



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

(Πανεπιστημιακές Παραδόσεις)

ΝΙΚΟΛΑΟΣ Ρ. ΔΑΛΕΖΙΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΒΟΛΟΣ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2003



Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ

1.1.Ορισμοί και στόχοι.

Αγρομετεωρολογία με την ευρεία έννοια είναι ο κλάδος της εφαρμοσμένης μετεωρολογίας, που μελετά την ανταπόκριση των ζώντων οργανισμών στο φυσικό περιβάλλον και αποτελεί το σύνδεσμο μεταξύ μετεωρολογίας και γεωργίας. Ο στόχος είναι η βελτίωση ή και μεγιστοποίηση της αγροτικής παραγωγής μέσω περισσότερο ακριβούς πρόγνωσης και μέσω ελέγχου του φυσικού περιβάλλοντος με απώτερο στόχο τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης του αγροτικού περιβάλλοντος. Η πρόγνωση μπορεί να καλύπτει κάποιο εύρος από ποσοτικές προγνώσεις σοδειάς και παρακολούθηση γεωργικής παραγωγής με στόχο την αναβάθμιση της ποιότητας από τη μια μεριά, μέχρι την εκτίμηση παραγωγής ζωικού κεφαλαίου καθώς και των κλιματικών καταστροφών από την άλλη. Ο έλεγχος του φυσικού περιβάλλοντος μπορεί να περιλαμβάνει πρόληψη παγετού, έλεγχο πλημμύρας, ρύθμιση θερμοκρασίας σε στάβλους, καθώς και τροποποίηση καιρού για ξηρασία και χαλάζι, που τελικά συντελούν σε βέλτιστη διαχείριση του αγροτικού περιβάλλοντος.

Με τη στενή έννοια αγρομετεωρολογία μπορεί να οριστεί ως η μελέτη των φυσικών διεργασιών στην ατμόσφαιρα που δημιουργούν τον καιρό και σχετίζεται με την αγροτική παραγωγή. Η αγρομετεωρολογία είναι μια οριζόντια επιστήμη που εφαρμόζει τη φυσική της ατμόσφαιρας και του εδάφους στη γεωργία. Ακόμα μελέτες και έρευνες του μικροκλίματος φυτών και ζώων, καθώς και στατιστική επεξεργασία μετεωρολογικών δεδομένων αποτελούν αντίστοιχα αντικείμενα της αγρομετεωρολογίας.

Το φυσικό περιβάλλον περιλαμβάνει ιδιότητες του φυσικού περιγύρου όπου ζώντα όντα παράγονται, όπως αέρας, έδαφος, νερό, φυτά, ζώα, μικροοργανισμοί και ξένη ύλη. Οι ζώντες οργανισμοί που μελετώνται στην αγρομετεωρολογία περιορίζονται σε καλλιεργούμενα φυτά, ζωικό κεφάλαιο, έντομα και μικροοργανισμοί οικονομικής σημασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΓΡΟΦΑΙΝΟΛΟΓΙΑ

2.1 Αγρομετεωρολογία και φυτά

Ο γεωργικός μετεωρολόγος οφείλει να γνωρίζει βασικές έννοιες για τις ασθένειες των φυτών και για τον κύκλο ζωής των εντόμων ή καλύτερα θα πρέπει να συνεργάζεται με γεωπόνους, βοτανολόγους, εντομολόγους κλπ.

Θα εξετάσουμε παρακάτω τις σχέσεις οι οποίες υπάρχουν μεταξύ των μετεωρολογικών παραγόντων και των διαφόρων ασθενειών των φυτών. Οι μετεωρολογικοί παράγοντες, οι οποίοι δύνανται να σχετίζονται με τις ασθένειες των φυτών είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, η βροχή, το χιόνι, η ηλιοφάνεια, ο άνεμος κλπ. Από αυτούς οι σπουδαιότεροι είναι η θερμοκρασία και η υγρασία, στη βάση των οποίων εξετάζεται κάθε ασθένεια των διαφόρων καλλιεργειών.

2.1.1 Συντελεστές αναπτύξεως του φυτού

Συντελεστή αναπτύξεως καλούμε οποιονδήποτε φυσικό, χημικό ή βιολογικό συντελεστή, ο οποίος επιδρά κατά οποιονδήποτε τρόπο στην ανάπτυξη του φυτικού οργανισμού. Η επίδραση αυτή μπορεί να είναι ωφέλιμη ή όχι για την ανάπτυξη του φυτού. Για την ευδοκίμηση και την ανάπτυξη του φυτού είναι απαραίτητοι ορισμένοι συντελεστές αναπτύξεως όπως το φως, ο αέρας, η θερμοκρασία, το νερό και τα θρεπτικά συστατικά.

Το Φως

Ο ήλιος είναι η πηγή ενέργειας με τη βοήθεια της οποίας πραγματοποιείται η αφομοίωση του διοξειδίου του άνθρακα. Η πράσινη ουσία του φυτού, η χλωροφύλλη, μετατρέπει, με τη βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας, την ανόργανη ύλη σε οργανική.

Τα διάφορα μήκη κύματος του λευκού φωτός επιδρούν κατά διαφορετικό βαθμό στην αφομοίωση. Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι η εντατικότερη αφομοίωση γίνεται στο ερυθρό και κυανού φως σε αντίθεση με το υπεριώδες και το υπέρυθρο όπου γίνεται η ασθενέστερη αφομοίωση. Με έλλειψη ή ανεπάρκεια φωτός δε σχηματίζεται χλωροφύλλη, οπότε τα φυτά είναι άχρωα, με μαλακό ιστό και μικρή αντίσταση. Γενικά, μπορούμε να πούμε ότι η ανάπτυξη του φυτού εξαρτάται από το ποσό, την ένταση και το χρόνο της επίδρασης του φωτός.

Ο αέρας

Ο ξηρός αέρας περιέχει περίπου 78% άζωτο, 21% οξυγόνο και 0.03% κατ' όγκο διοξείδιο του άνθρακα CO₂.

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι η βασική ουσία για την παραγωγή οργανικής μάζας. Η κυριότερη δε πηγή για την παραγωγή οργανικού οξέος για την αφομοίωση είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας. Το μεγαλύτερο ποσό διοξειδίου του άνθρακα αποδίδει το έδαφος, μέσα στο οποίο αποσυντίθενται οργανικές ενώσεις. Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι έχουμε αύξηση της παραγωγής με την αύξηση της ποσότητας του διοξειδίου του άνθρακα.

Το οξυγόνο είναι απαραίτητο για την αναπνοή του φυτού, όχι μόνο αυτό που βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια αλλά και κάτω από αυτή.

Τέλος, το άζωτο του αέρα δε χρησιμοποιείται απευθείας από το φυτό, αλλά μόνο από τις ενώσεις αυτού (αμμωνιακές, νιτρικές) οι οποίες είναι πολύτιμη τροφή για την ανάπτυξη του φυτικού οργανισμού.

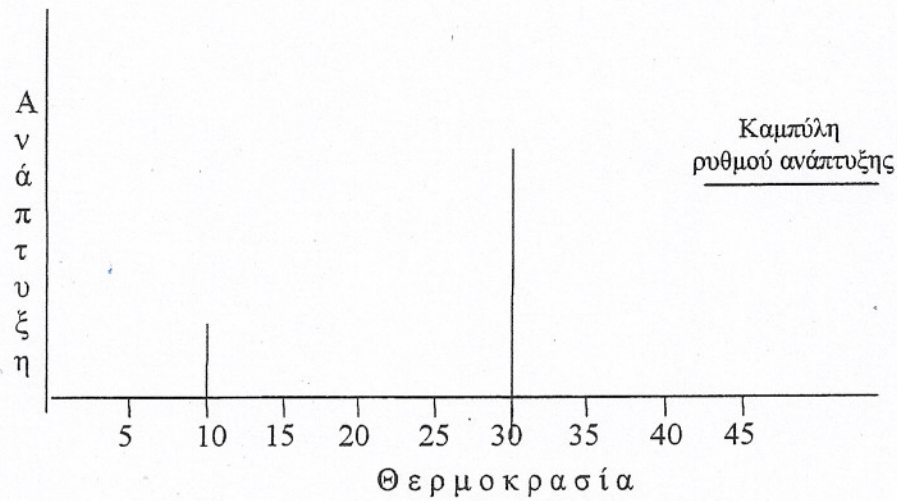
Θερμοκρασία ανάπτυξης του φυτού

Όπως και ο ζωικός κόσμος, έτσι και ο φυτικός έχει ανάγκη ορισμένου περιβάλλοντος μέσα στο οποίο η θερμοκρασία πρέπει να κυμαίνεται εντός ορισμένων ορίων. Για την ανάπτυξη του φυτού υπάρχει μια ελάχιστη και μια μέγιστη θερμοκρασία, μεταξύ δε αυτών των δύο οριακών τιμών βρίσκεται η βέλτιστη θερμοκρασία, στην οποία το φυτό παρουσιάζει τη μέγιστη ένταση ανάπτυξης. Ο πιο κάτω πίνακας δίνει τις τρεις προαναφερθείσες τιμές θερμοκρασίας για διάφορα φυτά.

Η θερμοκρασία θανάτου (ξήρανσης) του αναπτυσσόμενου φυτού κυμαίνεται συνήθως μόνο μερικούς βαθμούς πάνω από τη μέγιστη θερμοκρασίας, δύναται όμως να είναι και πολύ χαμηλότερη της ελάχιστης θερμοκρασίας αναπτύξεως.

Τέλος, η θερμοκρασία έχει μεγάλη επίδραση στην ένταση της αφομοίωσης του διοξειδίου του άνθρακα και κατά συνέπεια και του ποσού της σχηματιζόμενης οργανικής ουσίας καθώς και της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος.

Φυτό	Ελάχιστη θερμοκρασία	Μέγιστη θερμοκρασία	Βέλτιστη θερμοκρασία
Σιτάρι	3 - 4,5	30 - 32	25



Σχήμα 1

Ο χρησιμοποιούμενος τύπος είναι:

$$EHU = (T_{\max} + T_1 + \Delta T_1) / 2 - T_2 - DT_2$$

όπου T_1 = θερμοκρασία κάτω του ορίου σημαντικής ευνοϊκής ανάπτυξης (10°C), $\Delta T_1 = T_{\min} - T_1$ μόνο για θετικές τιμές, T_2 = η θερμοκρασία με τα άριστα αποτελέσματα (30°C), δηλαδή μέγιστης ανάπτυξης και $\Delta T_2 = T_{\max} - T_2$ μόνο για θετικές τιμές.

Ο τύπος αυτός βασίζεται στην υπόθεση ότι δε λαμβάνει χώρα αισθητή ανάπτυξη του υπό μελέτη φυτού σε θερμοκρασίες κάτω της βασικής των 10°C .

Τρίτος τρόπος μελέτης σχέσεων ανάπτυξης και θερμοκρασίας είναι ο δια των αποτελεσμάτων της ακτινοβολίας.

Τέλος, υπάρχει και ο φωτοθερμικός τρόπος, ο οποίος είναι συνδυασμός των επιδράσεων φωτός και θερμοκρασίας.

Το νερό

Το νερό έχει ιδιαίτερη σημασία για τη διατροφή και τη ζωή του φυτού. Το πρωτόπλασμα των κυττάρων μόνο πάνω από ορισμένο βαθμό διογκώσεως είναι ικανό να διεξάγει τις διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες. Για την πλήρη φυσιολογική δράση του φυτικού οργανισμού είναι απαραίτητη η ύπαρξη ορισμένης ισορροπίας μεταξύ της πυκνότητας του κυτταρικού χυμού, του ύδατος του πρωτοπλάσματος και του βαθμού διογκώσεως του κυττάρου.

Εάν ελαττώνεται το ποσό του ύδατος εντός του φυτού και κατά συνέπεια ο βαθμός διογκώσεως του πρωτοπλάσματος κάτω από ένα ορισμένο όριο, τότε παρατηρούμε περιορισμό των φυσιολογικών αντιδράσεων και έναρξη της μαράνσεως του φυτού.

Γενικά, η φυσιολογική σημασία του νερού είναι πολλαπλή. Είναι ένα από τα βασικά στοιχεία για το σχηματισμό οργανικής ουσίας κατά την αφομοίωση, είναι το μεταφορικό μέσο των προϊόντων της αφομοίωσης στα διάφορα μέρη του φυτού. Μέσα από το νερό μεταφέρονται τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους στο φυτικό οργανισμό και είναι το διαλυτικό μέσο με τη βοήθεια του οποίου γίνονται όλες οι φυσιολογικές αντιδράσεις.

Κατά τη διαδικασία της προσλήψεως του νερού από το έδαφος διεξάγεται ένας αγώνας μεταξύ του εδάφους και των ριζών του φυτού. Το μεν έδαφος προσπαθεί να συγκρατήσει το νερό μέσα του, το δε φυτό με τη βοήθεια του ριζικού του συστήματος, τείνει να το απορροφήσει από το έδαφος. Η μέγιστη δυνατή δύναμη, την οποία αναπτύσσει κάθε φυτό για την αφαίρεση του νερού από το έδαφος, ονομάζεται *αναρροφητική δύναμη* ή *ωσμωτική πίεση* των ριζών. Η αναρροφητική δύναμη των διαφόρων φυτών είναι διαφορετική. Γενικά τα φυτά των ξηρών και αλατούχων περιοχών δείχνουν μεγάλη αναρροφητική δύναμη. Τα φυτά των ερημικών περιοχών έχουν αναρροφητική δύναμη 17 έως 100 ατμόσφαιρες, ενώ των βορείων περιοχών μόλις 9 ατμόσφαιρες.

2.1.2 Αύξηση και ανάπτυξη των φυτών σε σχέση με τον καιρό

Η ανάπτυξη των φυτών ελέγχεται βιολογικά από ένα αριθμό από ορμόνες οι οποίες ρυθμίζουν τις ποικίλες μορφολογικές μεταβολές οι οποίες σταδιακά λαμβάνουν χώρα μέσα στα φυτικά κύτταρα. Η παραγωγή τέτοιων ορμονών τόσο ενεργοποιητικές όσο και κατασταλτικές, είναι ένα γενετικό χαρακτηριστικό του κάθε είδους φυτού και της κάθε ποικιλίας. Η παραγωγή τους ή η καταστροφή τους επηρεάζεται σημαντικά από το εξωτερικό τους περιβάλλον όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα.

Εξαιτίας των ρυθμιστικών επιδράσεων των ορμονών στην ανάπτυξη των φυτών και στην εξάρτησή τους από το εξωτερικό περιβάλλον είναι πιθανό να κατασκευάσουμε μοντέλα τα οποία θα συσχετίζουν το ρυθμό της ανάπτυξης των καλλιεργειών σε συγκεκριμένους περιβαλλοντικούς παράγοντες, κυρίως τη θερμοκρασία και τη φωτοπερίοδο.

Η ποσοτική έκφραση της αύξησης και της ανάπτυξης των κατοικίδιων ζώων και των καλλιεργούμενων φυτών καθώς και των αντιδράσεών τους στα περιβαλλοντικά φαινόμενα είναι ζωτικής σημασίας για την αγρομετεωρολογική έρευνα. Απαιτείται, όπου αυτό είναι δυνατό, συστηματική μελέτη του θέματος, με τη χρήση στατιστικών και μαθηματικών μεθόδων. Δηλαδή, οι λιγότερο ακριβείς περιγραφικές εκφράσεις πρέπει να αντικαθίστανται από αριθμούς και στατιστικά και μαθηματικά σύμβολα, έτσι ώστε να περιορίζεται στο ελάχιστο η

το πρόβλημα αυτό, αν όχι πλήρως τουλάχιστον μερικώς, είναι η επιλογή και καταγραφή αρχικά ενός μεγάλου αριθμού βολβών (περίπου 40-50) σε κάθε δένδρο. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνονται οι πιθανότητες να υπάρχουν κάποια φρούτα για παρατήρηση μέχρι την ωρίμανση.

2.4.3. Αγρομετεωρολογικές Παρατηρήσεις

Οι μετεωρολογικοί παράγοντες επηρεάζουν όχι μόνο την ανάπτυξη των καλλιεργειών, αλλά επίσης και την κατάστασή τους. Ανεξάρτητα από την ταχύτητα ανάπτυξης, τα φυτά μπορεί να βρίσκονται σε διαφορετικές καταστάσεις, λόγω ευνοϊκών ή μη ευνοϊκών μετεωρολογικών συνθηκών.

Περιγράφονται επτά διαφορετικές αγρομετεωρολογικές παρατηρήσεις. Όλες οι παρατηρήσεις αυτές συνδέονται με την κατάσταση των καλλιεργειών.

Οι παρατηρήσεις είναι:

1. Γενική εκτίμηση της κατάστασης των καλλιεργειών.
2. Πυκνότητα της περιοχής σποράς (sowing).
3. Ύψος φυτών.
4. Ζημιά από δυσμενή μετεωρολογικά φαινόμενα.
5. Ζημιά από εχθρούς και ασθένειες.
6. Έκταση ζιζανίων.
7. Σοδειά.

Οι παρατηρήσεις αυτές πρέπει να εκτελούνται σε όλες τις καλλιέργειες, που επιλέγονται για φαινολογικές παρατηρήσεις. Τα στοιχεία από τις παρατηρήσεις καταχωρούνται στις "Δεκαήμερες Αγρομετεωρολογικές Εκθέσεις για την κατάσταση των καλλιεργειών" (Πίνακας 2.4.) των 10η, 20η και 30η την ημέρα κάθε μήνα. Μερικές από τις παραπάνω επτά παρατηρήσεις εκτελούνται κάθε δέκα ημέρες, ενώ οι άλλες μία ή δύο φορές κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου.

Πίνακας 2.3. Μηνιαία Φαινολογική Έκθεση ενός Πολυετούς Φυτού χωρίς εποχικό πρότυπο.

Ημερ παρα- τηρησ ης	ΟΝΟΜΑ ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΦΑΣΗΣ ΠΑΡΑΤΗΡΟΥΜΕΝΗ ΓΙΑ:									
	ΦΥΤΟ NO.1	ΦΥΤΟ NO.2	ΦΥΤΟ NO.3	ΦΥΤΟ NO.4	ΦΥΤΟ NO.5	ΦΥΤΟ NO.6	ΦΥΤΟ NO.7	ΦΥΤΟ NO.8	ΦΥΤΟ NO.9	ΦΥΤΟ NO.10
1	Candle Stage	Candle Stage	Candle Stage	Candle Stage	Candle Stage	Candle Stage	Candle Stage	Candle Stage	Candle Stage	Candle Stage
4	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA
6	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA
8	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA	KAMIA
11	KAMIA	ΑΝΘΙΣΗ	ΑΝΘΙΣΗ	KAMIA	ΑΝΘΙΣΗ	KAMIA	KAMIA	KAMIA	ΑΝΘΙΣΗ	KAMIA
13	ΑΝΘΙΣΗ	ΑΝΘΙΣΗ	ΑΝΘΙΣΗ	ΑΝΘΙΣΗ	ΑΝΘΙΣΗ	ΑΝΘΙΣΗ	KAMIA	ΑΝΘΙΣΗ	ΑΝΘΙΣΗ	ΑΝΘΙΣΗ

15	ΑΝΘΙΣΗ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΑΝΘΙΣΗ	ΚΑΜΙΑ	ΑΝΘΙΣΗ	ΑΝΘΙΣΗ	ΑΝΘΙΣΗ	ΚΑΜΙΑ	ΑΝΘΙΣΗ
18	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΑΝΘΙΣΗ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ
20	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ
22	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ
25	ΚΑΜΙΑ	Pinhead Stage	Pinhead Stage	ΚΑΜΙΑ	Pinhead Stage	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	Pinhead Stage	ΚΑΜΙΑ
27	Pinhead Stage	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	Pinhead Stage	ΚΑΜΙΑ	Pinhead Stage	ΚΑΜΙΑ	Pinhead Stage	ΚΑΜΙΑ	Pinhead Stage
29	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	Pinhead Stage	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ

1. Γενική κατάσταση της εκτίμησης των καλλιεργειών.

Η εκτίμηση πραγματοποιείται για όλα τα φυτά στο πεδίο. Η κατάσταση μιας καλλιέργειας εκτιμάται συγκρίνοντάς την με την κατάσταση της ίδιας καλλιέργειας σε χρονιές με κανονικές μετεωρολογικές συνθήκες και με ένα κανονικό επίπεδο γεωργικής τεχνολογίας και πρακτικής για την αύξηση της καλλιέργειας αυτής. Η εκτίμηση των φυτών γίνεται αφού ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες: η υγεία των φυτών, η ομοιομορφία και πυκνότητα της περιοχής σποράς, ο αριθμός ζιζανίων στο πεδίο, ζημιές από δυσμενή μετεωρολογικά φαινόμενα, εχθροί και ασθένειες κλπ. Ακόμα κατά το βλαστικό στάδιο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το ύψος των φυτών, ενώ κατά τη διάρκεια του αναπαραγωγικού σταδίου ο αριθμός και η κατάσταση των αναπαραγωγικών μερών των φυτών (άνθη, σιτηρά, φρούτα, κλπ) πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Υπάρχουν πέντε (5) βαθμοί εκτίμησης:

Βαθμός 5: Εξαιρετη κατάσταση. Τα φυτά είναι δυνατά, υγιή, καλές ρίζες, καλή ανάπτυξη. Η πυκνότητα είναι βέλτιστη για τις τοπικές συνθήκες και δεν λείπουν φυτά. Όλα τα μέρη των φυτών και κυρίως τα αναπαραγωγικά μέρη βρίσκονται σε εξαιρετη κατάσταση. Δεν υπάρχουν ζιζάνια. Η κατάσταση αυτή είναι τυπική για χρονιές με πολύ καλές μετεωρολογικές συνθήκες, αναμένεται δε πολύ μεγαλύτερη σοδειά από εκείνη των κανονικών χρόνων.

Βαθμός 4: πολύ καλή κατάσταση. Μόνο μερικά φυτά δεν είναι πολύ υγιή, λείπουν φυτά, υπάρχουν λίγα ζιζάνια, υπάρχει ελαφρά ζημιά από δυσμενή μετεωρολογικά φαινόμενα, εχθρούς ή ασθένειες. Ωστόσο, η αναμενόμενη σοδειά είναι πάνω από το μέσο όρο.

Βαθμός 3: κανονική κατάσταση. Ύψος και κατάσταση φυτών, πυκνότητα, ζιζάνια, ζημιά από δυσμενή μετεωρολογικά φαινόμενα, εχθρούς ή ασθένειες είναι ως συνήθως και συνεπώς αναμένεται κανονική σοδειά.

Πίνακας 2.4. Αγρομετεωρολογική Έκθεση Δέκα (10) ημερών του σταδίου ανάπτυξης και της παραγωγής φυτών.

Είδος παρατήρησης	Φαινολογική φάση κατά την παρατήρηση	Εκτίμηση της κατάστασης	Πυκνότητα περιοχής		Ύψος φυτών	Ζημιές από καιρικά φαινόμενα				Ζημιές από παράσιτα και αρρώστιες				Ζιζάνια	Σοδειά	Σοδειά
			Αρ. φυτών /m ²	Αρ. στελεχών /m ²		Όνομα	Ημερομ. και διάρκεια	Είδος ζημιάς	% ζημιάς	Όνομα	Ημερομ. και διάρκεια	Είδος ζημιάς	% ζημιάς			
ΚΡΙΘΑΡΙ	πλήρη ωριμότητα	3	492	975	74	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-
ΦΑΣΟΛΙΑ		4	286	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-
ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	αμέσως μετά της ωριμότητας	5	-	-	236	-	-	-	-	-	-	-	-	5	15/4	4.500kg/hectare
ΒΑΜΒΑΚΙ	άνοιγμα οφθαλμών	4	-	-	75	-	-	-	-	-	10-20/4	Φάγωμα φύλλων	10%	4	3 ^ο χέρι 19/4	310kg/hectare
ΖΑΧΑΡΟΚΑΛΑΜΟ	μετά το όργωμα	3	-	-	40	-	-	-	-	-	13-16/4	-	25%	3	-	-
ΜΑΓΚΟ	άνθιση	3	-	-		Χαλάζι	14/4 14:40-14:45	Σχίσσιμο φύλλων	100%	-	-	-	-	3	-	-
ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	μεταξύ άνθισης και ωριμότητας	2	-	-		Χαλάζι	14/4 14:40-14:45	Σχίσσιμο φύλλων και ρίψη καρπών	75%	-	-	-	-	3	-	-
ΛΕΜΟΝΙ	μεταξύ άνθισης και ωριμότητας	2	-	-		Χαλάζι	14/4 14:40-14:45	Σχίσσιμο φύλλων και ρίψη καρπών	75%	-	-	-	-	3	-	-
ΜΠΑΝΑΝΑ	μεταξύ 1 ^{ης} και 2 ^{ης} φάσης	3	-	-		Χαλάζι	14/4 14:40-14:45	Σχίσσιμο φύλλων	75%	-	-	-	-	4	-	-
ΤΟΜΑΤΑ	ωριμότητα	5	-	-	93	-	-	-	-	-	-	-	-	5	1 ^ο χέρι 14/4	850 kg/hectare

Βαθμός 2: μη ικανοποιητική κατάσταση. Η πυκνότητα των φυτών δεν είναι επαρκής, λείπουν φυτά. Λόγω μη ευνοϊκών μετεωρολογικών συνθηκών ή άλλων δυσμενών παραγόντων, το ύψος και η κατάσταση των φυτών είναι κάτω του κανονικού. Υπάρχει μεγάλος αριθμός ζιζανίων. Αναμένεται σοδειά κάτω του μέσου.

Βαθμός 1: κακή κατάσταση. Τα φυτά είναι μικρά, ασθενή και σε κακή κατάσταση. Λείπουν φυτά σε πολλά μέρη του αγρού. Τα φυτά υποφέρουν είτε από μη ευνοϊκές μετεωρολογικές συνθήκες ή έχουν υποστεί ζημιές από δυσμενή μετεωρολογικά φαινόμενα, εχθρούς ή ασθένειες. Αναμένεται πολύ μικρή σοδειά.

2. Πυκνότητα περιοχής σποράς.

Χρόνοι παρατηρήσεων.

Η πυκνότητα της περιοχής σποράς υπολογίζεται για όλες τις επιλεγμένες καλλιέργειες για φαινολογικές παρατηρήσεις. Ο αριθμός των παρατηρήσεων εξαρτάται επίσης από τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής. Η πυκνότητα για κάθε ετήσια καλλιέργεια πρέπει να υπολογίζεται τουλάχιστον τρεις φορές -στην αρχή, μέσο και τέλος της βλαστικής περιόδου. Η πυκνότητα των πολυετών καλλιεργειών πρέπει να υπολογίζεται ως ακολούθως:

- (α) Μεγάλα δέντρα όπως μήλα, ροδάκινα, κίτροειδή κλπ.
- (β) Μικρά δέντρα ή θάμνοι όπως καφές, αμπέλια, κλπ.
- (γ) Μικρές πολυετείς καλλιέργειες όπως φράουλες, κλπ.

Μέθοδοι παρατήρησης

Υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι υπολογισμού του συνολικού αριθμού ανά μοναδιαία περιοχή. Ανάλογα με τον τρόπο, που έχει γίνει η φύτεψη, υπάρχουν τρεις κύριες μέθοδοι υπολογισμού της πυκνότητας περιοχής σποράς:

(1) Καλλιέργειες σε σειρά: Περιλαμβάνονται όλες οι ετήσιες καλλιέργειες που αυξάνονται σε σειρές και μερικές πολυετείς καλλιέργειες κυρίως μικρές. Παραδείγματα είναι το καλαμπόκι, ηλιόσπορος, φασόλια, βαμβάκι, σουσάμι, καπνός, φράουλες, τομάτα, πιπεριά, κλπ. Π.χ. : Σε πεδίο με καλαμπόκι ο αριθμός των φυτών σε δέκα γραμμικά μέτρα στην πρώτη θέση είναι 28, στη δεύτερη 31, στην Τρίτη 29, στην τέταρτη 32. Η απόσταση μεταξύ γειτονικών σειρών είναι 90 εκ.. Το άθροισμα των φυτών από τις τέσσερις θέσεις πολλαπλασιάζεται επί 25000 και διαιρείται με την απόσταση μεταξύ των σειρών σε εκατοστά.

Δηλαδή:
$$\frac{(28 + 31 + 29 + 32)25.000}{90} = \frac{120 \times 25.000}{90} = \frac{3.000.000}{90} = 33.330$$
 που είναι ο

αριθμός των φυτών ανά εκτάριο.

(2) Καλλιέργειες με συνεχή επιφάνεια - σιτάρι, αραβόσιτος, κλπ. Περιλαμβάνονται ετήσιες και πολυετείς καλλιέργειες. Η πυκνότητα εκφράζεται με τον αριθμό των φυτών ανά τετραγωνικό μέτρο.

(3) Η τρίτη μέθοδος υπολογισμού της πυκνότητας περιοχής φυτρώματος εφαρμόζεται σε όλα τα πεδία που οι καλλιέργειες δεν ανήκουν σε καμιά από τις παραπάνω ομάδες.

3. Ύψος Φυτών

Σε δέντρα και θάμνους δεν είναι συνήθως εύκολο να μετρηθεί το ύψος και σε άλλες περιπτώσεις το ύψος των φυτών μπορεί θεωρηθεί μικρής αγρομετεωρολογικής σημασίας. Η μέτρηση του ύψους των φυτών πραγματοποιείται κάθε δέκα μέρες καθ' όλη τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Ανάλογα με τις μεθόδους μέτρησης του ύψους, τα φυτά ταξινομούνται σε δύο κύριες ομάδες:

(1) Αραβόσιτος, καλαμπόκι, οξεία, ρύζι, ηλιόσπορος, σιτάρι. Μέχρι τη φάση των αυτιών το ύψος μετράται από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι την κορυφή του αυτιού.

(2) Στα υπόλοιπα φυτά, καθ' όλη τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου, το ύψος πρέπει να μετράται από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι την κορυφή του ευθυτενισμένου φυτού.

4. Ζημιά από Δυσμενή Μετεωρολογικά Φαινόμενα

Υπάρχουν διάφορα μετεωρολογικά φαινόμενα που μπορεί να προκαλέσουν ζημιά σε καλλιέργειες:

Ξηρασία. Κατά τη διάρκεια μακρόχρονης ξηρασίας οι καλλιέργειες υποφέρουν από έλλειψη εδαφικής υγρασίας. Οι περίοδοι υγρασίας είναι δυσμενείς όταν συγχρόνως η θερμοκρασία είναι υψηλή και η υγρασία χαμηλή. Η επίδραση της ξηρασίας στα φυτά εκφράζεται ως εξής: τα φύλλα μαραίνονται κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ τη νύκτα επανακτούν την υγρασία. Τα φύλλα γέρνουν, τα χαμηλότερα φύλλα γίνονται κίτρινα ή σκούρα, μερικά φύλλα ξεραίνονται, ενώ είναι ακόμη πράσινα. Άνθη, βλαστοί κ.λπ. πέφτουν.

Χαλάζι, Καταιγίδες. Η ζημιά περιλαμβάνει σπάσιμο φύλλων, σπάσιμο κλαδιών και κλώνων, πτώση ανθών ή φρούτων, απομάκρυνση του εδάφους, κ.λπ.

Παγετός και Δυσμενείς Θερμοκρασίες. Φυτά που φίστανται ζημιά από παγετό συνήθως μοιάζουν μαραμένα αν και παραμένουν πράσινα. Μερικά φύλλα και άλλα μέρη του φυτού μπορεί να σκουρίνουν, βλαστοί ή άνθη μπορεί να

πέσουν. Εκτός του παγετού, θερμοκρασίες πάνω από το σημείο παγοποίησης μπορεί να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις εάν εμφανίζονται σε κάποια βλαστικά στάδια ευαίσθητα σε κάποια θερμοκρασία. Ακόμα πολύ υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν ζημιά, κυρίως όταν εμφανίζονται στην άνθιση και συγκομιδή.

Γενικά είναι δυνατό τα φυτά να υφίστανται ζημιά από περισσότερα από ένα φαινόμενο συγχρόνως, π.χ. ξηρασία και αμμοθύελλα ή χαλάζι και έντονη καταιγίδα, κ.λπ.

Τα δυσμενή μετεωρολογικά φαινόμενα πρέπει να καταγράφονται αμέσως στις φαινολογικές παρατηρήσεις (Πίνακας 2.4.).

5. Ζημιά από εχθρούς και ασθένειες

Τα φυτά υφίστανται ζημιά συνήθως από διάφορα είδη εχθρών και ασθενειών. Οι περισσότερες ζημιές είναι ορατές. Οι αγρομετεωρολόγοι παρατηρούν την εμφάνιση εχθρών και ασθενειών για δύο κυρίως λόγους: σε πολλές περιπτώσεις η εμφάνιση εχθρών και ασθενειών σχετίζεται με τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες. Ακόμα και η ζημιά από εχθρούς και ασθένειες επιδρά αρνητικά στην κατάσταση των φυτών και, αν δεν παρατηρηθεί και καταγραφεί, η αιτία μπορεί να αποδοθεί εσφαλμένα στις καιρικές συνθήκες. Όπως και στη ζημιά από δυσμενή μετεωρολογικά φαινόμενα, η ζημιά από εχθρούς και ασθένειες πρέπει να υπολογίζεται και καταγράφεται το συντομότερο δυνατό για όλες τις καλλιέργειες που επιλέγονται για φαινολογικές παρατηρήσεις (Πίνακας 2.4.).

6. Έκταση ζιζανίων

Το μέγεθος των ζιζανίων παρατηρείται διότι επηρεάζουν την κατάσταση και τη συγκομιδή των φυτών και διότι η εξάπλωσή τους σχετίζεται με τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες. Η παρατήρηση πραγματοποιείται ανά δεκαήμερο σε όλα τα πεδία με επιλεγμένες καλλιέργειες για φαινολογικές παρατηρήσεις καθ' όλη τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου.

Η έκταση των ζιζανίων εκτιμάται οπτικά και εκφράζεται μ' έναν από τους παρακάτω βαθμούς:

Βαθμός 5: δεν υπάρχουν ζιζάνια.

Βαθμός 4: ζιζάνια είναι ορατά, αλλά πολύ λίγα.

Βαθμός 3: δεν υπάρχουν πολλά ζιζάνια, αλλά περισσότερα από το βαθμό 4.

Βαθμός 2: υπάρχει σημαντικός αριθμός ζιζανίων, αλλά δεν "πνίγουν" πολύ τα φυτά.

Βαθμός 1: υπάρχουν άφθονα ζιζάνια, και πνίγουν τα φυτά σημαντικά.

7. Σοδειά καλλιεργειών

Μία από τις σπουδαιότερες αγρομετεωρολογικές παρατηρήσεις είναι η σοδειά καλλιεργειών. Προς αποφυγή ελλειπούς ή εσφαλμένης πληροφορίας, παρατίθενται οι παρακάτω οδηγίες:

(1) Αναφέρεται μόνο η σοδειά από πεδία όπου εκτελούνται αγρομετεωρολογικές παρατηρήσεις. Η σοδειά πρέπει να είναι από όλα τα φυτά στο πεδίο και όχι μόνο από εκείνα που έχουν επιλεγεί για φαινολογικές παρατηρήσεις.

(2) Τα στοιχεία σοδειάς συνίστανται από δύο συνιστώσες: μέγεθος (βάρος) και προερχόμενη περιοχή. Το βάρος της σοδειάς εκφράζεται σε κιλά, τόνους κ.λπ., η δε περιοχή σε εκτάρια, στρέμματα ή άλλη μονάδα, αλλά και τα δύο σε μονάδες που χρησιμοποιούν οι τοπικοί αγρότες. Οι δύο μονάδες αναφέρονται πάντα μαζί, π.χ. κιλά ανά στρέμμα.

(3) Όταν οι παρατηρήσεις πραγματοποιούνται σε πεδίο μεγαλύτερο ή μικρότερο του ενός εκταρίου, τότε η σοδειά πρέπει να ανάγεται στο ένα εκτάριο.

(4) Μερικές φορές αγρομετεωρολογικές παρατηρήσεις πραγματοποιούνται σε μεμονωμένα δέντρα φρούτων, που δεν αυξάνονται σε συστάδες. Στις περιπτώσεις αυτές, όχι μόνο το βάρος αλλά και ο αριθμός των φρούτων πρέπει να αναφέρονται.

(5) Εκτός από το βάρος ανά μονάδα επιφάνειας, πρέπει επίσης να αναφέρεται η ημερομηνία συγκομιδής.

(6) Άλλη πληροφορία που παρέχεται είναι η περιεχόμενη υγρασία σε μερικά γεωργικά προϊόντα, όπως σιτηρά. Είναι σημαντικό να είναι γνωστό αν η σοδειά προέρχεται από νεοσυλλεγένητα σιτηρά ή από σιτηρά που έχουν ξηρανθεί για μερικές εβδομάδες μετά τη συλλογή.

(7) Παράλληλα με την περιεχόμενη υγρασία για μερικά προϊόντα υπάρχουν πολλές άλλες πληροφορίες που καθιστούν τα στοιχεία περισσότερο χρήσιμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΦΥΣΙΚΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ

7.1 Ξηρασία

Είναι γεγονός ότι ξηρασία είναι ένα ακραίο περιβαλλοντικό φαινόμενο με διάφορες μορφές ανάλογα με την παράμετρο με την οποία εκφράζεται και ανάλογα με το κλίμα της περιοχής που αναφέρεται. Ουσιαστικά το κρίσιμο επίπεδο της μεταβλητής με την οποία εκφράζεται η ξηρασία διαφέρει από περιοχή σε περιοχή.

Σύμφωνα με έναν γενικό ορισμό ξηρασία για ένα υδατικό σύστημα είναι το φαινόμενο κατά τη διάρκεια εμφάνισης του οποίου το υδατικό σύστημα βρίσκεται κάτω από ένα κρίσιμο επίπεδο σε σχέση με την κανονική του λειτουργία. Με αυτόν το γενικό ορισμό θέματα όχι μόνο της προσφοράς του νερού θίγονται αλλά και εκείνα της ζήτησης και της αποθήκευσης.

Το φαινόμενο της ξηρασίας άρχισε πρόσφατα να απασχολεί το ευρύ κοινό λόγω της λειψυδρίας που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια στη χώρα μας αλλά και σε μεγάλο βαθμό την υπόλοιπη Ευρώπη.

Το φαινόμενο της ξηρασίας σε αντίθεση με άλλα ακραία γεγονότα όπως πλημμύρες, καταιγίδες κλπ, έχει συνήθως μεγάλη χρονική διάρκεια.

Ιδιαίτερα το φαινόμενο της ξηρασίας αναγκάζει συνήθως τις κυβερνήσεις να ανακοινώσουν μέτρα για τον περιορισμό της κατανάλωσης αλλά και να αναγγείλουν νέα έργα για την καλύτερη αξιοποίηση των υδατικών πόρων. Επειδή η ξηρασία είναι ένα φαινόμενο που εντάσσεται στη γενικότερη διακύμανση του κλίματος μιας περιοχής πολλά από τα μέτρα που αναγγέλλονται κατά τη διάρκεια της ξηρασίας ξεχνιούνται μόλις έρθουν οι βροχές. Είναι χαρακτηριστικό το σκίτσο του Σχήματος 1 που παρουσιάζει του "υδρο-παράλογο κύκλο".

Ως άμεση επίπτωση μιας παρατεταμένης ξηρασίας έχει πολλές επιπτώσεις στα διαθέσιμα υδατικά αποθέματα, στο περιβάλλον και σε όλους τους τομείς της οικονομίας. Η ανάλυση των επιπτώσεων της ξηρασίας είναι ένα διεπιστημονικό αντικείμενο μεγάλης σπουδαιότητας και ξεφεύγει από την υδρολογική/μετεωρολογική προσέγγιση που αναπτύσσεται παρακάτω.

7.2 Παγετός

Παγετός μετεωρολογικά ορίζεται ως η πτώση της θερμοκρασίας του αέρα στην τιμή των 0°C ή και χαμηλότερα. Ο παγετός αποτελεί φυσικό περιβαλλοντικό κίνδυνο με επιπτώσεις σε διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες. Ένας από τους τομείς που επηρεάζονται άμεσα από τον παγετό με καταστροφικά αποτελέσματα είναι η γεωργία. Όταν ο παγετός εμφανίζεται στην ενεργό περίοδο βλάστησης προκαλεί μεγάλες ζημιές, που μπορεί να φτάσουν μέχρι και την ολοκληρωτική καταστροφή της παραγωγής. Για τη δεκαετία 1963-72 από τις αιτίες των καιρικών αντιξοοτήτων που προκάλεσαν ζημιές στη γεωργική παραγωγή της Ελλάδας, ο παγετός είναι υπεύθυνος για το 14,4% επί του συνόλου των ζημιών. Το ποσοστό αυτό εκφραζόμενο σε εκατομμύρια δραχμές δείχνει ότι ο παγετός είναι υπεύθυνος για καταστροφές που φτάνουν το ύψος των 312 εκατ. δραχμών επί συνόλου 2.166 εκατ. δραχμών που οφείλονται σε καιρικές αντιξοότητες.

Ο παγετός ως φαινόμενο στην Ελλάδα παρουσιάζει ποικίλη ένταση και έκταση. Πολλές φορές ενδέχεται να καλύψει την πλειοψηφία της Ελληνικής επικράτειας, ενώ άλλες φορές περιορίζεται σε περιοχές μερικών δεκάδων ή εκατοντάδων στρεμμάτων. Για την Ελλάδα μπορεί να λεχθεί ότι δεν υπάρχει καλλιεργούμενη περιοχή που να μην έχει πρόβλημα χαμηλών θερμοκρασιών σε κάποια περίοδο μέσα στην ψυχρή εποχή.

Ο παγετός ανάλογα με την εποχή που εκδηλώνεται διαχωρίζεται σε τρία είδη, τον φθινοπωρινό, τον χειμερινό και τον εαρινό. Οι εαρινοί παγετοί δεν έχουν την ένταση και τη συχνότητα των χειμερινών, είναι όμως οι περισσότερο βλαβεροί για τη γεωργία, διότι την εποχή της άνοιξης τα περισσότερα φυτά είναι στο στάδιο της άνθισης ή των μικρών πρασίνων καρπών και είναι ευπαθή ακόμα και σε ασθενείς παγετούς.

7.2.1 Χαρακτηριστικά του παγετού

Η διεργασία της ψύξης μιας φυσικής επιφάνειας μπορεί να παρουσιαστεί με το ακόλουθο απλό μοντέλο. Η θερμότητα αποβάλλεται από το έδαφος με τρεις τρόπους: με μεταφορά, με αγωγιμότητα και με ακτινοβολία. Κατά τις νύκτες παγετού ο σπουδαιότερος από τους τρόπους απώλειας θερμότητας είναι η ακτινοβολία. Κάθε σώμα εκπέμπει μακρού μήκους κύματος ακτινοβολία, ως αποτέλεσμα της θερμικής κατάστασης που βρίσκεται ενώ συγχρόνως

απορροφά ενέργεια, ανεξάρτητα με το τι είδος ενέργεια είναι αυτή. Όταν η ενέργεια που εκπέμπεται από ένα σώμα είναι μεγαλύτερη από αυτή που απορροφάται τότε το σώμα ψύχεται και αντίστροφα.

Καθοριστικοί παράγοντες για τη δημιουργία παγετών είναι οι ακόλουθοι:

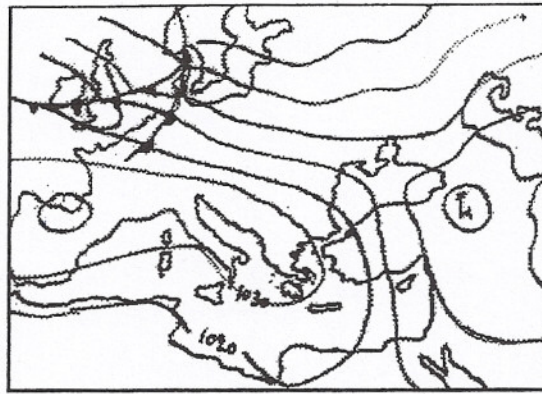
- Ορογραφία του εδάφους (κοιλότητες, υψίπεδα).
- Υδάτινες μάζες (θερμοχωρητικότητα).
- Προσανατολισμός επιφάνειας, έκθεση σε ανέμους.
- Χρώμα εδάφους (το σκούρο χρώμα ακτινοβολεί ταχύτερα).
- Σύσταση εδάφους (ελαφρά, διαπερατά αμμώδη εδάφη προσβάλλονται ευκολότερα).
- Βλάστηση εδάφους.

7.2.2 Είδη Παγετού

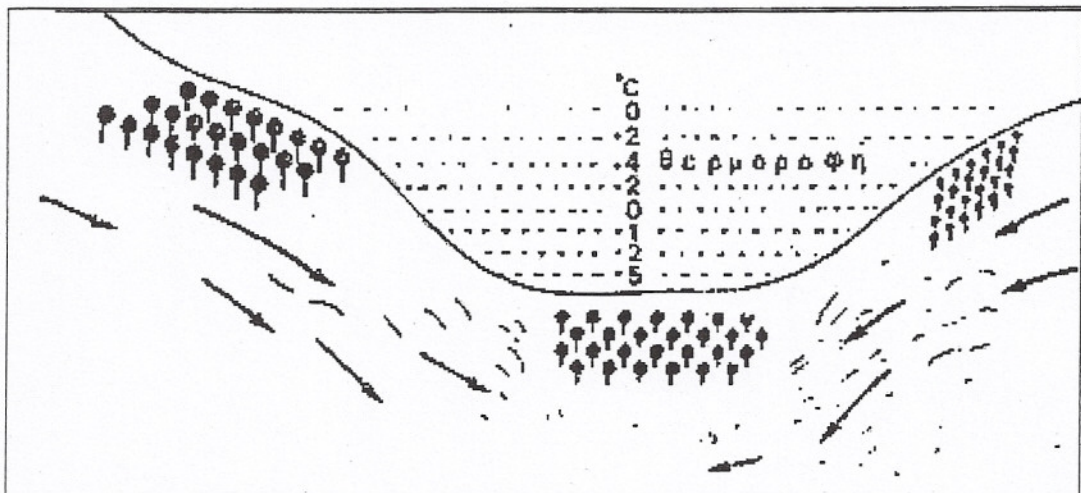
Το φαινόμενο του παγετού παρουσιάζει ποικίλη ένταση και έκταση. Οι ατμοσφαιρικοί μηχανισμοί δημιουργίας ποικίλλουν από πλευράς κλίμακας του φαινομένου. Ο παγετός γενικά ταξινομείται σε διάφορα είδη που περιγράφονται στα παρακάτω υποεδάφια:

Είδη Παγετού ως προς το αίτιο γένεσης

Ο παγετός διαχωρίζεται και ως προς το αίτιο γένεσής του σε παγετό μεταφοράς και παγετό ακτινοβολίας, που οφείλονται σε συνοπτικούς παράγοντες. Ο παγετός ακτινοβολίας οφείλεται στην έντονη νυχτερινή ακτινοβολία του εδάφους, που αναπτύσσεται κάτω από συνθήκες ανέφελης νύχτας και συνοδεύεται από αντικυκλωνικές καταστάσεις και άπνοια (Σχήμα 1). Στον παγετό ακτινοβολίας υπάρχει θερμοκρασιακή αναστροφή και η θερμοκρασία σ'ένα μέσο ύψος 15 μέτρων από το έδαφος είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία της εδαφικής επιφάνειας συνήθως κατά 4 - 5 °C (Σχήμα 2). Αντίθετα ο παγετός μεταφοράς οφείλεται σε έντονη εισβολή ψυχρών αερίων μαζών, που συνήθως ακολουθούν τη διέλευση ενός ψυχρού μετώπου. (Σχήμα 3).



ΣΧΗΜΑ 1. Συνοπτικός χάρτης επιφανείας όπου επικρατούν αντικυκλωνικές συνθήκες ευνοώντας παγετό ακτινοβολίας πάνω από την Ελλάδα.



ΣΧΗΜΑ 2. Σχηματική αναπαράσταση σχηματισμού θύλακα παγετού σε μια κοιλάδα με δέντρα φυτεμένα στις πλαγιές και στο βάθος της κοιλάδας. Κατά τη νύχτα παγετού το έδαφος χάνει θερμότητα με ακτινοβολία. Ο ψυχρός αέρας κατέρχεται προς το κάτω μέρος της κοιλάδας, ενώ παράλληλα αναγκάζει το θερμό αέρα να ανέβει προς τα πάνω. Οι συνθήκες αυτές ευνοούν τη θερμοκρασιακή αναστροφή και το σχηματισμό θερμοροφής.



ΣΧΗΜΑ 3. Συνοπτικοί χάρτες επιφανείας 8:00 GMT. της 26/12 (δεξιά) και της 27/12 (αριστερά) στους οποίους φαίνεται η έντονη εισβολή ψυχρών αερίων μαζών, που ακολουθούν το πέρασμα του ψυχρού μετώπου, προκαλώντας παγετό μεταφοράς.

Συνοψίζοντας μπορεί να λεχθεί ότι οι μηχανισμοί δημιουργίας παγετών ακτινοβολίας είναι οι ακόλουθοι:

- Αντικυκλωνικά κέντρα, έλλειψη βαρομετρικού πεδίου,
- άπνοια ή ταχύτητα ανέμου έως 5m/sec,
- απουσία νέφωσης και
- χαμηλή ή μέτρια σχετική υγρασία.

ενώ για τους παγετούς μεταφοράς:

- Ισχυρή βαροβαθμίδα μετά το πέρασμα ψυχρού μετώπου,
- υψηλή ταχύτητα ανέμου και
- χαμηλή κατά κανόνα σχετική υγρασία.

Είδη Παγετού ως προς τη διάρκεια

Με βάση τη διάρκειά του φαινομένου ο παγετός ορίζεται ως **ολικός** όταν η μέγιστη θερμοκρασία του εικοσιτετραώρου είναι μικρότερη ή ίση των 0°C και **μερικός** παγετός όταν η ελάχιστη θερμοκρασία του εικοσιτετραώρου είναι μικρότερη ή ίση των 0°C.

Ο **ολικός** παγετός όταν διαρκεί για διαδοχικές ημέρες μπορεί να έχει καταστροφικές επιπτώσεις, κυρίως γιατί σε αυτή την περίπτωση εισχωρεί ο παγετός εντός του εδάφους με αποτέλεσμα την καταστροφή σπόρων και ριζών, που βρίσκονται εντός αυτού. Το συνηθέστερο είδος παγετού στην Ελλάδα είναι ο μερικός παγετός, ο οποίος είναι εξίσου καταστροφικός, κυρίως όταν συμβαίνει την άνοιξη που τα φυτά βρίσκονται στο στάδιο της ενεργού βλάστησης.

Είδη Παγετού ως προς την υγρασία

Ο παγετός επίσης διαχωρίζεται ως προς την υγρασία που υπάρχει στην ατμόσφαιρα. Όταν υπάρχει συμπύκνωση υδρατμών και παραγωγή παγοκρυστάλλων (πάχνη) παράλληλα με την πτώση της θερμοκρασίας σε αρνητικές τιμές τότε ο παγετός καλείται **λευκός παγετός**.

Στην αντίθετη περίπτωση όταν δεν υπάρχει συμπύκνωση ταυτόχρονα με την πτώση της θερμοκρασίας κάτω των 0°C ο παγετός καλείται **μαύρος παγετός**.

Είδη Παγετού ως προς την ένταση

Ο παγετός τέλος διαχωρίζεται ανάλογα προς την έντασή του σε:

- ασθενή, όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται από 0°C έως -4°C
- μέτριο, όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται από -4.1°C έως -10°C
- ισχυρό, όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται από -10°C και πιο κάτω.

Οι παραπάνω θερμοκρασίες που χαρακτηρίζουν την ένταση του παγετού είναι σχετικές με τις εντάσεις που παρουσιάζει το φαινόμενο στον Ελληνικό χώρο.

7.2.3 Κλιματολογικά Χαρακτηριστικά Παγετού.

Γενικά, ένα δείγμα τιμών μιας μεταβλητής η κάθε τιμή είναι δυνατόν να επαναλαμβάνεται περισσότερες από μία φορές. Ο αριθμός των επαναλήψεων

της κάθε τιμής ονομάζεται συχνότητα της τιμής. Περίοδος ορίζεται ως το αντίστροφο της συχνότητας. Η περίοδος ενός φαινομένου στη Μετεωρολογία είναι το χρονικό διάστημα ανάμεσα από δύο διαδοχικές επαναλήψεις του ίδιου φαινομένου και ονομάζεται περίοδος επανεμφάνισης. Η περίοδος επανεμφάνισης είναι εξαιρετικά χρήσιμη, διότι μας επιτρέπει τον προσδιορισμό της αναμενόμενης ακραίας τιμής ενός μεγέθους, με βάση το μέσο όρο των ακραίων τιμών του ίδιου μεγέθους σε μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Ο παγετός αποτελεί αντικείμενο κλιματικών ερευνών που καταγράφουν διάφορα χαρακτηριστικά, όπως η περίοδος επανεμφάνισης, η χωροχρονική ανάλυση συχνοτήτων καθώς και η εμμονή του παγετού. Ως συχνότητα εμφάνισης παγετού ορίζεται η πιθανότητα εμφάνισης διαδοχικών ημερών μερικού παγετού, ενώ ένταση παγετού ορίζεται η απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία η οποία παρατηρείται σε διαδοχικές ημέρες παγετού. Διάρκεια παγετού ορίζεται ο αριθμός διαδοχικών ημερών κατά τις οποίες παρατηρείται μερικός παγετός.

Διάρκεια Ελεύθερης από παγετό περιόδου.

Η κλιματολογία των ελαχίστων θερμοκρασιών στην Ελλάδα έχει μελετηθεί από παλαιά και από πολλούς ερευνητές. Η διάρκεια της ελεύθερης από παγετό περιόδου είναι ένα σημαντικό στοιχείο για τη μελέτη της γεωγραφικής κατανομής του φαινομένου. Η διάρκεια της χωρίς παγετό περιόδου είναι εκείνη που καθορίζεται από τον πρωιμότερο φθινοπωρινό και οψιμότερο εαρινό παγετό σε ένα σταθμό κατά την περίοδο λειτουργίας του.

Η περίοδος αυτή έχει μελετηθεί από την Σ. Κοτίνη-Ζαμπάκα (1983). Από την μελέτη αυτή σε 86 μετεωρολογικούς σταθμούς στην Ελλάδα διαπιστώνεται ότι το μήκος αυτής της διάρκειας ελαττώνεται κατά κανόνα με την αύξηση του γεωγραφικού πλάτους (φ), και του υψόμετρου (h). Στον Πίνακα 1 δίνεται η διάρκεια της συνεχούς περιόδου ελεύθερης παγετού σε 30 μετεωρολογικούς σταθμούς (όπου $h > 100m$), για να φανεί η επίδραση του h , ενώ στον Πίνακα 2 δίνεται γεωγραφικά η περίοδος αυτή για 56 μετεωρολογικούς σταθμούς (όπου $h < 100m$) με σκοπό να φανεί η επίδραση του φ .

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Η ελεύθερη από παγετό περίοδο σε 56 μετεωρολογικούς σταθμούς του Ελληνικού δικτύου (διατεταγμένοι κατά αυξανόμενη τιμή του φ), με $h < 100$ (κατά Κοτίνη – Ζαμπάκα 1983).

ΣΤΑΘΜΟΣ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
ΟΡΕΣΤΙΑΔΑ												
ΣΟΥΦΛΙ												
ΔΡΑΜΑ												
ΞΑΝΘΗ												
ΚΟΜΟΤΙΝΗ												
ΣΕΡΡΕΣ												
ΚΑΒΑΛΑ												
ΑΛΕΞ/ΠΟΛΗ												
ΘΑΣΟΣ												
ΣΕΔΕΣ												
ΜΙΚΡΑ												
ΛΗΜΝΟΣ												
ΛΑΡΙΣΑ												
ΚΕΡΚΥΡΑ												
ΒΟΛΟΣ												
ΑΓΧΙΑΛΟΣ												
ΑΡΤΑ												
ΣΚΟΠΕΛΟΣ												
ΜΥΤΙΛΗΝΗ												
ΩΡΕΟΣ												
ΣΚΥΡΟΣ												
ΛΕΥΚΑΔΑ												
ΑΓΡΙΝΙΟ												
ΧΑΛΚΙΔΑ												
ΧΙΟΣ												
ΠΑΤΡΑ												
ΑΡΓΟΣΤΟΛΙ												
ΑΡΑΕΟΣ												
ΕΛΕΥΣΙΝΑ												
ΚΑΡΥΣΤΟΣ												
ΠΕΙΡΑΙΑΣ												
ΑΘΗΝΑ												
ΚΟΡΙΝΘΟΣ												
ΕΛΛΗΝΙΚΟ												
ΖΑΚΥΝΘΟΣ												
ΣΑΜΟΣ												
ΠΥΡΓΟΣ												
ΙΚΑΡΙΑ												
ΣΥΡΟΣ												
ΝΑΥΠΛΙΟ												
ΝΑΞΟΣ												
ΠΑΡΟΣ												
ΚΑΛΑΜΑΤΑ												
ΑΝΤΙΠΑΡΟΣ												
ΜΕΘΩΝΗ												
ΚΩΣ												
ΑΣΤΥΠΑΛΛΙΑ												
ΡΟΔΟΣ												
ΚΑΡΠΑΘΟΣ												
ΧΑΝΙΑ												
ΡΕΘΥΜΝΟ												
ΗΡΑΚΛΕΙΟ												
ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑ												
ΣΗΤΕΙΑ												
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ												

αίθριες και ήρεμες νύχτες της περιόδου Νοεμβρίου - Απριλίου για 17 μετεωρολογικούς σταθμούς της Ελλάδας.

7.2.6 Επιπτώσεις και αποτελέσματα του Παγετού.

Ο παγετός ως μετεωρολογικό φαινόμενο, σε μεγάλες εντάσεις, μπορεί να μην έχει άμεσες επιπτώσεις στον άνθρωπο αν και πολλά θανατηφόρα ατυχήματα έχουν συμβεί σε παγωμένους δρόμους όπου ο παγετός θεωρείται ένας από τους κυριότερους παράγοντες του ατυχήματος. Ένας όμως από τους τομείς που επηρεάζεται άμεσα, με καταστροφικά συνήθως αποτελέσματα, είναι η γεωργία. Οι ζημιές που υφίσταται η γεωργία από τους παγετούς είναι πάρα πολύ μεγάλες και μερικές φορές αγγίζουν και την ολοκληρωτική καταστροφή.

Η κρίσιμη θερμοκρασία κάτω από την οποία υπάρχουν ζημιές στα φυτά εξαρτάται κυρίως από το στάδιο ανάπτυξης του φυτικού ιστού. Δύο είναι οι τρόποι με τους οποίους το φαινόμενο του παγετού επιδρά καταστρεπτικά στα φυτά. Και οι δύο αφορούν δράση σε κυτταρική κλίμακα.

Σύμφωνα με τον πρώτο τρόπο το νερό κρυσταλλώνεται στους μεσοκυττάριους σε θερμοκρασίες από -1°C έως -3°C συνήθως με τη βοήθεια πυρήνων συμπύκνωσης. Σχηματίζεται έτσι διαφορά πίεσης υδρατμών μεταξύ κυτταροπλάσματος και μεσοκυττάριων χώρων. Το πρωτόπλασμα στη συνέχεια χάνει νερό και αυξάνει η συγκέντρωση διαλυμένων ουσιών. Το αποτέλεσμα είναι η πτώση του σημείου πήξης του διαλύματος και στη μορφή αυτή είναι εξαιρετικά δύσκολο να παγώσει. Όμως από την αφυδάτωση το πρωτόπλασμα αποσπάται από την κυτταρική μεμβράνη και εμφανίζεται το φαινόμενο της πλασμόλυσης. Η πλασμόλυση οδηγεί σε θάνατο του κυττάρου.

Κατά τον δεύτερο τρόπο με την απώλεια νερού εντείνεται η δράση ιόντων με αποτέλεσμα τη θρόμβωση - κροκίδωση των λευκωμάτων του πρωτοπλάσματος. Η διαδικασία δεν είναι αντιστρεπτή και έχει ως αποτέλεσμα το θάνατο των κυττάρων αφού εμποδίζονται οι φυσιολογικές λειτουργίες τους (μεταβολισμός, αναπνοή, απέκκριση κ.α.)

Είναι γνωστό ότι το καθαρό νερό μπορεί να υπάρξει σε υγρή μορφή (υπέρτηξη) ακόμη και σε θερμοκρασίες όπως -40°C . Στην περίπτωση του νερού εντός ή επί των φυτών έχει βρεθεί ότι σημαντικό ρόλο ως προς τη δράση του παγετού παίζουν διάφορες ουσίες που παράγονται από βακτηρίδια. Τα βακτηρίδια εκτός των παθολογικών συνεπειών που έχουν για το φυτό συμβάλλουν και ως καταλύτες στο σχηματισμό παγοκρυστάλλων. Ειδικότερα,

τα ένζυμα που παράγονται από το μεταβολισμό τους λειτουργούν ως πυρήνες παγοποίησης λόγω ομοιότητας του κρυσταλλικού πλέγματος με τον πάγο.

Ένας σημαντικός παράγοντας που καθορίζει την δράση του παγετού στα φυτά είναι ο ρυθμός πτώσης της θερμοκρασίας και ο ρυθμός ανόδου μετά την επίτευξη της ελάχιστης θερμοκρασίας. Γενικά απότομες μεταβολές ευνοούν την καταστρεπτική δράση.

Από τα μέρη του φυτού, πιο ευαίσθητοι είναι γενικώς οι οφθαλμοί των οπωροφόρων. Οι οφθαλμοί παρουσιάζουν διαφορετική ευαισθησία στους παγετούς, ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξής τους. Πιο ανθεκτικοί είναι οι οφθαλμοί κατά την περίοδο του λήθαργου. Οι ανθοφόροι οφθαλμοί μπαίνουν νωρίτερα το φθινόπωρο στη περίοδο σκληραγώγησης και για το λόγο αυτό παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή στους πρώιμους φθινοπωρινούς παγετούς σε σχέση με τους βλαστοφόρους, οι οποίοι νεκρώνονται πιο εύκολα. Μεγάλη αντοχή σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες παρουσιάζουν γενικώς οι οφθαλμοί το χειμώνα λόγω της σκληραγώγησης τους. Σε κάθε περίπτωση όμως υπάρχουν συγκεκριμένα όρια ελάχιστης θερμοκρασίας τα οποία αν ξεπεραστούν οι οφθαλμοί νεκρώνονται. Οι ανθοφόροι οφθαλμοί της ροδακινιάς, της βερικοκιάς και της αμυγδαλιάς είναι πιο ευαίσθητοι στις μεγάλες παγωνιές του χειμώνα, αλλά σε θερμοκρασίες -25°C έως -30°C μπορεί να νεκρωθούν, ενώ οι ανθοφόροι οφθαλμοί της μηλιάς αντέχουν και σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από -35°C έως -40°C . Τέτοιες όμως θερμοκρασίες είναι ασυνήθιστες για την Ελλάδα.

Ο Πίνακας 9 δίνει τις θερμοκρασίες που δημιουργούν ζημιά στα διάφορα στάδια ανάπτυξης των φυλλοβόλων οπωροφόρων δένδρων. Πρόκειται για θερμοκρασίες κλωβού εγκατεστημένου στον οπωρώνα και μπορούν να τις αντέξουν τα δένδρα περίπου 30 λεπτά. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 9 μία θερμοκρασία

$-1,1^{\circ}\text{C}$ στην περίοδο των μικρών πράσινων καρπών μπορεί να καταστρέψει ολόκληρη την παραγωγή. Σε άλλες φάσεις της βλάστησης ο κίνδυνος για την καταστροφή του δέντρου είναι μικρότερος. Ο Πίνακας 9 έχει μεγάλη σημασία διότι όταν είναι γνωστές η αντοχή του κάθε δέντρου στα διάφορα στάδια της βλάστησης και οι ελάχιστες θερμοκρασίες μιας περιοχής, ο παραγωγός μπορεί να βοηθηθεί κατά την εκλογή της κατάλληλης ποικιλίας στην περιοχή του.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9. Θερμοκρασίες που δημιουργούν ζημιά στα φυλλοβόλα οπωροφόρα δέντρα.

Οπωροφόρα Δένδρα	Φάση Βλάστησης		
	Κάλυκες κλειστοί αλλά με ορατό το άκρο των έγχρωμων πετάλων	Πλήρης Άνθιση	Μικροί πράσινοι καρποί
Μηλιά	-3,9	-2,2	-1,7
Ροδακινιά	-3,9	-2,8	-1,1
Κερασιά	-2,2	-2,2	-1,1
Δαμασκηλιά	-3,9	-2,2	-1,1
Βερικοκιά	-3,9	-2,2	-0,6
Αμυγδαλιά	-4,4	-3,3	-1,1
Αχλαδιά	-3,9	-2,2	-1,1
Άμπελος	-1,1	-0,6	-0,6
Καρυδιά	-1,0	-1,1	-1,1

Η ικανότητα των οπωροφόρων να ξεχειμωνιάζουν χωρίς να παθαίνουν ζημιές από το κρύο οφείλεται στο σχηματισμό υδρόφιλων κολλοειδών ουσιών, οι οποίες δεσμεύουν μεγάλες ποσότητες νερού. Το δεσμευμένο νερό δεν παγώνει εύκολα. Τέτοιες ουσίες σχηματίζονται από υδατάνθρακες που συσσωρεύονται στο ώριμο ξύλο το φθινόπωρο. Τις περισσότερες ζημιές στην Ελλάδα υφίστανται τα οπωροφόρα την άνοιξη κατά την περίοδο της άνθησης. Μετά τη διακοπή του λήθαργου, μόλις αρχίζει το φούσκωμα των οφθαλμών, αρχίζει να μειώνεται και η αντοχή τους στο ψύχος. Όλοι οι οφθαλμοί δεν είναι το ίδιο ευπαθείς στον παγετό και η αντοχή ποικίλλει ανάλογα με το είδος, την ποικιλία και τη θέση του αγρού. Τη μεγαλύτερη ευαισθησία παρουσιάζουν τα ανοικτά άνθη μέχρι την καρπόδεση, ενώ οι κλειστοί οφθαλμοί είναι πιο ανθεκτικοί στο ψύχος. Επειδή οι παγετοί της άνοιξης συμβαίνουν πολύ νωρίς, κατά την περίοδο Φεβρουαρίου-Απριλίου, τις πιο μεγάλες ζημιές παρουσιάζουν τα είδη που είναι πρώιμα στην ανθοφορία, ενώ όσα ανθίζουν αργότερα σπάνια υφίστανται ζημιές από παγετούς. Από τα φυλλοβόλα δένδρα που καλλιεργούνται στην Κεντρική και Βόρεια Ελλάδα η αμυγδαλιά είναι το πιο ευαίσθητο είδος και υφίσταται τις πιο μεγάλες ζημιές από όλα τα φυλλοβόλα οπωροφόρα διότι ανθίζει πρώιμα. Ως προς τη σειρά ανθοφορίας ακολουθούν τα άλλα είδη φυλλοβόλων οπωροφόρων όπως η ροδακινιά, η δαμασκηλιά, η κερασιά και η αχλαδιά που ανθίζουν τον Απρίλιο και τελευταία η μηλιά, που σπάνια παθαίνει ζημιές από παγετό στην Ελλάδα.

Το ποσοστό των νεκρών οφθαλμών σε σχέση με τους επιζώντες δεν είναι το μοναδικό κριτήριο για την εκτίμηση των ζημιών από τον παγετό, αλλά αυτό καθορίζεται και από το είδος της καλλιέργειας. Έτσι ζημιές στο 50% των οφθαλμών είναι χωρίς μεγάλη οικονομική σημασία για τη μηλιά, που χρειάζεται μικρό ποσοστό καρποδεσίας για μία ικανοποιητική καρποφορία, ενώ είναι μεγάλης σημασίας για την αμυγδαλιά ή την κερασιά που έχουν ανάγκη από

υψηλό ποσοστό καρπόδεσης για μια ικανοποιητική καρποφορία. Όταν ο παγετός συμβαίνει πάνω στην ανθοφορία, το μέγεθος της ζημιάς καθορίζεται από τη θερμοκρασία, τη διάρκεια του παγετού και τη φάση της ανάπτυξης. Ακόμη και ασθενείς παγετοί (θερμοκρασίες έως -4°C) είναι επικίνδυνοι για όλα τα σπυροφόρα. Διαφορές ως προς την ευαισθησία του άνθους στο κρύο υπάρχουν όχι μόνο μεταξύ των ειδών, αλλά και μεταξύ των ποικιλιών κάθε είδους. Το μέγεθος της ζημιάς εξαρτάται και από την διάρκεια του παγετού.

Σε κάθε άνθος τα ανθικά μέρη δεν έχουν την ίδια ευαισθησία στον παγετό. Ο σύντομος παγετός μπορεί να προκαλέσει ζημιές στα τοιχώματα, τον ανθικό σωλήνα, στα πέταλα και στο στίγμα, που είναι και τα πιο ευαίσθητα ανθικά μέρη, αλλά οι ζημιές αυτές είναι χωρίς οικονομική σημασία διότι δε ζημιώνουν την παραγωγή. Σε παρατεταμένους όμως παγετούς προσβάλλεται η ωοθήκη. Οι ζημιές στα άνθη μπορούν να διαπιστωθούν 1-2 ημέρες μετά τον παγετό. Τα άνθη που έχουν καταστραφεί ξηραίνονται και πέφτουν με ελαφρό τίναγμα των βλαστών 3-4 ημέρες μετά τον παγετό. Τέτοιες καταστροφές είναι οι πιο συνηθισμένες στην αμυγδαλιά, ροδακινιά, βερικοκιά και δαμασκηλιά. Σε πολύσπερμους καρπούς μερικές φορές αν η νέκρωση από τον παγετό δεν είναι καθολική είναι δυνατόν να σχηματιστούν παραμορφωμένοι καρποί.

Το ίδιο σχεδόν ευαίσθητοι με τα ανοιχτά άνθη στους παγετούς είναι και οι μικροί καρποί μετά την καρπόδεση. Στο στάδιο αυτό οι προσβεβλημένοι καρποί είτε μαυρίζουν και πέφτουν αν είναι αρκετά μικροί, ενώ αν έχουν αποκτήσει κάποιο μέγεθος τότε υπάρχουν ζημιές στο φλοιό και στη συνέχεια ανάπτυξη ασθενειών. Ζημιές από τους πολύ όψιμους παγετούς εμφανίζονται σε νεαρούς βλαστούς στις καρυδιές και στις φουντουκιές. Τέτοιοι βλαστοί είναι πολύ τρυφεροί και αν λάβει χώρα παγετός νεκρώνονται όχι μόνο τα φύλλα αλλά και οι κορυφές των βλαστών.

Σε πολύ ψυχρά μέρη της Ελλάδας ζημιές από πολύ χαμηλές θερμοκρασίες τον χειμώνα έχουμε σε κορμούς και βραχίονες των δέντρων. Οι ζημιές αυτές σε πολλά δένδρα όπως αχλαδιές, κερασιές και ροδακινιές παρουσιάζονται με σχισίματα στο φλοιό, κυρίως από τη μεσημβρινή πλευρά, που είναι εκτεθειμένη σε μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασιών.

Τα εσπεριδοειδή υφίστανται ζημιές στην Ελλάδα από χειμερινούς η ανοιξιάτικους παγετούς συνήθως σε καρπούς στη νεαρή βλάστηση και σπάνια στα άλλα μέρη του δένδρου. Οι ζημιές εξαρτώνται από την ένταση και τη διάρκεια του παγετού. Όσο η θερμοκρασία πέφτει, τόσο οι ζημιές γίνονται σοβαρότερες και εξαπλώνονται σε άλλα όργανα του δένδρου. Πρώτα καταστρέφονται τα φύλλα και οι κορυφές των κλαδιών έπειτα οι παχύτεροι κλάδοι και τέλος ο κορμός και οι ρίζες. Τα δένδρα μπορεί να παγώνουν μέχρι το έδαφος, αλλά σπάνια καταστρέφεται το ριζικό τους σύστημα και μπορεί να

χρησιμεύσει για αναβλάστηση του δένδρου. Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται το μέγεθος των ζημιών στις παραπάνω καλλιέργειες είναι:

- Το μέγεθος και η ταχύτητα πτώσης της θερμοκρασίας.
- Η διάρκεια του παγετού.
- Η ταχύτητα ανόδου της θερμοκρασίας.
- Η εποχή του παγετού.
- Η σκληραγώγηση.
- Το βοτανικό είδος - ποικιλία.
- Το βλαστικό μέρος του φυτού.
- Το βλαστικό στάδιο του φυτού.
- Η ηλικία του φυτού.

7.2.7 Προστασία από τον Παγετό.

Αρκετές τεχνικές έχουν αναπτυχθεί για την πρόληψη καταστροφών από τον παγετό. Οι τεχνικές που εφαρμόζονται στη γεωργία περιλαμβάνουν τόσο την αντιμετώπιση του φαινομένου όσο και την ανάπτυξη έρευνας σε επίπεδο αντοχής των καλλιεργούμενων φυτών. Έχει παρατηρηθεί ότι ο καλύτερος χρόνος για την προστασία μίας περιοχής από τον παγετό, είναι πριν ακόμα γίνει το φύτεμα. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να επιλεγεί το φυτικό είδος, η περιοχή καθώς και ο χρόνος φυτέματος.

Για τον περιορισμό των ζημιών στη γεωργία από παγετούς εφαρμόζονται διάφορα μέτρα παθητικής ή ενεργητικής προστασίας. Τα μέτρα παθητικής προστασίας περιλαμβάνουν μικροκλιματολογική έρευνα πριν την οποιαδήποτε χρήση ενός αγρού και την εκλογή της καταλληλότερης καλλιέργειας για την κάθε περιοχή. Αντίθετα, με τα μέτρα της ενεργητικής προστασίας επιδιώκεται να τροποποιηθεί το μικροκλίμα του αγρού ώστε να αποφευχθούν οι χαμηλές θερμοκρασίες που δημιουργεί ο παγετός σε μία καλλιέργεια.

Οι περισσότερες από τις πρακτικές τεχνικές, που αναλύονται παρακάτω για την καταπολέμηση του φαινομένου του παγετού, είναι αποτελεσματικές μόνο για παγετούς ακτινοβολίας αν και μερικές μπορούν να εφαρμοστούν και σε παγετούς μεταφοράς. Οι βασικές αρχές στις οποίες βασίζονται είναι οι παρακάτω:

Εκλογή κατάλληλης θέσης

Καθώς ο αέρας ψύχεται κατά τη διάρκεια της νύκτας βαραίνει με αποτέλεσμα να ρέει προς τα χαμηλότερα σημεία στο έδαφος με αποτέλεσμα τον σχηματισμό θύλακα παγετού. Θα πρέπει λοιπόν να αποφεύγονται θέσεις, για ευπαθείς στον παγετό καλλιέργειες, που βρίσκονται σε χαμηλότερα σημεία του εδάφους, όπως κοιλάδες.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας στην εκλογή της κατάλληλης θέσης είναι και η ύπαρξη υδάτινων όγκων. Έχει παρατηρηθεί ότι καλλιέργειες που βρίσκονται κοντά σε λίμνες κινδυνεύουν λιγότερο, διότι ο άνεμος όταν διέρχεται πάνω τη λίμνη θερμαίνεται, με αποτέλεσμα τη μείωση της συχνότητας και της έντασης των παγετών που παρατηρούνται πλησίον της λίμνης. Θερμότητα προερχόμενη από λίμνες έχει υπολογιστεί ότι φτάνει σε απόσταση έως και 8 χιλιομέτρων από αυτές.

Παρεμπόδιση ανακλώμενης ακτινοβολίας

Οι παγετοί ακτινοβολίας συμβαίνουν τις αίθριες νύκτες εξαιτίας της έλλειψης νεφών, τα οποία απορροφούν την εκπεμπόμενη από το έδαφος μικρού μήκους ακτινοβολία και την επαναεκπέμπουν στο έδαφος. Η δημιουργία τεχνητών νεφών με την εισαγωγή υδρατμών που προκαλούν ομίχλη πάνω από το έδαφος είναι μία μέθοδος με την οποία εμποδίζεται η εκπομπή ακτινοβολίας προς το διάστημα. Το μέγεθος της ακτίνας των υδρατμών είναι σημαντικό για ανάκλαση, εφόσον πρέπει να είναι ίσο με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε αυτό.

Πολλές φορές χρησιμοποιούνται σύννεφα καπνού που προέρχονται από την καύση άχρηστων υλικών όπως λάστιχα ή λάδια. Η μέθοδος όμως αυτή δεν χρησιμοποιείται ευρέως, όχι μόνο διότι έχει καταστρεπτικά αποτελέσματα στο περιβάλλον αλλά γιατί χρειάζονται μεγάλες ποσότητες άχρηστου υλικού προς καύση για να επιτευχθεί αποτελεσματική προστασία. Επιπλέον ο άνεμος μεταφέρει εύκολα το σύννεφο καπνού μακριά από τις εκτάσεις που πρόκειται να προστατευτούν.

Γενικά έχει αναπτυχθεί ένας αριθμός μεθόδων για τη δημιουργία τεχνητής ομίχλης. Σύμφωνα με μία τέτοια μέθοδο, οι υδρατμοί αναμιγνύονται με ένα μονοατομικό υλικό το οποίο αναστέλλει την εξάτμιση, με συνέπεια την σταθεροποίηση της ομίχλης.

Θερμική μόνωση

Η προστασία από τον παγετό ακτινοβολίας μπορεί να γίνει αποτελεσματικά, όταν τα φυτά είναι αρκετά μικρά, καλύπτοντας τα φυτά με ένα πλαστικό υλικό. Το υλικό αυτό τοποθετείται συνήθως αργά το απόγευμα και αφαιρείται το επόμενο πρωί. Το υλικό πρέπει να έχει μικρό συντελεστή

ακτινοβολίας στο υπέρυθρο μήκος κύματος ακτινοβολίας και μικρή αγωγιμότητα.

Μία διαφορετική τεχνική έχει αναπτυχθεί από Καναδούς επιστήμονες, οι οποίοι χρησιμοποίησαν για την κάλυψη των φυτών ένα μη τοξικό - με βάση πρωτεΐνες - αφρό ο οποίος προστάτευσε αποτελεσματικά τα φυτά. Ο αφρός έχει την ιδιότητα να διατηρεί τη θερμότητα του εδάφους και επιπλέον να χρησιμοποιείται ως λίπασμα από το φυτό.

Ένας διαφορετικός τύπος θερμικής μόνωσης είναι η περιτύλιξη του κορμού και των χαμηλών κλάδων του δέντρου. Παρόλο που ένας ισχυρός παγετός μπορεί να καταστρέψει τα ανώτερα τμήματα του δέντρου, ένας καλά προστατευμένος κορμός, αποτελεί τη βάση για μια γρήγορη αναβλάστηση του κατεστραμμένου δέντρου. Ανάμεσα στα υλικά που χρησιμοποιούνται για περιτύλιξη είναι πλαστικό από πολυαιθυλένιο ή πολυουρεθάνη. Η περιτύλιξη του κορμού των δέντρων μπορεί παράλληλα να οδηγήσει σε ασθένειες και παθήσεις. Εάν το δέντρο παραμείνει για αρκετό καιρό τυλιγμένο και υγρό αναπτύσσονται σε αυτό παθογενείς οργανισμοί.

Ανάμιξη αέρα

Κατά τις αίθριες νύκτες σχηματισμού παγετού ακτινοβολίας ο αέρας ψύχεται καθώς έρχεται σε επαφή με το έδαφος. Κάτω από αυτές τις συνθήκες η αγωγή θερμότητας λόγω ανάμιξης περιορίζεται σημαντικά, με αποτέλεσμα η ψύξη του αέρα να ξεκινά από το έδαφος με φορά προς τα πάνω. Συνεπώς, σε κάποιο ύψος πάνω από το έδαφος η θερμοκρασία του αέρα παραμένει πάνω από το μηδέν. Σε αυτή την περίπτωση η ανατάραξη του αέρα με μηχανικά μέσα, προκαλεί ανάμιξη του αέρα και εξάλειψη του παγετού. Πολλές φορές ο άνεμος αυθόρμητα μπορεί να προκαλέσει τέτοιες αναμίξεις αέρα και διακοπή του παγετού.

Για την βέλτιστη προστασία μιας περιοχής πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα δίκτυο από ανεμιστήρες, οι οποίοι πρέπει να είναι τοποθετημένοι σε κάποιο ύψος από την επιφάνεια του εδάφους, ώστε να είναι σε θέση να οδηγήσουν αέρα που βρίσκεται πάνω από το στρώμα αναστροφής θερμοκρασίας προς το έδαφος. Ένα εξίσου αποτελεσματικό μέσο ανάμιξης του αέρα που έχει χρησιμοποιηθεί είναι το ελικόπτερο. Η ανάμιξη του αέρα πρέπει να γίνεται συνεχώς, τουλάχιστον κάθε 5 λεπτά πάνω από μία περιοχή, καθώς χωρίς αυτή οι αναστροφές θερμοκρασίας επαναδημιουργούνται γρήγορα.

Απευθείας θέρμανση αέρα και φυτών

Η ύπαρξη στρώματος θερμοκρασιακής αναστροφής κατά τη διάρκεια επεισοδίων παγετού ακτινοβολίας θέτει τη βάση για μία ακόμη μέθοδο

προστασίας από τον παγετό ακτινοβολίας. Εάν ο αέρας κοντά στην επιφάνεια του εδάφους θερμανθεί ανέρχεται καθ' ύψος έως το σημείο όπου ο παρακείμενος ατμοσφαιρικός αέρας έχει την ίδια με αυτόν θερμοκρασία. Συνεπώς αν ο αέρας στο έδαφος θερμανθεί σε θερμοκρασία πάνω από το μηδέν, αυτός θα ανέρθει έως το ύψος της θερμοκρασιακής αναστροφής όπου και θα παραμείνει εγκλωβισμένος προκαλώντας θέρμανση του αέρα προς τα κάτω. Στην περίπτωση αυτή η θερμοκρασία του αέρα παραμένει πάνω από το μηδέν με συνεχή θέρμανση παρόλη την ύπαρξη της ακτινοβολίας θερμότητας προς τα επάνω. Η ύπαρξη ανέμου στην προκειμένη περίπτωση λειτουργεί ανασταλτικά στον εγκλωβισμό του θερμού αέρα κάτω από το στρώμα θερμοκρασιακής αναστροφής προκαλώντας κάθετη διάχυση του θερμού αέρα.

Χρήση νερού

Η χρήση νερού για άρδευση προσφέρει ένα επιπλέον μέσο προστασίας από τον παγετό. Το νερό που αντλείται από το έδαφος και χρησιμοποιείται για άρδευση διαθέτει θερμοκρασία αρκετών βαθμών πάνω από το μηδέν. Έτσι κάθε κιλό νερού που εφαρμόζεται, παρέχει ένα σημαντικό ποσό θερμότητας στον αέρα με τον οποίο έρχεται σε επαφή. Το θερμικό αποτέλεσμα της επαφής νερού και αέρα είναι ασήμαντο συγκρινόμενο με την απελευθέρωση λανθάνουσας θερμότητας που προέρχεται στη συνέχεια από την παγοποίηση του νερού.

Το νερό μπορεί να διοχετευτεί είτε με ψεκασμό από μπεκ ή σύστημα άρδευσης. Ο ψεκασμός πρέπει να αρχίζει μόλις η θερμοκρασία πέφτει στο μηδέν. Το νερό παγώνει πάνω στα φυτά απελευθερώνοντας λανθάνουσα ενέργεια πήξης. Καθώς η θερμοκρασία περιβάλλοντος διατηρείται κάτω από το μηδέν, η θερμοκρασία του πάγου παραμένει στους 0°C προστατεύοντας τα φυτά. Η διαδικασία του ψεκασμού πρέπει να συνεχιστεί για αρκετό διάστημα μετά την αυγή, έως ότου η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι αρκετά υψηλή, ώστε να λιώσει τον πάγο εξ'ολοκλήρου. Εάν ο ψεκασμός σταματήσει πρόωρα, τότε ένα σημαντικό ποσό θερμότητας για να λιώσει ο πάγος θα χορηγηθεί από το φυτό, με αποτέλεσμα σημαντική καταστροφή η οποία έως εκείνη τη στιγμή είχε αποφευχθεί. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην εφαρμογή της παραπάνω μεθόδου, ώστε να μην αναπυχθούν κατά τη διάρκεια του ψεκασμού μεγάλα κομμάτια πάγου στα φυτά, που θα έχουν ως πιθανό αποτέλεσμα τη θραύση κλάδων. Η παραπάνω μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί σε φυτά όπως τοματιές, αγγουριές, πιπεριές, φασολιές ή φραουλιές και έχει αποδειχτεί ότι παρέχει αρκετά καλή προστασία έως τους -5°C.

Παράταση του χειμερινού λήθαργου

Μία άλλη καινοτόμος μέθοδος προστασίας ενάντια στον παγετό είναι ο ψεκασμός των οπωροφόρων δέντρων, κατά κύριο λόγο, προς το τέλος του χειμώνα και τις αρχές της άνοιξης, για ψύξη παρά για θέρμανση. Ο στόχος αυτής της μεθόδου είναι η παράταση του χειμερινού λήθαργου των δένδρων. Η παράταση του χειμερινού λήθαργου βοηθά στην αποφυγή των όψιμων παγετών, που συνήθως συμβαίνουν την αρχή της άνοιξης.

Τα αποτελέσματα ερευνών που έχουν διεξαχθεί, έχουν δείξει ότι ο ψεκασμός των οπωροφόρων δένδρων όπως η μηλιά και η ροδακινιά με ψυχρό νερό στο πέρας της ψυχρής περιόδου και την έναρξη της άνοιξης, μπορεί να καθυστερήσει την αφύπνιση από τον χειμερινό λήθαργο από 8 έως 17 ημέρες. Ο ψεκασμός πρέπει να πραγματοποιείται ομοιόμορφα και συνεχώς όταν οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος είναι υψηλές ώστε η θερμοκρασία των δένδρων να πέφτει εξαιτίας της εξάτμισης.

Αναμόχλευση εδάφους

Οι θερμοκρασίες εδάφους σημειώνουν τις μέγιστες τιμές τους το φθινόπωρο. Συνεπώς η θερμότητα που βρίσκεται αποθηκευμένη στο έδαφος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις παγετού ακτινοβολίας, κυρίως του φθινοπώρου με τη χρήση μεθόδων οι οποίες αυξάνουν την θερμική αγωγιμότητα του εδάφους. Η συμπίεση του εδάφους είναι μία τεχνική που χρησιμοποιείται για την αύξηση της αγωγιμότητας του εδάφους με την αφαίρεση των κενών αέρα που υπάρχουν στο έδαφος. Η τεχνική της συμπίεσης εδάφους έδειξε σε πειράματα που έχουν διεξαχθεί, ότι προκάλεσε αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους κατά $0,4^{\circ}\text{C}$ σε γυμνό καλλιεργήσιμο έδαφος, ενώ σε συνδυασμό με μέτρια άρδευση προκάλεσε αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους κατά $0,6^{\circ}\text{C}$.

Η ύπαρξη γρασιδιού ή μικρών θάμνων στο έδαφος έχει ως συνέπεια τη μείωση της αποτελεσματικότητας του εδάφους να ακτινοβολεί θερμότητα, διότι η βλάστηση απορροφά την εκπεμπόμενη θερμότητα του εδάφους, με αποτέλεσμα η θερμότητα να επιστρέψει ξανά σ'αυτό. Στην περίπτωση αυτή το έδαφος παραμένει θερμότερο, διατηρώντας έτσι υψηλότερες θερμοκρασίες για τις ρίζες των φυτών, αποτρέποντας όμως τη θερμότητα να φτάσει σε υψηλά μέρη οπωροφόρων δένδρων ή αμπελιών. Ξερά φύλλα, άχυρα ή κάλυψη του εδάφους με πλαστικά καλύμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης για την καλύτερη εκμετάλλευση της θερμότητας του εδάφους ενάντια στον παγετό.

Η προστασία των καλλιεργειών από τον παγετό μπορεί να επιτευχθεί, αν υπάρχουν τα κατάλληλα μέσα και η δυνατότητα κάλυψης του αντίστοιχου

κόστους. Η πρόγνωση, που αφορά την ελάχιστη θερμοκρασία του εικοσιτετραώρου, καθώς επίσης και η διάρκεια των αρνητικών θερμοκρασιών είναι ένας από τους κυριότερους παράγοντες που θα συμβάλλουν αποφασιστικά στην πρόληψη και προστασία από τον παγετό.

Η συμβολή της μετεωρολογίας στο πρόβλημα του παγετού είναι σημαντική και μπορεί να συνοψισθεί όχι μόνο στην έγκαιρη πρόγνωση του φαινομένου, αλλά και στη μελέτη των κλιματολογικών συνθηκών εμφάνισης του φαινομένου τοπικά σε κάθε περιοχή.

Ο Ιούνιος και ο Ιούλιος είναι οι μήνες με τις μεγαλύτερες ζημιές στις γεωργικές καλλιέργειες από το χαλάζι.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.

Περιοχή	Ποσοστό αριθμού χαλαζοπτώσεων
Κεντρ. & Ανατ. Μακεδονία	78,1 %
Θεσσαλία & Φθιώτιδα	82,3 %
Ημαθία - Πέλλα	82,5 %
Σέρρες	86,3 %
Καρδίτσα	89,7 %

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2.

Περιοχή	Ποσοστό αριθμού χαλαζοπτώσεων
Κεντρ. & Ανατ. Μακεδονία	13,2 %
Θεσσαλία & Φθιώτιδα	14,3 %
Ημαθία - Πέλλα	12,1 %
Σέρρες	9,4 %
Καρδίτσα	19,4 %

7.3.3 Μέθοδοι Αντιχαλαζικής Προστασίας.

Η καταστρεπτικότητα του φαινομένου κάθε φορά ποικίλλει και σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να φτάσει έως και την ολική καταστροφή της γεωργικής παραγωγής. Η καταστρεπτικότητα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

A) Τα χαρακτηριστικά της χαλαζόπτωσης όπως:

- η διάρκεια της χαλαζόπτωσης
- η πυκνότητα της χαλαζόπτωσης
- η οριζόντια συνιστώσα του ανέμου κατά τη χαλαζόπτωση

B) Τα χαρακτηριστικά των χαλαζοκόκκων όπως:

- η μάζα του χαλαζοκόκκου (διάμετρος, κινητική ενέργεια)
- το σχήμα του χαλαζοκόκκου
- η σκληρότητα του χαλαζοκόκκου

Γ) Τα χαρακτηριστικά του φυτού όπως :

- το είδος του φυτού
- το στάδιο ανάπτυξης
- η σφριγηλότητα του φυτού.

Οι κυριότεροι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί για την αντιμετώπιση του φαινομένου περιλαμβάνουν τις ακόλουθες μεθόδους:

Σπορά νεφών με χρήση αεροσκαφών και ραντάρ καιρού

Η σπορά νεφών με αεροσκάφη γίνεται συνήθως με AgI (Ιωδιούχο Άργυρο) ή ξηρό πάγο και βασίζεται στη θεωρία του αυξημένου ανταγωνισμού.

Με τον ψεκασμό παρατηρείται είσοδος μεγάλου αριθμού πυρήνων συμπύκνωσης (τεχνητοί κρυσταλλικοί πυρήνες) στο νέφος. Με την είσοδο μεγάλου αριθμού πυρήνων συμπύκνωσης στην κατάλληλη θερμοκρασία δημιουργείται μεγαλύτερος αριθμός παγοκρυστάλλων από τον φυσιολογικό. Οι παγοκρύσταλλοι συναγωνίζονται για το διαθέσιμο υπέρψυγρο νερό.

Στόχος αυτής της διαδικασίας είναι η δημιουργία έντονου συναγωνισμού για την εξασφάλιση του περιορισμένου διαθέσιμου υπερψυγμένου υδρατμού σε υγρή κατάσταση, με αποτέλεσμα τα έμβρυα του χαλαζιού να είναι περισσότερα σε ποσότητα αλλά μικρότερα σε μέγεθος και ενέργεια.

Σπορά νεφών με χρήση ρουκετών

Διεξαγόταν και διεξάγεται στις χώρες του πρώην ανατολικού συνασπισμού Γεωργία, Μολδαβία, Ρωσία, Ουκρανία, Βουλγαρία και πρώην Γιουγκοσλαβία. Χρησιμοποιούνται δύο τύποι πυραύλων ο τύπος Allison για την πρώην Σοβιετική ένωση και ο τύπος Oblako για την πρώην Γιουγκοσλαβία. **Η εκτόξευση γίνεται από επίγειες εξέδρες κατόπιν εντολής Radar καιρού.** Από κάποιο σημείο της τροχιάς αρχίζει η καύση του υλικού σποράς και η διάχυση του στο νέφος. Μετά το τέλος της

καύσης ανοίγει αλεξίπτωτο για την ομαλή πτώση του εναπομείναντος μεταλλικού φορέα.

Αντιχαλαζικά κανόνια ηχοβολής.

Η καταπολέμηση με τη χρήση ηχητικών κυμάτων ξεκινά από τα Μεσαιωνικά μοναστήρια όπου υπήρχε η δοξασία ότι οι συνεχείς κωδωνοκρουσίες είναι σε θέση να αποτρέψουν την καταστροφή των αμπελιών από το χαλάζι (Moran and Morgan 1991). Σήμερα, στην Ελλάδα όπως και σε άλλες περιοχές του κόσμου υπάρχουν εγκατεστημένες συσκευές παραγωγής κρουστικών ηχητικών κυμάτων για την προστασία από το χαλάζι.

Το κύριο μέρος της συσκευής αποτελείται από κυλινδρικό ατσάλινο σωλήνα κλειστό στο κάτω άκρο και συνδεδεμένο με κωνική χοάνη η οποία κατευθύνεται κατακόρυφα προς τα πάνω. Το κρουστικό ηχητικό κύμα παράγεται από την εκρηκτική εκτόνωση ασετιλίνης μέσα στον κύλινδρο και κατευθύνεται προς τα πάνω με τη βοήθεια της χοάνης.

Η πυροδότηση γίνεται με ηλεκτρικό κύκλωμα το οποίο όπως και η ασετιλίνη βρίσκεται μέσα σε παράπηγμα δίπλα στο σωλήνα. Το όλο σύστημα αποκαλείται αντιχαλαζικό κανόνι ηχοβολής.

Το κρουστικό ηχητικό κύμα μεταδίδεται κατακόρυφα προκαλώντας αλλαγές στη μικροφυσική δομή του νέφους μετατρέποντας το χαλάζι είτε σε βροχή είτε σε χιονόλυτο (sleet). Σύμφωνα πάντα με τα εγχειρίδια λειτουργίας μια σειρά από συνεχείς πυροδοτήσεις δημιουργεί ένα εμπόδιο μεταξύ της βάσης του νέφους και του εδάφους ώστε η ένταση των ανοδικών ρευμάτων να ελαττώνεται.

Είναι βέβαια γνωστή η συμβολή των ισχυρών ανοδικών ρευμάτων στην παραγωγή χαλαζοκόκκων μέσα στο νέφος. Ο τρόπος όμως με τον οποίο τα συνεχή κρουστικά κύματα εμποδίζουν τα ανοδικά ρεύματα δεν εξηγείται και δεν φαίνεται να έχει θεωρητική βάση.

Ο δεύτερος τρόπος επίδρασης είναι δια του ιονισμού των υγρομετεώρων μέσα στο νέφος. Διάφοροι μηχανισμοί έχουν προταθεί (Mason X971) για να εξηγήσουν την παρατηρούμενη ηλεκτροφόρτιση ενός νέφους. Οι μηχανισμοί αυτοί είναι υπεύθυνα τόσο για την παραγωγή

φορτίων σε μικροσκοπική κλίμακα όσο και για το διαχωρισμό τους εντός του νέφους σύμφωνα με τα εγχειρίδια λειτουργίας τα υδρομετέωρα (υδροσταγονίδια και παγοσταγονίδια) με το ίδιο φορτίο απωθούνται χωρίς να μπορούν να συσσωματωθούν και να παράγουν σωματίδια μεγαλύτερων διαστάσεων (βροχοσταγόνες και χαλαζοκόκκους). Η εκφόρτιση του νέφους δια των αστραπών βοηθά την συσσωμάτωση και κατά συνέπεια τη δημιουργία βροχής και χαλαζιού. Η δράση του κρουστικού κύματος είναι τέτοια ώστε να αντιτίθεται σ' αυτή τη διαδικασία. Λεπτομέρειες για τη δράση αυτή δεν δίνονται.

Από τα προηγούμενα είναι φανερό ότι η αρχή λειτουργίας δεν περιγράφεται με σαφήνεια και η αντιχαλαζική δράση του κανονιού είναι περισσότερο ένα εμπειρικό γεγονός. Πράγματι η εμπειρία από τη χρήση του κανονιού δείχνει ότι αποτρέπεται η χαλαζόπτωση σε μια ακτίνα 500 m από αυτό. Στις περιπτώσεις που έχει παρατηρηθεί χαλαζόπτωση αυτή αποτελείται από μικρού μεγέθους χαλαζοκόκκους με κοινό χαρακτηριστικό την απαλή υφή του πάγου. Με τέτοια υφή οι ζημιές που έχουν παρατηρηθεί στην παραγωγή είναι επουσιώδεις (προσωπική επικοινωνία με τον χειρίστη κανονιών στην Αγιά).

Τα κρουστικά κύματα ως αιτία συσσωμάτωσης υδρομετεώρων. Η κοινή εμπειρία υποδεικνύει ότι συνήθως η βροντή προηγείται της βροχόπτωσης, ενώ αν αυτή ήδη συμβαίνει, η ένταση της αυξάνει αμέσως μετά. Παρατηρήσεις αυτού του είδους έχουν καταγραφεί για πρώτη φορά πριν από 2000 έτη από τον Πλούταρχο (Byers 1973). Ο Robert Hooke το 1664 έγραφε: *“ Εάν βρέχει κατά τη διάρκεια της βροντής, αμέσως μετά το σταμάτημά της βρέχει περισσότερο, όπως μια ριπή ανέμου που τινάζει τα βρεγμένα φύλλα ενός δένδρου”*. Πρόσφατες παρατηρήσεις από τους Vonnegut και Moore το 1977 έδειξαν ότι το 75 % της βροχόπτωσης κατά τη θερινής περιόδου εμφανίζεται εντός 5 λεπτών από την πιο κοντινή καταγραφή βροντής.

Επίσης μετρήσεις με Μετεωρολογικό Radar έδειξαν ότι η ηχώ των καταιγίδων γίνεται ξαφνικά εντονότερη μετά , απο την πρώτη εμφάνιση βροντής . Παρόμοια εμπειρία υπάρχει και σχετικά με το χαλάζι όπου συνήθως η βροντή προηγείται της χαλαζόπτωσης.

Από τα προηγούμενα είναι φανερό ότι η σχέση μεταξύ των δύο φαινομένων στηρίζεται σε ισχυρή πειραματική βάση. Η θεωρητική ερμηνεία της σχέσης αυτής βασίζεται στην επίδραση του κρουστικού ηχητικού κύματος στην κατανομή των υδρομετεώρων στο νέφος .

Στην περίπτωση ενός αντιχαλαζικού κανονιού ηχοβολής η δράση επί των υδρομετεώρων είναι η ίδια, με τη διάφορα ότι το κρουστικό κύμα δεν παράγεται από την αστραπή αλλά τεχνητά. Επομένως μία σειρά πυροδοτήσεων έχει σαν αποτέλεσμα την γρηγορότερη συσσωμάτωση των υδρομετεώρων (που στα αρχικά στάδια του νέφους είναι υδροσταγονίδια) και κατά συνέπεια την πρόωρη εμφάνιση βροχής με καταστροφή του νέφους, Αν συμβεί να υπάρχουν ήδη και παγοκρύσταλλοι, τότε σ' αυτούς ενσωματώνονται μεγάλα υδροσταγονίδια με αποτέλεσμα την απελευθέρωση λανθάνουσας θερμότητας πήξης με αυξημένο ρυθμό. Η άνοδος της επιφανειακής θερμοκρασίας των παγοκρυστάλλων είναι που δίνει την παρατηρούμενη απαλή υφή.

7.3.4 Αντιχαλαζικά δίκτυα προστασίας.

Το αντιχαλαζικό δίκτυο προστασίας απλώνεται πάνω από τις καλλιέργειες και τις προστατεύει από το χαλάζι. Τα αντιχαλαζικά δίκτυα έχουν βάρος 40 gr/m^2 , αντοχή 500 gr/m^2 και διαστάσεις ματιού $4 \times 7 \text{ mm}$ ή $3 \times 7 \text{ mm}$. Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι (ο διαχωρισμός είναι στο χρώμα το δικτυού) μαύρος, λευκός και γκρι.

Ο μαύρος τύπος έχει διάρκεια ζωής 12 χρόνια. Επιτυγχάνεται με αυτόν ελαφρά σκίαση περιορίζεται το έντονο ηλιακό φως όπου απαιτείται.

Ο άσπρος τύπος έχει διάρκεια ζωής 8 χρόνια Εξασφαλίζει πρωιμότητα 10 και πλέον ημερών. Χρησιμοποιείται όταν δεν πρέπει να αλλάξουν οι συνθήκες φωτισμού.

Ο γκρι τύπος έχει διάρκεια ζωής 10 χρόνια Ταιριάζει σε καλλιέργειες που επιζητείται πλήρης ωρίμανση και τέλειος χρωματισμός.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των δικτύων πέρα από την χαλαζική προστασία είναι:

- 1) Σκίαση στον επιθυμητό βαθμό

- 2) Αντιανεμική προστασία σε μέτριας έντασης ανέμους. Κάτω από τα δίχτυα η ταχύτητα του ανέμου μειώνεται κατά 50 % και με αυτό τον τρόπο εμποδίζεται η καρπόπτωση.
- 3) Πρωιμότητα 10 και πλέον ημερών
- 4) Αντιπαγετική προστασία διότι επιτυγχάνεται θερμοκρασία μεγαλύτερη κατά 1,5 °C στο χώρο.
- 5) Οικονομία στις αρδεύσεις περίπου κατά 7 % το οποίο ισοδυναμεί με οικονομία 50 lt/m²
- 6) Περιορισμός των μολύνσεων λόγω απουσίας τραυμάτων χαλαζιού.

Παράλληλα τα δίχτυα επιδρούν στο μικροκλίμα των καλλιεργειών μειώνοντας την μέγιστη θερμοκρασία κατά 0,5 έως 1,5 °C και αυξάνοντας την σχετική υγρασία κατά 5 % ή και περισσότερο. Με τη χρήση αντιχαλαζικού δικτύου προστασίας μειώνεται επίσης ο αριθμός των εντόμων που επισκέπτονται τα φυτά (μέλισσες) για επικονίαση. Το δίχτυ επίσης επιδρά στο χρώμα των καρπών και κατά συνέπεια στην ποιότητα της παραγωγής, όχι μόνο μειώνοντας την έκταση του χρώματος αλλά εξαλείφοντας και τις διαφορές λόγω σκίασης των καρπών. Τέλος δεν έχει ακόμη αξιολογηθεί αν υπάρχουν επιδράσεις στις θρεπτικές ουσίες των καρπών.

Συγκρίνοντας τις τρεις μεθόδους αντιχαλαζικής προστασίας ως προς το κόστος, βρίσκουμε ότι η σπορά των νεφών κοστίζει 200 – 500 δρχ./στρέμμα, τα αντιχαλαζικά κανόνια ηχοβολής κοστίζουν 500 – 1000 δρχ./στρέμμα και η εγκατάσταση δικτύων κοστίζει 15.000 – 20.000 δρχ./στρέμμα. Επομένως πιο συμφέρουσα είναι η σπορά των νεφών ενώ πιο δαπανηρή είναι η εγκατάσταση δικτύων.

7.3.4 Εθνικό Πρόγραμμα Αντιχαλαζικής Προστασίας Καλλιεργειών

Το 1984 ο ΟΓΑ (Οργανισμός Γεωργικών Ασφαλίσεων) ξεκίνησε να εφαρμόζει ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα προστασίας των καλλιεργειών από το χαλάζι στη χώρα μας γνωστό ως " Εθνικό Πρόγραμμα

7.4.3 Αίτια Δασικών Πυρκαγιών

Η καλή γνώση των αιτιών των δασικών πυρκαγιών είναι ένας εξαιρετικά σημαντικός παράγοντας για τον αποτελεσματικό σχεδιασμό της πρόληψής του. Τα αίτια των πυρκαγιών είναι δυνατό να διαφέρουν σημαντικά από τη μία περιοχή της χώρας στην άλλη, τόσο λόγω περιβαλλοντικών (τύπος βλάστησης, συχνότητα κεραυνών, κλιματικές συνθήκες κλπ.), όσο και λόγω ανθρωπογενών (παράδοση, χρήσεις γης, κλπ.) παραγόντων. Έτσι είναι απαραίτητη η συγκέντρωση αξιόπιστων στατιστικών στοιχείων για την αναγνώριση και κατανόηση των αιτιών ανά περιοχή ώστε να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα πρόβλεψης. Τα πιο συνηθισμένα αίτια πυρκαγιών στον κόσμο αναφέρονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1: Αιτίες δασικών πυρκαγιών

ΑΙΤΙΕΣ	ΕΛΛΑΔΑ	ΤΟΥΡΚΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ	ΙΣΠΑΝΙΑ	Ν.ΓΑΛΛΙΑ	Η.Π.Α.	ΚΑ/ΔΑΣ
1. Αμέλειες							
1.1 Τσιγάρα - Σπίρτα	14,0	6,7			12,0	19	
1.2 Καύση καλαμιάς, κλαδιών ξερών χόρτων κλπ.	21,1				10,0	18	
1.3 Βλήματα πυρ/κού	0,6				13,0		
1.4 Ο.Σ.Ε. Δ.Ε.Η.	0,4	0,4					5
1.5 Σπινθήρες Μηχανών	2,7					8	
1.6 Θέρμανση στο ύπαιθρο	2,5						
1.7 Κάπνισμα μελισσών	0,6						
1.8 Εκδρομείς	1,5					6	23
1.9 Κάψιμο Σκουπιδιών Άλλες Αιτίες	5						21
1. ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΕΛΕΙΕΣ	48,4	35,9	35,0		35,0	51	49
2. ΠΡΟΘΕΣΕΙΣ	27,2	21,6	11,5		30,0	26	4
3. ΚΕΡΑΥΝΟΙ	2,1	0,3	1,0	7,0	10,0	9	26
4. ΑΓΝΩΣΤΕΣ ΑΙΤΙΕΣ	22,5	43	52,5		25,0	14	21

Τα αίτια των δασικών πυρκαγιών κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες:

1. Πυρκαγιές που οφείλονται σε **φυσικές αιτίες** όπως σε κεραυνούς, ηφαίστεια, αυταναφλέξεις καθώς και στη μεγάλης διάρκειας ξηρασία τους θερινούς μήνες.
2. Πυρκαγιές που οφείλονται σε **ανθρώπινες δραστηριότητες**
3. Πυρκαγιές που οφείλονται σε **άγνωστες αιτίες**

Οι πυρκαγιές που προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να οφείλονται σε κακόβουλες ενέργειες (εμπρησμοί) ή να προκαλούνται τυχαία

Οι περιπτώσεις των **τυχαίων** πυρκαγιών είναι οι περισσότερες και μπορούν να προέλθουν από:

α) Αμέλειες:

- Πέταμα αναμμένων σπέρτων και τσιγάρων
- Εγκατάλειψη εστιών φωτιάς (από εκδρομείς, κατασκηνωτές, κυνηγούς)
- Καθάρισμα αγρών (κάψιμο χόρτων, καλαμιών κλπ)
- Κάψιμο βοσκοτόπων
- Κόψιμο σκουπιδιών
- Σπινθήρες από μηχανήματα
- Κάπνισμα μελισσών
- Γραμμές ΔΕΗ
- Βολές στρατού
- Εργαζόμενοι στην ύπαιθρο
- Καταλύτες αυτοκινήτων

β) Πραγματικά ατυχήματα:

- Εκρήξεις
- Αυτοκινητιστικά ατυχήματα
- Φωτιές σε κατοικίες, βιομηχανίες

Οι πυρκαγιές από **πρόθεση** οφείλονται σε:

α) Διανοητικά ανάπηροι, ψυχασθενείς, πυρομανείς

β) Προμελετημένοι εμπρησμοί (ύπαρξη κινήτρων)

- Κτηματικά οφέλη (λόγω της συνεχώς ανερχόμενης αξίας της γης κοντά στις μεγάλες πόλεις, στις παραθαλάσσιες και αστικές περιοχές και σε κέντρα τουριστικής ανάπτυξης)
- Πολιτική αστάθεια
- Εκδίκηση
- 'Βελτίωση' βοσκοτόπων από βοσκούς
- Αλλαγές χρήσεως γης (π.χ. 'καθαρισμός' γης για αγροτική καλλιέργεια, λατομεία, κλπ.)

- Κυνήγι (βελτίωση πρόσβασης, βελτίωση συνθηκών για την άγρια πανίδα)
- Η δημιουργία κλίματος φοβίας και άσχημων εντυπώσεων με σκοπό, σπάνια βέβαια, αλλά πιθανόν, την υλοποίηση σχεδίων αποσταθεροποίησης της οικονομίας και ανακοπή του ξένου τουριστικού ρεύματος τη θερινή περίοδο.

Από τον πίνακα 2 και το σχήμα 1 διαπιστώνεται ότι κύριος υπαίτιος των δασικών πυρκαγιών είναι ο άνθρωπος που κυρίως με την αμέλειά του γίνεται πρόξενος καταστροφής πολύτιμων δασών. Διαπιστώνεται επίσης ότι από τις χώρες υψηλού κινδύνου της Ευρώπης, η Ελλάδα κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό πρόκλησης πυρκαγιών από άγνωστους λόγους.

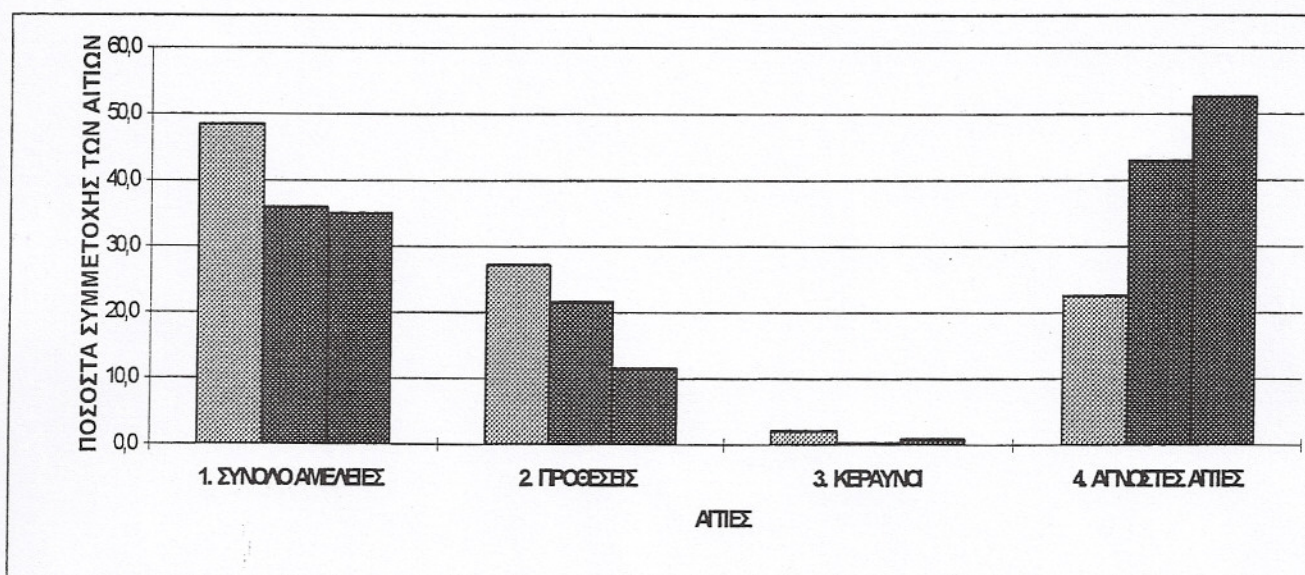
Πίνακας 2: Οι αιτίες πυρκαγιών στις χώρες υψηλού κινδύνου της Ευρώπης από 1985 – 1997

ΦΩΤΙΕΣ ΠΟΥ ΞΕΣΠΑΣΑΝ ΓΙΑ ΑΓΝΩΣΤΟΥΣ ΛΟΓΟΥΣ

ΑΙΤΙΑ	ΕΛΛΑΔΑ	ΙΣΠΑΝΙΑ	ΓΑΛΛΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ	ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	Μ.Ο. Ε.Ε
ΑΓΝΩΣΤΟΙ ΛΟΓΟΙ	60,8%	19,8%	16%	24,3%	-	55,8%

ΦΩΤΙΕΣ ΠΟΥ ΑΠΟΔΟΘΗΚΑΝ ΣΕ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΑ ΑΙΤΙΑ

ΑΜΕΛΕΙΑ	63,5%	17,1%	73,6%	27,5%	31,2%	24,4%
ΕΜΠΡΗΣΜΟΣ	26%	77,9%	18,9%	71%	66,7%	71,1%
ΦΥΣΙΚΑ ΑΙΤΙΑ	10%	5%	7,6%	1,4%	2,1%	4,5%



Σχήμα 1: Αιτίες δασικών πυρκαγιών

Η χωρική υδρολογία μπορεί να εφαρμοσθεί για να αντιπροσωπεύσει το ισοζύγιο νερού της κάθε φάσης του υδρολογικού κύκλου και να ποσοτικοποιήσει την ανταλλαγή του νερού μεταξύ των διαφόρων φάσεων του υδρολογικού κύκλου.

7.5.2 Πλημμυρικές Απορροές

Όπως έχει ήδη επισημανθεί η φύση της γήινης επιφάνειας επηρεάζει τη ροή του νερού. Από τα κατακρημνίσματα που πέφτουν στην επιφάνεια της γης ένα μέρος συγκρατείται στην επιφάνεια της βλάστησης και κυρίως στις κόμες των δένδρων και θάμνων ενώ το υπόλοιπο επηρεάζεται από τη σύσταση του εδάφους. Είναι προφανές ότι μία γυμνή σε βλάστηση έκταση και με μεγάλη κλίση θα δώσει με τελείως διαφορετική απορροή σε μια δοσμένη βροχόπτωση συγκρινόμενη με μια επιφάνεια με μεγάλη φυτοβλάστηση και μικρές κλίσεις. Καθώς αστικοποίηση και ανάπτυξη της γεωργίας αναπτύσσονται, διαφοροποιήσεις στα χαρακτηριστικά του εδάφους επηρεάζουν τη διαμόρφωση της βροχόπτωσης σε απορροή. Επίσης άλλα υδρολογικά χαρακτηριστικά όπως οι υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες και τα οργανικά φορτία επηρεάζουν παρόμοια την απορροή.

Ο χαρακτηρισμός μιας υδρολογικής λεκάνης είναι η διαδικασία του αθροίσματος των ιδιοτήτων της λεκάνης που επηρεάζουν την υδρολογική συμπεριφορά. Σκεφτόμενος την σχέση του νερού στην επιφάνεια της γης (στεριά), ο οποιοσδήποτε μπορεί να φανταστεί δύο άξονες, ένας που αντιπροσωπεύει το σύστημα της στεριάς και ο άλλος το σύστημα του νερού.

Αίτια Πλημμυρών

Η απορροές αποτελούν το τμήμα εκείνο του υδρολογικού κύκλου που έχει μεγαλύτερη σχέση με τις δραστηριότητες και τα έργα των ανθρώπων. Επίσης οι απορροές αποτελούν τη βασική υδρολογική παράμετρο σε μια σειρά από έργα που γίνονται για τον έλεγχο, την αξιοποίηση ή την προστασία των υδατικών πόρων. Τέλος, ένας μεγάλος αριθμός τεχνικών έργων στηρίζονται / υπολογίζονται με βάση τα μεγέθη της απορροής.

Η απορροή αποτελεί ένα φυσικό μέγεθος, που μεταβάλλεται συνεχώς με την πάροδο του χρόνου. Αιφνίδιες, έντονες βροχοπτώσεις ή ξηρές περίοδοι με σημαντική διάρκεια προκαλούν έντονες μεταβολές στη δίαιτα των ρευμάτων, που συχνά ασκούν δυσμενείς επιδράσεις ή οδηγούν σε καταστροφές. Για αυτό οι ακραίες τιμές της απορροής αποτελούν τη βάση κατά τον υπολογισμό των διαστάσεων των διαφόρων έργων και κατασκευών για την αντιμετώπιση πολλών προβλημάτων της υδατικής οικονομίας.

Ως ακραίες τιμές της απορροής χαρακτηρίζονται οι στιγμιαίες απορροές με πολύ μεγάλο μέγεθος (πλημμυρικές αιχμές), που κατά κανόνα σχηματίζονται απότομα μετά μία αντίστοιχη ξαφνική βροχόπτωση. Σ' αυτές συμπεριλαμβάνονται επίσης και οι ογκώδεις υδάτινες μάζες, οι οποίες, παρόλο που δεν περιέχουν πλημμυρικές αιχμές (απόλυτα μέγιστες παροχές), σχηματίζουν εξαιρετικές και για αυτό πλημμυρογενείς απορροές. Ετσι π.χ. κατά τον υπολογισμό των διαστάσεων μιας ρυθμιστικής δεξαμενής, η απορροή με τον πιο μεγάλο όγκο έχει μεγαλύτερη σημασία, ενώ για τα αντιπλημμυρικά έργα στην κοίτη ενός ποταμού η αιχμή της πλημμυρικής παροχής παίζει καθοριστικό ρόλο.

Βασική σημασία από υδρολογική άποψη έχει η πρόγνωση των εξαιρετικών συμβάντων. Ως πρόγνωση δεν εννοείται η εκτίμηση της συχνότητας, με την οποία συμβαίνει ένα υδρολογικό γεγονός με ορισμένο μέγεθος.

Σε αντίθεση με τις ελάχιστες τιμές της απορροής, που αποτελούν τη συνέπεια μιας κατά κανόνα σημαντικής περιόδου ξηρασίας, τα αίτια των πλημμυρικών αιχμών είναι πολλά. Τα σπουδαιότερα από αυτά είναι οι βροχοπτώσεις μεγάλης έντασης και διάρκειας, το λιώσιμο του χιονιού και των πάγων, και οι αιφνίδιες καταστροφές τεχνικών έργων αποταμίευσης νερού.

Γενικά όπως και οι βροχοπτώσεις, οι απορροές ακολουθούν ανάλογες διακυμάνσεις σε σχέση και με το κλίμα μιας περιοχής. Για τη χώρα μας που έχει ημίξηρο Μεσογειακό κλίμα μεγάλες απορροές παρατηρούνται το Χειμώνα και την Άνοιξη λόγω των βροχών και της τήξεως του χιονιού, ενώ η απορροή διακόπτεται στα περισσότερα υδατορεύματα κατά το καλοκαίρι.

Εκτός της εποχιακής διακύμανσης σε πολλές περιπτώσεις παρατηρούνται μόνιμες μεταβολές της απορροής που συνήθως προέρχονται μεταξύ των άλλων από τις ακόλουθες αιτίες:

- αστικοποίηση τμημάτων της υδρολογικής λεκάνης
- εγκατάλειψη της υπαίθρου και της ανάπτυξης αυτοφυούς βλάστησης στη λεκάνη απορροής
- φυσικές καταστροφές, με κυριότερο το κάψιμο και καταστροφή των δασών
- αλλαγές στη χρήση γης
- κατασκευή μεγάλων έργων αποθήκευσης και αξιοποίησης των υδατικών πόρων (π.χ. ταμιευτήρες)
- κατασκευή μεγάλων αναπτυξιακών έργων κ.α.

Μεταβολές στην απορροή επίσης αναμένονται από τις πιθανολογούμενες αλλαγές στη βροχόπτωση και τη θερμοκρασία που θα προέλθουν από την ενδεχόμενη κλιματική αλλαγή. Παρά του ότι το θέμα βρίσκεται υπό διερεύνηση από οργανισμούς και ερευνητές, έχει ήδη αποδειχθεί ότι η απορροή είναι το υδρολογικό μέγεθος που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο στις κλιματικές αλλαγές ή την κλιματική αστάθεια. Συνεπώς αν πράγματι βιώνουμε μια σταδιακή αλλαγή του κλίματος, η απορροή είναι εκείνο το μέγεθος που θα υποστεί τις σημαντικές μεταβολές στο μέγεθος και στη χρονική της κατανομή.

Πλημμυρικές Παροχές

Υδρογράφημα θεωρείται γενικά η γραφική παράσταση της απορροής σε μια διατομή ενός ρεύματος ως συνάρτηση του χρόνου. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το σχεδιασμό των υδραυλικών έργων παρουσιάζουν τα υδρογραφήματα των πλημμυρών δηλαδή των απορροών που αποτελούνται κυρίως από επιφανειακή απορροή. Ακριβέστερα *πλημμύρα* είναι το γεγονός κατά το οποίο η άμεση απορροή (επιφανειακή και ταχεία υπεδάφια) είναι τόσο σημαντική ώστε η συνολική παροχή να υπερβαίνει τη διοχετευτική ικανότητα του υδατορεύματος και να κατακλύζει τις γύρω περιοχές με όλες τις δυσμενείς συνέπειες που ακολουθούν. Τα έργα που αποσκοπούν στη μείωση του κινδύνου από τις πλημμύρες ονομάζονται *Αντιπλημμυρικά Έργα*.

Μοναδιαίο Υδρογράφημα