

Χρήσιμες έννοιες για την Εργασία

1. Εισαγωγή

Το λογισμικό CROPWAT 8.0 είναι ένα πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών και τις απαιτήσεις άρδευσης βασιζόμενο σε δεδομένα εδάφους, το κλίμα και την καλλιέργεια των δεδομένων. Επιπλέον, το πρόγραμμα επιτρέπει την ανάπτυξη των προγραμμάτων άρδευσης για διαφορετικές συνθήκες διαχείρισης και υπολογισμού του συστήματος παροχής νερού για διάφορες μορφές καλλιεργειών. Το CROPWAT 8.0 μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των πρακτικών άρδευσης των αγροτών καθώς και την εκτίμηση της απόδοσης των καλλιεργειών κάτω από ξερικές και συνθήκες αρδευόμενης γεωργίας. (<https://cropwat.informer.com/download/>)

Όλες οι διαδικασίες υπολογισμού που χρησιμοποιούνται για CROPWAT 8.0 με βάση δύο δημοσιεύσεων του FAO:

- Τον οδηγό -"[Crop Evapotranspiration](#)", 1998 (Paper No.56) που παρουσιάζει μια διαδικασία για τον υπολογισμό της αποτελεσματικής ποσότητας νερού καλλιέργειας και
- Τον οδηγό "[Yield response to water](#)", 1976 (Paper No.33), που παρουσιάζει μια ανάλυση για την απόδοση της καλλιέργειας ως αποτέλεσμα χρήσης νερού. Επίσης και το νεότερο "[Crop yield response to water](#)" 2012 (Paper No 66)

Ως σημείο εκκίνησης περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα πρότυπες καλλιέργειες και εδαφολογικά στοιχεία, τα οποία πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο στην περίπτωση που τα τοπικά δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα. Όταν τα τοπικά δεδομένα είναι διαθέσιμα, αυτά τα αρχεία δεδομένων μπορούν εύκολα να τροποποιηθούν ή να δημιουργηθούν νέα. Ομοίως, αν για τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία, αυτά μπορούν να ληφθούν για πάνω από 5.000 σταθμούς σε όλο τον κόσμο από μια σχετική κλιματική βάση δεδομένων "[CLIMWAT](#)". Η ανάπτυξη για τον προγραμματισμό άρδευσης CROPWAT 8.0 βασίζεται στο ημερήσιο υδατικό ισοζύγιο της εδαφικής κατατομής με τη χρήση διαφόρων επιλογών που ορίζονται από το χρήστη για τον εφοδιασμό νερού και τις συνθήκες διαχείρισης της άρδευσης. Ο σχεδιασμός για τον εφοδιασμό του νερού υπολογίζεται σύμφωνα με τις καλλιεργητικές πρακτικές (cropping pattern) και ορίζεται από το χρήστη, και το οποίο το οποίο μπορεί να περιλαμβάνει μέχρι και 20 καλλιέργειες.

Το CROPWAT 8.0 είναι ένα πρόγραμμα σε περιβάλλον Windows και βασίζεται σε προηγούμενες εκδόσεις του DOS. Εκτός από ένα εντελώς επανασχεδιασμένο περιβάλλον χρήστη, το CROPWAT 8.0 περιλαμβάνει μια σειρά από ανανεωμένα και νέες λειτουργίες όπως:

- Περιλαμβάνει την εισαγωγή των κλιματικών δεδομένων σε βήμα Μηνιαίο, δεκαήμερου και ημερήσιο για τον υπολογισμό της εξατμοδιαπνοής αναφοράς (ET₀)

- Είναι συμβατό με τα προηγούμενα προγράμματα ώστε να γίνεται χρήση των δεδομένων από τη βάση CLIMWAT την οποία χρησιμοποιούσαν και οι παλαιότερες εκδόσεις.
- Η δυνατότητα να εκτιμηθούν κλιματικά δεδομένα από την έλλειψη μετρούμενων τιμών
- Το δεκαήμερο και το ημερήσιο βήμα εκτίμησης των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό με βάση την αναπροσαρμογή των αλγορίθμων υπολογισμού συμπεριλαμβανομένου και των συντελεστών της καλλιέργειας (Kc)
- τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών και προγραμματισμό των αρδεύσεων για το αναποφλοϊώτο ρύζι ορεινών περιοχών, χρησιμοποιώντας μια νέα διαδικασία για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό, συμπεριλαμβανομένης και της περιόδου προετοιμασία της γης
- Διαδραστική ρύθμιση από τον χρήστη στον προγραμματισμό της άρδευσης
- Υπολογισμός ημερήσιου εδαφικού υδατικού ισοζύγιο σε πίνακες
- Εύκολη αποθήκευση και ανάκτηση των διαδικασιών και των καθορισμένων προγραμμάτων άρδευσης από το χρήστη
- Γραφικές παραστάσεις των δεδομένων εισόδου, των απαιτήσεων των καλλιεργειών σε νερό και του προγραμματισμού άρδευσης
- εύκολη εισαγωγή και εξαγωγή των δεδομένων και των γραφικών μέσω προχείρου ή σε μορφή ASCII (αρχεία κειμένου)
- Εκτεταμένες ρουτίνες εκτύπωσης, υποστηρίζοντας όλα τα παράθυρα των οριζόμενων
- Πλαίσιο βοήθειας
- Πολύγλωσσο σύστημα βοήθειας (Αγγλικά, Ισπανικά, Γαλλικά και Ρωσικά)

Προκειμένου το πρόγραμμα Cropwat να παρέχει αποτελεσματικά και σωστά δεδομένα, ο χρήστης πρέπει να εισάγει δεδομένα σχετικά με τη διαδικασία εξατμοδιαπνοής, δηλαδή την ποσότητα του νερού που εξατμίζεται από το έδαφος και αποβάλλεται από τα φυτά στην ατμόσφαιρα. Τα δεδομένα μπορούν να εισαχθούν από το χρήστη (manually) συμπληρώνοντας τις φόρμες που παρέχονται από τα ένθετα από την αριστερή πλευρά του κύριου παραθύρου. Ως εκ τούτου, οι χρήστες θα πρέπει να παρατηρούν τις καιρικές αλλαγές και να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με το κλίμα (θερμοκρασία, υγρασία, άνεμος, ηλιοφάνεια, ακτινοβολία κ.λπ.), καθώς και άλλες παραμέτρους όπως οι μηνιαίες ποσότητες διαρροής και τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Αφού συμπληρωθούν αυτές οι φόρμες, το λογισμικό θα παρέχει πληροφορίες σχετικά με την απαραίτητη ποσότητα νερού στο παράθυρο "Απαιτήσεις νερού καλλιέργειας" και το πρόγραμμα άρδευσης.

Συνοψίζοντας, το Cropwat είναι μια πολύτιμη εφαρμογή για αγρότες ή ειδικούς σε καλλιέργειες και εδάφους που μπορεί να παρέχει λεπτομερή δεδομένα σχετικά με την απαραίτητη ποσότητα νερού που είναι απαραίτητη για να επιτευχθούν οι μέγιστες αποδόσεις των καλλιεργειών.

2. Άρδευση

Σε μια γεωργία που βρίσκεται σε συνεχή εξέλιξη, η άρδευση θα πρέπει να προσαρμοστεί στις νέες, αυστηρότερες απαιτήσεις: η παροχή του νερού σε μεγάλες αρδευόμενες συστήματα πρέπει να είναι πολύ πιο αξιόπιστη και ευέλικτη από ότι ήταν στο παρελθόν. Τα τελευταία 50 χρόνια έχουν γίνει σημαντικές εξελίξεις σε υδάτινους πόρους και στη γεωργία. Τεράστιες εξελίξεις στις υδραυλικές υποδομές έχουν προσφέρει το νερό στις ανάγκες των ανθρώπων. Ενώ ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξήθηκε από 2,5 δισεκατομμύρια το 1950 σε 7,0 δισεκατομμύρια σήμερα, η αρδευόμενη έκταση διπλασιάστηκε και η άντληση νερού τριπλασιάστηκε. Η γεωργική παραγωγικότητα αυξήθηκε χάρη στις νέες ποικιλίες καλλιεργειών και λιπάσματα, που τροφοδοτούνται από επιπλέον νερό άρδευσης. Η παγκόσμια παραγωγή τροφίμων ξεπέρασε την αύξηση του πληθυσμού. Και η μεγαλύτερη χρήση του νερού για την αρδευόμενη γεωργία ωφέλησε τους αγρότες και τους ασθενέστερους οικονομικά πληθυσμούς –προωθώντας τις συναλλαγές, την βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης, και την καταπολέμηση της πείνας. Αλλά πολλές εκκρεμότητες παραμένουν. Το 2003, 850 εκατομμύρια άνθρωποι στον κόσμο ήταν κάτω από επισιτιστική ανασφάλεια, όπου το 60% από αυτούς ζουν στη Νότια Ασία και την Υποσαχάρια Αφρική και το 70% των ασθενέστερων ζουν σε αγροτικές περιοχές. Στην Υποσαχάρια Αφρική, ο αριθμός των ανθρώπων υπό επισιτιστική ανασφάλεια αυξήθηκε από 125 εκατομμύρια το 1980 σε 200 εκατ. ευρώ το 2000. Ο FAO έχει αναπτύξει ένα πολύγλωσσο εκπαιδευτικό πακέτο για τον εκσυγχρονισμό και την αποκατάσταση μεγάλης κλίμακας αρδευτικών έργων το οποίο έχει εφαρμοστεί σε 20 χώρες.

3. Υπολογισμός της εξατμοδιαπνοής αναφοράς

Η Εξατμοδιαπνοής Αναφοράς (ET₀) αντιπροσωπεύει την μέγιστη εξάτμιση από ένα καλά αρδευόμενο γρασίδι με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Οι ανάγκες σε νερό όλων των άλλων καλλιεργειών συνδέονται άμεσα με αυτή την κλιματική παράμετρο που αναφέρεται ως ET₀. Αν και υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για τον προσδιορισμό ET₀, ο Penman-Monteith έχει προταθεί ως κατάλληλη συνδυαστική μέθοδος εξαρτώμενη από:

- την θερμοκρασία
- την σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας
- την ακτινοβολία

- και την ταχύτητα ανέμου.

4. Βροχόπτωση

Οι βροχοπτώσεις συμβάλλει σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό στην επάρκεια των καλλιεργειών σε νερό ανάλογα με την περιοχή. Κατά τη διάρκεια της εποχής των βροχοπτώσεων σε ορισμένες τροπικές και ημιτροπικές περιοχές, ένα μεγάλο μέρος των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας αυτής καλύπτονται από αυτές τις βροχοπτώσεις, ενώ κατά τη διάρκεια της περιόδου ανομβρίας, η κύρια παροχή νερού πρέπει να προέρχεται από την άρδευση. Το πόσο νερό έρχεται από τη βροχόπτωση και πόσο νερό θα πρέπει να καλύπτονται από την άρδευση είναι, δυστυχώς, είναι δύσκολο να προβλεφθεί καθώς η βροχόπτωση διαφέρει σημαντικά από εποχή σε εποχή.

Για να εκτιμηθεί το έλλειμμα της βροχόπτωσης για ανάγκες σε νερό άρδευσης, μια στατιστική ανάλυση πρέπει να γίνει από μακροπρόθεσμες κλιματοσειρές βροχοπτώσεων.

Εκτός από την μεταβλητότητα των βροχοπτώσεων από έτος σε έτος, δεν είναι όλο το ποσό της βροχόπτωσης που χρησιμοποιείται από την καλλιέργεια. Η ένταση της βροχής μπορεί να είναι τέτοια ώστε μέρος των βροχοπτώσεων έχει χαθεί λόγω της επιφανειακής απορροής ή λόγω της βαθιάς διήθησης κάτω από τη ζώνη του ριζοστρώματος . Προκειμένου να καθοριστεί το μέρος των βροχοπτώσεων που συμβάλλει αποτελεσματικά στην κάλυψη των αναγκών σε νερό, μια σειρά από ορισμούς παρατίθενται στη συνέχεια ώστε να καθορισθεί και να υπολογισθεί η ποσότητα της βροχόπτωσης που ενσωματώνονται στις σχέσεις για τον υπολογισμό των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό.

4.1. Επεξεργασία βροχομετρικών δεδομένων

Οι βροχοπτώσεις συμβάλλουν σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό στην επάρκεια των καλλιεργειών σε νερό (**crop water requirements- CWR**), ανάλογα με την περιοχή. Κατά τη διάρκεια της εποχής των βροχοπτώσεων σε ορισμένες τροπικές και ημιτροπικές περιοχές, ένα μεγάλο μέρος των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας αυτής καλύπτονται από αυτές τις βροχοπτώσεις, ενώ κατά τη διάρκεια της περιόδου ανομβρίας, η κύρια παροχή νερού πρέπει να προέρχεται από την άρδευση. Το πόσο νερό έρχεται από τη βροχόπτωση και πόσο νερό θα πρέπει να καλύπτονται από την άρδευση είναι, δυστυχώς, είναι δύσκολο να προβλεφθεί καθώς η βροχόπτωση διαφέρει σημαντικά από εποχή σε εποχή. Για να εκτιμηθεί το έλλειμμα της βροχόπτωσης για ανάγκες σε νερό άρδευσης, πρέπει να γίνει μια στατιστική ανάλυση από μακροπρόθεσμες κλιματοσειρές βροχομετρικών δεδομένων.

Εκτός από την μεταβλητότητα των βροχοπτώσεων από έτος σε έτος, δεν χρησιμοποιείται όλο το ποσό της βροχόπτωσης από την καλλιέργεια. Η ένταση της βροχής μπορεί να είναι τέτοια ώστε μέρος των βροχοπτώσεων να χάνεται λόγω της επιφανειακής απορροής ή λόγω της βαθιάς διήθησης κάτω από τη ζώνη του ριζοστρώματος. Προκειμένου να καθορισθεί το μέρος των βροχοπτώσεων που συμβάλλει αποτελεσματικά στην κάλυψη των αναγκών σε νερό, μια σειρά από ορισμούς παρατίθενται στη συνέχεια ώστε να καθορισθεί και να υπολογισθεί η ποσότητα της βροχόπτωσης που ενσωματώνονται στις σχέσεις για τον υπολογισμό των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό:

Μέση μηνιαία βροχόπτωση προσδιορίζεται ως ο μαθηματικός μέσος όρος για μια σειρά καταγραφών βροχόπτωσης που συνήθως διατίθεται. Αυτή η μέση τιμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για υπολογισμό των αναγκών σε νερό.

Βασική Βροχόπτωση (75%) Είναι μια απλή μέθοδος κατάταξης όπως περιγράφεται από τους *Doorenbos και Pruitt (1975)* και *Frere και Popon (1979)*. Η ποσότητα της βροχόπτωσης που μπορεί να εμφανισθεί τουλάχιστον μία φορά στην 4ετία ή 5ετία με πιθανότητα 75% για ένα ξηρό έτος.

4.2. Βροχόπτωση υγρού κανονικού και ξηρού έτους:

Ορίζεται ως η βροχόπτωση με αντίστοιχη πιθανότητα **20%, 50% και 80%** της υπέρβασης, που αντιπροσωπεύει ένα υγρό, κανονικό ή ξηρό έτος. Οι τρεις τιμές είναι χρήσιμες για τον προγραμματισμό της προσφοράς άρδευσης και προσομοίωσης των αρδευτικών συνθηκών διαχείρισης. Η βροχόπτωση στο κανονικό έτος (50% πιθανότητα) προσεγγίζει συνήθως την τη μέση τιμή βροχόπτωσης.

Ιστορικά ή πραγματική βροχόπτωση δεδομένων: Οι πραγματικές καταγραφές της βροχόπτωσης χρησιμοποιούνται για σκοπούς αξιολόγησης.

4.3. Αποτελεσματική ή ωφέλιμη βροχόπτωση:

Ορίζεται ως εκείνη η ποσότητα των βροχοπτώσεων που πρόκειται πραγματικά να χρησιμοποιηθεί από την καλλιέργεια μετά από απώλεια της βροχόπτωσης που οφείλεται στην επιφανειακή απορροή και στην βαθιά διείσδυση. **Αποτελεσματική βροχόπτωση** είναι η βροχόπτωση που θα χρησιμοποιηθεί για να προσδιοριστούν οι απαιτήσεις άρδευσης.

4.4. Βροχομετρικά δεδομένα

Τα δεδομένα βροχοπτώσεων που απαιτούνται μπορεί να είναι ημερήσια, δεκαετίας ή μηνιαία, τα οποία διατίθενται από τους κλιματικούς σταθμούς. Τα αρχεία των διαφόρων βροχομετρικών σταθμών που είναι διαθέσιμα, πρέπει να χρησιμοποιούνται για ανάλυση χωρικής μεταβλητότητας. Για να γίνει ο υπολογισμός των πιθανοτήτων βροχοπτώσεων, απαιτούνται χρονοσειρές από 15 -30 ετών. Παράδειγμα καταγραφών βροχοπτώσεων παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 1.

Πίνακας 1: (Μηνιαία βροχομετρικά δεδομένα (1974-1985)

ΜΗΝΑΣ	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	Μ.Ο
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	13	45	0	0	0	0	0	0	5
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	13	2
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	8	13	38	0	20	20	0	0	15	14	11
ΜΑΙΟΣ	69	8	33	70	87	197	0	0	18	0	0	106	49
ΙΟΥΝΙΟΣ	44	89	48	140	103	118	74	56	180	0	66	29	79
ΙΟΥΛΙΟΣ	15	201	121	176	144	111	76	112	72	0	128	120	106
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	121	110	98	160	266	13	96	101	0	257	14	73	109
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	69	139	119	20	272	267	66	290	8	171	42	72	128
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	175	384	0	101	0	104	13	43	107	64	77	117	99
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	15	23	20	76	29	36	0	18	76	0	8	10	26
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	8	6	2
ΣΥΝΟΛΟ (mm)	508	954	447	756	965	891	345	653	461	492	358	560	616

4.5. Επεξεργασία δεδομένων βροχόπτωσης

Για τον προγραμματισμό της παροχής και διαχείρισης του αρδευτικού νερού χρησιμοποιούνται βροχομετρικά δεδομένα **κανονικών** (normal), **υγρών** (wet) και **ξηρών** (dry) ετών.

Ο χαρακτηρισμός των δεδομένων αυτών των γεγονότων μπορεί να εκτιμηθεί υπολογιστικά και γραφικά από τις καταγραμμένες σειρές βροχόπτωσης . Τα ακόλουθα βήματα είναι:

1. Δημιουργία πίνακα με την ετήσια βροχόπτωση για μια δεδομένη περίοδο.
2. Ταξινόμηση δεδομένων σε φθίνουσα τάξη μεγέθους
3. Κατατάξετε το γράφημα σύμφωνα με την σχέση F_a (πιθανότητα υπέρβασης):

$$F_a = 100 \times \frac{m}{N + 1}$$

Όπου,

N: Αριθμός των εγγραφών

M: αριθμός κατά σειρά κατάταξης δεδομένων (*Rank*)

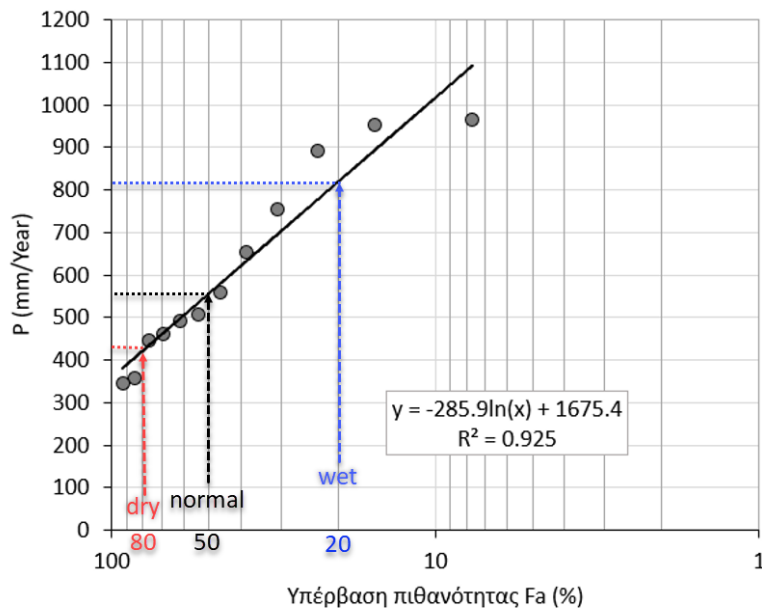
F_a : Πιθανότητα Υπέρβασης (*Probability exceedance*) . Σειρά κατάταξης για την δημιουργία του γραφήματος

Πίνακας 2. Αριθμός κατά σειρά κατάταξης δεδομένων (Συνάρτηση Excel: *Rank*)

P(mm/Year)	508	954	447	756	965	891	345	653	461	492	358	560
M (Rank)	7	2	10	4	1	3	12	5	9	8	11	6

Πίνακας 3. Δεδομένα για την δημιουργία του γραφήματος με την Πιθανότητα Υπέρβασης

Rank	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P(mm/Year)	965	954	891	756	653	560	508	492	461	447	358	345
Fa %	8	15	23	31	38	46	54	62	69	77	85	92



Υπολογισμός τιμών με πιθανότητα υπέρβασης 20, 50 και 80%:

%	mm
P20=	819
P50=	557
P80=	423

Ο καθορισμός των μηνιαίων τιμών για το ξηρό έτος γίνεται σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$P_{i_dry} = P_{i_avg} \frac{P_{dry}}{P_{avg}}$$

P_{av} = μέση ετήσια βροχόπτωση

P_{dry} = ετήσια βροχόπτωση με πιθανότητα υπέρβασης 80%

P_{av} = Μέση ετήσια βροχόπτωση

P_{dry} = Ετήσια βροχόπτωση με 80% πιθανότητα υπέρβασης

Similarly values for normal and wet years can be determined. Results are given in the following table.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Average	0	5	2	11	49	79	106	109	128	99	26	2	616
Dry	0	3	1	8	34	54	73	75	88	68	18	1	423
Wet	0	7	3	15	65	105	141	145	171	132	35	3	822