

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Του φοιτητή

ΝΕΥΡΑ ΧΡΗΣΤΟΥ

A.M. 2011050092

Επιβλέπων Καθηγητής: Ιωάννης Κ. Τσάνης

Χανιά, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2017

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή Ιωάννη Τσάνη για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας. Επιπλέον, ευχαριστώ τον Δρ. Ι. Δαλιακόπουλο του Εργαστηρίου Διαχείρισης Πόρων και Παράκτιας Μηχανικής, που με τις συμβουλές του και την καθοδήγησή του συνέβαλε σημαντικά στην διάρθρωση της διπλωματικής και στην πραγματοποίηση της πειραματικής καλλιέργειας. Στο πείραμα συνέβαλαν εξίσου και οι Αντώνης Αποστολάκης και Ιωάννα Παναγέα του Εργαστηρίου Διαχείρισης Πόρων και Παράκτιας Μηχανικής, καθώς και οι συμφοιτητές μου Αναστασία Δεληγιάννη και ο Δημήτρης Κουτσκούδης του οποίους ευχαριστώ επίσης. Επίσης ευχαριστώ τον Δρ. Δημήτρη Νίκλη για τη συνεισφορά του στο οικονομοτεχνικό σκέλος της εργασίας. Τέλος, ευχαριστώ του γονείς μου Ευανθία και Απόστολο και τον αδερφό μου Στέφανο για την ηθική υποστήριξή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Η αυξημένη ζήτηση αγροτικών προϊόντων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των αναγκών σε αρδευτικά ύδατα καλής ποιότητας. Ιδιαίτερα σε ξηρά ή ημίξηρα κλίματα, το φαινόμενο της μη-επάρκειας των υδατικών πόρων είναι εντονότερο. Αυτή η κατάσταση μπορεί να αντιμετωπιστεί με την ορθολογικότερη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζεται η δυνατότητα εκμετάλλευσης των όμβριων υδάτων, μέσω της αποθήκευσής τους σε δεξαμενή, για την κάλυψη μέρους των αρδευτικών αναγκών της καλλιέργειας ντομάτας σε θερμοκήπιο. Πρόκειται για μια πρακτική που εντάσσεται στο WOCAT (World Overview of Conservation Approaches and Technologies), ένα παγκόσμιο δίκτυο που υποστηρίζει την καινοτομία και τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων στην αειφόρο διαχείριση των εδαφών και των υδάτων. Η μελέτη εξετάζει τη δυνατότητα των παραγωγών να επενδύσουν στην κατασκευή αρδευτικών δεξαμενών, καθώς και τα οφέλη της επένδυσής τους στην παραγωγή. Η περιοχή μελέτης, το Τυμπάκι, βρίσκεται στο νότιο τμήμα του νομού Ηρακλείου Κρήτης, με την κύρια χρήση γης να αφορά την παραγωγή αγροτικών προϊόντων. Η καλλιέργεια οπωροκηπευτικών γίνεται σε θερμοκήπια και η άρδευσή τους πραγματοποιείται κυρίως με άντληση υπόγειων υδάτων. Η αύξηση της αγροτικής παραγωγής στην περιοχή τα τελευταία χρόνια οδήγησε στην αύξηση της άντλησης, με αποτέλεσμα την πτώση του υδροφόρου ορίζοντα και την εισχώρηση θαλασσινού νερού στον υδροφορέα, προκαλώντας υφαλμύριση. Εξαιτίας του φαινομένου αυτού, οι καλλιέργειες που βρίσκονται πιο κοντά στη θάλασσα αρδεύονται με νερό αγωγιμότητας μεγαλύτερης από το ανώτερο ενδεδειγμένο όριο των $2,5 \text{ dS m}^{-1}$. Για τη μελέτη της παραγωγής πραγματοποιήθηκε μια πειραματική καλλιέργεια μικρής κλίμακας στην οποία εφαρμόστηκε άρδευση με δύο ποιότητες ύδατος (ηλεκτρική αγωγιμότητα $1,1$ και $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, αντίστοιχα). Η επένδυση της αρδευτικής δεξαμενής αξιολογήθηκε τόσο σε σχέση με ένα σενάριο *business as usual*, όσο και σε σχέση με την επέκταση της θερμοκηπιακής μονάδας στο ίδιο κόστος. Η αξιολόγηση της επένδυσης έγινε με την μέθοδο της καθαρής παρούσας αξίας (ΚΠΑ), την ανάλυση νεκρού σημείου (break-even point) και την περίοδο αποπληρωμής (payback period). Τα αποτελέσματα από τον υπολογισμό των οικονομικών δεικτών έδειξαν ότι η επένδυση για την κατασκευή της δεξαμενής είναι αποδεκτή και αποφέρει τόσο οικονομικά, όσο και περιβαλλοντικά οφέλη. Αυτό συμβαίνει γιατί η ανάμιξη του νερού άντλησης με όμβρια ύδατα έχει διπλό όφελος, τόσο στην παραγωγή όσο και στον περιορισμό του φαινομένου της υφαλμύρισης. Αντιθέτως, η επένδυση στην επέκταση της θερμοκηπιακής μονάδας δεν είναι αποδεκτή, διότι αφενός δεν παράγονται ικανοποιητικά οικονομικά οφέλη για τους καλλιεργητές και αφετέρου δεν επιλύεται το πρόβλημα της υφαλμύρισης και της διαθεσιμότητας των υδάτινων πόρων στην περιοχή.

Abstract

The increased demand for agricultural products induces the increasing need for high quality irrigation water. Particularly in arid or semi-arid regions, the problem of water scarcity is more intense. This situation can be addressed by a more rational management of water resources. This thesis explores the possibility of using rain water, through storage in a reservoir, to meet part of the irrigation needs of tomato cultivation in a greenhouse. This is a practice that is part of WOCAT, a global network that supports innovation and decision-making in sustainable land and water management. The study examines the ability of the producers to invest in the construction of irrigation tanks, as well as the benefits of their investment in production. The study area, Timpaki, is located in the southern part of the Heraklion Prefecture in Crete, with the main land use being the production of agricultural products. Horticulture is grown in greenhouses and irrigated mainly by pumping groundwater. The increase of the agricultural production in the area in recent years has led to an increase in groundwater abstractions, resulting in the drop of the aquifer level and eventually seawater intrusion. Due to this situation, the crops that are nearest to the sea are irrigated with water of electrical conductivity higher than the recommended limit of 2.5 dS m^{-1} . A small-scale experimental crop was conducted using two irrigation water qualities (electrical conductivity of 1.1 and 3.5 dS m^{-1} , respectively) in order to study the effects of salinity on tomato crop productivity under the specific conditions. The investment for the construction of the irrigation tank was assessed both in relation to a business-as-usual scenario and in relation to the expansion of the greenhouse unit at the same cost. The investment was valued using the net present value method, the break-even point, and the payback period. The results from the estimation of the economic indicators showed that investing in the construction of the irrigation tank is acceptable and yields both economic and environmental benefits. This is because mixing lower quality groundwater with rain water simultaneously benefits tomato production and the reduction of the seawater intrusion. On the contrary, investing in the expansion of the greenhouse is not acceptable as it does not generate satisfactory economic benefits for tomato growers, and the problem of seawater intrusion and water resources availability in the area are not faced.

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη.....	4
Abstract	4
Πίνακας περιεχομένων	6
1 Εισαγωγή.....	8
1.1 Αλάτωση εδαφών	8
1.2 Συνέπειες της αλάτωσης στις καλλιέργειες.....	9
1.3 Δείκτες προσδιορισμού της αλατότητας των εδαφών.....	10
1.4 Το θερμοκήπιο.....	11
1.5 Η ντομάτα.....	13
1.6 Ανεκτικότητα της ντομάτας στην αλατότητα.....	14
1.7 Η συλλογή όμβριων υδάτων ως μέθοδος αντιμετώπισης της αλάτωσης	15
1.8 Οικονομικά μεγέθη της καλλιέργειας ντομάτας στην Ελλάδα.....	18
1.9 Επενδύσεις και οικονομικός σχεδιασμός	19
1.10 Αξιολόγηση επένδυσης κατά Gittinger	21
1.11 Σκοπός της διπλωματικής.....	22
2 Μεθοδολογία	24
2.1 Πειραματικό μέρος.....	24
2.2 Διαστασιολόγηση δεξαμενής	24
2.3 Χρηματοοικονομική αξιολόγηση επενδύσεων.....	27
2.4 Ανάλυση νεκρού σημείου.....	28
2.5 Μέθοδος καθαρής παρούσας αξίας.....	28
2.6 Χρόνος απόδοσης ή αποπληρωμής επενδυμένων κεφαλαίων.....	29
2.7 Κριτήριο εμπορευσιμότητας.....	30
2.8 Προσδιορισμός διαλύματος άρδευσης	30
3 Περιοχή μελέτης.....	32
3.1 Γενικά στοιχεία.....	32
3.2 Χρήσεις γης	32

3.3	Κλίμα.....	33
3.4	Υδρογεωλογία της περιοχής.....	33
3.5	Πιέσεις στο φυσικό περιβάλλον	34
3.6	Συνεντεύξεις με τους παραγωγούς και παραδοχές.....	35
3.7	Διαστασιολόγηση δεξαμενής	36
4	Αποτελέσματα και συζήτηση	37
4.1	Παραγωγή.....	37
4.2	Διαστασιολόγηση δεξαμενής	38
4.3	Κοστολόγηση δεξαμενής.....	39
4.4	Ταμειακές ροές ανά σενάριο	40
4.5	Ανάλυση νεκρού σημείου.....	42
4.6	Καθαρή παρούσα αξία.....	43
4.7	Χρόνος απόδοσης ή αποπληρωμής επενδυμένων κεφαλαίων.....	44
5	Συμπεράσματα και προτάσεις	47
	Βιβλιογραφία.....	50

1 Εισαγωγή

1.1 Αλάτωση εδαφών

Το έδαφος αποτελεί το ανώτερο στρώμα του φλοιού της γης και συγκεκριμένα το καλλιεργήσιμο στρώμα μέχρι βάθος 50 cm. Γόνιμο χαρακτηρίζεται το έδαφος αν μπορεί να παρέχει στα φυτά τα θρεπτικά συστατικά και το νερό που χρειάζονται για την ανάπτυξή τους. Η γονιμότητα του εδάφους μπορεί να μειωθεί αν το έδαφος έχει υποστεί αλάτωση. Η αλάτωση αποτελεί μια από τις κυριότερες απειλές του εδάφους στην Ευρώπη (Daliakopoulos et al., 2016), υποβάθμισης δηλαδή των υλικών από τα οποία αποτελείται και αλλαγή της σύστασής του, καθιστώντας το άγονο. Ο όρος αλάτωση εδαφών αναφέρεται σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες αλάτωσης: (α) τα αλατούχα εδάφη, δηλαδή τα εδάφη στα οποία υπάρχουν αρκετά διαλυτά άλατα για να επηρεάσουν αρνητικά την ανάπτυξη των περισσότερων φυτών και πρόκειται για εδάφη των οποίων το κορεσμένο εκχύλισμα έχει ηλεκτρική αγωγιμότητα μεγαλύτερη από 4 dS m^{-1} στους $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Richards, 1954), (β) τα αλκαλιωμένα ή νατριωμένα εδάφη που έχουν υψηλή συγκέντρωση κατιόντων νατρίου και (γ) τα αλκαλικά εδάφη που έχουν pH μεγαλύτερο από 9. Σε αυτές τις τρεις περιπτώσεις το έδαφος χαρακτηρίζεται από φτωχή δομή και μικρή διηθητική ικανότητα.

Η αλάτωση των εδαφών είναι η διαδικασία μέσω της οποίας αυξάνεται η συγκέντρωση των διαλυτών στερεών στο χώμα λόγω φυσικών ή ανθρώπινων διεργασιών (Greiner, 1997). Η φυσική αλάτωση μπορεί να προϋπάρχει: αν κάποια εδάφη βρεθούν βυθισμένα για κάποιο χρονικό διάστημα κάτω από θαλάσσια ύδατα, αν το μητρικό υλικό είναι πλούσιο σε άλατα, ή γεωλογικά γεγονότα μπορεί να αυξήσουν την συγκέντρωση αλάτων στα υποκείμενα εδάφη και στα υπόγεια ύδατα (Daliakopoulos et al., 2016). Επιπλέον, η προσωρινή ή μόνιμη άνοδος της στάθμης της θάλασσας σε παράκτιες περιοχές μπορεί να συμβάλλει στην αλάτωση των εδαφών. Η δευτερογενής, δηλαδή η ανθρωπογενής αλάτωση, συχνά σχετίζεται με ξηρές αρδευόμενες εκτάσεις, στις οποίες όμως επικρατούν λίγες βροχοπτώσεις, υψηλοί ρυθμοί εξατμισοδιαπνοής και τα χαρακτηριστικά του εδάφους εμποδίζουν την έκπλυση των αλάτων από το έδαφος, με αποτέλεσμα με την πάροδο του χρόνου να συγκεντρώνονται τα άλατα στα ανώτερα στρώματα (Chesworth, 2008; Maas et al., 1999; Mateo-Sagasta and Burke, 2011). Προβλήματα αλάτωσης αναφέρονται ακόμα και όταν χρησιμοποιείται νερό άρδευσης ικανοποιητικής ποιότητας (μη επιβαρυνμένο με πολλά άλατα). Ωστόσο, το πρόβλημα εντείνεται όταν χρησιμοποιείται νερό με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, όπως αυτό που αντλείται από υπόγεια ύδατα τα οποία έχουν υποστεί υφαλμύριση από την ανάμειξή τους με θαλάσσια ύδατα. Επίσης, όταν γίνεται άρδευση με κανάλια ή με κατάκλιση με αποτέλεσμα το έδαφος να είναι μόνιμα κορεσμένο, και ειδικά σε ξηρές ή ημι-ξηρές περιοχές, δεν μπορεί να γίνει έκπλυση των αλάτων λόγω της ίδια της παρουσίας του νερού στο έδαφος (Chesworth,

2008; Eckelmann et al., 2006). Σε ξηρές περιοχές, η ανεπαρκής στράγγιση του ύδατος ευνοεί την υπερβολική εξάτμιση με αποτέλεσμα να δημιουργούνται υπολείμματα αλάτων στην επιφάνεια του εδάφους (Mateo-Sagasta and Burke, 2011; van Beek and Tóth, 2012). Η εντατική καλλιέργεια με τη χρήση λιπασμάτων και άλλων αγροχημικών, πλούσιων σε άλατα, σε συνδυασμό με την ανεπαρκή ικανότητα διήθησης και έκπλυσης του εδάφους, μπορεί να προκαλέσει αλάτωση του εδάφους (Eckelmann et al., 2006). Καθοριστικός παράγοντας στην αλάτωση είναι οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, καθώς το ξηρό κλίμα αυξάνει την εξατμισοδιαπνοή και οι βροχοπτώσεις δεν επαρκούν για την αποτελεσματική έκπλυση του εδάφους. Κατά συνέπεια, τόσο τα ανώτερα, όσο και τα κατώτερα στρώματα του εδάφους συγκεντρώνουν διαλυτά άλατα. Τέλος, σε παράκτιες περιοχές είναι δυνατό να μεταφερθούν άλατα και μέσω του ανέμου από τη θάλασσα (Geeson et al., 2003; Jones et al., 2012; Salama et al., 1999).

1.2 Συνέπειες της αλάτωσης στις καλλιέργειες

Τα αλατούχα εδάφη δεν ευνοούν την καλλιέργεια, καθώς χαρακτηρίζονται από μικρή διηθητική ικανότητα, το νερό λιμνάζει στην επιφάνεια και δεν λαμβάνονται από τα φυτά οι απαραίτητες θρεπτικές ουσίες για την ανάπτυξή τους. Συγκεκριμένα, η αλάτωση σχετίζεται με την παρουσία ανθρακικού νατρίου (Na_2CO_3), το οποίο όταν διαλύεται στο νερό δίνει μονοσθενή κατιόντα νατρίου και δισθενή ανθρακικά ανιόντα (Oosterbaan, 2003). Στα αργιλικά εδάφη, τα οποία επιφανειακά έχουν αρνητικά φορτία, η αφθονία των κατιόντων νατρίου που σχηματίζονται λόγω της ανωτέρω αντίδρασης, προκαλεί την απελευθέρωση ανθρακικών ιόντων από τα αργιλικά σωματίδια και την δέσμευση σε αυτά κατιόντων νατρίου. Αυτή η διαδικασία αλλοιώνει τη δομή του εδάφους, δημιουργείται κρούστα και συμπίεση του ανώτερου στρώματος. Κατά συνέπεια, η διηθητική ικανότητα του εδάφους και το διαθέσιμο νερό σε αυτό μειώνεται. Αντίθετα, το ποσοστό του νερού που λιμνάζει στην επιφάνεια ή απορρέει επιφανειακά αυξάνεται. Πέραν της αρνητικής επίδρασης στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του εδάφους, η αλάτωση μπορεί να αποβεί τοξική για τα φυτά. Επίσης, στα αλκαλιωμένα εδάφη η παρουσία των αλάτων επηρεάζει αρνητικά τη δομή του εδάφους, προκαλώντας προβλήματα στην πρόσληψη και την μεταφορά του νερού από τα φυτά και στον αερισμό του εδάφους. Οι μηχανισμοί με τους οποίους μπορεί να περιγραφεί η τοξικότητα στην ανάπτυξη των φυτών μπορούν να αναλυθούν με διάφορες θεωρίες (Guo, 2010), όπως η ωσμωτική αναστολή (Koorevaar et al., 1983), η ανισορροπία στα θρεπτικά μεταλλικά στοιχεία για τα φυτά (Verbruggen and Hermans, 2013), η τοξική δράση των ιόντων της αλάτωσης (Munns, 2005, 2002) και η παρεμπόδιση του μεταβολισμού του αζώτου (Lovatt, 1986).

1.3 Δείκτες προσδιορισμού της αλατότητας των εδαφών

Οι δείκτες βάσει των οποίων προσδιορίζεται η αλάτωση των εδαφών είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) του διαλύματος σε μονάδες deci-Siemens ανά μέτρο (dS m^{-1}) στους $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, ο λόγος προσρόφησης νατρίου (Sodium Absorption Ratio, SAR) που συνήθως αναφέρεται αδιάστατος και τέλος η οξύτητα (pH) που είναι αδιάστατη. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) εκφράζει την ικανότητα του νερού να άγει ηλεκτρικά φορτία και είναι ανάλογη με τη συγκέντρωση όλων των διαλυτών αλάτων στο έδαφος. Ο λόγος προσρόφησης νατρίου υπολογίζεται από την Εξίσωση (1) όπου οι συγκεντρώσεις είναι σε milliequivalent L^{-1} .

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{0,5([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]})} \quad (1)$$

Τέλος, το pH εκφράζει την συγκέντρωση των κατιόντων υδρογόνου στο νερό και αποτελεί μέτρο της οξύτητάς του. Συγκεκριμένα, αν $\text{pH} < 7$ τότε χαρακτηρίζεται όξινο, αν $\text{pH} = 7$ ουδέτερο και αν $\text{pH} > 7$ ως βασικό. Για τα περισσότερα φυτά το ιδανικό pH βρίσκεται ανάμεσα στις τιμές 5,5 και 6,5, δηλαδή ελαφρώς όξινο. Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει την ταξινόμηση των εδαφών σε αλατούχα, νατριωμένα και αλκαλιωμένα βάσει των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, του SAR και του pH.

Πίνακας 1: Ταξινόμηση υποβαθμισμένων από αλάτωση εδαφών με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα, την αναλογία προσρόφησης νατρίου και την οξύτητα (van Beek and Tóth, 2012).

Κατηγορία υποβαθμισμένου εδάφους	Ηλεκτρική αγωγιμότητα EC [dS m^{-1}]	Λόγος προσρόφησης νατρίου SAR [$(\text{mmol L}^{-1})^{0.5}$]	Οξύτητα pH
Αλατωμένο (Saline)	≥ 4	< 13	$< 8,5$
Νατριωμένο (Sodic)	< 4	≥ 13	$> 8,5$
Αλατωμένο-Νατριωμένο (Saline-Sodic)	≥ 4	≥ 13	$> 8,5$
Αλκαλιωμένα (Alkaline)	< 4	≥ 13	$> 8,5$

Ένα άλλο σημαντικό μέτρο που χαρακτηρίζει την ποιότητα του νερού άρδευσης είναι η αλκαλικότητα, δηλαδή η δυνατότητα του νερού να εξουδετερώνει την οξύτητα (Bailey, 2003). Για το λόγο αυτό, το νερό άρδευσης θα πρέπει να υπόκειται σε μετρήσεις οξύτητας και αλκαλικότητας, συνδυαστικά για να μπορεί να χαρακτηριστεί ως κατάλληλο για άρδευση (Cox, 1995). Το τεστ αλκαλικότητας μετράει το επίπεδο των ανθρακικών, διττανθρακικών αλάτων και των υδροξειδίων στο νερό και συνήθως εκφράζονται σε ppm CaCO_3 (μέρη στο εκατομμύριο ανθρακικού ασβεστίου). Το επιθυμητό εύρος αλκαλικότητας για νερό άρδευσης είναι μεταξύ 0 και 100 ppm, αν και τιμές μεταξύ 30 και 60 ppm θεωρούνται ιδανικές για τα

περισσότερα φυτά (Cox, 1995). Αυξημένες όμως ποσότητες CaCO_3 μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

1.4 Το θερμοκήπιο

Η προστατευμένη καλλιέργεια είναι ένα είδος αγροτικού συστήματος στο οποίο το οικοσύστημα εδάφους-αέρα (χώμα, θερμοκρασία, ηλιακή ακτινοβολία, αέρας, υγρασία, σύνθεση αέρα) βρίσκεται υπό έλεγχο. Τα φυτά καλλιεργούνται υπό αυτές τις συνθήκες τροποποίησης του φυσικού τους περιβάλλοντος προκειμένου να παραταθεί η περίοδος συγκομιδής των καρπών, να αλλάξουν οι συμβατικές καλλιεργητικοί περίοδοι του κάθε φυτού, να αυξηθεί η παραγωγή, να βελτιωθεί η ποιότητα των προϊόντων, να σταθεροποιηθεί η παραγωγή και να παρέχονται προϊόντα όταν η παραγωγή στις εξωτερικές συνθήκες είναι περιορισμένη (Wittwer and Castilla, 1995). Οι πιο σημαντικοί περιορισμοί της αγροτικής παραγωγής είναι η περιορισμένη ηλιακή ακτινοβολία, ανεπιθύμητες θερμοκρασίες και επίπεδα υγρασίας, ποσότητας νερού άρδευσης, ποσότητας θρεπτικών, παρουσίας ζιζανίων, υπερβολικός άνεμος και ανεπαρκής συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στον αέρα. Οι περισσότεροι από αυτούς τους παράγοντες αφορούν το κλίμα ή σχετίζονται άμεσα με το κλίμα και μπορούν να ρυθμιστούν σε σημαντικό βαθμό σε μια προστατευμένη καλλιέργεια. Οι τεχνικές προστατευμένης καλλιέργειας μπορεί να είναι ήπιες, όπως ανεμοφράκτες που περιορίζουν την ταχύτητα του ανέμου και μειώνουν την εξατμισοδιαπνοή, ή περισσότερο παρεμβατικές όπως η κάλυψη της καλλιέργειας σε διάφορα επίπεδα με φιλμ ή υπερκατασκευές.

Το θερμοκήπιο διαφέρει από τις υπόλοιπες κατασκευές προστασίας των καλλιεργειών γιατί επιτρέπει σε ένα άτομο άνετα να σταθεί και να δουλέψει μέσα σε αυτό (Nelson, 2003). Τα θερμοκήπια προστατεύουν τις καλλιέργειες από το κρύο, τη βροχή, το χαλάζι, τον άνεμο και παρέχουν στα φυτά βελτιωμένο περιβάλλον σε σχέση με το εξωτερικό (CPA, 1992). Επίσης δίνουν τη δυνατότητα οι καλλιέργειες να γίνονται σε όλη τη διάρκεια του χρόνου και τα προϊόντα που παράγονται είναι καλύτερης ποιότητας και μεγαλύτερης ποσότητας από αυτά που παράγονται εκτός θερμοκηπίου. Επιπλέον, επιτρέπουν την παραγωγή προϊόντων που δεν ενδημούσαν στην περιοχή (Germinig, 1985). Επίσης, στα θερμοκήπια είναι δυνατή η ευκολότερη παρακολούθηση και μέτρηση των συνθηκών του εδάφους, αλλά και της ατμόσφαιρας και κατά συνέπεια είναι δυνατή η παρέμβαση για τροποποίησή τους προς όφελος της καλλιέργειας. Για παράδειγμα, μπορεί να θεωρηθεί απαραίτητο να αλλάξει η σύσταση του λιπάσματος, ή να ρυθμιστεί η υγρασία της ατμόσφαιρας με αφυγραντήρες ή σωστό αερισμό του θερμοκηπίου.

Ωστόσο, επειδή η παροχή του νερού άρδευσης είναι συχνά οριακή για τις ανάγκες του φυτού και όχι πλεονάζουσα, όπως συμβαίνει συνήθως με τις εξωτερικές καλλιέργειες που δέχονται

βροχόπτωση, μπορεί για κάποιο χρονικό διάστημα να μην γίνεται ικανοποιητική έκπλυση του εδάφους από τα άλατα. Όμως, δεδομένου ότι το θερμοκήπιο είναι ένα καλύτερο ελεγχόμενο περιβάλλον και είναι δυνατή η μέτρηση και παρακολούθηση των συνθηκών στο έδαφος, και το νερό άρδευσης που χρησιμοποιείται, μπορεί να εντοπιστεί ο τυχόν περιοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη των φυτών και να εφαρμοστεί η κατάλληλη λύση. Έτσι, σε αυτή την περίπτωση μπορεί να αυξηθεί ελάχιστα η παροχή και να επιλυθεί το πρόβλημα, ή να ακολουθηθούν πιο δραστικές μέθοδοι.

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες θερμοκηπίων: αυτά που αποβλέπουν στο μέγιστο έλεγχο των κλιματικών συνθηκών για τη δημιουργία περιβάλλοντος για τη μεγιστοποίηση παραγωγής και αυτά που σκοπό έχουν να δημιουργήσουν συνθήκες στις οποίες να μπορούν να επιβιώσουν τα φυτά και να υπάρξει οικονομική παραγωγή (Epoch, 1986). Στην περιοχή της Μεσογείου, οι μη θερμαινόμενες πλαστικές κατασκευές δημιουργούν καλές, αλλά μη ιδανικές συνθήκες για τα φυτά (Castilla, 1994; Tognoni and Serra, 1989). Η επιλογή του είδους του θερμοκηπίου γίνεται βάσει της καλλιέργειας της περιοχής και των οικονομικών πόρων. Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει άμεση συσχέτιση στις τοπικές συνθήκες και το σχεδιασμό του θερμοκηπίου, το υλικό επικάλυψης και τις ανάγκες για μόνωση (Germinig, 1985). Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη θερμοκηπίων σε ότι αφορά την οροφή, το χώρο, το ύψος και τη γεωμετρία του θερμοκηπίου. Ως υλικό της οροφής, αυτό που χρησιμοποιείται ευρύτερα είναι το πλαστικό (PE, PVC). Ανάλογα με το σχήμα της οροφής τα θερμοκήπια χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, αμφίρρικτα και τοξωτά. Αμφίρρικτα είναι αυτά που η οροφή τους έχει τριγωνικό σχήμα, ενώ τοξωτά αυτά που η οροφή τους σχηματίζει τόξο.

Τα θερμοκήπια στην Ελλάδα πρωτοεμφανίστηκαν περί το 1955-56, ωστόσο η εξάπλωσή τους ξεκίνησε μετά το 1961, με την χρήση του πλαστικού ως υλικό κάλυψης, σύμφωνα με τον von Elsner et al. (2000). Σήμερα, η καλλιέργεια σε θερμοκήπια αποτελεί τον πιο σημαντικό και αναπτυσσόμενο τομέα της γεωργίας στην Ελλάδα. Σύμφωνα με στατιστικά από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων και την Αγροτική Τράπεζα Ελλάδος, μεταξύ 1967 και 1994 η έκταση των θερμοκηπίων στην Ελλάδα αυξήθηκε από 269 σε 4.200 εκτάρια. Τα θερμοκήπια στην Ελλάδα μπορούν να διακριθούν σε: α) εμπορικής κατασκευής που κατασκευάζονται από βιομηχανίες και ακολουθούν εθνικές ή διεθνείς προδιαγραφές και β) αυτά που κατασκευάζονται από τους ίδιους τους παραγωγούς με εμπειρικό τρόπο. Τα υλικά κατασκευής που χρησιμοποιούνται συχνότερα σύμφωνα με τους von Elsner et al. (2000) είναι το ξύλο, το ατσάλι και το αλουμίνιο και χρησιμοποιούνται μόνα τους ή σε συνδυασμό. Στα εμπορικής κατασκευής κυρίαρχο υλικό είναι το ατσάλι, ενώ στα θερμοκήπια που κατασκευάζονται από τους παραγωγούς συνήθως χρησιμοποιείται το ξύλο. Το υλικό κάλυψης για την πρώτη κατηγορία είναι το γυαλί ή το πλαστικό, ενώ για την δεύτερη χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά το πλαστικό. Το πλαστικό που χρησιμοποιείται σχεδόν

αποκλειστικά για την κάλυψη είναι το ανακυκλώσιμο πολυαιθυλένιο (Briassoulis et al., 1997a, 1997b; Tsirogiannis, 1996). Η έκταση των θερμοκηπίων με πλαστική κάλυψη αυξάνεται συνεχώς, ενώ η έκταση των θερμοκηπίων με κάλυψη με γυαλί είναι σχεδόν σταθερή. Η πλειονότητα των θερμοκηπίων (60% το 1994) δεν έχουν εξοπλισμό θέρμανσης και ένα μικρό ποσοστό από αυτά (13% το 1994) έχουν θέρμανση η οποία να καλύπτει ικανοποιητικά τις ανάγκες τους. Τα περισσότερα από τα θερμοκήπια που κατασκευάζονται στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται για την καλλιέργεια λαχανικών (92%). Επίσης τα περισσότερα θερμοκήπια είναι αυτοσχέδια από τους παραγωγούς (57% το 1994) και είναι κυρίως ξύλινες κατασκευές με πλαστικό κάλυμμα.

1.5 Η ντομάτα

Η ντομάτα ή τομάτα (*Solanum lycopersicum*) είναι φυτό της οικογένειας των Σολανιδών ή στρυγνοειδών. Η προέλευσή του είναι από την κεντρική και νότια Αμερική και συγκεκριμένα από το Μεξικό μέχρι το Περού. Η διάρκεια ζωής του είναι λίγα χρόνια, αλλά συνήθως καλλιεργείται ως μονοετές φυτό. Διαφορετικές ποικιλίες ντομάτας καλλιεργούνται σε όλο το κόσμο, σε περιοχές με ήπιες καιρικές συνθήκες. Ωστόσο, τα θερμοκήπια επιτρέπουν την καλλιέργειά της όλο το χρόνο και σε περιοχές με πιο ψυχρό κλίμα. Το φυτό της ντομάτας τυπικά φτάνει το 1 μέχρι 3 m ύψος, επειδή όμως ο βλαστός του δεν είναι ανθεκτικός, στηρίζεται σε άλλα φυτά. Τα φύλλα έχουν μήκος από 10 έως 25 cm και είναι σύνθετα (αποτελούνται από επιμέρους φύλλα). Ο βλαστός και τα φύλλα του φυτού φέρει τριχίδια. Τα λουλούδια έχουν διάμετρο 1 έως 2 cm, είναι κίτρινα και μεγαλώνουν σε ομάδες από 3 έως 12 (ταξιανθίες). Υπάρχουν τομάτες θερμοκηπίου οι οποίες είναι αναρριχώμενες και πρέπει να γίνει η στήριξή τους με σπάγκο από οριζόντιο σύρμα και υπαίθριες οι οποίες μπορεί να είναι ημιαναρριχώμενες, και χρειάζονται στήριξη που γίνεται συνήθως σε καλάμια, ή αυτοκλαδευόμενες οι οποίες δεν χρειάζονται στήριξη, καθώς μένουν σε θαμνώδη μορφή με ύψος που φτάνει τα 1,20 m και είναι λιγότερο παραγωγικές από τις άλλες δύο κατηγορίες. Επίσης, υπάρχουν οι βιομηχανικές τομάτες (που χρησιμοποιούνται αφού υποστούν περαιτέρω επεξεργασία) οι οποίες είναι αυτοκλαδευόμενες, καλλιεργούνται στην ύπαιθρο και έχουν επιλεγεί γιατί έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά με αποτέλεσμα να έχουν πιο έντονη γεύση και άρωμα. Τέλος, υπάρχουν οι κερασοτομάτες οι οποίες είναι αναρριχώμενες ντομάτες με πολύ μικρή διάμετρο 2 έως 4 cm και πιο έντονη γεύση και άρωμα από τις υπόλοιπες ποικιλίες ντομάτας. Ο καρπός της ντομάτας είναι σφαιρικός ή μακρόστενος, είναι βρώσιμος και όταν έχει ωριμάσει έχει κόκκινο χρώμα. Το κόκκινο χρώμα του καρπού οφείλεται στο λυκοπένιο, μια χρωστική ουσία που περιέχει η ώριμη ντομάτα και που προέρχεται από την αποσύνθεση της χλωροφύλλης. Η ντομάτα από βοτανική σκοπιά είναι φρούτο, ωστόσο στη μαγειρική χρησιμοποιείται ως λαχανικό στη σαλάτα ή σε σάλτσες.

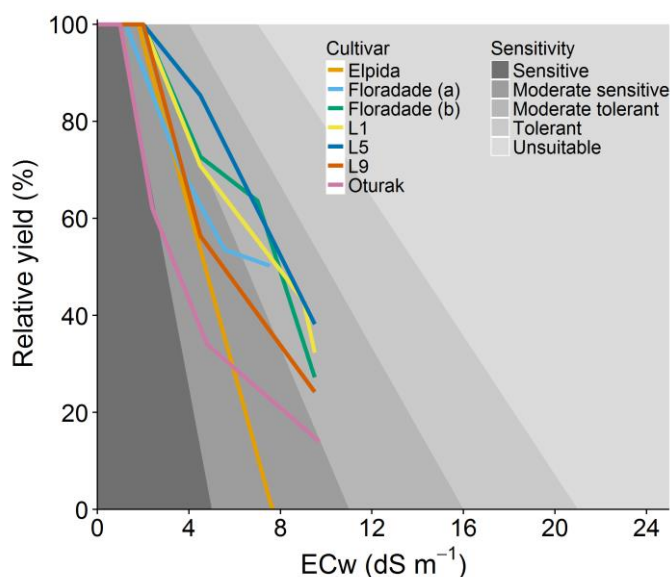
1.6 Ανθεκτικότητα της ντομάτας στην αλατότητα

Σύμφωνα με τους Maas and Grieve (1990), η ντομάτα γενικά έχει μέτρια ανεκτικότητα στην αλατότητα σε σχέση με τα υπόλοιπα λαχανικά, αν και ανάλογα με το γονότυπο της ντομάτας μπορεί να υπάρχει διαφοροποίηση ως προς το βαθμό που την επηρεάζει. Παρά τη σχετική αντοχή της ντομάτας σε συνθήκες αλάτωσης, ο ρυθμός βλάστησης των σπόρων επιβραδύνεται σε πρώτο στάδιο και στη συνέχεια επηρεάζεται αρνητικά η ανάπτυξη του καρπού της ντομάτας. Οι πιο εμπορικές ποικιλίες ντομάτας είναι ανεκτικές σε αλατότητα που αντιστοιχεί σε τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας μικρότερες ή ίσες με $2,5 \text{ dS m}^{-1}$.

Πιο αναλυτικά, η αυξημένη αλατότητα επηρεάζει την ανάπτυξη των ριζών της ντομάτας. Σύμφωνα με μελέτη του Snapp et al. (1991) η αλατότητα μειώνει το μήκος και την πυκνότητα των ριζών της ντομάτας στο ύστερο στάδιο ανάπτυξης (μετά από 67 μέρες από την μεταφύτευση). Οι ντοματιές οι οποίες αναπτύσσονται σε συνθήκες αλάτωσης υφίστανται περιορισμό στην ανάπτυξη των ριζικών κυττάρων, εξαιτίας του χαμηλού δυναμικού πρόσληψης ύδατος, λόγω της επίδρασης των ιόντων ή της τοξικότητας των ιόντων που έχουν συσσωρευτεί (Cuartero and Fernández-Muñoz, 1998). Επίσης, η αλατότητα επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη του βλαστού της ντομάτας σε καλλιέργειες χωρίς εδαφικό υπόστρωμα. Μελέτες από τον (Bolarin et al., 1993; Bolarín et al., 1991) έδειξαν ότι 21 γονότυποι ντομάτας παρουσίασαν σημαντική μείωση του νωπού και ξηρού βάρους των βλαστών με την αύξηση της αλατότητας (EC: $0-2,15 \text{ dS m}^{-1}$). Μάλιστα οι Cruz et al. (1990) ανέφεραν ότι η μείωση του μήκους της ντοματιάς αποτελεί έναν από τους πιο αξιόπιστους δείκτες επίδρασης της αλατότητας για μια μεγάλη ποικιλία γονότυπων ντομάτας. Επιπλέον, οι (Saberí et al., 2011) ανέφεραν ότι η διάμετρος του στελέχους της ντομάτας είναι ένας από τους αναπτυξιακούς παράγοντες που μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας. Σύμφωνα με την εργασία του Apostolakis (2016), η σχετική απόδοση της παραγωγής είναι 100% μέχρι την τιμή 2 dS m^{-1} , ενώ μετά από αυτή την τιμή μειώνεται γραμμικά (Εικόνα 1).

Σε γενικές γραμμές, η αύξηση της αλατότητας μειώνει την ποσότητα της παραγωγής ντομάτας, ωστόσο, επηρεάζει ως ένα βαθμό θετικά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών της ντομάτας. Ειδικότερα, σύμφωνα με τους Apostolakis et al. (2016) και Koutsoudis and Tsanis (2016), η αύξηση της αλατότητας από $1,1$ σε $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ μείωσε την ποσότητα της παραγωγής ντομάτας ποικιλίας Elpidia κατά 39% ενώ αντίθετα αύξησε ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως το ασκορβικό οξύ κατά 20%. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ντομάτας, αφορούν το χρώμα της ντομάτας που αποτελεί το κύριο ποιοτικό χαρακτηριστικό με τις καροτενοειδείς χρωστικές (κυρίως τη λυκοπίνη) να ευθύνονται για το κόκκινο χρώμα του ώριμου καρπού (Fraser et al., 2001), τη συνεκτικότητα (υφή) που αποτελεί πολύ σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό για τους καταναλωτές (Tijsskens and Evelo, 1994), τα

οργανικά οξέα (κυρίως το κιτρικό και το μηλικό οξύ) με το κιτρικό να καθορίζει την όξινη γεύση του καρπού, τα σάκχαρα και τα ολικά διαλυτά στερεά. Οι Petersen et al. (1998) ανέφεραν ότι οι ντομάτες από υδροπονική καλλιέργεια στις οποίες είχε προστεθεί θρεπτικό διάλυμα πλούσιο σε αλάτι NaCl προτιμήθηκαν από τους καταναλωτές λόγω της μεγαλύτερης περιεκτικότητάς τους σε σάκχαρα και της καλύτερης γεύσης που είχαν και επίσης οι ντομάτες ήταν πιο σκληρές. Επιπλέον, η προσθήκη αλάτων στο θρεπτικό διάλυμα είναι υπεύθυνη για την αύξηση του ασκορβικού οξέος στην ντομάτα που δίνει στο φρούτο την όξινη γεύση (Zushi and Matsuzoe, 1998).



Εικόνα 1: Σχετική απόδοση καλλιέργειας συναρτήσει ECw σύμφωνα με την ευαισθησία της καλλιέργειας σύμφωνα με την εργασία των Ayers & Westcot (1985). Οι έγχρωμες γραμμές συμβολίζουν τη μεταβολή της σχετικής απόδοσης καλλιέργειας τομάτας σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πειράματος της παρούσας εργασίας (πορτοκαλί) και της βιβλιογραφίας. Πηγή: (Apostolakis and Tsanis, 2016)

1.7 Η συλλογή όμβριων υδάτων ως μέθοδος αντιμετώπισης της αλάτωσης

Όπως αναφέρθηκε, η αλάτωση του εδάφους μπορεί να οφείλεται σε φυσικά αίτια ή ανθρωπογενείς παρεμβάσεις που πυροδοτούν ή εντείνουν υπάρχοντα προβλήματα (Daliakopoulos et al., 2016). Στη δεύτερη περίπτωση, οι καλλιεργητές είναι δυνατόν να λάβουν μέτρα πρόληψης και προστασίας χρησιμοποιώντας για παράδειγμα κατάλληλες αρδευτικές πρακτικές, νερό άρδευσης με την κατάλληλη παροχή και πιο χαμηλή περιεκτικότητα σε άλατα και αγροχημικά στο βαθμό που είναι απαραίτητα. Επίσης, έχει παρατηρηθεί αύξηση της ανεκτικότητας στην αλατότητα, όταν τα επίπεδα αζώτου που παρέχονται είναι μεγαλύτερα από τα ιδανικά σε συνθήκες μέτριας αλατότητας του εδάφους (Ravikovitch and Yoles, 1971) και έχει προταθεί αύξηση της λίπανσης ως μέτρο για τον περιορισμό της αρνητικής επίδρασης της αλατότητας στην ανάπτυξη των καλλιεργειών (Ravikovitch and Porath, 1967). Μια σειρά από πρόσφατες εργασίες (Apostolakis et al., 2017,

2016; Apostolakis and Tsanis, 2016; Deligianni and Tsanis, 2016; Koutskoudis and Tsanis, 2016; Wagner et al., 2016; Wagner and Tsanis, 2016) διερεύνησαν την εφαρμογή μικροβιακών παραγόντων βιολογικού ελέγχου όπως είναι ο συμβιωτικός μύκητας *Trichoderma harzianum* για την αύξηση της ανθεκτικότητας στην αλατότητα, αλλά κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι αποτελεί μία προσωρινή λύση. Αντίθετα, η αραίωση του υποβαθμισμένου νερού άρδευσης με όμβρια ύδατα που συλλέγονται σε δεξαμενή από τις οροφές των θερμοκηπίων, όπως περιγράφεται από τους Panagea et al. (2016) αποτελεί μία πιο συστηματική και ολιστική προσέγγιση.

Η συλλογή νερού μπορεί να σχεδιαστεί και να εφαρμοστεί σε διαφορετικές κλίμακες, από ένα μεμονωμένο αγροτεμάχιο μέχρι μια λεκάνη απορροής. Η εφαρμογή του συστήματος συλλογής βρόχινου νερού από ιδιώτες προϋποθέτει ότι είναι νομικά κατοχυρωμένοι και επίσης σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να χρειαστούν εκπαίδευση ή βοήθεια από ειδήμονες στην εφαρμογή αυτών των συστημάτων. Για εφαρμογή τέτοιων συστημάτων σε μεγαλύτερη κλίμακα είναι απαραίτητη η κινητοποίηση και η συμμετοχή της κοινότητας. Υπάρχουν θεμελιώδεις διαφορές σε ότι αφορά την εκμετάλλευση του βρόχινου νερού μέσω της αποθήκευσής του, στις περιπτώσεις που πρόκειται για ατομική χρήση και σε αυτές που αφορούν την κινητοποίηση της κοινότητας. Στη δεύτερη κατηγορία είναι πιθανό να δημιουργηθούν προβλήματα λόγω δικαιωμάτων στην απορροή των όμβριων υδάτων, διότι η εκμετάλλευσή του από τους ιδιώτες που βρίσκονται ανάντη του ρεύματος απορροής μπορεί να περιορίσει το διαθέσιμο νερό στα κατάντη της απορροής. Επιπρόσθετα, οι εφαρμογές μεγαλύτερης κλίμακας μπορεί να είναι δύσκολες στην εφαρμογή γιατί μπορεί να απαιτείται η αποδοχή τους από την πλειονότητα των χρηστών της γης, πολιτική υποστήριξη και μεγαλύτερη οικονομική υποστήριξη (Anderson and Burton, 2009). Ο Πίνακας 2 δίνει μια εκτίμηση της σπουδαιότητας διαφόρων παραγόντων στην υλοποίηση έργων συλλογής όμβριων υδάτων.

Η εφαρμογή των τεχνολογιών αποθήκευσης όμβριων υδάτων είναι άμεσα εξαρτημένη από τις συνθήκες που επικρατούν στην εκάστοτε περιοχή. Στα πλεονεκτήματα της αποθήκευσης νερού είναι ότι με αυτόν τον τρόπο βελτιώνεται η αξιοποίηση του βρόχινου νερού και μειώνεται η εξάρτηση από τις παραδοσιακές πηγές νερού και γενικά υπάρχει μεγαλύτερη διαθεσιμότητα σε υδάτινους πόρους. Επιπλέον, το αποθηκευμένο νερό μπορεί να καλύψει ανάγκες που αφορούν οικιακή χρήση και ζωική παραγωγή, σε περιπτώσεις που το δημόσιο δίκτυο ύδρευσης δεν είναι διαθέσιμο. Η αξιοποίηση του αποθηκευμένου βρόχινου ύδατος μπορεί να αποτελέσει μια οικονομική εναλλακτική λύση για την άρδευση καλλιεργειών, έναντι των ακριβών συστημάτων άρδευσης, ειδικά αν η εφαρμογή της τεχνολογίας βασίζεται στις τοπικές πρακτικές. Τα παραπάνω αποτελούν τα άμεσα οφέλη, ωστόσο η αποθήκευση

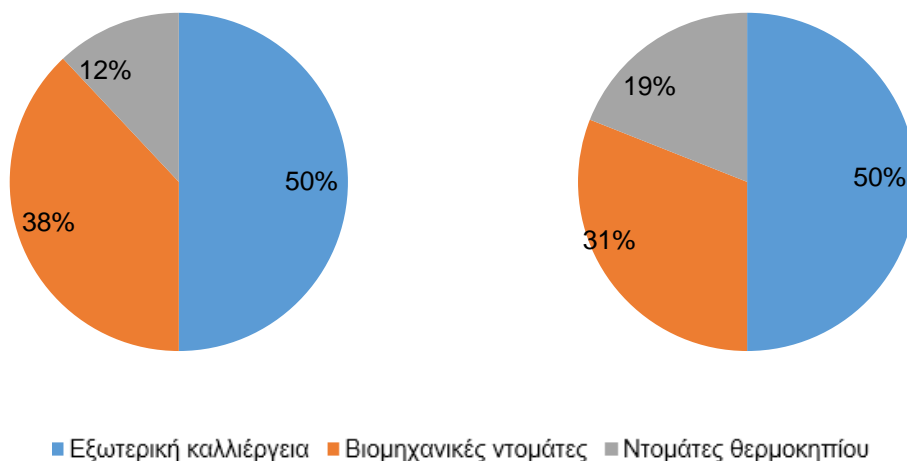
όμβριων υδάτων αποφέρει κοινωνικοοικονομικά οφέλη και οφέλη στο περιβάλλον τα οποία είναι πιο δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν (Liniger et al., 2011).

Πίνακας 2: Εκτίμηση της σπουδαιότητας διάφορων παραγόντων για την εφαρμογή της συλλογής βρόχινου νερού σε στέγες και αυλές σπιτιών (Liniger et al., 2011; WOCAT, 2015).

Παράγοντες για εφαρμογή συλλογής βρόχινου νερού	Στέγες και αυλές
Εκτίμηση της ποσότητας του νερού που πρέπει να συλλεχθεί	+++
Εκτίμηση της ποιότητας του νερού	+++
Υπολογισμός των αναγκών σε νερό	+++
Αξιολόγηση της περιοχής εφαρμογής (τοπογραφία, έδαφος, κτλ.)	+
Οικονομική σκοπιά	+++
Επίπτωση στο περιβάλλον	+/-
Δικαιώματα στη χρήση της γης/νερού	++
Σχέσεις καλή γειτονίας	+/-
Συμμετοχή της κοινότητας	+
Κοινωνικές θέματα και θέματα ισότητας	++
Επίσημη αποδοχή από την κυβέρνηση	+/-
Σημαντικότητα: +++ πολύ σημαντικό, ++ σημαντικό, + λίγο σημαντικό, +/- ουδέτερο.	

1.8 Οικονομικά μεγέθη της καλλιέργειας ντομάτας στην Ελλάδα

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ), η έκταση που κάλυπτε η καλλιέργεια της ντομάτας τα έτη 2011, 2012, 2013 ήταν 280,5, 275,0, 265,8 χιλιάδες στρέμματα αντίστοιχα και ήταν μειωμένη σε σχέση με την προηγούμενη τριετία 2008, 2009, 2010. Από αυτές τις ντομάτες, το 50% περίπου καλλιεργείται εξωτερικά (χωρίς κάλυψη), το 38% είναι βιομηχανικές ντομάτες και το 12% καλλιεργείται σε θερμοκήπια (Εικόνα 2). Αντιστοίχως, η συνολική παραγωγή ντομάτας τα έτη 2011, 2012 και 2013 ήταν 1.294,6, 1.234,3, 1.221,2 χιλιάδες τόνοι και ήταν επίσης μειωμένη σε σχέση με την προηγούμενη τριετία. Από αυτές, το 50% που παράγεται είναι βιομηχανικές ντομάτες, το 31% είναι υπαίθριες (εκτός θερμοκηπίου) και το 19% θερμοκηπίου (Εικόνα 2). Ο μέσος όρος ετήσιας κατανάλωσης του φρούτου ανά άτομο στη Ευρώπη κυμαίνεται γύρω στα 17 kg, ενώ εξαίρεση αποτελούν η Ιταλία και η Ελλάδα με μέσο όρο μεταξύ 55 και 60 kg, αντίστοιχα (Brandt et al., 2006; Goyette et al., 2012).



Εικόνα 2: Αριστερά: Ποσοστιαία έκταση της κάθε καλλιέργειας ντομάτας στην Ελλάδα τα έτη 2011-13. Δεξιά: Ποσοστιαία παραγωγή ντομάτας σε kg στην Ελλάδα τα έτη 2011-13.

1.9 Επενδύσεις και οικονομικός σχεδιασμός

Η επένδυση είναι η δέσμευση κεφαλαίων, τα οποία μπορεί να είναι χρήματα ή άλλης μορφής αγαθά όπως μηχανήματα, έκταση γης, ή χρόνος στο παρόν, προκειμένου να παραχθούν μεγαλύτερα οφέλη στο μέλλον. Όλες οι επενδυτικές αποφάσεις καθορίζονται σε κάποιο βαθμό από τρία χαρακτηριστικά. Πρώτον, είναι εντελώς ή εν μέρει μη-αντιστρεπτές, δηλαδή τα κεφάλαια που έχουν επενδυθεί δεν μπορούν να ανακτηθούν, αλλά πρέπει να παραχθούν άλλα κεφάλαια μεγαλύτερης αξίας. Δεύτερον, υπάρχει αβεβαιότητα σε ότι αφορά τα μελλοντικά οφέλη από την πραγματοποίηση της επένδυσης, που σημαίνει ότι η επιτυχία της επένδυσης δεν είναι εγγυημένη εκ των προτέρων. Τέλος, ο χρόνος στον οποίο θα πραγματοποιηθεί η επένδυση μπορεί να αλλάξει προκειμένου για παράδειγμα να αποκτηθούν περισσότερες πληροφορίες (Dixit and Pindyck, 1994).

Για τους παραπάνω λόγους πρέπει η όποια επενδυτική απόφαση να λαμβάνεται ύστερα από έρευνα και προγραμματισμό. Μια μέθοδος λήψης επενδυτικών αποφάσεων είναι η ανάλυση κόστους-οφέλους (Cost-Benefit Analysis). Συγκεκριμένα, η ανάλυση κόστους-οφέλους είναι ένα αναλυτικό εργαλείο μέσω του οποίου μπορούμε να κρίνουμε τα οικονομικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από μια επενδυτική απόφαση αξιολογώντας τα κόστη και τα οφέλη που προέκυψαν (από την απόφαση) προκειμένου να αξιολογηθεί η αλλαγή της ευημερίας που οφείλεται σε αυτή την απόφαση (Sartori et al., 2014). Το πλαίσιο της ανάλυσης κόστους-οφέλους περιλαμβάνει τις έννοιες: του κόστους ευκαιρίας, της μακροπρόθεσμης προοπτικής, του υπολογισμού οικονομικών δεικτών απόδοσης εκφρασμένους σε νομισματικούς όρους, της μικροοικονομικής προσέγγισης και της σταδιακής προσέγγισης. Συνοπτικά, το κόστος ευκαιρίας ενός αγαθού ή μιας υπηρεσίας είναι το κέρδος από την καλύτερη αξιοποίησή του, όταν πρέπει να παρθεί μια απόφαση ανάμεσα

σε αλληλοαποκλειόμενες επιλογές. Η μακροπρόθεσμη προοπτική αφορά τον χρονικό ορίζοντα της επένδυσης ο οποίος συνήθως είναι μεταξύ δέκα και τριάντα έτη και εξαρτάται από την επένδυση. Αυτή η προοπτική κάνει αναγκαίο να τεθεί ο κατάλληλος χρονικός ορίζοντας, να γίνει πρόβλεψη των μελλοντικών δαπανών και εσόδων, να θεσπιστούν τα κατάλληλα προεξοφλητικά επιτόκια για τον υπολογισμό της παρούσας αξίας των μελλοντικών εσόδων και εξόδων και να ληφθεί υπόψη η αβεβαιότητα αξιολογώντας τους κινδύνους του έργου. Ο υπολογισμός των οικονομικών δεικτών αποβλέπει στο να αποδοθεί νομισματική αξία στα κόστη και τα οφέλη από την εφαρμογή της παρέμβασης (επενδυτικής απόφασης). Τέτοιοι δείκτες, όπως η μέθοδος της καθαρής παρούσας αξίας, επιτρέπουν τη σύγκριση και την κατάταξη διαφορετικών επενδυτικών αποφάσεων. Η ανάλυση κόστους-οφέλους είναι μικροοικονομική προσέγγιση που επιτρέπει την αξιολόγηση των επιπτώσεων της επένδυσης στην κοινωνία μέσω του υπολογισμού των οικονομικών δεικτών απόδοσης και έτσι παρέχεται η αξιολόγηση της αλλαγής της ευημερίας της κοινωνίας. Τέλος, η κλιμακωτή προσέγγιση συγκρίνει ένα σενάριο με την πραγματοποίηση της παρέμβασης (επενδυτικής απόφασης) με ένα άλλο χωρίς την επένδυση και συγκρίνονται τα αποτελέσματα (Sartori et al., 2014). Στο σενάριο χωρίς την επένδυση λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς όλες οι ταμειακές ροές που θα πραγματοποιούνταν σε όλο τον οικονομικό χρόνο ζωής της επένδυσης, χωρίς αυτές που αφορούν την επένδυση. Σε περιπτώσεις που επένδυση αφορά την κατασκευή μιας νέας εγκατάστασης ή μιας υπηρεσίας ή επιχείρησης από το μηδέν, τότε το σενάριο χωρίς την επένδυση δεν περιλαμβάνει καμία λειτουργία. Σε περιπτώσεις που η επένδυση αποβλέπει στην βελτίωση μιας ήδη υπάρχουσας εγκατάστασης πρέπει να περιλαμβάνονται στους υπολογισμούς τα κόστη για τη λειτουργία της εγκατάστασης, ώστε να είναι λειτουργική (Business As Usual, BAU) και τα κέρδη από την λειτουργία της, ή και μικρο-επενδύσεις που είχαν προγραμματιστεί να γίνουν ούτως ή άλλως για τη σωστή λειτουργία της (do-minimum). Η επιλογή ανάμεσα στο BAU και το do-minimum γίνεται ανάλογα με την πιθανότητα να πραγματοποιηθούν αυτές οι μικροεπεμβάσεις-επενδύσεις στο μέλλον, και ανάλογα με το πιο κερδοφόρο σενάριο. Αν υπάρχει αβεβαιότητα, τότε κατά κανόνα χρησιμοποιείται το BAU.

Αντίστοιχη οικονομική μελέτη για την αξιολόγηση επενδύσεων σε ότι αφορά την παραγωγή ντομάτας σε θερμοκήπιο είναι αυτή του Tsoromokos (2011) που αφορά την αξιολόγηση της επένδυσης στην επέκταση μιας ήδη υπάρχουσας θερμοκηπιακής μονάδας καλλιέργειας επιτραπέζιας ντομάτας. Στη συγκεκριμένη εργασία εξετάζονται δύο σενάρια: α) τα οικονομικά αποτελέσματα στην επιχείρηση με την επένδυση και β) τα οικονομικά αποτελέσματα χωρίς την επένδυση, ενώ χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση η ανάλυση νεκρού σημείου οι οικονομικοί δείκτες της καθαρής παρούσας αξίας, του εσωτερικού βαθμού απόδοσης και της περιόδου αποπληρωμής. Επίσης, στην μελέτη των Torrellas et al. (2012)

γίνεται ανάλυση του περιβαλλοντικού και οικονομικού προφίλ της καλλιέργειας ντομάτας και τριαντάφυλλων σε τέσσερα διαφορετικά σενάρια στην Ευρώπη και για την οικονομική ανάλυση χρησιμοποιείται η ανάλυση κόστους-οφέλους. Επίσης, στην εν λόγω μελέτη αναδεικνύεται η σημασία του περιβαλλοντικού παράγοντα σε συνδυασμό με τον οικονομικό για την μελέτη της αειφορίας ενός συστήματος. Η μελέτη των Ji et al. (2010) πραγματεύεται τη βελτιστοποίηση της κλίμακας της δεξαμενής για αποθήκευση όμβριων υδάτων για την άρδευση θερμοκηπίων και για την οικονομική ανάλυση χρησιμοποιείται η ανάλυση κόστους-οφέλους. Η μελέτη των Wenhua et al. (2010) παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα διαφορετικών συστημάτων άρδευσης με συλλογή όμβριων υδάτων σε θερμοκήπια στο Πεκίνο και προτείνει ένα νέο σύστημα συλλογής βρόχινου νερού αναλύοντας την απόδοση και τα οικονομικά οφέλη από την εφαρμογή του. Στην μελέτη των Sanyé-Mengual et al. (2015) γίνεται ανάλυση του κύκλου ζωής και της επίδρασης στο περιβάλλον από την εγκατάσταση θερμοκηπίων στις στέγες των σπιτιών στην Βαρκελώνη της Ισπανίας, σε σύγκριση με ένα αντίστοιχο βιομηχανικό θερμοκήπιο και για την οικονομική ανάλυση χρησιμοποιείται η ανάλυση κόστους-οφέλους. Η μελέτη των Liang and van Dijk (2011) αναλύει την οικονομική απόδοση των εγκατεστημένων συστημάτων συλλογής βρόχινου νερού που χρησιμοποιούνται για άρδευση σε αγροτικές περιοχές του Πεκίνου, χρησιμοποιώντας την ανάλυση κόστους-οφέλους.

1.10 Αξιολόγηση επένδυσης κατά Gittinger

Η επένδυση είναι η δέσμευση κεφαλαίων, τα οποία μπορεί να είναι αγαθά πάσης μορφής ώστε να παραχθούν μεγαλύτερα οφέλη στο μέλλον. Η αξιολόγηση των επενδύσεων είναι μια σύνθετη διαδικασία και περιλαμβάνει σύμφωνα με τον Gittinger (1984) τα εξής: τα τεχνικά στοιχεία της επένδυσης, το οργανωτικό-εκπαιδευτικό σκέλος, τον κοινωνικό αντίκτυπο της επένδυσης, τα διαφημιστικό-προωθητικό σκέλος και το οικονομικό αποτέλεσμα της επένδυσης τόσο στους άμεσα ενδιαφερόμενους, όσο και στην κοινωνία γενικότερα. Τα τεχνικά στοιχεία της επένδυσης μπορεί να αφορούν για μια αγροτική επένδυση τη διαθεσιμότητα του νερού, τη δυνατότητα κατασκευής κάποιου τεχνικού έργου για τη συλλογή νερού, ή ποια θα είναι η σύνθεση του λιπάσματος που θα χρησιμοποιηθεί σε μια καλλιέργεια. Πρόκειται δηλαδή για αγαθά και υπηρεσίες που διατίθενται για την υλοποίηση της επένδυσης και τα προϊόντα που θα παραχθούν. Το οργανωτικό-εκπαιδευτικό σκέλος αφορά την ενημέρωση και εκπαίδευση των παραγωγών του νέου προϊόντος ή υπηρεσίας στις πιθανόν διαφορετικές συνθήκες εργασίας, ή και η πιθανή συνεργασία με εκπαιδευτικά ιδρύματα για τη βελτίωση ή επέκταση της επένδυσης. Το κοινωνικό σκέλος που περιλαμβάνει και το περιβαλλοντικό σχετίζεται με τις επιδράσεις, θετικές ή αρνητικές, της επένδυσης στην κοινωνία και στο περιβάλλον. Για παράδειγμα, η δημιουργία θέσεων εργασίας και η αναβάθμιση του τοπίου στο χώρο εφαρμογής της επένδυσης θα ήταν θετικές

επιδράσεις, ενώ αντίστοιχα η όξυνση του κυκλοφοριακού και η ρύπανση του περιβάλλοντος είναι αρνητικές επιδράσεις που μπορεί να έχει η επένδυση. Το διαφημιστικό-προωθητικό σκέλος αφορά όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την προώθηση του παραγόμενου προϊόντος ή υπηρεσίας στο κοινό, προκειμένου να υπάρξει κατανάλωσή του. Τέλος, η οικονομική σκοπιά περιλαμβάνει την επίδραση της επένδυσης στα οικονομικά των ενδιαφερόμενων μελών, δηλαδή του ίδιου του επενδυτή, των προμηθευτών, των συνεργατών και ανταγωνιστών, αλλά και γενικά η επιρροή στην οικονομία του κράτους.

1.11 Σκοπός της διπλωματικής

Η περιοχή μελέτης, το Τυμπάκι, είναι μια πεδινή παραθαλάσσια περιοχή στον νομό Ηρακλείου στην Κρήτη. Το κλίμα που επικρατεί είναι ξηρό έως ημίξηρο με ήπιους υγρούς χειμώνες και ξερά ζεστά καλοκαίρια, δηλαδή τυπικό κλίμα ενός μεσογειακού νησιού. Η κατανομή των βροχοπτώσεων είναι ανισομερής κατά τη διάρκεια του έτους, αφού το χειμώνα συμβαίνει το 53% των ετήσιων κατακρημνίσεων, 23% το φθινόπωρο και 20% την άνοιξη, ενώ το καλοκαίρι οι βροχές είναι αμελητέες. Στο Τυμπάκι η κύρια εκμετάλλευση της γης αφορά την παραγωγή αγροτικών προϊόντων, πολλά εκ των οποίων παράγονται σε θερμοκήπια. Η άρδευση αυτών των καλλιεργειών γίνεται σχεδόν αποκλειστικά από την άντληση των υπογείων υδάτων, διότι αποτελεί την κύρια πηγή νερού άρδευσης στην πεδιάδα της Μεσσαράς, αφού τα επιφανειακά ύδατα είναι αμελητέα πέραν από τους χειμερινούς μήνες (Vardavas et al., 1997). Αυτή η υπερ-εκμετάλλευση του υπόγειου υδροφορέα σε συνδυασμό με το ξηρό κλίμα της περιοχής οδήγησε στην πτώση του υδροφόρου ορίζοντα και στην εισχώρηση θαλασσινού νερού στα υπόγεια ύδατα (υφαλμύριση) με αποτέλεσμα το νερό να αποκτήσει αυξημένη αλατότητα και σε ορισμένες περιπτώσεις να καταστεί υφάλμυρο. Ως αποτέλεσμα, η άρδευση των καλλιεργειών γίνεται με νερό αλατότητας μεγαλύτερης από την επιθυμητή, με δυσμενείς συνέπειες στις καλλιέργειες. Οι τοπικοί παραγωγοί, προκειμένου να αντισταθμίσουν αυτή την μέτρια ποιότητα του νερού άρδευσης εφαρμόζουν μεγαλύτερες ποσότητες αγροχημικών. Ωστόσο, η αύξηση στη χρήση των αγροχημικών μακροχρόνια επιβαρύνει σημαντικά το έδαφος, τα υπόγεια ύδατα και την ατμόσφαιρα.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζεται η δυνατότητα εκμετάλλευσης των όμβριων υδάτων, μέσω της αποθήκευσής τους σε δεξαμενή για την κάλυψη μέρους της άρδευσης θερμοκηπιακής καλλιέργειας ντομάτας. Έτσι θα μετριαστεί η υπερ-εκμετάλλευση των υπογείων υδάτων, θα επιβραδυνθεί το φαινόμενο της υφαλμύρισης και θα βελτιωθεί η ποιότητα του νερού άρδευσης, με την εκμετάλλευση ενός φυσικού πόρου που διαφορετικά θα ήταν αναξιοποίητος, αφού από τις κατακρημνίσεις το 65% εξατμисοδιαπνέει, το 25% διηθείται εμπλουτίζοντας τους υπόγειους υδροφορείς και το 10% απορρέει επιφανειακά στη

θάλασσα, συνεπώς το 75% παραμένει ανεκμετάλλευτο. Επιπλέον, γίνεται μια προσπάθεια οικονομικής προσέγγισης του θέματος, δηλαδή αναλύεται το κατά πόσο συμφέρει τους καλλιεργητές να επενδύσουν στην κατασκευή της δεξαμενής αποθήκευσης όμβριων έναντι άλλων επενδυτικών σεναρίων. Τέλος γίνεται αναφορά και σε επιπρόσθετα κοινωνικοοικονομικά οφέλη.

2 Μεθοδολογία

2.1 Πειραματικό μέρος

Η καλλιέργεια ντομάτας στα θερμοκήπια στο Τυμπάκι προσομοιάστηκε από ένα πειραματικό θερμοκήπιο μικρής κλίμακας στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Ο σκοπός της προσομοίωσης ήταν να μελετηθεί η επίδραση της αυξημένης αλατότητας στο φυτό της ντομάτας και στο χώμα. Χάρη στο μικρό μέγεθος της κατασκευής μπορούν να ελεγχθούν και να καταγραφούν ευκολότερα οι κλιματικές συνθήκες του θερμοκηπίου καθώς και να γίνει ευκολότερη μέτρηση των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών των καρπών. Η ντομάτα που καλλιεργήθηκε ήταν η *Solanum Lycopersicum L. Elpida F1* και η περίοδος καλλιέργειάς της ήταν από 22 Οκτωβρίου έως 14 Απριλίου. Το χώμα που χρησιμοποιήθηκε είναι το χώμα “terra rossa” που σημαίνει κοκκινόχωμα στα ιταλικά. Πρόκειται για αργιλοπηλώδες έδαφος που παράγεται από τη διάβρωση του ασβεστόλιθου. Όσον αφορά την καλλιέργεια, σε 10 γλάστρες φυτεύτηκαν 10 σπορόφυτα ντομάτας ποικιλίας *Elpida*. Το σύστημα άρδευσης που χρησιμοποιήθηκε ήταν σύστημα επιφανειακό με σταγόνα. Η ημερήσια ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε στο κάθε φυτό ήταν 1,5 L. Μέσω της άρδευσης εφαρμόστηκε λίπανση δύο φορές την εβδομάδα από 10g KNO_3 , 5g $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, και 5g KH_2PO_4 ανά φυτά μέχρι την καρποφορία. Μετά τον σχηματισμό των καρπών (60^η μέρα) η συνολική λίπανση ήταν 20 g KNO_3 , 10 g $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 5 g KH_2PO_4 και 2,5 g $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$. Ως μέτρο φυτοπροστασίας χρησιμοποιήθηκε σκόνη θείου μια φορά ανά δυο βδομάδες. Όσον αφορά την ποιότητα του αρδευτικού ύδατος, τα φυτά χωρίστηκαν σε 2 ομάδες των 5 φυτών και καθεμιά είχε διαφορετική μεταχείριση: (α) αρδευόμενη με νερό χαμηλής αγωγιμότητας $\text{EC} = 1,1 \text{ dS m}^{-1}$ (LN) και (β) αρδευόμενη με νερό υψηλής αγωγιμότητας $\text{EC} = 3,5 \text{ dS m}^{-1}$ (HN). Για τη ρύθμιση της αλατότητας του νερού άρδευσης έγινε προσθήκη κατάλληλης ποσότητας NaCl στη δεξαμενή από την οποία αρδεύονταν οι ντοματιές.

2.2 Διαστασιολόγηση δεξαμενής

Για τη διαστασιολόγηση της δεξαμενής αποθήκευσης των όμβριων υδάτων χρησιμοποιείται η μέθοδος των διαδοχικών κορυφών (sequent peak method). Πρόκειται για ένα ισοζύγιο μάζας στο οποίο ο όγκος ελέγχου είναι η δεξαμενή. Για να εφαρμοστεί η μέθοδος χωρίζουμε το έτος σε ίσα χρονικά διαστήματα ενός μήνα, σε καθένα από τα οποία χρησιμοποιείται όγκος ύδατος ίσος με R_t για άρδευση κατά την περίοδο t . Επίσης, K_t είναι η απαιτούμενη χωρητικότητα της δεξαμενής στην αρχή της περιόδου t . Η απαιτούμενη χωρητικότητα κατά την προηγούμενη περίοδο είναι K_{t-1} . Η εισροή, δηλαδή η ποσότητα του νερού που συλλέγεται κατά την περίοδο t είναι η Q_t . Θεωρώντας αρχική απαιτούμενη χωρητικότητα $K_0 = 0$

υπολογίζουμε την απαιτούμενη χωρητικότητα της δεξαμενής για κάθε χρονική περίοδο t από την εξίσωση:

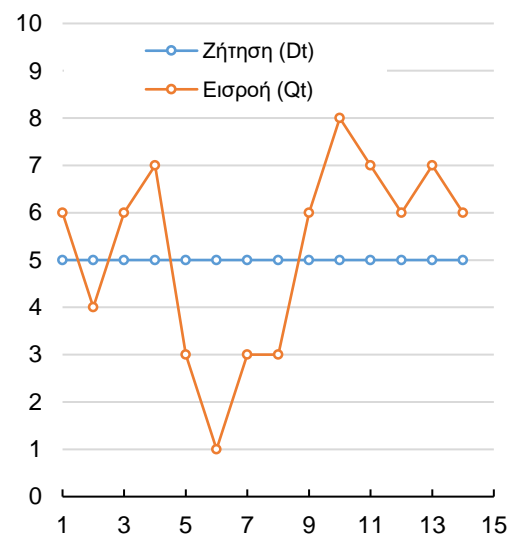
$$\begin{cases} K_t = R_t - Q_t + K_{t-1}, K_t \geq 0 \\ K_t = 0, K_t < 0 \end{cases} \quad (1)$$

Ο απαιτούμενος όγκος της δεξαμενής τελικά προκύπτει ως η μέγιστη τιμή K_t . Για παράδειγμα αν χρησιμοποιηθούν τυχαία δεδομένα εισροής και σταθερή ζήτηση νερού (Πίνακας 3), προκύπτει το διάγραμμα της ζήτησης και θεωρητικής εισροής ύδατος για την χρονική περίοδο στην οποία υπάρχουν δεδομένα (Εικόνα 3).

Πίνακας 3: Ζήτηση νερού και εισροή στη δεξαμενή.

Περίοδος t	Ζήτηση D_t	Εισροή Q_t
1	5	6
2	5	4
3	5	6
4	5	7
5	5	3
6	5	1
7	5	3
8	5	3
9	5	6
10	5	8
11	5	7
12	5	6
13	5	7
14	5	6

Εικόνα 3: Διάγραμμα ζήτησης ύδατος και θεωρητικής εισροής σε ταμειντήρα.



Χρησιμοποιώντας την Εξίσωση 1 για τις παραπάνω τιμές (Πίνακας 3) προκύπτουν αποτελέσματα για (α) τη συγκεντρωτική ζήτηση ως το άθροισμα από κάθε ζήτηση για τις προηγούμενες χρονικές περιόδους, (β) τη διαφορά της εισροής από τη ζήτηση και (γ) τη συγκεντρωτική διαφορά ως το άθροισμα το διαφορών για όλες τις προηγούμενες χρονικές περιόδους (Πίνακας 4). Η μέγιστη τιμή K_t για το παράδειγμα είναι 10 μονάδες αποθήκευσης (Πίνακας 4). Στην πράξη και για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων απαιτείται ικανό δείγμα ιστορικών παρατηρήσεων. Σε περίπτωση που αυτό δεν είναι διαθέσιμο η χρονοσειρά μπορεί να επικολληθεί διαδοχικά (δηλαδή να διπλασιαστεί το μήκος της) ώστε να αποφευχθούν τυχόν κρίσιμα σημεία που στο τέλος της αρχικής χρονοσειράς.

Ο Gidley (1986) αναφέρει ότι η μέθοδος sequent peak μπορεί να χρησιμοποιηθεί εξίσου με τον γραμμικό προγραμματισμό για τον προσδιορισμό τη όγκου μιας δεξαμενής, υπό την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχει εξάτμιση. Τροποποιήσεις της μεθόδου εξυπηρετούν και στον συνυπολογισμό της εξάτμισης (Adeloye et al., 2001; Lele, 1987). Επίσης βρίσκει και άλλες

εφαρμογές όπως η μοντελοποίηση ενός υδατορεύματος προκειμένου να υπολογιστεί η διάρκεια της ξηρασίας και η απώλεια ύδατος ανά μονάδα χρόνου (Tallaksen et al., 1997).

Πίνακας 4: Αποτελέσματα της μεθόδου διαδοχικών κορυφών.

Περίοδος t	Συγκεντρωτική Ζήτηση (Q_t)	Συγκεντρωτική Εισροή (D_t)	Διαφορά ($Q_t - D_t$)	Συγκεντρωτική Διαφορά	K_{t-1}	K_t
1	5	6	1	1	0	0
2	10	10	-1	0	0	1
3	15	16	1	1	1	0
4	20	23	2	3	0	0
5	25	26	-2	1	0	2
6	30	27	-4	-3	2	6
7	35	30	-2	-5	6	8
8	40	33	-2	-7	8	10
9	45	39	1	-6	10	9
10	50	47	3	-3	9	6
11	55	54	2	-1	6	4
12	60	60	1	0	4	3
13	65	67	2	2	3	1
14	70	73	1	3	1	0

2.3 Χρηματοοικονομική αξιολόγηση επενδύσεων

Συχνά, έργα όπως αυτό που εξετάζεται έχουν σημαντικό κόστος σε σχέση με την έκταση που πρόκειται να αρδευθεί και έτσι το τεχνοοικονομικό σκέλος του έργου είναι το κυρίαρχο. Συνεπώς παράλληλα με το περιβαλλοντικό σκέλος η παρούσα εργασία δίνεται έμφαση στο τεχνοοικονομικό σκέλος του έργου. Η χρηματοοικονομική αξιολόγηση των επενδύσεων είναι η αντικειμενική διαδικασία μέσα από την οποία μπορούμε να καταλήξουμε στην αποδοχή ή απόρριψη μιας συγκεκριμένης επένδυσης, είτε την επιλογή ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες επενδυτικές αποφάσεις, όταν αυτές είναι αλληλοαποκλειόμενες, όπως αυτές που εξετάζονται στη συγκεκριμένη μελέτη. Η χρηματοοικονομική αξιολόγηση περιλαμβάνει δύο βασικές διαδικασίες: τον προσδιορισμό των εσόδων (εισροές) και των εξόδων (εκροές), δηλαδή των ταμειακών ροών, που προκύπτουν από την επένδυση (cash-flow analysis) και τη χρήση μεθόδων και κριτηρίων για την αξιολόγηση αυτών των εισροών και εκροών (capital budgeting decision methods) (Kaliabakos and Damigos, 2008). Η πρώτη διαδικασία, του προσδιορισμού των ταμειακών ροών, είναι η πιο δύσκολη και περιλαμβάνει όλες τις υποθέσεις που πρέπει να γίνουν, διότι δεν γίνεται να γνωρίζουμε εκ των προτέρων όλες τις ταμειακές που θα προκύψουν. Η δεύτερη διαδικασία, της αξιολόγησης των ταμειακών ροών, είναι πιο εύκολη και αφορά την επεξεργασία των δεδομένων και των παραδοχών της προηγούμενης διαδικασίας με τη χρήση οικονομικών δεικτών και η ακρίβειά τους καθορίζεται από την ακρίβεια των παραδοχών που έγιναν.

Οι πιο διαδεδομένοι δείκτες που έχουν αναπτυχθεί για την αξιολόγηση των ταμειακών ροών είναι ο χρόνος απόδοσης των επενδυμένων κεφαλαίων (payback period - PP), ο λογιστικός

ρυθμός απόδοσης χρημάτων (accounting rate of return - ARR), η καθαρή παρούσα αξία (net present value - NPV), ο εσωτερικός ρυθμός απόδοσης χρημάτων (internal rate of return - IRR) και ο δείκτης κερδοφορίας (profitability index - PI). Στην συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιείται η καθαρή παρούσα αξία, η ανάλυση νεκρού σημείου και ο χρόνος απόδοσης των επενδυμένων κεφαλαίων. Αν και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) αποτελεί ένα δείκτη με πολλές ομοιότητες με την καθαρή παρούσα αξία (NPV), σε περιπτώσεις που εξετάζεται η επιλογή ανάμεσα σε αλληλοαποκλειόμενα σενάρια επενδύσεων, προτιμάται η χρήση της καθαρής παρούσας αξίας διότι οι παραδοχές της μεθόδου είναι πιο ρεαλιστικές από αυτές του δείκτη IRR (Spathes, 1999). Στη συγκεκριμένη εργασία εξετάζονται τα αλληλοαποκλειόμενα σενάρια επενδύσεων α) της κατασκευής δεξαμενής αποθήκευσης βρόχινου νερού και β) της επέκτασης της ήδη υπάρχουσας θερμοκηπιακής μονάδας κατά 1 στρέμμα και για αυτόν το λόγο χρησιμοποιήθηκε η καθαρή παρούσα αξία.

2.4 Ανάλυση νεκρού σημείου

Η ανάλυση νεκρού σημείου (break-even point) αποτελεί μια μέθοδο αξιολόγησης της κερδοφορίας μιας επιχείρησης για ενδεχόμενες μεταβολές του ύψους της παραγωγής. Επιπλέον, μέσω αυτής της μεθόδου είναι δυνατή η αξιολόγηση της κερδοφορίας για μεταβολές στην τιμή πώλησης του προϊόντος (Spathes, 1999). Η μέθοδος ουσιαστικά προσδιορίζει το νεκρό σημείο, δηλαδή το ύψος της παραγωγής στο οποίο η συνολική πρόσοδος καλύπτει το σύνολο των δαπανών και ισχύει η εξίσωση (2):

$$Q_{N\Sigma} \times P = C_{\sigma\tau\alpha\theta} + Q_{N\Sigma} \times C_{\mu\epsilon\tau\alpha\beta} \quad (2)$$

όπου $Q_{N\Sigma}$ το ύψος της παραγωγής που αντιστοιχεί στο νεκρό σημείο, P η τιμή πώλησης του προϊόντος, $C_{\sigma\tau\alpha\theta}$ οι συνολικές σταθερές δαπάνες και $C_{\mu\epsilon\tau\alpha\beta}$ οι μεταβλητές δαπάνες ανά μονάδα προϊόντος. Η τιμή νεκρού σημείου P_{BE} (break-even price) είναι η τιμή στην οποία πρέπει να πωληθεί το προϊόν, ώστε τα έσοδα των πωλήσεων να καλύπτουν το σύνολο των δαπανών. Στην παρούσα εργασία δεν έχουν ληφθεί υπόψη τα έξοδα μεταφοράς των προϊόντων και το κόστος των υλικών συσκευασίας, συνεπώς το μεταβλητό κόστος ανά μονάδα προϊόντος είναι $C_{\mu\epsilon\tau\alpha\beta} = 0$ οπότε η Εξίσωση 2 μπορεί να επιλυθεί ως προς P_{BE} και γράφεται:

$$P_{BE} = \frac{C_{\sigma\tau\alpha\theta}}{Q_{N\Sigma}} \quad (3)$$

2.5 Μέθοδος καθαρής παρούσας αξίας

Η μέθοδος της Καθαρής Παρούσας Αξίας (Net Present Value, NPV) περιλαμβάνει την εξής διαδικασία: αρχικά όλες οι ταμειακές ροές, εισροές και εκροές, ανάγονται στην παρούσα αξία τους χρησιμοποιώντας ένα προεξοφλητικό επιτόκιο (που να λαμβάνει υπόψη όλους τους

παραμέτρους που επηρεάζουν την αξία του χρήματος στο χρόνο) στο χρόνο εκκίνησης της επένδυσης t_0 . Το προεξοφλητικό επιτόκιο αντιπροσωπεύει το οριακό κόστος κεφαλαίου (Spathes, 1999) είναι δηλαδή το κόστος της άντλησης των κεφαλαίων που είναι απαραίτητα για τη χρηματοδότηση της επένδυσης που αξιολογείται (Walsh, 2010). Στη συνέχεια, τα ποσά αυτά αθροίζονται αλγεβρικά, με τις εκροές να έχουν αρνητικό πρόσημο και το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης. Αν η καθαρή παρούσα αξία που υπολογίζεται είναι μεγαλύτερη από αυτή που έχουμε ορίσει αρχικά, τότε η επένδυση αξίζει να πραγματοποιηθεί. Αντίθετα, αν η NPV είναι μικρότερη από αυτή που έχουμε ορίσει αρχικά ως στόχο, τότε η επένδυση θεωρείται μη αποδεκτή. Αντίστοιχα, αν πρόκειται για επιλογή ανάμεσα σε διαφορετικές επενδυτικές αποφάσεις, τότε επιλέγεται η επένδυση με την μεγαλύτερη τιμή καθαρής παρούσας αξίας (NPV). Η εξίσωση υπολογισμού της καθαρής παρούσας αξίας είναι:

$$ΚΠΑ = \sum_{t=1}^N \frac{\text{Ταμειακές Εισροές}}{(1+r)^t} - \text{Αρχική Επένδυση} \quad (4)$$

όπου t η χρονική περίοδος, N η χρονική διάρκεια της επένδυσης και r είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο.

Η υλοποίηση μιας επένδυσης θεωρείται αποδεκτή όταν η ΚΠΑ είναι μεγαλύτερη από τον οικονομικό χρόνο ζωής που έχει ορισθεί για της επένδυση (διάρκεια της επένδυσης) και αν δεν έχει οριστεί, θα πρέπει η τιμή της ΚΠΑ να είναι θετική. Αντίστοιχα, αν πρόκειται για επιλογή ανάμεσα σε δύο αλληλοαποκλειόμενες επενδύσεις, τότε επιλέγεται αυτή με την μεγαλύτερη ΚΠΑ στο χρόνο ζωής της επένδυσης.

2.6 Χρόνος απόδοσης ή αποπληρωμής επενδυμένων κεφαλαίων

Ο χρόνος απόδοσης των επενδυμένων κεφαλαίων (Payback Period, PP) υπολογίζεται αθροίζοντας τις καθαρές ταμειακές ροές κάθε έτους, έως ότου να αποπληρωθεί το αρχικό κόστος της επένδυσης ή χρησιμοποιώντας την παρακάτω εξίσωση (5):

$$\text{Χρόνος αποπληρωμής} = \frac{\text{αρχική επένδυση}}{\text{καθαρές ετήσιες ταμειακές εισροές}} \quad (5)$$

Με αυτή τη μέθοδο υπολογίζεται ο χρόνος στον οποίο θα έχει αποπληρωθεί το αρχικό κεφάλαιο που δεσμεύτηκε για την επένδυση και αν ο χρόνος αυτός είναι μικρότερος από αυτόν που έχει οριστεί ως οικονομικός χρόνος ζωής της επένδυσης, τότε η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα. Το κριτήριο του χρόνου ανάκτησης του κεφαλαίου (Payback period) ανήκει στα καλούμενα ατελή κριτήρια (Τσώλας, 2002). Ορίζεται ως το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να καλυφθεί η δαπάνη της αρχικής επένδυσης από τις ετήσιες ταμειακές ροές μετά φόρων. Το κριτήριο εφαρμόστηκε και εφαρμόζεται ευρέως, καθώς κατά μία έννοια

εκφράζει το χρονικό διάστημα κατά το οποίο το επενδυμένο κεφάλαιο βρίσκεται «υπό κίνδυνο». Όσο μικρότερη είναι η περίοδος ανάκτησης του κεφαλαίου τόσο ασφαλέστερη θεωρείται η επένδυση. Γενικά, σχέδια με περίοδο ανάκτησης κεφαλαίου μεγαλύτερη από 7-8 χρόνια θεωρούνται από τους επενδυτές ριψοκίνδυνα ή χαμηλής απόδοσης (Torties, 1998).

Το συγκεκριμένο κριτήριο επικρίνεται ως προς δύο σημεία (Runge, 1998): (α) δεν λαμβάνει υπόψη τη διαχρονική αξία του χρήματος και (β) δεν λαμβάνει υπόψη τις ταμειακές ροές που πραγματοποιούνται μετά την περίοδο επανείσπραξης του κεφαλαίου επένδυσης. Η αναγωγή των ταμειακών ροών στην πραγματική τους αξία στο παρόν (παρούσα αξία) γίνεται με έναν δείκτη που να αντιπροσωπεύει το κόστος ευκαιρίας από την αξιοποίηση του κεφαλαίου σε μια άλλη δραστηριότητα, αντί της επένδυσης, όπως είναι για παράδειγμα η κατάθεση του ποσού στην τράπεζα.

2.7 Κριτήριο εμπορευσιμότητας

Επίσης, κατά τη διάρκεια της κάθε συγκομιδής πραγματοποιήθηκε πιο ακριβής μέτρηση της διαμέτρου του κάθε καρπού με τη χρήση παχύμετρου. Στην Ευρώπη εφαρμόζεται ο παρακάτω πίνακας για την κατηγοριοποίηση των καρπών της ντομάτας με βάση τη διάμετρο (OJ, 2009) (Πίνακας 5). Με βάση το κριτήριο του μεγέθους του καρπού, τη διάμετρό του, γινόταν σε κάθε συγκομιδή ο διαχωρισμός τους σε δύο κατηγορίες ποιότητας για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης, σε ποιότητας Α για όσες ανήκουν στις τρεις πρώτες κατηγορίες (GGG, GG, G) και σε ποιότητας Β για τις υπόλοιπες (M, MM).

Πίνακας 5: Κατηγοριοποίηση των καρπών της ντομάτας βάσει της διαμέτρου.

Κλάση	Διάμετρος [mm]
GGG	>102
GG	>81 και ≤102
G	>66 και ≤81
M	>56 και ≤66
MM	>47 και ≤56

2.8 Προσδιορισμός διαλύματος άρδευσης

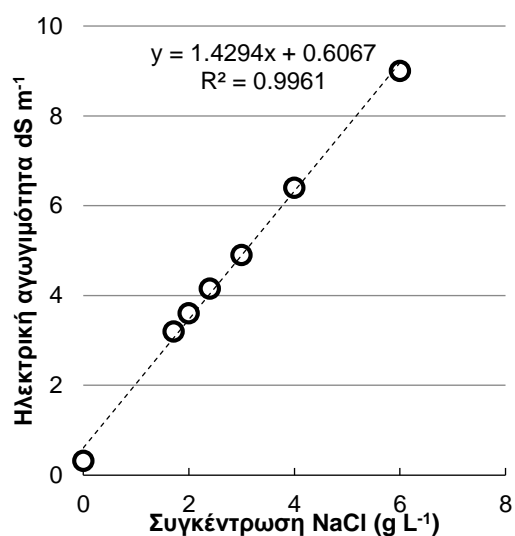
Για να προσδιοριστεί το πόσο πρέπει να αραιωθεί το νερό αγωγιμότητας 3,5 dS m⁻¹ με βρόχινο νερό πραγματοποιήθηκε πειραματική μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, με αγωγιμόμετρο, ενός λίτρου νερού προσθέτοντας κάθε φορά άλας NaCl μέχρι να φτάσει η συγκέντρωση τα 6 g L⁻¹. Ο Πίνακας 6 δείχνει τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν. Στη

συνέχεια, χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Microsoft Excel σχεδιάστηκε το γράφημα και βρέθηκε η γραμμική παλινδρόμησης που εξηγεί την αλλαγή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με βάση τη συγκέντρωση NaCl.

Πίνακας 6: Δεδομένα μετρήσεων της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με το αγωγιμόμετρο.

Συγκέντρωση NaCl [g L ⁻¹]	Ηλεκτρική αγωγιμότητα [dS m ⁻¹]
0,0	0,32
1,7	3,20
2,0	3,60
2,4	4,15
3,0	4,90
4,0	6,40
6,0	9,00

Εικόνα 4: Γράφημα της ηλεκτρικής αγωγιμότητας συναρτήσει της συγκέντρωσης αλατιού και γραμμική παλινδρόμησης.



Σύμφωνα με τα παραπάνω η γραμμική συνάρτηση που δίνει την τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του ύδατος EC_w [dS m⁻¹] σε σχέση με τη συγκέντρωση C_{NaCl} [g L⁻¹] είναι:

$$EC_w = 1,4294 \times C_{NaCl} + 0,6067 \quad (6)$$

Η συνάρτηση θεωρείται πολύ αξιόπιστη καθώς δίνει συντελεστή συσχέτισης R^2 ίσο με 0,9961.

3 Περιοχή μελέτης

3.1 Γενικά στοιχεία

Το Τυμπάκι είναι κωμόπολη της επαρχίας Πυργιωτίσσης στο δυτικό άκρο της πεδιάδας της Μεσσαράς και ανήκει στο νομό Ηρακλείου Κρήτης. Βρίσκεται κοντά στις ακτές της κεντρικής Κρήτης, στον όρμο της Μεσσαράς. Η λεκάνη απορροής του Τυμπακίου καλύπτει μια περιοχή 50 km² με μέσο υψόμετρο τα 200 m. Η τοπογραφία της λεκάνης είναι γενικά επίπεδη με πιο απότομες πλαγιές στα βορειοανατολικά με το υψηλότερο σημείο να είναι μέρος του βουνού Ψηλορείτης.

3.2 Χρήσεις γης

Αναφορικά με την εκμετάλλευση της γης, το Τυμπάκι αποτελεί μια περιοχή με πολύ μεγάλο βαθμό εκμετάλλευσης, λαμβάνοντας υπόψη τις καλλιέργειες στα θερμοκήπια. Οι κύριες καλλιέργειες είναι τα ελαιόδεντρα (43%), οι αρόσιμες καλλιέργειες (39%) και τα οπωροκηπευτικά (16%) με τα θερμοκήπια να παίζουν σημαντικό ρόλο όσον αφορά την τελευταία κατηγορία. Σύμφωνα με την ελληνική στατιστική αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) η καλλιεργήσιμη έκταση στο Τυμπάκι είναι περίπου 2.500 εκτάρια, ενώ άλλες πηγές (Paritsis, 2005; Vafidis et al., 2013) εκτιμούν ότι η καλλιεργήσιμη έκταση είναι 7800 εκτάρια από τα οποία τα 4000 αρδεύονται αποκλειστικά από υπόγεια ύδατα με γεωτρήσεις. Τα περισσότερα από τα 1.694 θερμοκήπια του νομού (Tsakiridi, 2010) βρίσκονται στο Τυμπάκι και καλύπτουν 3.580 m² (Spyridaki, 2008). Η συγκομιδή των καλλιεργειών γίνεται δύο φορές το χρόνο και περιλαμβάνουν μη-ενδημικά είδη όπως η ντομάτα, το κολοκυθάκι, η μελιτζάνα, τα φασολάκια, η πιπεριά και το αγγούρι (Thanopoulos et al., 2008).

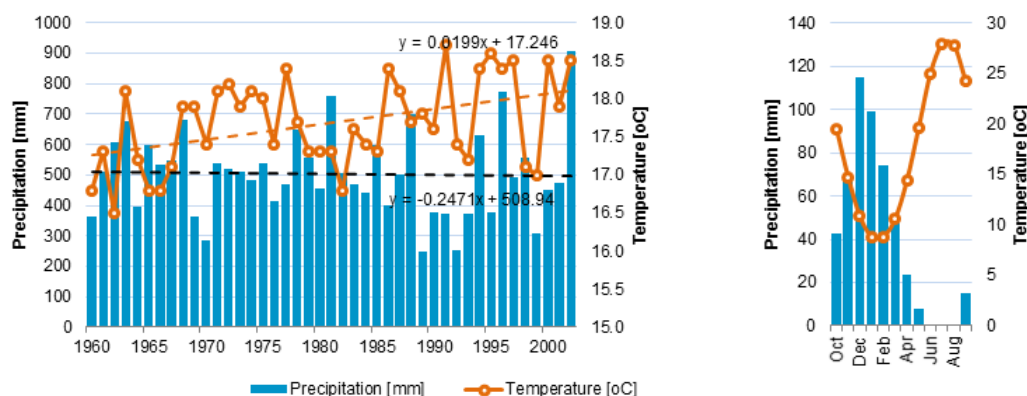
Πίνακας 7: Κυριότερες καλλιέργειες στην περιοχή του Τυμπακίου και της Φαιστού. Μονάδες σε εκτάρια (% από το σύνολο) Πηγή: (ΕΛΣΤΑΤ, 2008).

Περιοχή	Ελαιόδεντρα	Αροτραίες γαίες ¹	Κηπουρική	Εσπεριδοειδή	Αμπέλια	Σύνολο
Τυμπάκι	1.100 (43%)	1.005 (39%)	401,5 (16%)	37 (1%)	3 (0%)	2.540,2
Φαιστός	13.090 (79%)	1.805 (11%)	1.404,3 (8%)	187,5 (1%)	62,4 (0%)	16.549,2

¹ Οι κυριότερες αροτραίες γαίες περιλαμβάνουν καρπούζια, πεπόνια, πατάτες.

3.3 Κλίμα

Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό με ξηρά ζεστά καλοκαίρια και ήπιους υγρούς χειμώνες, ενώ το υδρολογικό έτος της πεδιάδας της Μεσσαράς μπορεί να διακριθεί σε δύο περιόδους: στην υγρή και την ξηρή περίοδο (Tsanis and Apostolaki, 2008). Συγκεκριμένα, το 53% των ετήσιων κατακρημνίσεων συμβαίνει το χειμώνα, το 23% το φθινόπωρο, το 20% την άνοιξη και η βροχόπτωση το καλοκαίρι είναι αμελητέα (Koutroulis et al., 2010). Από τις μετρήσεις των τοπικών βροχομετρικών σταθμών, παρατηρείται ότι δεν υπάρχει κάποια τάση για μεταβολή της ετήσιας ποσότητας κατακρημνίσεων και το μέσο βροχομετρικό ύψος φτάνει τα 504 mm. Η μέση θερμοκρασία το χειμώνα είναι 12 °C, ενώ το καλοκαίρι 23 °C. Στην Εικόνα 5 φαίνονται τα ετήσια και μηνιαία βροχομετρικά ύψη για το Τυμπάκι, καθώς και η ετήσια και μηνιαία θερμοκρασία.



Εικόνα 5: Αριστερά: Ετήσια βροχομετρικά ύψη και θερμοκρασία Δεξιά: Μηνιαία βροχομετρικά ύψη και θερμοκρασία.

3.4 Υδρογεωλογία της περιοχής

Στην Κρήτη γενικά, αλλά και στην περιοχή μελέτης, η ύπαρξη ρηγμάτων φανερώνει την έντονη γεωλογική δραστηριότητα. Αυτή η γεωλογική δραστηριότητα προκάλεσε ασυνέχεια στα εδαφικά στρώματα, αλλά ταυτόχρονα έφερε σε επαφή στρώματα με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Εξαιτίας αυτής της γεωλογικής κατάστασης η υδρογεωλογία της λεκάνης απορροής του Τυμπακίου συνδέεται άμεσα με την πεδιάδα της Μεσσαράς. Τα επίπεδα άντλησης των υπογείων υδάτων βρίσκονται μεταξύ 3 και 7 m. Στο κεντρικό σημείο της πεδιάδας ανάμεσα στο Τυμπάκι και το χείμαρρο Κλεματιανό, ο ρυθμός άντλησης φτάνει τα 100 m³ h⁻¹. Οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής, με το μεγάλο ποσοστό των κατακρημνίσεων να συμβαίνει το χειμώνα και με τις υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι, σε συνδυασμό με τους μεγαλύτερους ρυθμούς άντλησης το καλοκαίρι, προκαλούν σημαντική πτώση της στάθμης των υπογείων υδάτων κατά την περίοδο της μεγαλύτερης ζήτησης νερού άρδευσης.

3.5 Πιέσεις στο φυσικό περιβάλλον

Στην περιοχή ασκούνται πιέσεις στο φυσικό περιβάλλον. Τα κέρδη που αποφέρουν οι αρδευόμενες καλλιέργειες έχουν οδηγήσει στην υπερ-εκμετάλλευση των υδάτινων πόρων, ενώ το νερό που χρησιμοποιείται για άρδευση εκτιμάται ότι αποτελεί το 82% της συνολικής κατανάλωσης νερού. Γενικά η κατανάλωση νερού έχει αυξηθεί περισσότερο από 4% κάθε χρόνο (LEDDRA, 2013). Το περισσότερο νερό όπως προαναφέρθηκε χρησιμοποιείται στην γεωργία για την άρδευση ελαιώνων, αμπελιών και λαχανικών. Η αύξηση της ζήτησης νερού για οικιακή ή αγροτική χρήση δεν μπορεί να καλυφθεί πάντα παρά τις συνολικά αρκετές κατακρημνίσεις. Ένα παράγοντας που συμβάλλει σε αυτό είναι η άνιση κατανομή αυτών των βροχοπτώσεων χρονικά και τοπικά, αλλά και η αυξημένη ζήτηση νερού τους καλοκαιρινούς μήνες. Επιπλέον, η μεταφορά νερού στις ορεινές περιοχές είναι δύσκολη. Η συμμετοχή της Ελλάδας στην κοινή αγροτική πολιτική (Common Agricultural Policy, CAP) είχε σημαντική επίδραση στις χρήσεις γης. Στην περιοχή μελέτης, αλλά και γενικότερα στην Κρήτη, πολλές εκτάσεις με τοπική βλάστηση καθαρίστηκαν για να φυτευτούν μονοκαλλιέργειες, οι οποίες έχουν μεγαλύτερη εμπορική αξία. Ωστόσο, η καλλιέργεια αυτών των μη-ενδημικών φυτών έχει σε βάθος χρόνου αρνητική επίδραση στην ίδια την καλλιέργεια γιατί μειώνεται η ποικιλία των εντόμων με αποτέλεσμα κάποιο είδος να επικρατήσει και να ζημιώσει την καλλιέργεια, στο χώμα γιατί μειώνονται τα θρεπτικά στοιχεία με τα οποία το τροφοδοτούν τα φυτά και μειώνονται και οι μικροοργανισμοί του χώματος με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα ανάπτυξης παθογόνων. Επιπλέον, η φύτευση μονοκαλλιεργειών καθιστά το έδαφος πιο ευάλωτο σε διάβρωση και οι μειωμένοι ρυθμοί διήθησης μπορούν να οδηγήσουν σε απώλεια οργανικού υλικού (Kosmas et al., 2013).

Παρά τα μέτρα που λήφθηκαν από τις τοπικές αρχές για την προστασία των υδάτινων πόρων το 1984, η εφαρμογή αντιμετώπισε δυσκολίες λόγω του μεγάλου ποσοστού των ιδιωτικών πηγαδιών (92%) (Kritsotakis and Tsanis, 2009). Αν δε μειωθεί ο ρυθμός άντλησης των πηγαδιών, στο βαθμό που προβλέπουν τα μέτρα, τότε ο υδροφόρος ορίζοντας θα πέσει και κατά συνέπεια θα μειωθεί η απόδοση των πηγαδιών. Στην περίπτωση μια ξηρής χρονιάς, η έλλειψη νερού στην περιοχή υπολογίζεται ότι θα φτάσει το 50% και αν αυτό δεν καλυφθεί από άλλη πηγή γλυκού νερού ή με μείωση της κατανάλωσης, τότε το φαινόμενο της υφαλμύρινσης θα οξυνθεί και θα αυξηθεί και η αλάτωση του εδάφους.

Η μείωση της αλάτωσης του εδάφους στην περιοχή μπορεί να επιτευχθεί με τρεις τρόπους: (α) εφαρμόζοντας τις βέλτιστες πρακτικές στη διαχείριση της γεωργίας, (β) με την κατασκευή αποκεντρωμένων συστημάτων συγκέντρωσης νερού και (γ) με την κατασκευή υποδομών διαχείρισης των υδάτινων σε επίπεδο περιφέρειας.

3.6 Συνεντεύξεις με τους παραγωγούς και παραδοχές

Από επίσκεψη στο Τυμπάκι και με συνεντεύξεις από παραγωγούς συλλέχθηκαν τα παρακάτω στοιχεία σχετικά με τα κόστη της παραγωγής. Η άντληση του βρόχινου νερού για άρδευση κοστίζει $0,02 \text{ € m}^{-3}$, το κόστος της άδειας χρήσης της γεώτρησης είναι $0,20 \text{ € m}^{-2}$ αρδευόμενης γης και το νερό της γεώτρησης κοστίζει $0,16 \text{ € m}^{-3}$ κατά μέσο όρο. Για τη λίπανση χρησιμοποιείται 1 t λίπασμα για 1000 m^2 με τιμή $1,5 \text{ € ανά kg}$. Για την αντιμετώπιση των παθογόνων το κόστος φυτοπροστασίας είναι $1,2 \text{ € ανά } 1.000 \text{ m}^2$. Η χρήση της δεξαμενής συλλογής όμβριων προϋποθέτει την αύξηση του κόστους της λίπανσης στην καλλιέργεια κατά 10%, καθώς τα όμβρια ύδατα έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε άλατα.

Όσον αφορά την κατανάλωση νερού θεωρήθηκε ότι για κάθε φυτό χρειάζονται 2 L νερό την ημέρα. Για τον προσδιορισμό του αριθμού των ντοματιών, διαιρέθηκε η έκταση δια 2, δηλαδή την πυκνότητα φύτευσης των ντοματιών που ορίσαμε σε 2 ντοματιές ανά m^2 . Η συνολική μηνιαία κατανάλωση προκύπτει πολλαπλασιάζοντας τις μέρες του μήνα με τον αριθμό των φυτών και επί 2 L ανά ντοματιά την ημέρα. Η ποσότητα του νερού που συγκεντρώνεται στη δεξαμενή είναι το γινόμενο του μηνιαίου ύψους βροχής επί την επιφάνεια, έστω 1 στρέμμα. Το ποσοστό του νερού άρδευσης που καλύπτεται από τη δεξαμενή έχει θεωρηθεί ότι είναι 50%, γιατί αυτό είναι το ελάχιστο ποσοστό με το οποίο επιτυγχάνεται η ηλεκτρική αγωγιμότητα για την οποία έχουμε 100% απόδοση παραγωγής. Για τον υπολογισμό των εσόδων από τις πωλήσεις μας ενδιαφέρουν μόνο οι ντομάτες Α ποιότητας. Οι ντομάτες Α ποιότητας πωλούνται με μια μέση τιμή $0,5 \text{ ευρώ ανά kg}$. Το κόστος κατασκευής της δεξαμενής είναι $10.000 \text{ € ανά στρέμμα}$. Ως οικονομικός χρόνος ζωής της επένδυσης θεωρήθηκαν τα 6 έτη. Το κόστος κατασκευής της δεξαμενής θεωρήθηκε ότι αποπληρώνεται εξολοκλήρου το 1 έτος. Θεωρήθηκε επίσης ότι η δεξαμενή είναι καλυμμένη και συνεπώς είναι απώλειες λόγω εξάτμισης είναι αμελητέες.

Ως κόστος αγοράς των ντοματιών ορίστηκε $870 \text{ € για το } 1 \text{ στρέμμα το έτος}$. Στους υπολογισμούς γενικά δεν λαμβάνεται υπόψη η μείωση των εξόδων λόγω αύξησης της κλίμακας, όπως για παράδειγμα στο σενάριο επέκτασης του θερμοκηπίου. Στους υπολογισμούς των οικονομικών δεικτών χρησιμοποιείται η διαφορά των καθαρών ταμειακών ροών για το σενάριο με την επένδυση πλην τις καθαρές ταμειακές ροές χωρίς την επένδυση. Η αρδευτική περίοδος που συμπίπτει με την καλλιεργητική περίοδο έχει θεωρηθεί ότι είναι από τον μήνα Οκτώβριο μέχρι τον Απρίλιο. Για τον υπολογισμό των ταμειακών ροών έχει θεωρηθεί ότι στην αρχή της καλλιεργητικής περιόδου, δηλαδή το Σεπτέμβριο, γίνεται η αγορά των φυτών και πληρώνεται η άδεια χρήσης της γεώτρησης, ενώ για το σενάριο με τη δεξαμενή, γίνεται και η αγορά της δεξαμενής. Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, Οκτώβριο μέχρι και Απρίλιο, τα έξοδα αφορούν το νερό της γεώτρησης, η λίπανση

και τη φυτοπροστασία και ότι τα έξοδα τους είναι ισόποσα καταμερισμένα κατά τη διάρκειά της. Επίσης, θεωρήθηκε ότι στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου, δηλαδή τον Μάιο, εισπράττεται το σύνολο των χρημάτων από τις πωλήσεις.

Σχετικά με την αποδοχή έργων συλλογής όμβριων υδάτων από τις στέγες θερμοκηπίων, στην εργασίας του οι Panagea et al. (2016) εντόπισαν ότι στην περιοχή του Τυμπακίου υπάρχει καλή αποδοχή τέτοιων έργων και πως τα εν γένει κοινωνικο-οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση τέτοιων λύσεων είναι γνωστά.

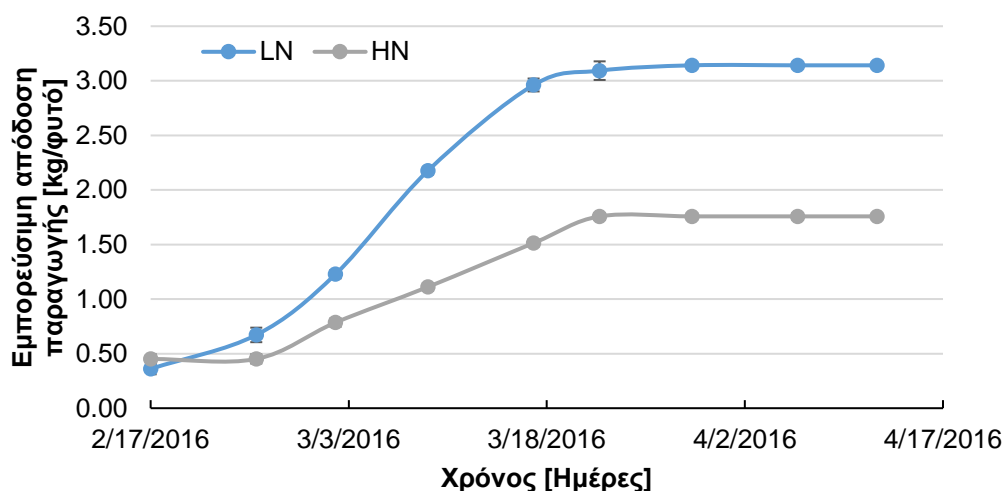
3.7 Διαστασιολόγηση δεξαμενής

Το αρδευτικό νερό στην περιοχή του Τυμπακίου παίρνει τυπικά τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας υψηλότερες από 1 dS m^{-1} , στην περιοχή του οποίου ο καλλιεργητής θεωρούν ότι διαθέτουν νερό καλής ποιότητας. Μετά από επιτόπιες παρατηρήσεις συμπεράναμε ότι οι τιμές της αγωγιμότητας δεν ξεπερνούν τα $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ καθώς αυτό θεωρείται απαγορευτικό για την παραγωγή. Σε περίπτωση δε που παρατηρηθούν τιμές κοντά στα $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, οι καλλιεργητές αναζητούν άλλη πηγή αρδευτικού ύδατος. Το πρόβλημα λοιπόν της διαστασιολόγησης της δεξαμενής ανάγεται σε πρόβλημα επίτευξης ικανής ανάμιξης όμβριων και αντλούμενων υδάτων ώστε η παραγωγή να μην επηρεάζεται αρνητικά από την ποιότητα της άρδευσης. Σύμφωνα με τους Apostolakis and Tsanis (2016) η απόδοση της παραγωγής δεν επηρεάζεται αρνητικά από την αλατότητα, αν το νερό άρδευσης έχει τιμή $\leq 2 \text{ dS m}^{-1}$. Οπότε μας ενδιαφέρει η οριακή περίπτωση που η αγωγιμότητα είναι 2 dS m^{-1} . Από την εξίσωση της γραμμής παλινδρόμησης και θέτοντας όπου y την τιμή 2 dS m^{-1} που μας ενδιαφέρει βρίσκουμε λύνοντας ως προς x την συγκέντρωση $0,97 \text{ g L}^{-1}$, ενώ η αντίστοιχη συγκέντρωση για ηλεκτρική αγωγιμότητα $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ από την ίδια εξίσωση είναι $2,02 \text{ g L}^{-1}$. Τα $0,97 \text{ g L}^{-1}$ είναι 48% του $2,02 \text{ g L}^{-1}$. Συνεπώς αν θεωρήσουμε το χειρίστο σενάριο όπου η παρούσα άρδευση γίνεται με νερό ποιότητας $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, τότε για να επιτευχθεί η επιθυμητή ηλεκτρική αγωγιμότητα, η δεξαμενή όμβριων θα πρέπει να καλύπτει το 50% των συνολικών αναγκών άρδευσης.

4 Αποτελέσματα και συζήτηση

4.1 Παραγωγή

Η παραγωγή της πειραματικής καλλιέργειας στο Πολυτεχνείο Κρήτης ποσοτικοποιήθηκε ζυγίζοντας τις ντομάτες σε κάθε συγκομιδή για τις δύο μεταχειρίσεις. Έπειτα, χρησιμοποιώντας τον Πίνακα 5 και βάσει της διαμέτρου των καρπών, έγινε η διάκρισή τους σε κατηγορίες. Οι ντομάτες με τη μεγαλύτερη διάμετρο που ανήκουν στις 3 πρώτες κατηγορίες (G, GG, GGG) αποτελούν την ποιότητα Α ή αλλιώς τις εμπορεύσιμες, ενώ οι υπόλοιπες, των κατηγοριών (M, MM) αποτελούν τις ντομάτες Β ποιότητας ή αλλιώς τις μη-εμπορεύσιμες. Το παρακάτω γράφημα (Εικόνα 6) δείχνει την παραγωγή σε kg ανά φυτό των εμπορεύσιμων ντοματών για τις δύο μεταχειρίσεις, όπως αυτή προέκυψε κατά το τέλος του πειράματος στο Πολυτεχνείο Κρήτης.

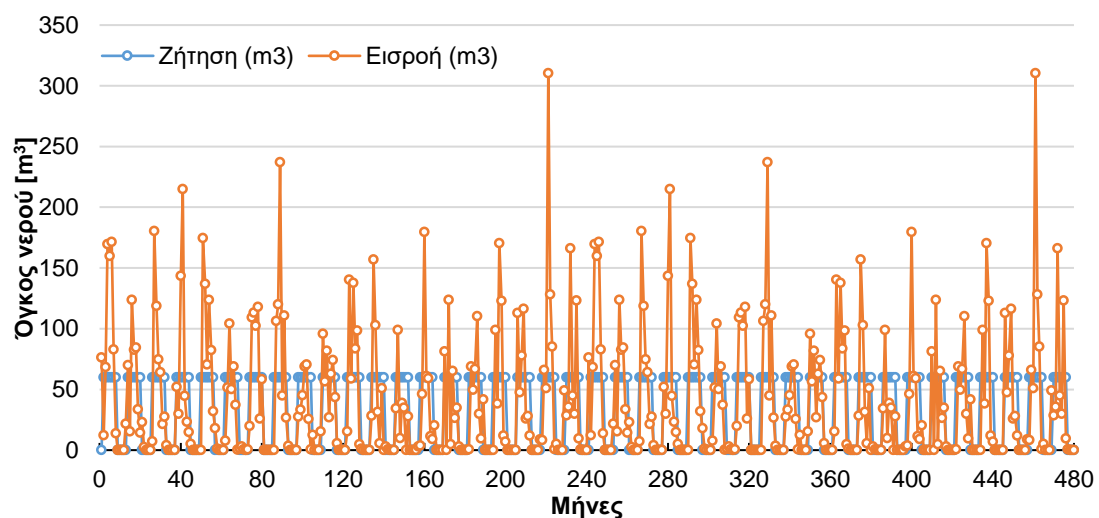


Εικόνα 6: Συνολική απόδοση παραγωγής για όλες τις συγκομιδές για τις δύο μεθόδους μεταχείρισης.

Από την Εικόνα 6 φαίνεται ότι η παραγωγή για την μεταχείριση LN, στην οποία χρησιμοποιήθηκε νερό αγωγιμότητας $1,1 \text{ dS m}^{-1}$, είναι $3,1 \text{ kg}$ ανά φυτό ή 6200 kg ανά στρέμμα, ενώ για την μεταχείριση HN, που χρησιμοποιήθηκε νερό ηλεκτρικής αγωγιμότητας $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, είναι $1,8 \text{ kg}$ ανά φυτό ή 3600 kg ανά στρέμμα. Έτσι, παρατηρούμε ότι η παραγωγή της μεταχείρισης HN είναι ίση με το 58% της μεταχείρισης LN. Δεδομένου ότι η παραγωγή στο θερμοκήπιο του Πολυτεχνείου είναι μικρότερη συγκριτικά με την αντίστοιχη που επιτυγχάνεται στο Τυμπάκι λόγω των εντατικών και επαγγελματικών μεθόδων παραγωγής, στους παρακάτω υπολογισμούς λαμβάνουμε υπόψη μόνο το ποσοστό μεταβολής της παραγωγής και όχι τις απόλυτες τιμές της.

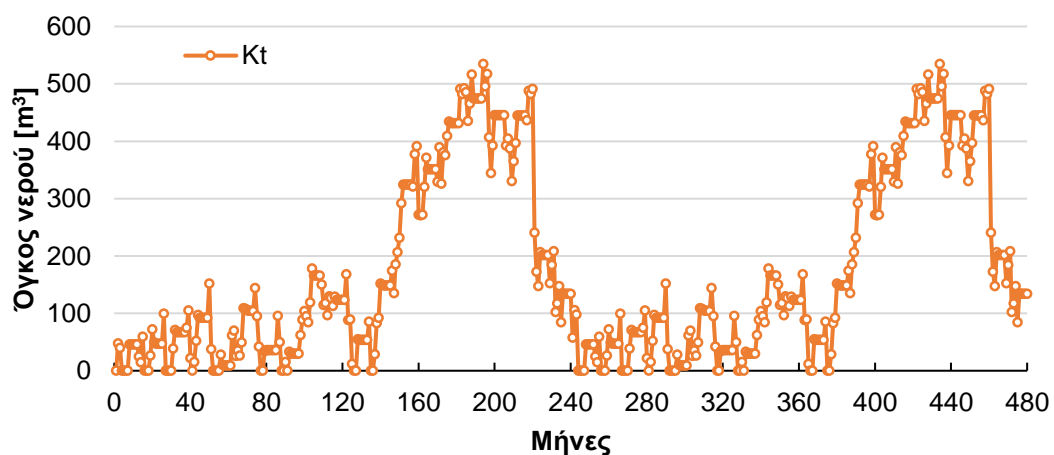
4.2 Διαστασιολόγηση δεξαμενής

Η Εικόνα 7 δείχνει τη ζήτηση συγκριτικά με την εισροή για το διπλάσιο μήκος από τα δεδομένα ύψη βροχής που έχουμε για το Τυμπάκι. Η ζήτηση έχει θεωρηθεί από Μάιο μέχρι Σεπτέμβριο μηδενική και από Οκτώβριο μέχρι Απρίλιο ίση με 60 m^3 ανά 1000 m^2 (ανά στρέμμα) και έχει υπολογιστεί με τις εξής παραδοχές: η άρδευση του κάθε φυτού ανά μέρα είναι $0,002 \text{ m}^3$, τα φυτά τομάτας έχουν φυτευτεί με πυκνότητα 2 φυτά ανά m^2 , η κάλυψη της άρδευσης γίνεται κατά 50% από τη δεξαμενή και η επιφάνεια που μας ενδιαφέρει είναι το 1 στρέμμα. Το γινόμενο των παραπάνω επί 30 μέρες ο μήνας είναι τα 60 m^3 νερό ανά στρέμμα. Η εισροή είναι το γινόμενο του μηνιαίου ύψους βροχής επί την επιφάνεια, έστω 1 στρέμμα.



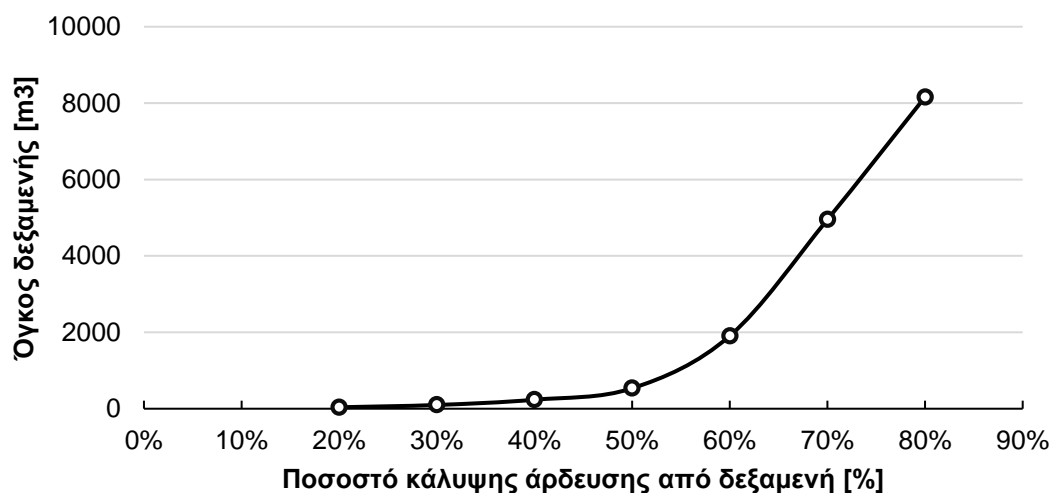
Εικόνα 7: Γράφημα ζήτησης συγκριτικά με την εισροή.

Στην Εικόνα 8 φαίνεται η απαιτούμενη χωρητικότητα της δεξαμενής ως προς το χρόνο (K_t) για έκταση θερμοκηπίου ίση με 1 στρέμμα. Η μέγιστη τιμή του K_t αποτελεί τον απαιτούμενο όγκο της δεξαμενής.



Εικόνα 8: Γράφημα του K_t ως προς το χρόνο.

Για τη συγκεκριμένη περίπτωση, ο όγκος της δεξαμενής που απαιτείται είναι 534 m^3 (για το 50% της ζήτησης) για να καλυφθεί το 60% ο απαιτούμενος όγκος της δεξαμενής γίνεται 1.900 m^3 για την ίδια έκταση, που καθιστά ασύμφορη της επένδυση, συν του ότι δεν είναι απαραίτητη η περαιτέρω χρήση του βρόχινου νερού, γιατί με 50% κάλυψη επιτυγχάνεται η ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 dS m^{-1} όπου έχουμε παράγωγη 100%. Η Εικόνα 9 δείχνει τη μεταβολή του όγκου της δεξαμενής συναρτήσει του ποσοστού κάλυψης της άρδευσης από τη δεξαμενή.



Εικόνα 9: Όγκος δεξαμενής συναρτήσει ποσοστού κάλυψης άρδευσης από δεξαμενή.

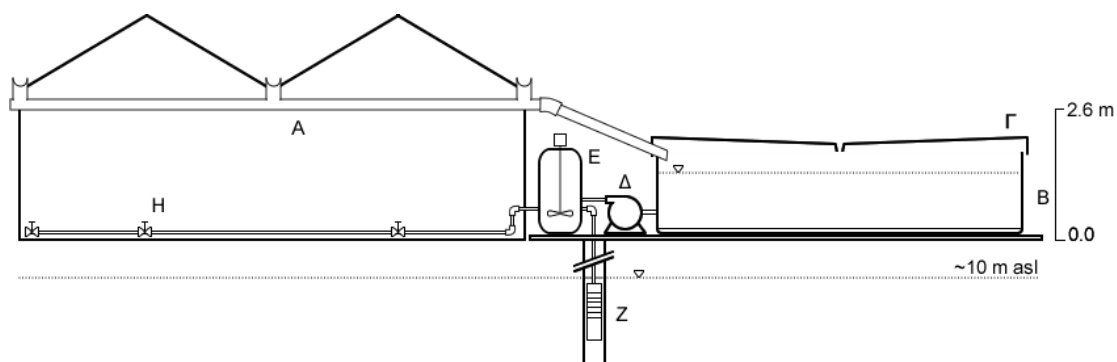
Από την Εικόνα 9 παρατηρούμε ότι μέχρι το 50% του ποσοστού κάλυψης άρδευσης από τη δεξαμενή, ο όγκος της δεξαμενής αυξάνεται αργά. Αντίθετα, από το 50% και μετά η αύξηση του όγκου είναι εκθετική, με συνέπεια την αύξηση τόσο της απαιτούμενης επιφάνειας όσο και του κόστους της. Συνεπώς, η παραδοχή για χρήση της δεξαμενής για κάλυψη του 50% των αναγκών άρδευσης, αφενός ικανοποιεί την ανάγκη για αραιώση του νερού άρδευσης σε 2 dS m^{-1} και αφετέρου είναι ορθολογική.

4.3 Κοστολόγηση δεξαμενής

Έπειτα από έρευνα προσδιορίστηκαν τα κόστη για την κατασκευή και την λειτουργία της εν λόγω δεξαμενής και αφορούν: το κόστος εργασίας, την αντλία για την μεταφορά του νερού από την δεξαμενή για την άρδευση των φυτών, ένα φίλτρο για τον καθαρισμό του νερού της δεξαμενής και την πρόληψη δημιουργίας παθογόνων, τα υλικά κατασκευής που είναι ο γαλβανισμένος χάλυβας, η αδιάβροχη μεμβράνη για την κάλυψη της δεξαμενής και την ελάττωση της εξάτμισης, το σκυρόδεμα για τη θεμελίωση της δεξαμενής και τις σωληνώσεις για την μεταφορά του νερού. Ο Πίνακας 9 παραθέτει τα κόστη για έκταση θερμοκηπίου 1 στρέμματος .

Πίνακας 8: Κόστη για την κατασκευή δεξαμενής για 1000 m² θερμοκηπίου.

Κατηγορία	Είδος	Αξία [€]
Εργασία		839,69
Εξοπλισμός	Αντλία	524,56
	Φίλτρο καθαρισμού	524,56
Υλικά κατασκευής	Γαλβανισμένος χάλυβας	3.306,91
	Αδιάβροχη μεμβράνη	2.309,65
	Μπετόν	283,74
	Σωλήνες	2.203,95
Σύνολο		9.993,07€



Εικόνα 7: Σκαρίφημα θερμοκηπίου: Ένα δίκτυο υδρορροών (Α) μεταφέρει το βρόχινο νερό σε δεξαμενή (Β) που μπορεί προαιρετικά να είναι καλυμμένη (C). Το αποθηκευμένο νερό στη συνέχεια μπορεί να αντληθεί (D) σε ένα ντεπόζιτο ανάμιξης (Ε) όπου αραιώνεται το υφάλμυρο νερό που αντλείται από τον υδροφορέα (F). Το μειωμένης αλατότητας νερό κατευθύνεται στο σύστημα άρδευσης (G) του θερμοκηπίου. Πηγή Panagea et al. (2016)

4.4 Ταμειακές ροές ανά σενάριο

Έπειτα από έρευνα που πραγματοποιήθηκε και χάρις στην συνεργασία των παραγωγών ντομάτας στο Τυμπάκι, καθώς και γεωπόνων συλλέχθηκαν στοιχεία που αφορούν έκταση θερμοκηπίου ίση με 1 στρέμμα (Πίνακας 9). Αξίζει να σημειωθεί ότι στις ταμειακές ροές δεν έχουν συμπεριληφθεί εργατικά.

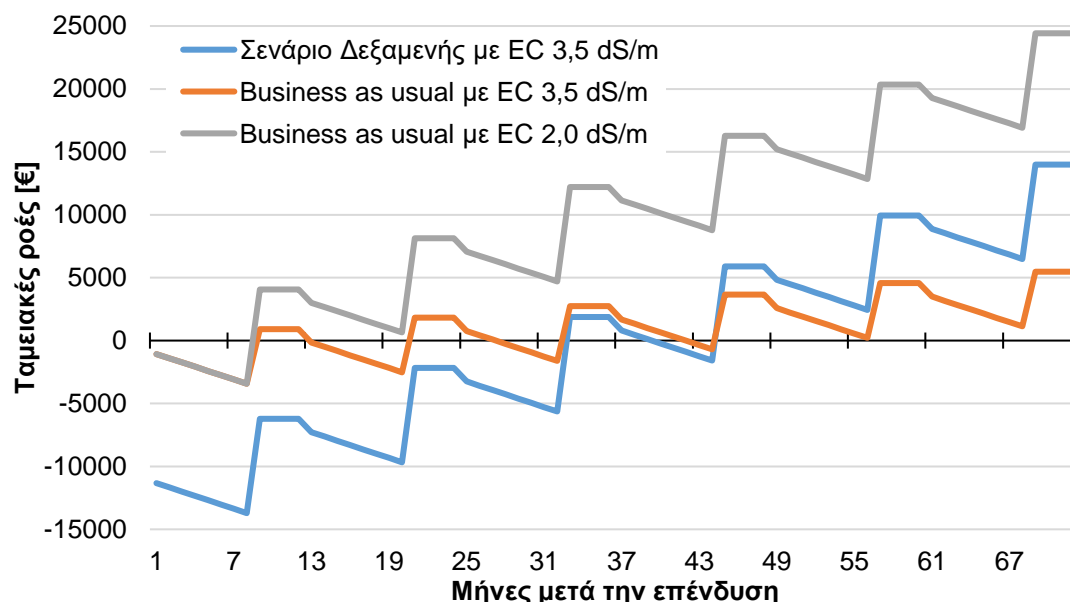
Πίνακας 9: Κόστη λειτουργίας του θερμοκηπίου για τα 3 σενάρια.

Είδος	Αξία με δεξαμενή	Αξία χωρίς δεξαμενή	Με επέκταση του
			θερμοκηπίου για 1 στρέμμα
Νερό γεώτρησης	90 €/ έτος	160 €/ έτος	320 €/ έτος
Άδεια χρήσης γεώτρησης	200 €/ έτος	200 €/ έτος	400 €/ έτος
Λίπανση	1.100 €/ έτος	1.000 €/ έτος	2.000 €/ έτος
Αγορά φυτών	870 €/ έτος	870 €/ έτος	1.740 €/ έτος
Φυτοπροστασία	1.200 €/ έτος	1.200 €/ έτος	2.400 €/ έτος
Επένδυση	10.000 €	0 €	10.000 €
Παραγωγή	15.000 kg	8.684 kg	17.367 kg
Τιμή ντομάτας	0,5 €/ kg	0,5 €/ kg	0,5 €/ kg
Έσοδα πωλήσεων	7.500 €/ έτος	4.341 €/ έτος	8.683 €/ έτος

Η λίπανση για τους παραγωγούς που δεν χρησιμοποιούν δεξαμενή αποθήκευσης βρόχινου νερού κοστίζει 1.000 € το έτος ανά στρέμμα, ωστόσο για αυτούς που χρησιμοποιούν δεξαμενή το κόστος αυξάνεται κατά 10% (1.100 € το έτος ανά στρέμμα), διότι το βρόχινο νερό υστερεί σε θρεπτικά άλατα και αναπληρώνονται με μικρή αύξηση της λίπανσης. Η τιμή της ντομάτας αφορά τις ντομάτες Α ποιότητας, δηλαδή τις εμπορεύσιμες που στην παρούσα διπλωματική έχουν θεωρηθεί αυτές που έχουν διάμετρο μεγαλύτερη από 66 mm. Η παραγωγή 15.000 kg το στρέμμα είναι μια μέση παραγωγή για τα θερμοκήπια στα οποία γίνεται άρδευση με νερό χαμηλής (μη περιοριστικής για την παραγωγή) ηλεκτρικής αγωγιμότητας, δηλαδή μικρότερη ή ίση των 2 dS m⁻¹. Η αντίστοιχη τιμή 8.684 kg προκύπτει αν πολλαπλασιάσουμε το ποσοστό ης παραγωγής που διασώζεται από την υψηλή αλατότητα (σύμφωνα με το πείραμα που πραγματοποιήθηκε στο Πολυτεχνείο είναι 57%) επί την παραγωγή με ιδανικές τιμές αλατότητας-ηλεκτρικής αγωγιμότητας, δηλαδή την τιμή 15.000 kg.

Η άρδευτική περίοδος που συμπίπτει με την καλλιεργητική περίοδο έχει θεωρηθεί ότι είναι από τον μήνα Οκτώβριο μέχρι τον Απρίλιο. Για τον υπολογισμό των ταμειακών ροών έχει θεωρηθεί ότι στην αρχή της καλλιεργητικής περιόδου, δηλαδή το Σεπτέμβριο, γίνεται η αγορά των φυτών και πληρώνεται η άδεια χρήσης της γεώτρησης, ενώ για το σενάριο με τη δεξαμενή, γίνεται και η αγορά της δεξαμενής. Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, Οκτώβριο μέχρι και Απρίλιο, τα έξοδα αφορούν το νερό της γεώτρησης, η λίπανση

και τη φυτοπροστασία και ότι τα έξοδα τους είναι ισόποσα καταμερισμένα κατά τη διάρκειά της. Επίσης, θεωρήθηκε ότι στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου, δηλαδή τον Μάιο, εισπράττεται το σύνολο των χρημάτων από τις πωλήσεις. Οι ταμειακές ροές για τα 6 έτη, που είναι ο οικονομικός χρόνος ζωής της επένδυσης, για τα σενάρια χωρίς επένδυση, με κατασκευή δεξαμενής και με επέκταση του θερμοκηπίου για 1 στρέμμα φαίνονται στην Εικόνα 10.



Εικόνα 10: Ταμειακές ροές για 6 έτη για τα 3 σενάρια.

4.5 Ανάλυση νεκρού σημείου

Έχοντας θεωρήσει ότι η παραγωγή ντομάτας είναι σταθερή κάθε έτος, καθώς και η τιμή πώλησής της προκύπτει ότι τα έσοδα πωλήσεων είναι σταθερά κάθε έτος. Συνεπώς, η τιμή νεκρού σημείου P_{BE} (break-even price) είναι η ίδια για όλα τα έτη, εκτός από το πρώτο στο οποίο πραγματοποιείται η επένδυση. Στο πρώτο έτος, η τιμή νεκρού σημείου είναι το πηλίκο των συνολικών δαπανών, συμπεριλαμβανομένης της επένδυσης, προς το μέγεθος της παραγωγής, ενώ για τα υπόλοιπα έτη στις δαπάνες δεν συμπεριλαμβάνεται η επένδυση. Ο Πίνακας 10 με την τιμή νεκρού σημείου για τα τρία σενάρια, για το πρώτο και τα υπόλοιπα έτη είναι ο παρακάτω.

Ο Πίνακας 10 δείχνει ότι η τιμή νεκρού σημείου αυξάνεται το πρώτο έτος λόγω της επένδυσης και στις δύο περιπτώσεις επενδύσεων, με το σενάριο με την επέκταση του θερμοκηπίου να έχει λίγο μεγαλύτερη τιμή. Αντίστοιχα στα υπόλοιπα έτη, η κατασκευή της δεξαμενής συνεισφέρει στην μείωση της τιμής νεκρού σημείου, λόγω της αύξησης της παραγωγής. Αντίθετα, η επέκταση του θερμοκηπίου δεν επηρεάζει την τιμή νεκρού σημείου τα υπόλοιπα έτη, διότι η παραγωγή αυξάνεται, αλλά εξίσου αυξάνεται και η έκταση του θερμοκηπίου, δηλαδή τα έξοδα. Συνεπώς, η επένδυση στην κατασκευή της δεξαμενής δίνει

την δυνατότητα στον παραγωγό να μειώσει αν θέλει την τιμή του προϊόντος στα επόμενα έτη χωρίς να έχει ζημία. Αντίστοιχα, η επένδυση στην επέκταση του θερμοκηπίου θα αυξήσει την συνολική παραγωγή, αλλά δεν δίνει την δυνατότητα στον παραγωγό να μειώσει την τιμή του προϊόντος. Συμπερασματικά, βάσει της ανάλυσης νεκρού σημείου η κατασκευή της δεξαμενής είναι η πιο συμφέρουσα επένδυση από τις δύο.

Πίνακας 10: Τιμή νεκρού σημείου για τα 3 σενάρια.

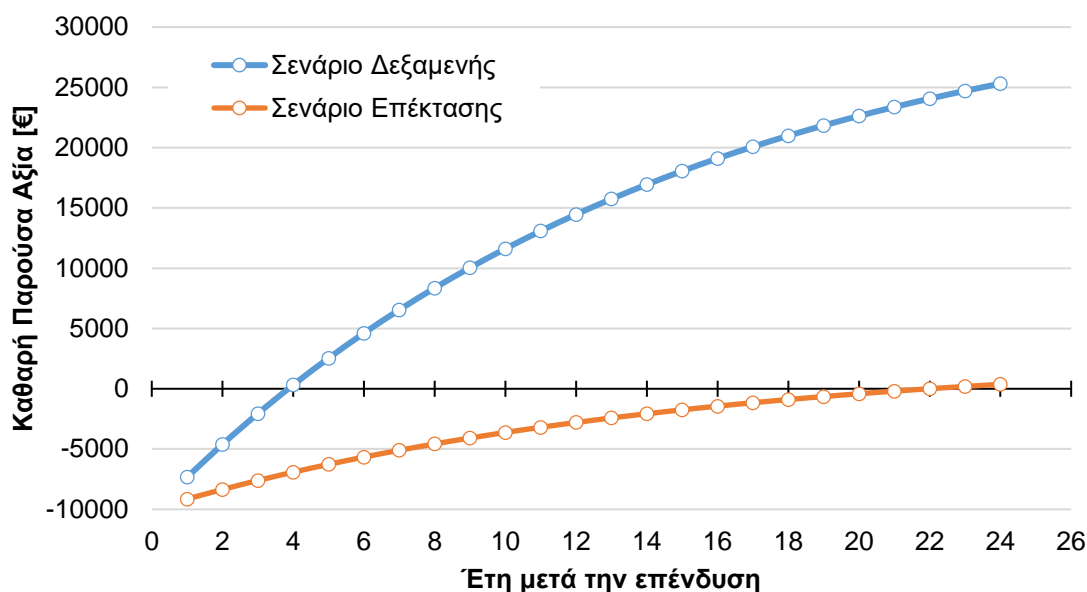
Τιμή νεκρού σημείου P_{BE} / Σενάριο	Χωρίς επένδυση	Με δεξαμενή	Με επέκταση του θερμοκηπίου κατά 1 στρέμμα
1^ο έτος	0,39	0,91	0,97
Υπόλοιπα έτη	0,39	0,23	0,39

4.6 Καθαρή παρούσα αξία

Ως τιμή προεξοφλητικού επιτοκίου r στην περίπτωση που εξετάζουμε μπορεί να θεωρηθεί το επιτόκιο δανεισμού των αγροτών. Συγκεκριμένα, το επιτόκιο του Ανοικτού Δανείου Αγροτών είναι κυμαινόμενο για όλη τη διάρκεια του δανείου, με τιμή 7,10 % πλέον της εισφοράς του Ν. 128/75 που σήμερα ανέρχεται σε 0,12 μονάδες ή 0,6 μονάδες ανάλογα με την κύρια επαγγελματική δραστηριότητα του αγρότη. Στην παρούσα διπλωματική θεωρείται ότι είναι σταθερό με τιμή 7,10% σύμφωνα με στοιχεία της Τράπεζας Winbank (2017). Επίσης, ως οικονομικός χρόνος ζωής και των δύο επενδύσεων θεωρείται ότι είναι τα 6 έτη. Για τον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας, αλλά και παρακάτω του χρόνου απόδοσης επενδυμένων κεφαλαίων χρησιμοποιείται η διαφορά των καθαρών ταμειακών ροών για το σενάριο με την επένδυση πλην των αντίστοιχων για το σενάριο χωρίς την επένδυση. Η με την καθαρή παρούσα αξία για τις δύο επενδύσεις είναι το παρακάτω.

Ο Πίνακας 11 δείχνει ότι στα 6 έτη, που έχει οριστεί ως οικονομικός χρόνος ζωής της επένδυσης, η ΚΠΑ για την κατασκευή της δεξαμενής είναι θετική, άρα η επένδυση είναι αποδεκτή. Αντίστοιχα, η τιμή της ΚΠΑ για την κατασκευή 1 επιπλέον στρέμματος θερμοκηπίου είναι αρνητική στο ίδιο χρονικό διάστημα, που καθιστά την επένδυση ασύμφορη. Σε ότι αφορά τη σύγκριση των δύο επενδύσεων, η κατασκευή της δεξαμενής είναι πιο συμφέρουσα, διότι έχει μεγαλύτερη ΚΠΑ σε όλα τα έτη, όπως φαίνεται στον πίνακα και στο διάγραμμα. Αν ο χρόνος ζωής της επένδυσης είχε οριστεί να είναι στα 22 έτη ή μεγαλύτερος, τότε θα θεωρούνταν αποδεκτές και οι δύο επενδύσεις, αλλά πάλι πιο συμφέρουσα θα ήταν η δεξαμενή. Η Εικόνα 11 δείχνει ότι ο ρυθμός αύξησης της ΚΠΑ

μειώνεται με τα χρόνια, λόγω του προεξοφλητικού επιτοκίου, που εκφράζει την μείωση της αξίας του χρήματος με το χρόνο.



Εικόνα 11: Καθαρή παρούσα αξία για τα δύο σενάρια επενδύσεων.

4.7 Χρόνος απόδοσης ή αποπληρωμής επενδυμένων κεφαλαίων

Ως οικονομικός χρόνος ζωής της επένδυσης, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, είναι τα 6 έτη. Ο χρόνος απόδοσης επενδυμένων κεφαλαίων PP στη συγκεκριμένη περίπτωση που έχουμε θεωρήσει ότι τα ετήσια έσοδα και έξοδα είναι σταθερά κάθε έτος υπολογίζεται, αφού υπολογιστούν πρώτα οι καθαρές ταμειακές ροές για το πρώτο έτος (που είναι ίδιες για όλα τα έτη). Στη συνέχεια, το κόστος της επένδυσης διαιρείται με τις ετήσιες καθαρές ταμειακές ροές και το πηλίκο αποτελεί το χρόνο απόδοσης των επενδυμένων κεφαλαίων. Οι ετήσιες καθαρές ταμειακές ροές όπως προαναφέρθηκε αποτελούν τη διαφορά των καθαρών ταμειακών ροών με την επένδυση και των καθαρών ταμειακών ροών χωρίς την επένδυση. Ο Πίνακας 11 δείχνει τις ετήσιες καθαρές ταμειακές ροές για την επένδυση που αφορά την κατασκευή της δεξαμενής και την αντίστοιχη για την κατασκευή θερμοκηπίου 1 στρέμματος, καθώς και το κόστος της επένδυσης και ο χρόνος απόδοσης των επενδυμένων κεφαλαίων.

Παρατηρούμε ότι οι ετήσιες KTP είναι 3 φορές μεγαλύτερες περίπου για την επένδυση της κατασκευής δεξαμενής από ότι για την κατασκευή θερμοκηπίου 1 στρέμματος, και εφόσον το κόστος επένδυσης είναι ίδιο, προκύπτει ότι ο χρόνος απόδοσης των επενδυμένων κεφαλαίων για την κατασκευή της δεξαμενής είναι αρκετά μικρότερος από ότι για το σενάριο της κατασκευής του θερμοκηπίου (Πίνακας 11). Πιο συγκεκριμένα, για το σενάριο της δεξαμενής είναι $PP < 6$ έτη, άρα η επένδυση θεωρείται αποδεκτή. Αντίθετα, για την κατασκευή ενός στρέμματος θερμοκηπίου ισχύει $PP > 6$ έτη, άρα η επένδυση δεν θεωρείται αποδεκτή.

Πίνακας 11: KTP, κόστος επένδυσης και PP για τα δύο σενάρια επενδύσεων .

Επένδυση	Κατασκευή δεξαμενής	Επέκταση θερμοκηπίου
Ετήσιες KTP [€]	3.128	911
Κόστος επένδυσης [€]	10.000	10.000
Payback period (PP) [έτη]	3,20	10,97

5 Συμπεράσματα και προτάσεις

5.1 Οικονομικοί δείκτες-οικονομικά οφέλη

Η ανάλυση νεκρού σημείου έδειξε ότι η τιμή P_{BE} αυξάνεται τον πρώτο χρόνο λόγω της επένδυσης, ενώ για τα υπόλοιπα έτη μειώνεται μόνο στην επένδυση για την κατασκευή της δεξαμενής. Αυτή η θετική επίδραση της δεξαμενής στην P_{BE} οφείλεται στην μειωμένη αλατότητα του αρδευτικού ύδατος για το σενάριο δεξαμενής. Συνεπώς, σύμφωνα με την ανάλυση νεκρού σημείου, η επένδυση για την κατασκευή της δεξαμενής έχει θετική επίδραση στην τιμή νεκρού σημείου, ενώ η αντίστοιχη για την επέκταση του θερμοκηπίου δεν επιδρά ούτε θετικά ούτε αρνητικά στην τιμή νεκρού σημείου. Σύμφωνα με την μέθοδο της καθαρής παρούσας αξίας, για χρόνο ζωής της επένδυσης ίσο με 6 έτη, η κατασκευή της δεξαμενής είναι μια αποδεκτή επένδυση, γιατί η ΚΠΑ έχει θετική τιμή μετά από 6 έτη. Αντίθετα, η επέκταση του θερμοκηπίου δεν είναι αποδεκτή, γιατί η ΚΠΑ έχει αρνητική τιμή με το πέρας των 6 ετών. Επίσης, αν συγκρίνουμε τις ΚΠΑ των δύο επενδύσεων, παρατηρούμε ότι η ΚΠΑ του σεναρίου κατασκευής της δεξαμενής είναι μεγαλύτερη γενικά, αλλά και ειδικά για τα 6 έτη που μας ενδιαφέρει, άρα η εν λόγω επένδυση είναι πιο συμφέρουσα σε σχέση με την επέκταση του θερμοκηπίου, ακόμα και αν ο χρόνος ζωής ήταν μεγαλύτερος των 6 ετών. Τα ίδια αποτελέσματα με την ΚΠΑ δείχνει και ο χρόνος απόδοσης επενδυμένων κεφαλαίων (PP), δηλαδή ότι τα κεφάλαια που δαπανήθηκαν για την επένδυση της δεξαμενής θα αποπληρωθούν πριν από την δετία και συνεπώς είναι μια αποδεκτή επένδυση. Αντίθετα, η επένδυση για την επέκταση θα αποπληρωθεί σε 11 έτη περίπου και δεν ικανοποιεί την απαίτηση για αποπληρωμή σε 6 έτη. Συγκρίνοντας τις δύο επενδύσεις βάσει του (PP), η επένδυση για την κατασκευή της δεξαμενής έχει μικρότερος χρόνο αποπληρωμής, άρα είναι η πιο συμφέρουσα. Συνοψίζοντας, όλοι οι οικονομικοί δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση και σύγκριση των δύο επενδύσεων καταλήγουν στο ότι η επένδυση για την κατασκευή της δεξαμενής είναι αποδεκτή, ενώ η επένδυση για την επέκταση του θερμοκηπίου δεν είναι αποδεκτή. Επίσης, η επένδυση για τη δεξαμενή είναι συμφέρουσα σε σχέση με αυτή για την επέκταση. Τα παραπάνω συμπεράσματα αποδεικνύουν τη βιωσιμότητα της επένδυσης για την κατασκευή της δεξαμενής αποθήκευσης του βρόχινου νερού από οικονομική σκοπιά.

5.2 Κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη

Η επένδυση για την κατασκευή της δεξαμενής έχει επιπλέον οφέλη σε ότι αφορά την αειφορία του εδάφους που χρησιμοποιεί το θερμοκήπιο. Συγκεκριμένα, η αξιοποίηση των όμβριων υδάτων συνεπάγεται μειωμένη ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού άρδευσης, δηλαδή αυξημένη ποσότητα παραγωγής, ενώ παράλληλα στο έδαφος μετά το πέρας κάθε

καλλιεργητικής περιόδου συγκεντρώνονται λιγότερα άλατα. Κατά συνέπεια, την επόμενη καλλιεργητική περίοδο δεν θα χρειάζονται επιπλέον μέτρα έκπλυσης του εδάφους από τα άλατα. Επίσης, την νέα καλλιεργητική περίοδο δεν θα χρειάζεται αύξηση των χρησιμοποιούμενων αγροχημικών ως μέτρο για την αντιμετώπιση της μείωσης της παραγωγής λόγω της αυξημένης αλάτωσης του εδάφους. Αν μάλιστα η ίδια πρακτική εφαρμοστεί από μεγάλη μερίδα των κατόχων θερμοκηπίων, τότε θα υπάρξει περιορισμός του φαινομένου της υφαλμύρινσης που είναι έντονο στην περιοχή, καθώς και τα φαινόμενα λειψυδρίας των θερινών μηνών, για τις αντίστοιχες καλλιέργειες που λαμβάνουν χώρα εκείνη την περίοδο, δηλαδή θα υπάρχει μεγαλύτερη διαθεσιμότητα νερού. Σύμφωνα με τους άμεσα εμπλεκόμενους φορείς στην αγροτική παραγωγή και στη διαχείριση υδάτων, η κατασκευή της δεξαμενής για την συλλογή όμβριων υδάτων επηρεάζει θετικά όλους τους παράγοντες που οι ίδιοι θεωρούν σημαντικούς παρόλο που πιθανώς να αυξήσει τα έξοδα των παραγωγών σε αγροχημικά (Panagea et al., 2016).

5.3 Αξιολόγηση της προτεινόμενης καλλιεργητικής πρακτικής

Όπως αναλύθηκε και παραπάνω, η συλλογή όμβριων υδάτων σε δεξαμενές αποτελεί μια επένδυση που είναι συμφέρουσα και αποδοτική, καθώς συμβάλλει στη αύξηση της παραγωγής σε περιοχές που πάσχουν από υφαλμύριση, ενώ παράλληλα συμβάλλει στον περιορισμό του φαινομένου και στην αύξηση της διαθεσιμότητας του νερού. Πρόκειται δηλαδή για μια επένδυση που για συνθήκες περιορισμένης διαθεσιμότητας του νερού και με άνιση κατανομή, τοπικά και χρονικά, των κατακρημνίσεων είναι αρκετά ρεαλιστική και επικερδής. Ωστόσο, η παρούσα διπλωματική βασίζεται σε παραδοχές όπως η σταθερή τιμή πώλησης των προϊόντων, η διαθεσιμότητα των κεφαλαίων για την επένδυση και η πώληση όλης της παραγωγής Α ποιότητας. Συνεπώς, η εν λόγω επένδυση θεωρητικά είναι αποδεκτή και συμφέρουσα, αλλά αφενός αφορά τη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης και περιοχές με συναφή προβλήματα, αφετέρου πριν πραγματοποιηθεί συνίσταται η συμβουλή γεωπόνου για πιθανά προβλήματα που θα προκύψουν και δεν έχουν ληφθεί υπόψη στη διπλωματική.

5.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η δεξαμενή συλλογής των όμβριων υδάτων που χρησιμοποιείται στην παρούσα διπλωματική περιλαμβάνει κάλυμμα για τον περιορισμό της εξάτμισης του νερού από αυτή. Στην πραγματικότητα όμως η δεξαμενή δεν καλύπτεται αεροστεγώς. Συνεπώς, υφίσταται μικρή απώλεια υδρατμών με αποτέλεσμα να μειώνεται ο όγκος του αποθηκευμένου ύδατος. Σε περαιτέρω μελέτη θα μπορούσε να ποσοτικοποιηθεί αυτή η απώλεια για να υπολογιστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια ο απαιτούμενος όγκος της δεξαμενής.

Στο σενάριο επέκτασης της θερμοκηπιακής μονάδας δεν λαμβάνονται υπόψη τα οικονομικά οφέλη από την αύξηση κλίμακας αλλά έχει θεωρηθεί ότι είναι ανάλογα της έκτασης του

θερμοκηπίου. Η αύξηση κλίμακας στην πραγματικότητα μπορεί να αποφέρει μείωση στην αγορά των αγροχημικών και μείωση στα κόστη λειτουργίας του θερμοκηπίου, όπως τα εργατικά και τα μεταφορικά. Συνεπώς, σε περαιτέρω μελέτη θα μπορούσε να συμπεριληφθεί η οικονομία κλίμακας και να αξιολογηθεί αν το σενάριο επένδυσης στην επέκταση της θερμοκηπιακής μονάδας είναι ρεαλιστικό.

Τέλος, στην περιοχή μελέτης υπάρχουν και άλλοι τύποι καλλιέργειας εκτός από την θερμοκηπιακή ντομάτα. Σχετικά με τις υπόλοιπες θερμοκηπιακές καλλιέργειες, η οικονομική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε μπορεί να επεκταθεί και για άλλες μονοετείς καλλιέργειες οπωροκηπευτικών, με πιθανή αλλαγή του χρόνου ζωής της επένδυσης ανάλογα την καλλιέργεια. Σχετικά με τις μη-θερμοκηπιακές καλλιέργειες, είναι σημαντικό να διερευνηθεί κατά πόσο το όφελος από χρήση των όμβριων υδάτων στα θερμοκήπια έχει σημαντικό αντίκτυπο στις συνολικές αρδεύσεις της περιοχής σε επίπεδο εξοικονόμησης ύδατος και βιωσιμότητας των υπογείων υδάτων.

Βιβλιογραφία

- Τσώλας, Γ., 2002. Εκπόνηση οικονομοτεχνικών μελετών. Εκδόσεις Πατάκη.
- Adeloye, A.J., Montaseri, M., Garmann, C., 2001. Curing the misbehavior of reservoir capacity statistics by controlling shortfall during failures using the modified Sequent Peak Algorithm. *Water Resour. Res.* 37, 73–82. doi:10.1029/2000WR900237
- Anderson, I.M., Burton, M., 2009. EFFICIENT WATER USE FOR AGRICULTURAL PRODUCTION PROJECT (EWUAP) Best Practices and Guidelines for Water Harvesting and Community Based (Small Scale) Irrigation in the Nile Basin Part III – Action plans for Possible Investments to be Considered by the SAPs 35.
- Apostolakis, A., Daliakopoulos, I., Tsanis, I., 2017. Effectiveness of T. harzianum and Humate Amendment in Soil Salinity Restoration. *Geophys. Res. Abstr. EGU Gen. Assem.* 19, 2017–15797.
- Apostolakis, A., Koutskoudis, D., Deligianni, A., Nevras, C., Wagner, K., Daliakopoulos, I.N., Stamatakis, A., Tsanis, I.K., 2016. Effect of Saline Water Drip Irrigation on Tomato Yield and Quality Characteristics under Mediterranean Greenhouse Conditions, in: 158th EAAE International Seminar “Euro-Mediterranean Cooperation in Sustainable Agriculture and Food Security: Policies, Sustainability, Marketing and Trade. Chania, Greece.
- Apostolakis, A., Tsanis, I.K., 2016. Προσομοίωση Καλλιέργειας Θερμοκηπιακής Τομάτας με το Μοντέλο SALTMED: Σενάρια Ποιότητας Άρδευσης και Κλιματικής Αλλαγής. Technical University of Crete, Greece.
- Ayers, R.S., Westcot, D.W., 1985. Water quality for agriculture.
- Bailey, D.A., 2003. Alkalinity control for irrigation water used in greenhouses. NC State Univ. Raleigh, NC 27609–27695.
- Bolarin, M., Perez-Alfocea, F., Cano, E., Estan, M., Caro, M., 1993. Growth, fruit yield, and ion concentration in tomato epotypes after pre- and post-emergence salt treatments. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 118: 655–660.
- Bolarín, M.C., Fernández, F.G., Cruz, V., Cuartero, J., 1991. Salinity Tolerance in Four Wild Tomato Species using Vegetative Yield-Salinity Response Curves 116, 286–290.
- Brandt, S., Pék, Z., Barna, É., Lugasi, A., Helyes, L., 2006. Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. *J. Sci. Food Agric.* 86, 568–572. doi:10.1002/jsfa.2390

- Briassoulis, D., Waaijenberg, D., Gratraud, J., von Elsner, B., 1997a. Mechanical Properties of Covering Materials for Greenhouses Part 2: Quality Assessment. *J. Agric. Eng. Res.* 67, 171–217. doi:10.1006/JAER.1997.0155
- Briassoulis, D., Waaijenberg, D., Gratraud, J., von Elsner, B., 1997b. Mechanical Properties of Covering Materials for Greenhouses Part 2: Quality Assessment. *J. Agric. Eng. Res.* 67, 171–217. doi:10.1006/JAER.1997.0155
- Castilla, N., 1994. GREENHOUSES IN THE MEDITERRANEAN AREA: TECHNOLOGICAL LEVEL AND STRATEGIC MANAGEMENT. *Acta Hortic.* 44–56. doi:10.17660/ActaHortic.1994.361.3
- Chesworth, W., 2008. *Encyclopedia of soil science*. Springer.
- Cox, D., 1995. Water quality: pH and alkalinity. Univ. Massachusetts Extention. Dep. Plant Soil Sci. Massa. USA.
- CPA, 1992. Comité des Plastiques en Agriculture. Paris.
- Cruz, V., Cuartero, J., ... M.B.-J. of the, 1990, U., 1990. Evaluation of characters for ascertaining salt stress responses in *Lycopersicon* species. *journal.ashspublications.org*.
- Cuartero, J., Fernández-Muñoz, R., 1998. Tomato and salinity. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 78, 83–125.
- Daliakopoulos, I., Tsanis, I., Koutroulis, A., Kourgialas, N., Varouhakis, E., Karatzas, G., Ritsema J Coen, 2016. *The Threat of Soil Salinity: a European Scale Review*. Elsevier Editor. *Syst. Sci. Total Environ.*
- Deligianni, A., Tsanis, I.K., 2016. Επίδραση Της Αλατότητας Άρδευσης και του Μύκητα *T. Harzianum* στα Ποιοτικά Χαρακτηριστικά του Εδάφους για Θερμοκηπιακής Καλλιέργεια. Technical University of Crete, Greece.
- Dixit, A.K., Pindyck, R.S., 1994. *Investment under uncertainty*. Princeton University Press.
- Eckelmann, W., Baritz, R., Bialousz, S., Bielek, P., Carré, F., Houšková, B., Jones, R.J.A., Kibblewhite, M., Kozak, J., Bas, C. Le, Tóth, G., Tóth, T., 2006. Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats.
- Enoch, H.Z., 1986. CLIMATE AND PROTECTED CULTIVATION. *Acta Hortic.* 11–20. doi:10.17660/ActaHortic.1986.176.1
- Fraser, P.D., Römer, S., Kiano, J.W., Shipton, C.A., Mills, P.B., Drake, R., Schuch, W., Bramley, P.M., 2001. Elevation of carotenoids in tomato by genetic manipulation. *J. Sci. Food Agric.* 81, 822–827. doi:10.1002/jsfa.908

- Geeson, N.A., Brandt, C.J., Thornes, J.B., 2003. Mediterranean desertification: a mosaic of processes and responses. John Wiley & Sons.
- Germing, G.H., 1985. GREENHOUSE DESIGN AND CLADDING MATERIALS - A SUMMARIZING REVIEW. Acta Hortic. 253–257. doi:10.17660/ActaHortic.1985.170.29
- Gidley, J.S., 1986. On the equivalence of the sequent peak algorithm and the linear programming method for determining the capacity of a single reservoir. J. Hydrol. 89, 109–122. doi:10.1016/0022-1694(86)90146-0
- Gittinger, J.P. (James P., 1984. Compounding and discounting tables for project analysis : with a guide to their applications. Johns Hopkins University Press, Washington, D.C.
- Goyette, B., Vigneault, C., Marie The, 2012. Effect of hyperbaric treatments on the quality attributes of tomato. doi:10.4141/CJPS2011-168
- Greiner, R., 1997. Optimal farm management responses to emerging soil salinisation in a dryland catchment in eastern Australia. L. Degrad. Dev. 8, 281–303. doi:10.1002/(SICI)1099-145X(199712)8:4<281::AID-LDR247>3.0.CO;2-S
- Guo, Q., 2010. The response mechanism of soil salinity transfer and diversity rule to environment factor. Shanxi.
- HSA, 2008. Annual Agricultural Statistics Report of the Hellenic Statistical Authority (ELSTAT).
- Ji, W., Cai, J., Wang, Z., Wang, K., 2010. Scale optimization of greenhouse agricultural rainwater harvesting and utilization project. Trans. Chinese Soc. Agric. Eng. 26, 248–253.
- Jones, A., Panagos, P., Barcelo, S., Bouraoui, F., Bosco, C., Dewitte, O., Gardi, C., Hervás, J., Hiederer, R., Jeffery, S., others, 2012. The state of soil in europe-a contribution of the jrc to the european environment agency's environment state and outlook report–soer 2010.
- Kaliabakos, D., Damigos, D., 2008. Οικονομικά του Περιβάλλοντος και των Υδατικών Πόρων: Χρηματοοικονομική και κοινωνικοοικονομική αξιολόγηση επενδύσεων. Athens, Greece.
- Koorevaar, P., Menelik, G., Dirksen, C., 1983. Elements of soil physics. Elsevier.
- Kosmas, C., Kairis, O., Karavitis, C., Ritsema, C., Salvati, L., Acikalin, S., Alcalá, M., Alfama, P., Atlhopheng, J., Barrera, J., Belgacem, A., Solé-Benet, A., Brito, J., Chaker, M., Chanda, R., Coelho, C., Darkoh, M., Diamantis, I., Ermolaeva, O., Fassouli, V., Fei,

- W., Feng, J., Fernandez, F., Ferreira, A., Gokceoglu, C., Gonzalez, D., Gungor, H., Hessel, R., Juying, J., Khatteli, H., Khitrov, N., Kounalaki, A., Laouina, A., Lollino, P., Lopes, M., Magole, L., Medina, L., Mendoza, M., Morais, P., Mulale, K., Ocakoglu, F., Ouessar, M., Ovalle, C., Perez, C., Perkins, J., Pliakas, F., Polemio, M., Pozo, A., Prat, C., Qinke, Y., Ramos, A., Ramos, J., Riquelme, J., Romanenkov, V., Rui, L., Santaloia, F., Sebegu, R., Sghaier, M., Silva, N., Sizemskaya, M., Soares, J., Sonmez, H., Taamallah, H., Tezcan, L., Torri, D., Ungaro, F., Valente, S., de Vente, J., Zagal, E., Zeiliger, a, Zhonging, W., Ziogas, A., 2013. Evaluation and Selection of Indicators for Land Degradation and Desertification Monitoring: Methodological Approach. *Environ. Manage.* doi:10.1007/s00267-013-0109-6
- Koutroulis, A.G., Tsanis, I.K., Daliakopoulos, I.N., 2010. Seasonality of floods and their hydrometeorologic characteristics in the island of Crete. *J. Hydrol.* 394, 90–100.
- Koutsoudis, D., Tsanis, I.K., 2016. Effect of saline irrigation and fungus *T.Harzianum* on crop yield and fruit quality of greenhouse tomatoes. *Tech. Univ. Crete, Greece.*
- Kritsotakis, M., Tsanis, I., 2009. An integrated approach for sustainable water resources management of Messara basin, Crete, Greece. *Eur Water* 27, 15–30.
- LEDDRA, 2013. LEDDRA Project: Land and ecosystem degradation and desertification. Land and ecosystem degradation and desertification. <http://leddra.aegean.gr>.
- Lele, S.M., 1987. Improved algorithms for reservoir capacity calculation incorporating storage-dependent losses and reliability norm. *Water Resour. Res.* 23, 1819–1823. doi:10.1029/WR023i010p01819
- Liang, X., van Dijk, M.P., 2011. Economic and financial analysis on rainwater harvesting for agricultural irrigation in the rural areas of Beijing. *Resour. Conserv. Recycl.* 55, 1100–1108.
- Liniger, H., Mekdaschi Studer, R., Hauert, C., Gurtner, M., 2011. Sustainable Land Management in Practice – Guidelines and Best Practices for Sub-Saharan Africa. TerrAfrica, World Overview of Conservation Approaches and Technologies (WOCAT) and Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Lovatt, C., 1986. Characterization of N metabolism during salinity stress of high-salt tolerant (PMR45) and less salt-tolerant (Top Mark) muskmelon varieties (*Cucumis melo* L.). Davis, CA 95616.
- Maas, E. V., Grattan, S.R., Skaggs, R.W., Schilfhaarde, V.J., 1999. Crop yields as affected by salinity, in: *Agricultural Drainage*. *Am. Soc. Agron.* 55–108.

- Maas, E. V, Grieve, C.M., 1990. Salt tolerance of plants at different stages of growth, in: Proceedings of an International Conference on Current Development of Salinity and Drought Tolerance of Plants. Tando Jam, Pakistan.
- Mateo-Sagasta, J., Burke, J., 2011. Agriculture and water quality interactions: a global overview. SOLAW Backgr. Themat. Rep. - TR08.
- Munns, R., 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytol.* 167, 645–663.
- Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant. Cell Environ.* 25, 239–250.
- Nelson, P. V., 2003. Greenhouse operation & management. Prentice Hall.
- OJ, 2009. Establishing the standard import values for determining the entry price of certain fruit and vegetables. Commission Regulation (EC) No 771/2009 of 25 August 2009 amending Regulation (EC) No 1580/2007.
- Oosterbaan, R.J., 2003. Drainage for Waterlogging and Soil Salinity, Runoff, and Irrigation models. [WWW Document]. URL <https://www.waterlog.info/> (accessed 11.26.17).
- Panagea, I.S., Daliakopoulos, I.N., Tsanis, I.K., Schwilch, G., 2016. The Application of Three Promising Technologies for Soil Salinity Amelioration in Timpaki (Crete): a Participatory Approach. *Solid Earth* 7, 177–190.
- Paritsis, S.N., 2005. Simulation of seawater intrusion into the Tymbaki aquifer, South Central Crete, Greece. Rep. within MEDIS Proj. Study implemented behalf Dep. Manag. Water Resour. Reg. Crete. Heraklion, Crete, Greece.
- Petersen, K., Willumsen, J., Kaack, K., 1998. Composition and taste of tomatoes as affected by increased salinity and different salinity sources. *J. Hortic.*
- Ravikovitch, S., Porath, A., 1967. THE EFFECT OF NUTRIENTS ON THE SALT TOLERANCE OF CROPS. *Plant Soil*. doi:10.2307/42949505
- Ravikovitch, S., Yoles, D., 1971. The influence of phosphorus and nitrogen on millet and clover growing in soils affected by salinity. *Plant Soil* 35, 569–588. doi:10.1007/BF01372688
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *Soil Sci.* 78, 154.
- Runge, I.C. (Ian C., 1998. Mining economics and strategy. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.
- Saberi, A., Aishah, H., ... R.H.-A.J. of, 2011, U., 2011. Morphological responses of forage

- sorghums to salinity and irrigation frequency. *ajol.info*.
- Salama, R.B., Otto, C.J., Fitzpatrick, R.W., 1999. Contributions of groundwater conditions to soil and water salinization. *Hydrogeol. J.* 7, 46–64. doi:10.1007/s100400050179
- Sanyé-Mengual, E., Oliver-Solà, J., Montero, J.I., Rieradevall, J., 2015. An environmental and economic life cycle assessment of rooftop greenhouse (RTG) implementation in Barcelona, Spain. Assessing new forms of urban agriculture from the greenhouse structure to the final product level. *Int. J. Life Cycle Assess.* 20, 350–366. doi:10.1007/s11367-014-0836-9
- Sartori, D., Catalano, G., Genco, M., Pancotti, C., Sirtori, E., Vignetti, S., Bo, C., others, 2014. Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020.
- Snapp, S., Shennan, C., Van Bruggen, A.H.C., 1991. Salinity effects on severity of *Phytophthora parasitica* Dast. infection, inorganic ion relations and growth of *Lycopersicon esculentum* Mill. “UC82B.” *New Phytol* 119, 275–284.
- Spathes, P., 1999. Χρηματοοικονομική διοίκηση γεωργικών επιχειρήσεων και εκμεταλλεύσεων. *Ekdoseis Stochastes*.
- Spyridaki, E., 2008. Preliminary study on the causes of death in areas Timpaki Messara (P. Heraclion) and Anogia Mylopotamos (P.Rethimno) in the period 1980-2006. Greece.
- Tallaksen, L.M., Madset, H., CLAUSEN, B., 1997. On the definition and modelling of streamflow drought duration and deficit volume. *Hydrol. Sci. J.* 42, 15–33. doi:10.1080/02626669709492003
- Thanopoulos, R., Samaras, S., Ganitis, K., Gatzelaki, C., Kotaki, E., Psara, E., Kipriotakis, Z., Tzitzikas, E., Kalaitzis, P., Terzopoulos, P., Mpempeli, P., 2008. Local varieties of cultivated species in Crete emphasizing on vegetables, A potential for multiple use. *Agric. - Livest.*
- Tijsskens, L.M.M., Evelo, R.G., 1994. Modelling colour of tomatoes during postharvest storage. *Postharvest Biol. Technol.* 4, 85–98. doi:10.1016/0925-5214(94)90010-8
- Tognoni, F., Serra, G., 1989. THE GREENHOUSE IN HORTICULTURE - THE CONTRIBUTION OF BIOLOGICAL RESEARCH. *Acta Hortic.* 46–52. doi:10.17660/ActaHortic.1989.245.4
- Torrellas, M., Antón, A., Ruijs, M., García Victoria, N., Stanghellini, C., Montero, J.I., 2012. Environmental and economic assessment of protected crops in four European scenarios. *J. Clean. Prod.* 28, 45–55. doi:10.1016/J.JCLEPRO.2011.11.012

- Torries, T.F., 1998. Evaluating mineral projects : applications and misconceptions. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.
- Tsakiridi, C., 2010. Environmental assessment of the pepper cultivation, cultivation techniques in comparison with the method of life cycle analysis.
- Tsanis, I.K., Apostolaki, M.G., 2008. Estimating Groundwater Withdrawal in Poorly Gauged Agricultural Basins. *Water Resour. Manag.* 23, 1097–1123. doi:10.1007/s11269-008-9317-x
- Tsirogiannis, I.L., 1996. Greenhouse types in Greece; causes of damage and failure. Agricultural University of Athens.
- Tsoromokos, K., 2011. Επιχειρηματικό Σχέδιο Δημιουργίας Σύγχρονης Θερμοκηπιακής Μονάδας για την Καλλιέργεια Κηπευτικών. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Vafidis, A., Andronikidis, N., Hamdan, H., Kritikakis, G., Economou, N., Panagopoulos, G., Soupis, P., Steiakakis, E., Manoutsoglou, E., 2013. The Clearwater Project: Preliminary Results from the Geophysical Survey in Tympaki, Crete, Greece. *Bull. Geol. Soc. Greece* 47.
- van Beek, C.L., Tóth, G., 2012. Risk Assessment Methodologies of Soil Threats in Europe. JRC Sci. Policy Reports EUR 24097.
- Vardavas, I.M., Papamastorakis, J., Fountoulakis, A., Manousakis, M., 1997. Water resources in the desertification-threatened Messara Valley of Crete: estimation of potential lake evaporation. *Ecol. Modell.* 102, 363–374.
- Verbruggen, N., Hermans, C., 2013. Physiological and molecular responses to magnesium nutritional imbalance in plants. *Plant Soil* 368, 87–99.
- von Elsner, B., Briassoulis, D., Waaijenberg, D., Mistriotis, A., von Zabeltitz, C., Gratraud, J., Russo, G., Suay-Cortes, R., 2000. Review of Structural and Functional Characteristics of Greenhouses in European Union Countries: Part I, Design Requirements. *J. Agric. Eng. Res.* 75, 1–16. doi:10.1006/JAER.1999.0502
- Wagner, K., Apostolakis, A., Daliakopoulos, I.N., Tsanis, I., 2016. Can Tomato Inoculation with Trichoderma Compensate Yield and Soil Health Deficiency due to Soil Salinity?, in: EGU General Assembly Conference Abstracts. p. 1007.
- Wagner, K., Tsanis, I.K., 2016. Installation of experimental greenhouse tomato crop and assessment of the effect of symbiotic fungus *T. harzianum* under salinity. Technical University of Crete, Chania, Greece.
- Walsh, C.E., 2010. Monetary theory and policy. MIT Press.

- Wenhua, J., Jianming, C., Veenhuizen, M. van, 2010. Efficiency and Economy of a New Agricultural Rainwater Harvesting System. *Chinese J. Popul. Resour. Environ.* 8, 41–48. doi:10.1080/10042857.2010.10685002
- Winbank, 2017. Winbank [WWW Document]. URL <http://www.piraeusbank.gr/el/agrotes/agrotika-daneia/gi-exoplismos>
- Wittwer, S.H., Castilla, N., 1995. Protected cultivation of horticultural crops worldwide. *Horttechnology*. doi:http://horttech.ashspublications.org/content/5/1/6.full.pdf
- WOCAT, 2015. Wocatnet [WWW Document]. URL <https://qt.wocat.net> (accessed 1.12.15).
- Zushi, K., Matsuzoe, N., 1998. Effect of Soil Water Deficit on Vitamin C, Sugar, Organic Acid, Amino Acid and Carotene Contents of Large-fruited Tomatoes. *Engei Gakkai zasshi* 67, 927–933. doi:10.2503/jjshs.67.927