεγάλα ποσά δεδομένων διακινούνται μέσω του δικτύου. Το πρωτόκολλο IP επιτρέπει τα δεδομένα ενός ΑΜΣ π.χ. για την κατάσταση ενός οδικού άξονα να είναι προσβάσιμα από έναν κεντρικό υπολογιστή και να διανέμονται στις αρμόδιες αρχές μέσω ενός ιδιωτικού δικτύου (Intranet).

6.8 Κυκλώματα μεταγωγής ή αποκλειστικής χρήσης

Μία απόφαση που θα πρέπει να ληφθεί είναι το αν θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν φθηνά μεταγώμενα (switched) κυκλώματα όπου η πρόσβαση στο τηλεπικοινωνιακό δίκτυο επιτρέπεται ταυτόχρονα σε πολλούς χρήστες ή αν θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν τα ακριβότερα κυκλώματα αποκλειστικής χρήσης τα οποία παρέχουν αξιόπιστη, γρήγορη και σε πραγματικό χρόνο επικοινωνία. Στο δίκτυο με κυκλώματα μεταγωγής υπάρχει μία καθυστέρηση λίγων δευτερολέπτων μέχρι να αποκατασταθεί η σύνδεση, ενώ τα πρωτόκολλα μεταγωγής πακέτων κάνουν αυτή τη διαδικασία χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία. Οι παράγοντες που θα κρίνουν αυτή την επιλογή είναι ο βαθμός της ζητούμενης αξιοπιστίας, ο όγκος των δεδομένων που θα ανταλλάσσεται σε κάθε μήνυμα καθώς και οι επιχειρησιακές ανάγκες για επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο. Επίσης σημαντικό ρόλο μπορεί να παίζει και ο

εποχικός παράγοντας. Έτσι αν για παράδειγμα η πιο κρίσιμη εποχή για μετεωρολογικά δεδομένα σε οδικούς άξονες περιορίζεται σε λίγους μήνες, τότε η διατήρηση μιας αποκλειστικής γραμμής για όλο το έτος επιφέρει πρόσθετο άσκοπο κόστος ανά μήνυμα. Το πραγματικό κόστος του μηνύματος θα εξαρτηθεί από την πολιτική χρέωσης της τηλεπικοινωνιακής εταιρίας και περιλαμβάνει παράγοντες όπως ταχύτητα μετάδοσης, απόσταση, χρόνο σύνδεσης και το αν τα τερματικά modem παρέχονται από την εταιρία.

7. Περιφερειακός εξοπλισμός

Τα κυριότερα μέρη του περιφερειακού εξοπλισμού ενός ΑΜΣ είναι :

- Μία πηγή τροφοδοσίας ηλεκτρικού ρεύματος (Power Supply). Είναι ένας κρίσιμος παράγοντας που επηρεάζει τη σχεδίαση και τις δυνατότητες του ΑΜΣ. Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της πηγής τροφοδοσίας του ΑΜΣ είναι η υψηλή σταθερότητα της τάσης ή του ρεύματος που παρέχει και η λειτουργία της χωρίς παρεμβολές. Συνήθως η τροφοδοσία γίνεται με πηγή συνεχούς ρεύματος 12 Volts για λόγους ασφαλείας είτε μέσω του δικτύου μετά από κατάλληλη μετατροπή είτε μέσω συσσωρευτών (οι συσσωρευτές με αυτή την τάση μπορεί να βρεθούν εύκολα π.χ. μπαταρίες αυτοκινήτων). Οι συσσωρευτές μπορεί να χρησιμοποιηθούν και σαν εφεδρική πηγή ρεύματος στην περίπτωση που συμβεί διακοπή ρεύματος. Σε περιπτώσεις απομακρυσμένων κυρίως σταθμών μπορεί να εφαρμοστούν και άλλες λύσεις για την τροφοδοσία του ΑΜΣ, όπως με τη χρήση φωτοβολταϊκών στοιχείων, ανεμογεννητριών κ.λ.π.
- Ένα ρολόι πραγματικού χρόνου (Real-time clock) το οποίο πρέπει να λειτουργεί συνεχώς για να συγχρονίζει τις μονάδες μεταξύ τους αλλά και να χρησιμοποιείται για τον καθορισμό μετάδοσης των μετεωρολογικών μηνυμάτων.
- Έναν ενσωματωμένο εξοπλισμό ελέγχου (Built-in test equipment). Τα κρίσιμα μέρη του ΑΜΣ συχνά περιλαμβάνουν εξαρτήματα των οποίων η βλάβη ή η εσφαλμένη λειτουργία καθιστά ουσιαστικά άχρηστη την πληροφορία που στέλνει ο ΑΜΣ (γιατί περιέχει λανθασμένα δεδομένα). Έτσι θα πρέπει να συμπεριληφθούν κυκλώματα που να παρακολουθούν αυτόματα τα κρίσιμα αυτά μέρη του ΑΜΣ και να ελέγχουν συνεχώς τη λειτουργία τους. Έτσι, για παράδειγμα, ένας τέτοιος εξοπλισμός ελέγχου μπορεί να περιλαμβάνει ένα κύκλωμα ανίχνευσης διακοπής ρεύματος (το οποίο επαναρχίζει τον μικροεπεξεργαστή και κατά συνέπεια τη λειτουργία του ΑΜΣ μετά από μια διακοπή ρεύματος), ένα κύκλωμα χρονισμού που παρακολουθεί την ορθή λειτουργία των μικροεπεξεργαστών (watchdog timer), καθώς και κυκλώματα που παρακολουθούν τη λειτουργία των υποσυστημάτων του σταθμού (όπως την τάση της μπαταρίας, έλεγχο των φορτιστών, κυκλώματα θέρμανσης, έλεγχος των μετατροπέων αναλογικού σε ψηφιακό σήμα κ.λ.π.).
- Τοπικοί ενδείκτες και τερματικά (Local display and terminals). Οι επιχειρησιακές συνθήκες συχνά απαιτούν την χειροκίνητη εισαγωγή ή διόρθωση των παρατηρήσεων σε έναν ημιαυτόματο μετεωρολογικό σταθμό. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται συνήθως η οθόνη και το

πληκτρολόγιο ενός Η/Υ. Ο ενδείκτης μπορεί να είναι και ένας ενδείκτης με LED (Light Emitting Diode Display). Σε ειδικές περιπτώσεις, όπως σε ένα αεροδρόμιο, υπάρχουν αρκετές οθόνες για την οπτικοποίηση των παρατηρήσεων που δίνει ο τοπικός ΑΜΣ. Επίσης σε κάποιες άλλες περιπτώσεις για την καταγραφή των δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας εκτυπωτής ή ένα καταγραφικό.

8. Το λογισμικό (software) του ΑΜΣ

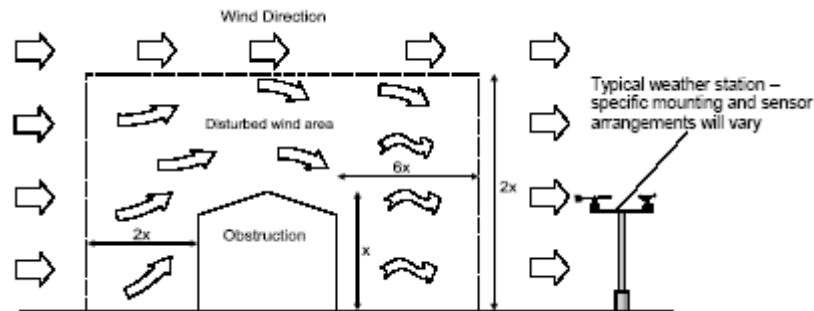
Κατά την ανάπτυξη και το σχεδιασμό ενός συστήματος ΑΜΣ, το κόστος της ανάπτυξης και του ελέγχου των προγραμμάτων (του λογισμικού) που χρησιμοποιούν οι ΑΜΣ αποτελεί ένα σημαντικότατο κομμάτι του συνολικού κόστους όλου του «πακέτου» του συστήματος. Αν δε δοθεί μεγάλη προσοχή στην αρχική ανάπτυξη του λογισμικού, τότε τα προγράμματα που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία των ΑΜΣ γίνονται δύσχρηστα. Σε αυτή την περίπτωση είναι δυνατόν μικρές αλλαγές που απαιτούνται στα προγράμματα (λόγω π.χ. της αλλαγής ή προσθήκης νέου αισθητήρα ή της αλλαγής κάποιου κώδικα) να οδηγούν σε πολυδάπανες και πολύπλοκες αναβαθμίσεις των προγραμμάτων αυτών.

Γενικά τα προγράμματα που χρειάζονται για τη λειτουργία των ΑΜΣ μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες :

- Σε προγράμματα συστήματος (ή λογισμικό συστήματος – system software), τα οποία συνδέονται ενδογενώς με τους μικροεπεξεργαστές που χρησιμοποιούν οι ΑΜΣ και περιλαμβάνουν όλα εκείνα τα προγράμματα που χρειάζονται για την ανάπτυξη και την εκτέλεση των προγραμμάτων εφαρμογών. Στα συστήματα που αναπτύσσονται τα τελευταία χρόνια, το ρόλο αυτών των προγραμμάτων παίζουν λειτουργικά συστήματα τα οποία πιο παλιά χρησιμοποιούνταν μόνο σε μινι-υπολογιστές. Τα λειτουργικά αυτά συστήματα λειτουργούν σε πραγματικό χρόνο (real-time) επειδή όλες οι λειτουργίες ενεργοποιούνται από σήματα που αποστέλλονται από άλλα προγράμματα ή συσκευές, είναι σε θέση να εκτελούν ταυτόχρονα πολλές εργασίες (multitasking) και μπορούν να επιτρέψουν την ταυτόχρονη εργασία πολλών χρηστών (multiuser).
- Σε προγράμματα εφαρμογών (ή λογισμικό εφαρμογών – application software), τα οποία αποτελούν αλγορίθμους για την επεξεργασία των δεδομένων σύμφωνα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Τέτοια προγράμματα είναι, για παράδειγμα, τα προγράμματα αρχικοποίησης (initialization – η διαδικασία δηλαδή που απαιτείται για να ξεκινήσει να εκτελείται το λογισμικό του ΑΜΣ, θέτοντας στο πρόγραμμα κάποιες προκαθορισμένες παραμέτρους), τα προγράμματα που μετατρέπουν την έξοδο των αισθητήρων σε μία τιμή μετεωρολογικού μεγέθους κατανοητή από το χρήστη, τα προγράμματα που χρησιμοποιούνται για τη χειροκίνητη εισαγωγή δεδομένων, τα προγράμματα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του μετεωρολογικού κώδικα, προγράμματα ποιοτικού ελέγχου κ.λ.π.

9. Θέση των αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών

Η θέση που πρέπει να τοποθετηθεί ένας ΑΜΣ είναι ένα ζήτημα που απαιτεί αρκετή έρευνα. Γενικά ένας σταθμός θα πρέπει να δίνει μετρήσεις που να είναι αντιπροσωπευτικές της περιοχής αυτής. Η έκταση της περιοχής που καταλαμβάνει ο ΑΜΣ εξαρτάται από το είδος των μετρήσεων και παρατηρήσεων που αυτός θα πρέπει να δίνει. Ένας ΑΜΣ θα πρέπει να εγκαθίσταται όσο το δυνατόν μακρύτερα από εμπόδια (τουλάχιστον σε απόσταση δεκαπλάσια από το ύψος του εμποδίου), τα οποία διαταράσσουν τη ροή του αέρα όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Σε γενικές γραμμές πάντως ισχύουν όσα ισχύουν για τους στελεχωμένους σταθμούς.



Σχήμα 21. Παραμόρφωση της ροής του αέρα από εμπόδιο.

Κάποιοι, όμως, ΑΜΣ πρέπει να λειτουργούν χωρίς εποπτεία για μεγάλες χρονικές περιόδους σε δυσπρόσιτες περιοχές. Σε αυτές τις περιπτώσεις το κόστος εγκατάστασης είναι υψηλό, όπως επίσης και το κόστος συντήρησης. Πολλές φορές αυτοί οι σταθμοί λειτουργούν με μη αξιόπιστη παροχή ρεύματος ή βρίσκονται σε τοποθεσίες όπου δεν υπάρχει μόνιμη παροχή ρεύματος. Επίσης σε αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να εξετάζεται σοβαρά η διαθεσιμότητα των τηλεπικοινωνιακών μέσων. Επιπρόσθετα θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα ασφαλείας (αντικεραυνική προστασία, προστασία από πλημμύρες, κλοπή, βανδαλισμούς κ.λ.π.) και ο σταθμός θα πρέπει να είναι σε θέση να λειτουργεί και υπό αντίξοες καιρικές συνθήκες. Εάν ληφθούν υπόψη όλοι αυτοί οι παράγοντες το κόστος του ΑΜΣ μπορεί να γίνει απαγορευτικό, έτσι θα πρέπει κατά την αρχική μελέτη της εγκατάστασης ενός ΑΜΣ να γίνεται μελέτη σκοπιμότητας όσον αφορά τις μετεωρολογικές αλλά και τις τεχνικές απαιτήσεις.

10.Κεντρικό σύστημα επεξεργασίας δεδομένων δικτύου

Ένας ΑΜΣ συχνά αποτελεί τμήμα ενός δικτύου μετεωρολογικών σταθμών και μεταδίδει τα επεξεργασμένα δεδομένα ή μηνύματα σε ένα κεντρικό σύστημα επεξεργασίας δικτύου (central network processing system) μέσω διαφόρων τηλεπικοινωνιακών μέσων. Ο καθορισμός των λειτουργικών και των τεχνικών απαιτήσεων ενός κεντρικού συστήματος είναι ένα περίπλοκο θέμα που απαιτεί τη συνεργασία πολλών πλευρών (των σχεδιαστών του δικτύου, τηλεπικοινωνιακών μηχανικών, προγραμματιστών Η/Υ και των χρηστών του δικτύου), το οποίο συχνά υποεκτιμάται.

Η σύνθεση ενός κεντρικού συστήματος επεξεργασίας δεδομένων δικτύου εξαρτάται όχι μόνο από τις λειτουργίες που πρέπει αυτό να εκτελεί, αλλά και από τον διατιθέμενο εξοπλισμό. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθούν ισχυροί προσωπικοί υπολογιστές ή σταθμοί εργασίας οι οποίοι λειτουργούν σε ένα πολυχρηστικό (multi-user και multitasking) περιβάλλον που λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο. Όμως συνήθως χρησιμοποιείται η υπάρχουσα υποδομή τηλεπικοινωνιών και συστημάτων επεξεργασίας. Έτσι μπορεί να κεντρικά συστήματα επεξεργασίας του δικτύου να αποτελέσουν μέρη ενός ολοκληρωμένου τοπικού δικτύου (LAN –Local Area Network), έτσι ώστε οι εργασίες να κατανέμονται και να οδηγούνται σε ειδικούς χώρους όπου υπόκεινται σε επεξεργασία από εξειδικευμένο προσωπικό.

Οι κύριες λειτουργίες του κεντρικού συστήματος επεξεργασίας δικτύου είναι :

- Ανάκτηση δεδομένων, συμπεριλαμβανομένης της αποκωδικοποίησης των μετεωρολογικών μηνυμάτων που φθάνουν από τους ΑΜΣ.
- Τηλεέλεγχος των ΑΜΣ και καταγραφή συμβάντων σε ειδικό αρχείο.
- Παρακολούθηση του δικτύου και ποιοτικός έλεγχος των δεδομένων.
- Περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις των χρηστών.
- Είσοδος των δεδομένων στη βάση δεδομένων του δικτύου.
- Απεικόνιση των δεδομένων.
- Μεταφορά των δεδομένων σε άλλους χρήστες, εσωτερικούς ή εξωτερικούς.

11. Διαχείριση ποιότητας των δεδομένων του δικτύου

Για τον έλεγχο της ποιότητας των δεδομένων του δικτύου οι χρήστες του δικτύου θα πρέπει :

- α) Να εγκαταστήσουν και να ελέγχουν σχεδόν σε πραγματικό χρόνο συστήματα παρακολούθησης των μετρήσεων που λαμβάνονται από τους αισθητήρες .
- β) Να καθιερώσουν διαδικασίες που να προάγουν την αποτελεσματική συνεννόηση μεταξύ του τμήματος παρακολούθησης των μετρήσεων και του τμήματος συντήρησης των σταθμών, έτσι ώστε να υπάρχει ταχύτερη ανταπόκριση σε μηνύματα εσφαλμένης λειτουργίας που αναφέρονται από το σύστημα παρακολούθησης.

Οι αυτοματοποιημένες διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου στους ΑΜΣ έχουν και αυτές τους περιορισμούς τους και κάποια σφάλματα (όπως η ολίσθηση από τις πραγματικές τιμές που παρατηρείται στους αισθητήρες μετά από μακροχρόνια χρήση) μπορεί να μην ανιχνευθούν ακόμα και με τους πιο απαιτητικούς ελέγχους. Η μετάδοση δεδομένων από έναν ΑΜΣ αποτελεί μία ακόμα πηγή σφάλματος. Επομένως θα πρέπει να υπάρχουν και άλλες διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου οι οποίες να εκτελούνται από ένα σύστημα παρακολούθησης του δικτύου. Σε ένα τέτοιο σύστημα παρακολούθησης θα πρέπει να εκτελούνται οι παρακάτω διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου :

- α) Να ανιχνεύονται τα σφάλματα μετάδοσης δεδομένων. Η διαδικασία αυτή εξαρτάται από το χρησιμοποιούμενο πρωτόκολλο μετάδοσης και τον χρησιμοποιούμενο κώδικα ανίχνευσης λαθών.
- β) Να ελέγχονται η μορφή και το περιεχόμενο των μετεωρολογικών μηνυμάτων (αν δηλαδή συμφωνούν με τις συστάσεις του WMO).
- γ) Να γίνεται περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων έτσι ώστε να αποκλείονται δεδομένα τα οποία έχουν επισημανθεί ότι είναι ή υπάρχει υποψία ότι είναι λανθασμένα από το αρχείο μετρήσεων των ΑΜΣ.

Τα διαδραστικά συστήματα απεικόνισης προσφέρουν συμπληρωματικό ποιοτικό έλεγχο των εισερχόμενων δεδομένων. Οι χρονοσειρές μιας ή περισσότερων μεταβλητών για ένα ή περισσότερους σταθμούς μπορεί να απεικονίζονται σε έγχρωμες οθόνες, η στατιστική ανάλυση μπορεί να γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό για να ανιχνεύονται ασυνέχειες (που παρατηρούνται για μικρό ή μεγάλο χρονικό διάστημα) οι οποίες δεν ανιχνεύονται πάντα από τις πλήρως αυτοματοποιημένες διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου.

Οι αλγόριθμοι παρακολούθησης μέσω των οποίων οι τιμές μέτρησης ελέγχονται τακτικά ως προς το χώρο και το χρόνο και συγκρίνονται με ένα αναλυμένο πεδίο αριθμητικών τιμών, αποτελούν πολύ αποτελεσματικά μέσα για την αναγνώριση των σφαλμάτων, έτσι ώστε να γίνονται στη συνέχεια οι αναγκαίες διορθωτικές ενέργειες. Κάτι τέτοιο μπορεί να γίνει, για παράδειγμα, με την ατμοσφαιρική πίεση όταν αφαιρεθούν οι τυχαίες μικροδιακυμάνσεις (υπολογίζοντας χρονικούς μέσους όρους), και απαλειφθεί ο γεωγραφικός παράγοντας ανάγοντας όλες τις τιμές της πίεσης στο ίδιο επίπεδο αναφοράς. Αν ληφθούν οι μέσες τιμές στο χώρο και το χρόνο, τότε η ίδια ανάλυση μπορεί να γίνει και για τις υπόλοιπες μετρούμενες μεταβλητές. Θα πρέπει όμως κατά τη διαδικασία αυτή να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη κάποιες τοπικές συνθήκες (π.χ. ορογραφικά φαινόμενα).

12. Συντήρηση των ΑΜΣ

Το κόστος συντήρησης ενός δικτύου ΑΜΣ που βρίσκονται στην ξηρά, αλλά ιδίως εκείνων που βρίσκονται στη θάλασσα μπορεί να υπερβεί το κόστος της αγοράς τους. Έτσι αποκτά πολύ μεγάλη σημασία το θέμα της μελέτης των ΑΜΣ έτσι ώστε αυτοί να παρουσιάζουν τη μέγιστη δυνατή αξιοπιστία και δυνατότητα συντήρησης. Ειδικά θέματα προστασίας λόγω περιβαλλοντικών συνθηκών θα πρέπει να αιτιολογούνται επαρκώς ειδικά σε περιπτώσεις που το αρχικό κόστος είναι υψηλό. Η συντήρηση των ΑΜΣ πρέπει να πραγματοποιείται κάθε 6 – 12 μήνες.

Είναι αντιληπτό ότι κάθε πολύπλοκο σύστημα απαιτεί τεχνική υποστήριξη για τη συντήρησή του. Η συντήρηση των συστημάτων αυτών μπορεί να διακριθεί στις παρακάτω κατηγορίες :

- Διορθωτική συντήρηση (Corrective maintenance). Αυτή απαιτείται σε περίπτωση βλάβης κάποιου εξαρτήματος ή σε περίπτωση εσφαλμένης λειτουργίας του λογισμικού.
- Προληπτική συντήρηση (Preventive maintenance). Πρέπει να γίνεται για όλα τα εξαρτήματα του συστήματος και να μην είναι μόνο καθαρισμός ή λίπανση των μηχανικών μερών του συστήματος. Η προληπτική συντήρηση η οποία πρέπει να περιλαμβάνει και ρύθμιση των αισθητήρων

(καλιμπράρισμα – calibration), αυξάνει την αξιοπιστία του συστήματος και μειώνει τις περιπτώσεις που απαιτείται διορθωτική συντήρηση.

- Προσαρμοστική συντήρηση (Adaptive maintenance). Αυτή η συντήρηση σχετίζεται με την εξέλιξη της τεχνολογίας και την διαθεσιμότητα των σπάνιων μερών του συστήματος μετά από μερικά χρόνια. Παραδείγματα αυτού του είδους συντήρησης αποτελούν η αντικατάσταση μίας μονάδας με μία τεχνολογικά πιο εξελιγμένη («αναβάθμιση», η οποία αφορά και το λογισμικό), και η δυνατότητα αντικατάστασης μιας μονάδας που δεν είναι πια διαθέσιμη στο εμπόριο (όταν αυτή πάθει βλάβη) με μία άλλη αντίστοιχη που να εκτελεί τις ίδιες λειτουργίες.

Η συντήρηση των ΑΜΣ θα πρέπει να οργανώνεται έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το κόστος αυτής. Αυτή θα μπορούσε να οργανωθεί σε τρία επίπεδα :

- Επιτόπια συντήρηση (Field maintenance). Γενικά δε συνίσταται η επισκευή των αισθητήρων του ΑΜΣ επιτόπου γιατί οι συνθήκες δεν ευνοούν την αποδοτική εργασία. Επίσης λόγω του υψηλού κόστους μετακίνησης του προσωπικού συντήρησης και του σχετικά χαμηλού κόστους των εξαρτημάτων είναι συχνά προτιμότερο να πετιούνται τα φθαρμένα μέρη και να αντικαθίστανται από καινούργια αντί να επισκευάζονται. Σε περιπτώσεις που απαιτείται η διορθωτική συντήρηση πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο τεχνικό προσωπικό, ανάλογα με τις υπάρχουσες δυνατότητες, ενώ η απλή προληπτική συντήρηση μπορεί να γίνεται από τον τοπικό παρατηρητή, όταν αυτός υπάρχει. Η περιοδική εκπομπή διαγνωστικών σημάτων από τον ΑΜΣ βοηθάει στην ταχύτερη αποκατάσταση των βλαβών.
- Συντήρηση από περιοχικά κέντρα (regional centres). Σε ένα τέτοιο κέντρο μπορεί να υπάρχει τεχνικό προσωπικό για την επισκευή αισθητήρων ή άλλων μονάδων του ΑΜΣ σε περίπτωση απλών βλαβών, ή ακόμα να πραγματοποιεί περιοδικά επισκέψεις στους σταθμούς για έλεγχο τυχόν προβλημάτων. Το τεχνικό αυτό προσωπικό θα πρέπει να είναι εκπαιδευμένο στις λειτουργίες που επιτελεί ο σταθμός και στην εκτέλεση του λογισμικού συντήρησης.
- Συντήρηση σε εθνικό επίπεδο. Υπάρχει ένα κέντρο συντήρησης σε εθνικό επίπεδο (national centre), το οποίο αποτελείται από πολύ καλά εκπαιδευμένο προσωπικό το οποίο είναι σε θέση να αντιμετωπίζει σύνθετα προβλήματα σε όλα τα μέρη του ΑΜΣ καθώς και του δικτύου. Σε μικρές χώρες η συντήρηση σε εθνικό επίπεδο μπορεί να περιλαμβάνει και εκείνη τη συντήρηση που γίνεται από περιοχικά κέντρα.

13.Ρυθμίσεις στους ΑΜΣ

Οι αισθητήρες των ΑΜΣ που έχουν στην έξοδο ηλεκτρικό σήμα παρουσιάζουν με το χρόνο κάποια απόκλιση από τις τιμές του σήματος εξόδου που έπρεπε κανονικά να έχουν. Για τούτο το λόγο χρειάζονται τακτικά επιθεώρηση και ρύθμιση (calibration). Το χρονικό διάστημα που απαιτείται για τη ρύθμιση των αισθητήρων καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά απόκλισης του σήματος (από τις κανονικές τιμές) που δίνονται από τον κατασκευαστή και από τη ζητούμενη αξιοπιστία. Οι ρυθμίσεις που γίνονται μπορεί να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες :

- Αρχικές ρυθμίσεις (Initial calibration). Είναι οι αρχικές ρυθμίσεις που πρέπει να γίνονται πριν την εγκατάσταση των ΑΜΣ έτσι ώστε να διαπιστωθεί ότι επαληθεύονται οι προδιαγραφές που δίνονται από τον κατασκευαστή, αλλά και να διαπιστωθεί ότι τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού του ΑΜΣ δεν αλλοιώθηκαν κατά τη μεταφορά του
- Επιτόπιες ρυθμίσεις (Field inspection). Είναι οι ρυθμίσεις που εκτελούνται περιοδικά στους αισθητήρες του ΑΜΣ έτσι ώστε οι έξοδοί τους να ικανοποιούν κάποιες πρότυπες (κανονικές) τιμές προκειμένου να διατηρείται η αξιοπιστία των μετρήσεων του ΑΜΣ.
- Εργοστασιακές ρυθμίσεις (Laboratory calibration). Είναι οι ρυθμίσεις που πρέπει να γίνονται για τα όργανα εκείνα που παρουσιάζουν απόκλιση μεγαλύτερη από κάποιες προκαθορισμένες τιμές, ή για εκείνα που έχουν επισκευαστεί και πριν γίνει η επαναχρησιμοποίησή τους στο σταθμό.

14. Εκπαίδευση του προσωπικού

Καθώς ένας ΑΜΣ βασίζεται στην εφαρμογή μιας τεχνολογίας που τον διαφοροποιεί σημαντικά από το εξοπλισμό ενός συμβατικού μετεωρολογικού σταθμού και του προϋπάρχοντος δικτύου, είναι προφανές ότι χρειάζεται μία αναθεώρηση των υπαρχόντων προγραμμάτων εκπαίδευσης του αναγκαίου τεχνικού προσωπικού. Τα νέα προγράμματα εκπαίδευσης που θα πρέπει να οργανωθούν, θα πρέπει να γίνουν έτσι που να ικανοποιούν τις ανάγκες των χρηστών και να καλύπτουν τα θέματα συντήρησης και ρυθμίσεων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Το παλαιό προσωπικό, ακόμα και αν έχει πολλά χρόνια εμπειρίας, είναι πιθανό να συναντήσει κάποια προβλήματα στη νέα αυτή εκπαίδευση, επειδή δεν θα έχει τις βασικές γνώσεις πάνω στους ηλεκτρικούς αισθητήρες και στην ψηφιακή τεχνολογία των μικροϋπολογιστών. Σε αυτές τις περιπτώσεις ίσως φανεί αναγκαία η πρόσληψη νέου προσωπικού, που να έχει τις γνώσεις αυτές της νέας τεχνολογίας.

Οι κατασκευαστές του εξοπλισμού των ΑΜΣ θα πρέπει να παρέχουν κατανοητά λειτουργικά και τεχνικά εγχειρίδια καθώς και να οργανώνουν τις σχετικές εκπαιδεύσεις. Επίσης θα πρέπει να παρέχουν δύο είδη εγχειριδίων : ένα για την εκμάθηση της λειτουργίας και της χρήσης του συστήματος που απευθύνεται προς τους χρήστες του συστήματος και ένα που να περιέχει λεπτομερείς τεχνικές οδηγίες και διαγράμματα που απευθύνεται στο τεχνικό προσωπικό συντήρησης των ΑΜΣ.