



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ &
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

Αρλαπάνος Δημήτρης Α.Μ. 2004010019

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Θέμα: Συναρμολογούμενο υδροπονικό σύστημα εκτυπώσιμο σε
τρισδιάστατο εκτυπωτή**

Επιβλέπων Καθηγητής :Μπιλάλης Νικόλαος

Χανιά 2016

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η σχεδίαση με Η\Υ ενός συναρμολογούμενου συστήματος υδροπονικής καλλιέργειας για οικιακή χρήση. Η ιδέα προέκυψε παρατηρώντας την ολοένα αυξανόμενη ανάγκη για πρόσβαση σε φτηνή αλλά και ποιοτική τροφή, με τον κόσμο να στρέφεται σε σπιτικές καλλιέργειες σε κήπους, μπαλκόνια και ταρατσες. Λόγοι αυτού του γεγονότος είναι αυξανόμενη ανησυχία για γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα και η αλόγιστη χρήση φυτοφαρμάκων, σε συνδυασμό με την οικονομική κρίση των τελευταίων ετών.

Το υδροπονικό σύστημα προς μελέτη και σχεδίαση προσανατολίζεται στην εξυπηρέτηση της ανάγκης που αναφέρθηκε παραπάνω. Το σύστημα αποτελούμενο από επιμέρους κομμάτια θα έχει την δυνατότητα προσαρμογής στον εκάστοτε χώρο και στις ανάγκες του κάθε χρήστη. Επιπλέον με την βοήθεια Η\Υ, τα μικρά σε μέγεθος μέρη του συστήματος θα είναι δυνατόν να εκτυπωθούν σε οποιοδήποτε εμπορικό τρισδιάστατο εκτυπωτή. Η επιλογή της υδροπονικής μεθόδου καλλιέργειας έγινε βάση των διαφόρων πλεονεκτημάτων που προσφέρει η απουσία χώματος, όπως η εξοικονόμηση νερού, η μεγιστοποίηση της παραγωγής σε δεδομένη έκταση και πολλά άλλα.

Στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια εισαγωγή στην έννοια της υδροπονίας και μια ιστορική ανασκόπηση της εξέλιξης της. Επιπλέον παρουσιάζονται οι διάφορες μέθοδοι και τεχνικές που υπάρχουν, καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που έχει.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης καθώς και οι σημαντικοί σταθμοί στην εξελικτική της πορεία. Αναφέρονται οι τεχνικές και οι μέθοδοι των πολλών ειδών τρισδιάστατων εκτυπωτών που έχουν αναπτυχθεί, και οι πολλοί και διαφορετικοί τομείς στους οποίους χρησιμοποιούνται.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση του συναρμολογούμενου υδροπονικού συστήματος. Ξεκινάει με την ιδέα πάνω στην οποία βασίστηκε ο σχεδιασμός, και συνεχίζει αναφέροντας τους περιορισμούς που λήφθηκαν υπόψη για την κατασκευή. Παρουσιάζονται τα εξαρτήματα που αποτελούν το σύστημα, και αναλύονται οι λειτουργίες του συστήματος καθώς και των επιμέρους εξαρτημάτων.

Abstract

The purpose of present thesis is the computer aided design of a modular hydroponic system for home use. The idea come up by observing the increasing need for access in cheap and quality food, with people turn to home growing vegetables in gardens, roofs and balconies. Reasons for that are the increasing concern about genetically modified food and the careless use of pesticides, in combination with the ongoing economic crisis of last years.

The hydroponic system for study and design is oriented to serve the need that mentioned above. The system constitute from parts offer the ability of adjustment to a specified space and the needs of each user. Furthermore with computer aid, the small sized parts of the system are capable to print them in any home use 3d printer. The choice of the hydroponic method for gardening was made based on the various advantages it has the soilless gardening such as water savings, productivity maximizing in a specified area, and more.

In the first chapter there is an introduction to hydroponics and a historical overview of it's evolution. Additional are presented the different types and methods that there are, and the pros and cons that have.

In the second chapter are presented the technology of 3D printing and the most significant stages of it's evolutionary course. There are also mentioned the techniques and methods of the various different 3D printers that have been developed, and the many and different areas that are used.

In the third chapter there is the presentation of the modular hydroponic system. It starts with the idea that the study and the design was based on, and continues with the limitations that taken in consideration for the construction of the system. Furthermore are presented the parts of the system, and the functions of the whole system, and each part.

Πίνακας Περιεχομένων

ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ.....	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ.....	6
ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ.....	7
ΤΥΠΟΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	10
<i>Συστήματα χωρίς υπόστρωμα.....</i>	<i>10</i>
NFT	11
DWC	12
Αεροπονία.....	12
<i>Συστήματα με υπόστρωμα</i>	<i>13</i>
Drip System	14
Ebb and Flow System	15
<i>Ανοικτά και Κλειστά συστήματα.....</i>	<i>16</i>
Ανοικτά συστήματα	16
Κλειστά συστήματα.....	16
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	17
<i>Πλεονεκτήματα.....</i>	<i>17</i>
<i>Μειονεκτήματα</i>	<i>19</i>
ΟΙΚΙΑΚΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	21
<i>Εμπορικά απλά οικιακά συστήματα</i>	<i>21</i>
<i>Εμπορικά συστήματα που ξεχωρίζουν</i>	<i>22</i>
ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ.....	24
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ	24
Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ.....	25
ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ	27
<i>Εξώθηση</i>	<i>27</i>
FDM.....	27
<i>Κόκκοι</i>	<i>28</i>
EBM.....	28
DMLS	29
SLS.....	30
3D inject	31
<i>Πολλαπλές στρώσεις</i>	<i>31</i>
LOM.....	31
SDL	32
<i>Πολυμερισμένο φώς.....</i>	<i>33</i>
SLA.....	33
DLP	34
SGC.....	34
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ	35
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	35
ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	36
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	37
<i>Βιομηχανία.....</i>	<i>37</i>
<i>Αρχιτεκτονική</i>	<i>38</i>
<i>Ιατρική</i>	<i>39</i>

<i>Nanoscale</i>	40
Φαγητό	41
Διάφορα	42
Σκέψεις για το μέλλον	42
ΤΟ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	43
Η ΙΔΕΑ	43
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ	43
ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	45
Γενική λειτουργία	45
4 Βασικά Παραδείγματα	45
Το απλό	45
Σε στήλη	46
Σε σειρά	46
Ο τοίχος	47
ΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	48
<i>Cube</i> Κύβος	48
<i>doxio</i> Δοχείο καλλιέργειας	48
<i>Top</i> Καπάκι	49
<i>End</i> Απορροή στήλης προσαγωγής	49
<i>enter</i> Ακροφύσιο προσαγωγής	50
<i>extra</i> Απορροή	51
ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ, ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ	52
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ	52
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	53
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	54

1 Υδροπονία

1.1 Εισαγωγή στην υδροπονία

Ο όρος υδροπονία είναι σύνθετη λέξη και προέρχεται από τον συνδυασμό των λέξεων ύδωρ (νερό) και πόνος (έργο). Αναφέρεται σε μέθοδο καλλιέργειας φυτών που πραγματοποιείται εκτός εδάφους ή χωρίς την χρήση εδαφικών μιγμάτων. Η ανάπτυξη των ριζών και κατ'επέκταση η θρέψη των φυτών γίνεται είτε σε στερεό υπόστρωμα εμποτισμένο με θρεπτικό διάλυμα, είτε απευθείας στο θρεπτικό διάλυμα. Το θρεπτικό διάλυμα αποτελείται από νερό μέσα στο οποίο είναι διαλυμένα όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία σε κατάλληλη αναλογία.

Στην διεθνή βιβλιογραφία σε αντίθεση με την ελληνική, ο όρος υδροπονία (hydroponics) χρησιμοποιείται για τον χαρακτηρισμό μόνο των μεθόδων όπου η καλλιέργεια γίνεται απευθείας στο θρεπτικό διάλυμα, χωρίς την χρήση κάποιου υποστρώματος. Για τον χαρακτηρισμό του συνόλου των μεθόδων χρησιμοποιείται ο όρος “καλλιέργειες εκτός εδάφους” (soiless culture). Στην ελληνική βιβλιογραφία όμως για τον χαρακτηρισμό του συνόλου των μεθόδων έχει καθιερωθεί ο όρος υδροπονία, χάρις στην συντομία και την περιγραφική δύναμη που τον χαρακτηρίζει.

Άλλοι όροι που χρησιμοποιούνται στην ειδική διεθνή βιβλιογραφία είναι “water culture” και “hydroculture”, όπου στην ελληνική μεταφράζονται ως υδροκαλλιέργεια και ταυτίζεται των όρων “υδροπονία” και “καλλιέργεια εκτός εδάφους”. Στην αγγλόφωνη βιβλιογραφία όμως ο όρος “water culture” περιλαμβάνει τις μεθόδους χωρίς υπόστρωμα και χρησιμοποιείται συνήθως σε πειραματικές καλλιέργειες που διεξάγονται σε επιστημονικά εργαστήρια. Ο όρος “hydroculture” αναφέρεται σε καλλιέργειες καλλωπιστικών φυτών με μεθόδους που κάνουν χρήση υποστρώματος.

1.2 Ιστορία της υδροπονίας

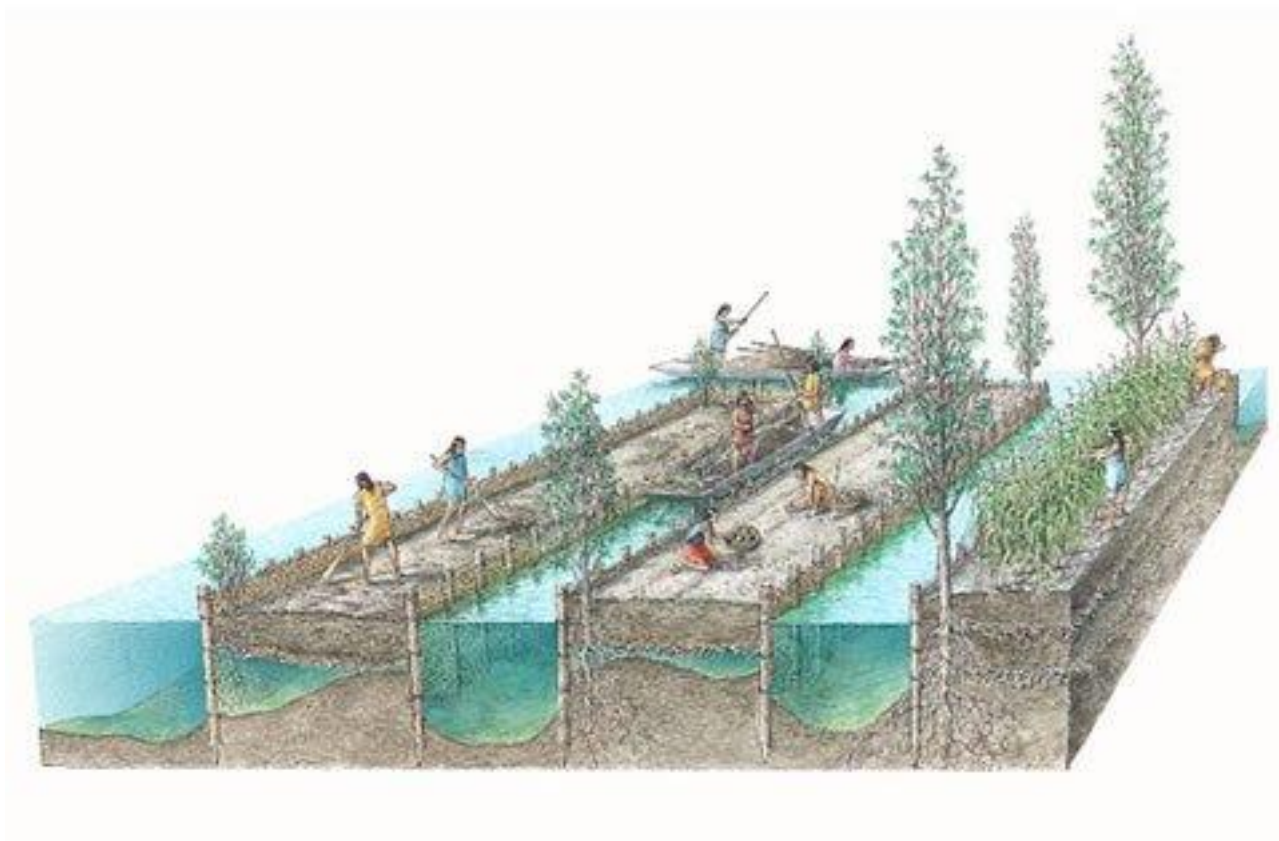
Η ιστορία της υδροπονίας ξεκινάει από πολύ παλιά. Ιστορικά αρχεία επιβεβαιώνουν ότι από το 600π.Χ. ,ένα από τα επτά θαύματα του κόσμου, οι κρεμαστοί κήποι της Βαβυλώνας αποτελούν το πρώτο παράδειγμα καλλιέργειας χωρίς χώμα. Την ίδια περίοδο στην Αίγυπτο λαμβάνουν χώρα υδροπονικές καλλιέργειες στον Νείλο. Στην Ελλάδα την χρονική περίοδο μεταξύ 327-287π.Χ. ο

Θεόφραστος πειραματίζεται στα θρεπτικά συστατικά στην καλλιέργεια φυτών.



Απεικόνιση των κρεμαστών κήπων της Βαβυλώνας

Αναφορές για υδροπονικές καλλιέργειες δεν υπάρχουν για σχεδόν μια χιλιετία. Ακολουθούν σποραδικές αναφορές ανάπτυξης υδροπονικών καλλιεργειών χρονικά και κατά τόπους μέχρι να φτάσουμε στην σύγχρονη εκτεταμένη έρευνα και εμπορική τους χρήση. Η επανεμφάνιση των υδροπονικών καλλιεργειών συμβαίνει το 1100 μ.Χ. στο Μεξικό. Οι Αζτέκοι καλλιεργούν στο νερό σε κήπους που επιπλέουν, τα τσινάμπας. Μετά από έναν αιώνα και πάνω, την περίοδο μεταξύ 1275-1292μ.Χ., ο γνωστός εξερευνητής Μάρκο Πόλο στα ταξίδια του αναφέρεται σε “επιπλέοντες κήπους” που ανακαλύπτει στην Κίνα. Το 1492μ.Χ. ο Λεονάρντο Ντα Βίντσι ανακαλύπτει πως τα φυτά απορροφούν θρεπτικά συστατικά, τα ευρήματα όμως δεν δημοσιεύονται και παραμένουν στις σημειώσεις του. Πειραματισμοί και έρευνα στην καλλιέργεια χωρίς χώμα γίνονται το 1620μ.Χ. από τον Άγγλο επιστήμονα, φιλόσοφο και πολιτικό Sir Francis Bacon. Το 1640μ.Χ. ο Βέλγος Jean Baptiste van Helmont αποδεικνύει ότι τα φυτά αποκτούν τις θρεπτικές ουσίες που χρειάζονται από το νερό στο διάσημο πείραμα με την ιτιά. Οι έρευνες πάνω στην καλλιέργεια φυτών συνεχίζονται ανακαλύπτοντας πως τα φυτά αποκτούν τα μεταλλικά στοιχεία από το χώμα αναμειγμένα σε διάλυμα νερού και πως τα φυτά απορροφούν διοξείδιο του άνθρακα και εκλύουν οξυγόνο, John Woodward το 1699μ.Χ., Joseph Priestly 1792μ.Χ. αντίστοιχα.



Chinampas, οι κήποι των Αζτέκων που επιπλέουν, τα τσινάμπας

Η πρώτη προσέγγιση υδροπονικών συστημάτων καλλιέργειας έγινε μεταξύ 1856 και 1865μ.Χ. από τους Γερμανούς Julius von Sachs και W. Knor. Το 1860 ο Sachs τυποποιεί φόρμουλα θρεπτικού διαλύματος κάνοντας δυνατή την καλλιέργεια μόνο σε νερό χωρίς μέσο συγκράτησης των ριζών. Το 1861 ο Knor περιγράφει μια βελτιωμένη φόρμουλα η οποία χρησιμοποιήθηκε εκείνη την περίοδο. Στα τέλη του 19ου αιώνα και τις πρώτες δεκαετίες του 20ου αιώνα έγινε μια σοβαρή προσπάθεια βελτίωσης του υδροπονικού συστήματος καλλιέργειας. Τα έξι βασικά μακροστοιχεία και ο σίδηρος είχαν προσδιοριστεί από το 1844, τα υπόλοιπα μικροστοιχεία προσδιορίστηκαν αυτή την περίοδο. Η σπουδαιότητα του αερισμού και της περιοδικής αντικατάστασης του διαλύματος δεν είχαν ακόμη εντοπιστεί. Παρ' όλα αυτά, αυτή την περίοδο η καλλιέργεια σε αδρανή υλικά παρέμεινε μία τεχνική για ερευνητικούς σκοπούς.

Την περίοδο μεταξύ των δεκαετιών των '10 και '30 επιχειρήθηκε στις Η.Π.Α. το εμπορικό ενδεχόμενο των υδατοκαλλιεργειών. Η εμπορική ώθηση έγινε το 1916 στην Αμερική από τον Mc Call και αναδείχθηκαν τα πλεονεκτήματα στον αερισμό και τον εφοδιασμό που εξασφαλίζονται από την άμμο. Το 1928 ο Robins καλλιεργήσε σε άμμο μια σειρά φυτών ενώ το 1931 ο Laurie υπέδειξε το εμπορικό ενδεχόμενο τέτοιων καλλιεργειών. Το 1929 ο Dr. Willian F. Geviche στο πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια έκτισε μία πειραματική δεξαμενή θρεπτικού

διαλύματος την οποία κάλυψε με συρματόπλεγμα, λινάτσα και 1.3 cm από άμμο. Ακολούθησαν 10 στρέμματα εμπορικής καλλιέργειας φυτών. Το 1935 στον Αγροτικό Πειραματικό Σταθμό του New Jersey (Bickard and Connors) καλλιεργήθηκαν γαρύφαλλα. Ακολούθησαν βελτιώσεις: Eaton (1936), Withrow and Biebel (1936), Shine and Robins (1937), Capman and Liebig (1938). Η αμερικάνικη τεχνολογία αντιγράφηκε και προήχθηκε στην Αγγλία το 1938 από τους Templeton and Watson. Το 1938μ.Χ. οι Hoagland και Arnon αναπτύσσουν το γνωστό ως Hoagland's διάλυμα, μια φόρμουλα θρεπτικών συστατικών που είναι η βάση για ότι χρησιμοποιείται σήμερα. Κατ'αυτήν την περίοδο ο Gevecke στο πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια δημιουργεί τον όρο υδροπονία (hydroponics) για να αναφερθεί στην καλλιέργεια φυτών σε νερό χωρίς χώμα. Είναι συνδυασμός από τις ελληνικές λέξεις ύδωρ (νερό) και πόνος (έργο).

Η επόμενη αρκετά εκτεταμένη εφαρμογή της καλλιέργειας σε αδρανή υλικά ήρθε κατά τη διάρκεια του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου, όταν η Ιαπωνία και οι Ηνωμένες Πολιτείες χρησιμοποίησαν τις καλλιέργειες σε άμμο και χαλίκι για να παράγουν φρέσκα λαχανικά για τις ανάγκες του πολέμου (Ticquet, 1952). Η πρώτη Αμερικανική εγκατάσταση έγινε το 1945 στο Ascension Island, ένα νησί σχεδόν χωρίς χώμα. Επιπλέον εγκαταστάσεις έγιναν στο Atrinson Field στη Βρετανική Γουιάνα και στο Iwo Jimo αργότερα τον ίδιο χρόνο. Το 1952 πάνω από 8000000 λίβρες φρέσκιας παραγωγής καλλιεργούνται για τις ανάγκες του στρατού σύμφωνα με το ειδικό τμήμα υδροπονικής καλλιέργειας του αμερικανικού στρατού. Στην ίδια περίοδο η Ιαπωνία κατασκεύασε 20 στρέμματα σε γυάλινο θερμοκήπιο, 20 στρέμματα υπαίθρια στο Chofu και 100 στρέμματα υπαίθρια στο Otsu. Αυτές οι εγκαταστάσεις χρησιμοποιήθηκαν αργότερα από τον Αμερικανικό στρατό κατά τη διάρκεια του πολέμου στην Κορέα. Μεγάλες εγκαταστάσεις υδροπονικής καλλιέργειας για φρέσκα λαχανικά χρησιμοποιούνται για τις ανάγκες του Αμερικανικού στρατού στο Ιράκ.

Τα επόμενα χρόνια οι έρευνες συνεχίστηκαν βελτιώνοντας τα θρεπτικά διαλύματα και ανακαλύπτοντας νέους τρόπους εφαρμογής της θεωρίας της υδροπονίας. Στο Περντιού, ο Robert και Alice Withrow, πλημμυρίζουν και στεγνώνουν εναλλάξ ρίζες φυτών, που συγκρατούνται από χαλίκι, με θρεπτικό διάλυμα, δημιουργώντας αυτό που είναι γνωστό πλέον ως μέθοδος Ebb and Flow. Το 1960-1965 κάνουν την εμφάνισή τους τα συστήματα NTF (nutrient film technique) και το Deep irrigation system. Το 1970 ο Ιταλός Dr. Franco Massanfini πρωτοπορεί αναπτύσσοντας την αεροπονική μέθοδο, στην οποία οι ρίζες αιωρούνται σε ψεκασμένη ομίχλη. Το 1989 ο Ισραηλινός Dr. Hiller Soffe αναπτύσσει περαιτέρω την αερο-υδροπονική μέθοδο (αεροπονία), στην οποία μερικώς βυθισμένες ρίζες ψεκάζονται με θρεπτικό διάλυμα πλούσιο σε οξυγόνο. Το 1996 στην Ολλανδία παρουσιάζεται δοχείο συγκρατήσεως των ριζών από ίνες φλοιού καρύδας, ανανεώσιμο και οργανικό, σε αντίθεση με τον πετροβάμβακα.

1.3 Τύποι υδροπονικών συστημάτων

Τα υδροπονικά συστήματα προέρχονται από διαφορετικούς συνδυασμούς στοιχείων από τα οποία απαρτίζονται. Βάσει αυτών των χαρακτηριστικών μπορούν να διαχωριστούν και να ταξινομηθούν σε κατηγορίες. Το πρώτο και κύριο χαρακτηριστικό είναι η ύπαρξη ή μη υποστρώματος στο σύστημα. Στα συστήματα χωρίς υπόστρωμα η καλλιέργεια των φυτών λαμβάνει χώρα απευθείας μέσα στο θρεπτικό διάλυμα. Στα συστήματα με υπόστρωμα η καλλιέργεια αναπτύσσεται μέσα σε κατάλληλο οργανικό ή ανόργανο υλικό. Δεύτερο χαρακτηριστικό είναι ο τρόπος διαχείρισης του θρεπτικού διαλύματος, διαχωρίζοντας τα συστήματα σε ανοικτά και κλειστά. Στα ανοικτά συστήματα το πλεονάζων θρεπτικό διάλυμα απορρίπτεται, ενώ στα κλειστά ανακυκλώνεται. Άλλα χαρακτηριστικά είναι το είδος του θρεπτικού διαλύματος (στερεό ή ρευστό), τα μέσα ανάπτυξης (σταθερά ή κινητά), καθώς και τα μέσα άρδευσης (συνεχής ή ασυνεχής ροή).

1.3.1 Συστήματα χωρίς υπόστρωμα

Στα συστήματα χωρίς υπόστρωμα για την καλλιέργεια των φυτών δεν χρησιμοποιείται κάποιο στερεό υπόστρωμα και οι ρίζες αναπτύσσονται μέσα σε θρεπτικό διάλυμα. Τα τρία κύρια υδροπονικά συστήματα χωρίς υπόστρωμα είναι αυτά που οι ρίζες αναπτύσσονται σε κανάλια συνεχούς ροής θρεπτικού διαλύματος, σε δεξαμενές μη συνεχούς ροής, και σε νέφος υδατικού διαλύματος.

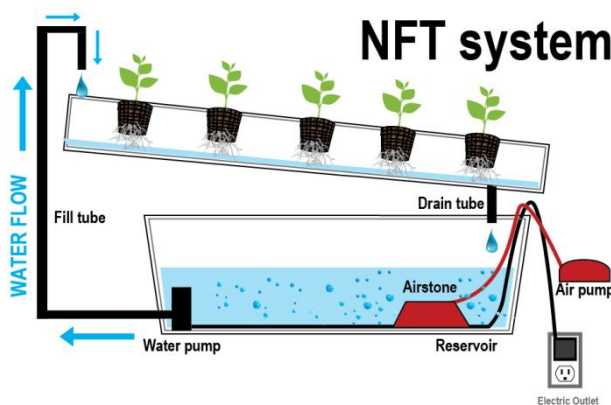
1.3.1.1 NFT

Το σύστημα NFT (Nutrient Film Technique = Τεχνική λεπτής θρεπτικής στοιβάδας) είναι μία υδροπονική μέθοδος καλλιέργειας φυτών, στην οποία δεν γίνεται καθόλου χρήση στερεού υποστρώματος. Οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα συνεχούς ροής. Το NFT είναι ένα κλειστό υδροπονικό σύστημα, δεδομένου ότι το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται συνεχώς και επαναχρησιμοποιείται.

Μία εγκατάσταση NFT αποτελείται από μια δεξαμενή παρασκευής και αποθήκευσης του θρεπτικού διαλύματος, από ένα σύστημα παράλληλα τοποθετημένων υδρορροών (καναλιών), μέσα στις οποίες κυλάει θρεπτικό διάλυμα και γίνεται η καλλιέργεια, το σύστημα σωληνώσεων διανομής του θρεπτικού

διαλύματος από την δεξαμενή στις υδρορροές, καθώς και το σύστημα σωληνώσεων συλλογής του διαλύματος από τις υδρορροές και ανακύκλωσής του στην δεξαμενή.

Μέσα σε κάθε υδρορροή τοποθετούνται τα φυτά σε καθορισμένες αποστάσεις μεταξύ τους. Οι αποστάσεις μεταξύ των παράλληλα τοποθετημένων υδρορροών αντιστοιχούν στις αποστάσεις μεταξύ των γραμμών φύτευσης που επιλέγονται να εφαρμοσθούν στην εκάστοτε καλλιέργεια. Για να είναι δυνατή η ροή του διαλύματος μέσα στις υδρορροές, αυτές θα πρέπει να έχουν μια κλίση γύρω στο 1,5-2% κατά μήκος. Το θρεπτικό διάλυμα, από την δεξαμενή μεταφέρεται μέσω σωληνώσεων στην αρχή κάθε υδρορροής. Αφού εισαχθεί στις υδρορροές, χάρις στην κλίση τους το διάλυμα αρχίζει να ρέει μέσα στην κοίτη τους. Κατά την διάρκεια της ροής του το διάλυμα βρέχει τις ρίζες των φυτών και ένα μέρος του απορροφάται από αυτές. Το υπόλοιπο μέρος του διαλύματος διατρέχει όλη την υδρορροή κατά μήκος και αφού φθάσει στο τέλος της, απορρέει και μέσω σωληνώσεων οδηγείται ξανά στην δεξαμενή. Εκεί, το συλλεχθέν διάλυμα συμπληρώνεται με νερό και θρεπτικά στοιχεία ώστε να αποκτήσει ξανά τις επιθυμητές τιμές pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας και ξαναχρησιμοποιείται.



NTF system

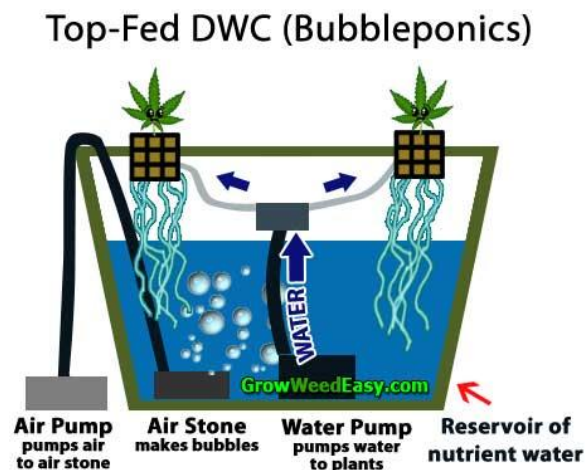
1.3.1.2 DWC

Το σύστημα DWC (Deep Water Culture = Καλλιέργεια σε βαθύ νερό) είναι μία υδροπονική μέθοδος καλλιέργειας φυτών, στην οποία δεν γίνεται καθόλου χρήση στερεού υποστρώματος. Οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα μεγάλου βάθους χωρίς ροή.

Μία εγκατάσταση DWC αποτελείται από μια δεξαμενή σχετικά μεγάλου βάθους και διαστάσεις ανάλογα με τις ανάγκες, μέσα στην οποία βρίσκεται το θρεπτικό διάλυμα. Το πάνω μέρος της δεξαμενής καλύπτεται με καπάκι, το οποίο λειτουργεί ως βάση και υποδοχή για την τοποθέτηση των φυτών. Οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται βυθισμένες μέσα στο θρεπτικό διάλυμα. Για τον εμπλουτισμό του διαλύματος με το απαραίτητο για την ανάπτυξη των φυτών οξυγόνο, το σύστημα

είναι εφοδιασμένο με ειδική αντλία, η οποία διοχετεύει αέρα στον χώρο της δεξαμενής. Επίσης είναι απαραίτητο το θρεπτικό διάλυμα να αλλάζει σε προγραμματισμένα χρονικά διαστήματα.

Μια παραλλαγή του συστήματος που εφαρμόζεται τελευταία είναι η επιπλέουσα υδροπονία. Στο συγκεκριμένο σύστημα αντί για καπάκι έχουμε επιφάνειες, συνήθως από φελιζόλ, οι οποίες επιπλέουν πάνω στο υδατικό διάλυμα και διαθέτουν οπές για την τοποθέτηση του φυτού.



Deep Water Culture system

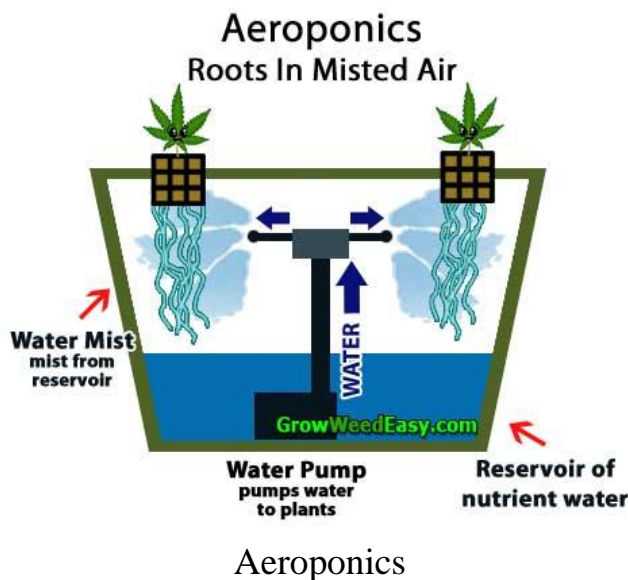
1.3.1.3 Αεροπονία

Η αεροπονία είναι μία υδροπονική μέθοδος καλλιέργειας φυτών, στην οποία δεν γίνεται καθόλου χρήση στερεού υποστρώματος. Οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται στον αέρα εσωτερικά ενός θαλάμου. Το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται συνεχόμενα ή περιοδικά απευθείας πάνω στις ρίζες.

Μία εγκατάσταση DWC αποτελείται από μια δεξαμενή παρασκευής και αποθήκευσης του θρεπτικού διαλύματος, από έναν θάλαμο στον οποίο αναπτύσσονται οι ρίζες, τις πλάκες συνήθως από φελιζόλ στις οποίες καλλιεργούνται τα φυτά, την αντλία ψεκασμού, και το αναγκαίο σύστημα σωληνώσεων για την μεταφορά του διαλύματος στα ακροφύσια ψεκασμού, καθώς και για τις ανάγκες ανακύκλωσης του περίσσιου υδατικού διαλύματος.

Στην μέθοδο αεροπονικής καλλιέργειας το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται με ακροφύσια πάνω στο αναπτυσσόμενο, σε διάκενο, ριζικό σύστημα, έτσι ώστε να στο χώρο να υπάρχει μόνιμα υγρασία. Με αυτό τον τρόπο το φυτό μπορεί να απορροφά

τις απαραίτητες ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων που χρειάζεται. Το περίσσιο υδατικό διάλυμα αποστραγγίζει και ανακυκλώνεται στην δεξαμενή. Επίσης είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι στο διάκενο του θαλάμου, που αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα, πρέπει να επικρατούν συνθήκες σκότους για την προστασία των ριζών και την αποφυγή δημιουργίας άλγης.



1.3.2 Συστήματα με υπόστρωμα

Στα υδροπονικά συστήματα με υπόστρωμα η ανάπτυξη της ρίζας γίνεται μέσα σε κάποιο κατάλληλο υλικό. Το υπόστρωμα αποτελεί ένα υποκατάστατο του εδάφους και θα πρέπει να επιτελεί όλες τις λειτουργίες που γίνονται στο χώμα. Οι λειτουργίες αυτές είναι η μηχανική στήριξη του φυτού και η εξασφάλιση σωστής και ισορροπής θρέψης στα φυτά, μέσω της παροχής και ρύθμισης της διαθεσιμότητας του θρεπτικού διαλύματος. Η μηχανική στήριξη στην υδροπονία προσφέρεται με άλλα τεχνικά μέσα για όσα φυτά δεν έχουν επαρκή στήριξη από το υπόστρωμα. Για την εξασφάλιση καλής και ισορροπής ροής το υπόστρωμα θα πρέπει να λειτουργεί ως ένα πολύ γόνιμο έδαφος, έτσι ώστε να αποκτά συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι του συμβατικού εδάφους, και να αποτελεί οικονομικά συμφέρουσα επιλογή. Η κατάλληλη επιλογή υποστρώματος γίνεται βάσει φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών. Φυσικά χαρακτηριστικά όπως είναι το ολικό πορώδες, η δομή και οι υδατικές ιδιότητες, και χημικά όπως είναι το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, και η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων. Υλικά που χρησιμοποιούνται για υπόστρωμα είναι ο περλίτης, το χαλίκι, η άμμος, ο πετροβάμβακας, η ελαφρόπετρα, η τύρφη, και ο κοκκοφοίνικας.

Τα υδροπονικά συστήματα με υπόστρωμα έχουν συνεχή ροή θρεπτικού διαλύματος και διαφοροποιούνται ανάλογα με τον τρόπο διάθεσης του. Τα συστήματα αυτά είναι το ebb and flow system ή αλλιώς fill and drain system

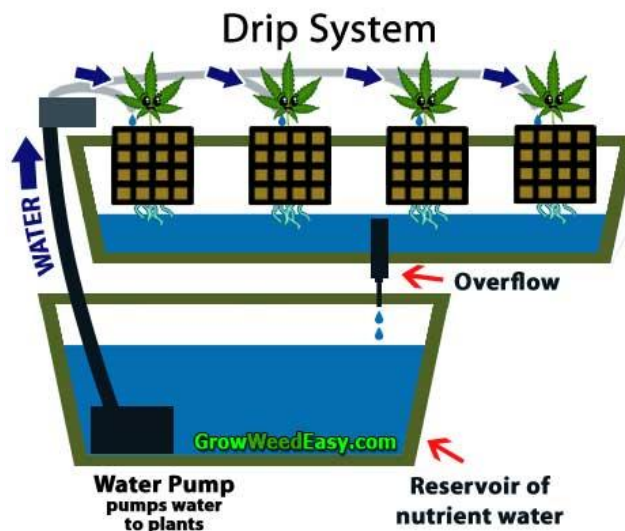
(γέμισμα και άδειασμα) και το drip system (σταγόνες).

1.3.2.1 Drip System

Η υδροπονική μέθοδος Drip System (σύστημα σταγόνων) πήρε το όνομά της από τον τρόπο λειτουργίας της. Βασίζεται στην ύπαρξη στερεού υποστρώματος, διαφόρων υλικών, στο οποίο διοχετεύεται το θρεπτικό διάλυμα με την μορφή σταγόνων, για την ανάπτυξη των ριζών του φυτού.

Μια εγκατάσταση Drip System αποτελείται από μια πρώτη δεξαμενή μέσα στην οποία βρίσκεται το θρεπτικό διάλυμα, και μια δεύτερη δεξαμενή που βρίσκεται το στερεό υπόστρωμα και γίνεται η καλλιέργεια των φυτών, μια αντλία για την μεταφορά του νερού στα ακροφύσια σταγόνων, μια δεύτερη αντλία για την οξυγόνωση του θρεπτικού διαλύματος, και τέλος τα συστήματα σωληνώσεων για την μεταφορά του νερού από και προς την δεξαμενή αποθήκευσής του.

Στην δεξαμενή με το στερεό υπόστρωμα τοποθετούνται τα φυτά για καλλιέργεια. Το θρεπτικό διάλυμα από την δεξαμενή αποθήκευσής του μέσω της αντλίας μεταφέρεται και με μορφή σταγόνων διοχετεύεται στην βάση κάθε φυτού ξεχωριστά. Το θρεπτικό διάλυμα ρέει προς τις ρίζες του κάθε φυτού και το πλεονάζων καταλήγει στον πάτο της δεξαμενής, όπου απορρέει μέσω συστήματος αποστράγγισης. Από εκεί μέσω συστήματος σωληνώσεων επιστρέφει στην δεξαμενή αποθήκευσης και ανακυκλώνεται. Η οξυγόνωση του θρεπτικού διαλύματος γίνεται με αντλία αέρα που βρίσκεται μέσα στην δεξαμενή αποθήκευσης, και λειτουργεί ταυτόχρονα με την αντλία μεταφοράς.



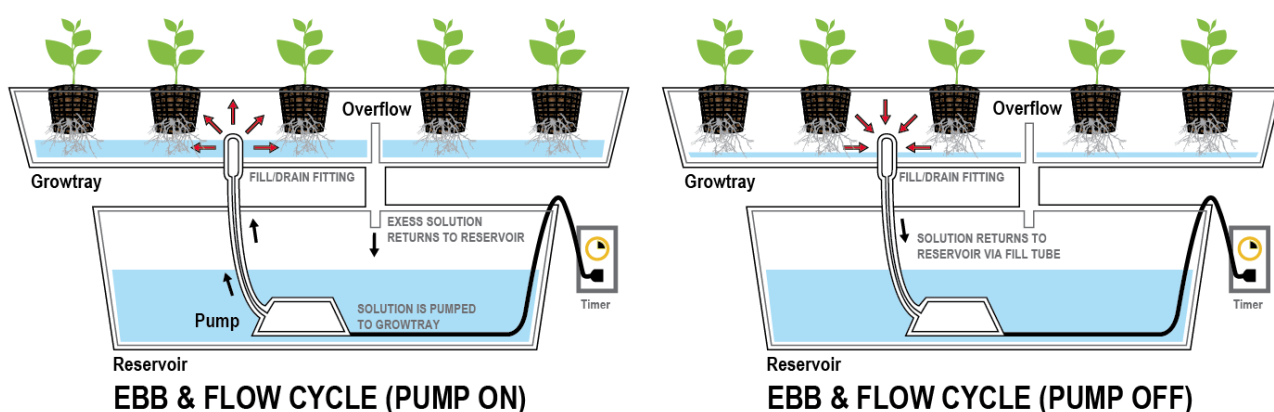
Drip System

1.3.2.2 Ebb and Flow System

Η υδροπονική μέθοδος Ebb and Flow System ή αλλιώς Fill and Drain (Γέμισμα και άδειασμα) πήρε και αυτή το όνομά της από τον τρόπο λειτουργίας της. Βασίζεται στην ύπαρξη στερεού υποστρώματος, διαφόρων υλικών, για την ανάπτυξη των ριζών του φυτού, το οποίο γεμίζει με θρεπτικό διάλυμα και αδειάζει μέσω αποστράγγισης σταδιακά.

Μια εγκατάσταση Ebb and Flow System μοιάζει πολύ με μια εγκατάσταση Drip System. Αποτελείται από μια πρώτη δεξαμενή μέσα στην οποία βρίσκεται το θρεπτικό διάλυμα, και μια δεύτερη δεξαμενή που βρίσκεται το στερεό υπόστρωμα και γίνεται η καλλιέργεια των φυτών, μια αντλία για την μεταφορά του νερού στην καλλιέργεια καθώς και τα συστήματα σωληνώσεων για την μεταφορά του νερού από και προς την δεξαμενή αποθήκευσής του.

Στην δεξαμενή με το στερεό υπόστρωμα τοποθετούνται τα φυτά για καλλιέργεια. Η δεξαμενή αυτή έχει στο πάτο της τρύπες αποστράγγισης, καθώς και μια ασφάλεια υπερχείλισης. Το θρεπτικό διάλυμα από την δεξαμενή αποθήκευσής του μέσω της αντλίας μεταφέρεται και γεμίζει την δεξαμενή καλλιέργειας μέχρι το επιθυμητό ύψος, το οποίο είναι συνήθως το σημείο που ξεκινάει το ριζικό σύστημα. Η ασφάλεια υπερχείλισης διασφαλίζει το θρεπτικό διάλυμα να μην υπερβεί αυτό το ύψος και το πλεονάζον διάλυμα επιστρέφει στην δεξαμενή αποθήκευσης και ανακυκλώνεται. Η αντλία ανοίγει και κλείνει περιοδικά. Στο διάστημα που η αντλία είναι κλειστή το θρεπτικό διάλυμα αρχίζει σταδιακά να αποστραγγίζεται από τις τρύπες στον πάτο της δεξαμενής, και μέσω σωληνώσεων επιστρέφει στην δεξαμενή αποθήκευσης και ανακυκλώνεται. Η οξυγόνωση του θρεπτικού διαλύματος επιτυγχάνεται με την είσοδο αέρα από την πάνω πλευρά της δεξαμενής καλλιέργειας κατά την διαδικασία αποστράγγισης. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται ο αερισμός των φυτών δίχως την χρήση αντλίας αέρα.



Ebb & Flow System

1.3.3 Ανοικτά και Κλειστά συστήματα

Τα υδροπονικά συστήματα διαχωρίζονται αναλογία με τον τρόπο διαχείρισης του θρεπτικού διαλύματος. Με βάση αυτόν τον διαχωρισμό τα υδροπονικά συστήματα διακρίνονται σε ανοικτά και κλειστά.

1.3.3.1 Ανοικτά συστήματα

Τα ανοικτά υδροπονικά συστήματα είναι χρονολογικά τα πρώτα που αναπτύχθηκαν. Έχουν διαδοθεί περισσότερο καθώς είναι τα πιο απλά και με τις λιγότερες απαιτήσεις. Στα συστήματα αυτά το πλεονάζον μέρος του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει από τον χώρο των ριζών δεν συλλέγεται αλλά αφήνεται να χαθεί στο περιβάλλον (συνήθως απορροφάται από το έδαφος του θερμοκηπίου). Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα αυξημένες απώλειες λιπασμάτων και την ρύπανση του εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα. Οι δύο αυτοί λόγοι οδήγησαν στην ανάπτυξη των κλειστών συστημάτων.

1.3.3.2 Κλειστά συστήματα

Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα της απορροής συλλέγεται, συμπληρώνεται με νερό και θρεπτικά στοιχεία και επαναχρησιμοποιείται. Με την ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος επιτυγχάνεται εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων, και περιορίζεται η ρύπανση του περιβάλλοντος. Ωστόσο στην διαδικασία συμπλήρωσης θα πρέπει να καθοριστούν με ακρίβεια οι απαραίτητες ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων ώστε το διάλυμα που θα προκύψει να έχει την επιθυμητή σύσταση. Έτσι για να γίνει εφικτή από τεχνική και οικονομική άποψη η ανακύκλωση του διαλύματος, η συμπλήρωση συνίσταται να γίνεται αυτόματα με την βοήθεια κατάλληλου εξοπλισμού. Θα πρέπει ακόμα να αναφερθεί ότι τα κλειστά συστήματα είναι ευαίσθητα σε επιμολύνσεις του ριζικού συστήματος και πιθανή εξάπλωση ασθενειών σε όλα τα φυτά της καλλιέργειας, σε περίπτωση που το διάλυμα δεν απολυμανθεί πριν την επαναχρησιμοποίησή του.

1.4 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα

1.4.1 Πλεονεκτήματα

Απουσία ασθενειών ριζικού συστήματος

Τα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται έρχονται απαλλαγμένα από ασθένειες και σπόρους ζιζανίων. Επιπλέον τα υποστρώματα είναι καλυμμένα και συνεπώς δεν μπορούν να μεταφερθούν σπόροι ζιζανίων σε αυτά. Εφόσον το υπόστρωμα έχει απομονωθεί πλήρως από το έδαφος, ο μόνος τρόπος να αναπτυχθούν ζιζάνια είναι είτε από μολυσμένο νερό είτε από λιμνάζοντα νερά, πράγμα που αποφεύγεται δίνοντας στα κανάλια απορροής κατάλληλη κλίση. Σε περίπτωση ύπαρξης κάποιας ασθένειας τα συμπτώματα εμφανίζονται σχετικά γρήγορα, πράγμα που βοηθάει στην άμεση και αποτελεσματική αντιμετώπισή της.

Δυνατότητα ελέγχου συνθηκών της ρίζας

Στην υδροπονία η απουσία εδάφους έχει ως αποτέλεσμα ένα περιβάλλον καλλιέργειας με πλήρη έλεγχο των στοιχείων που το αποτελούν. Μπορεί πολύ εύκολα και σύμφωνα με τις ανάγκες να γίνει ακριβής ρύθμιση της υγρασίας, του pH, των αναλογιών του θρεπτικού διαλύματος, και της θερμοκρασίας, βελτιστοποιώντας με αυτόν τον τρόπο την θρέψη και ανάπτυξη των φυτών.

Επίτευξη υψηλότερων αποδόσεων και καλύτερης ποιότητας

Η δυνατότητα που υπάρχει στον έλεγχο και ρύθμιση των συνθηκών της ρίζας, εξασφαλίζει την βελτιστοποίηση της θρέψης του φυτού. Αποτέλεσμα αυτού είναι η επίτευξη υψηλότερης απόδοσης και καλύτερης ποιότητας. Ειδικότερα σε συνθήκες θερμοκηπίου όπου μπορεί να υπάρξει συνολικός έλεγχος του περιβάλλοντος της καλλιέργειας τα θετικά αποτελέσματα αυξάνονται.

Μεγαλύτερη διάρκεια καλλιέργειας

Λόγω της απουσίας ασθενειών, τις καλές συνθήκες ανάπτυξης των ριζών και της καλύτερης θρέψης του φυτού, η διάρκεια παραγωγικότητας της καλλιέργειας αυξάνεται κατά μεγάλο χρονικό διάστημα. Επίσης έχει παρατηρηθεί ότι η

καλλιέργεια φυτών με υδροπονικές μεθόδους τα κάνει πιο ανθεκτικά στο κρύο έναντι των συμβατικών καλλιεργειών, παρατείνοντας έτσι την διάρκεια καλλιέργειας σε περιοχές με κρύους χειμώνες.

Επιφέρει σημαντική πρωίμηση

Έχει αποδειχθεί ότι η καλλιέργεια τόσο σε υπόστρωμα όσο και σε καθαρό διάλυμα επιφέρει σημαντική πρωίμηση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στο χώρο του ριζοστρώματος διαμορφώνονται υψηλότερες θερμοκρασίες συγκριτικά με καλλιέργειες στο έδαφος.

Απαλλαγή από εργασίες προετοιμασίας εδάφους

Στις συμβατικές καλλιέργειες απαιτείται η κατάλληλη προετοιμασία του εδάφους (όργωμα, φρεζάρισμα, απολύμανση, λίπανση, κ.λπ.) για κάθε νέα φύτευση. Στην υδροπονία αρκεί μόνο η τοποθέτηση της αρχικής εγκατάστασης, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι ανάγκες σε εργατικά και επιπλέον να είναι δυνατή η φύτευση νέας καλλιέργειας αμέσως μετά την απομάκρυνση της προηγούμενης.

Λύση σε χαμηλής γονιμότητας εδάφη

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου η καλλιέργεια φυτών στο έδαφος δεν είναι δυνατή ή δεν ενδείκνυται. Η γονιμότητα του εδάφους μπορεί να είναι χαμηλή ή μηδενική, είτε λόγω εντατικής εκμετάλλευσης είτε λόγω φυσικών ιδιοτήτων (πολύ βαριά ή ελαφρά εδάφη, χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανικές ουσίες, εναλατωμένα εδάφη, κ.λπ.). Επίσης υπάρχουν περιπτώσεις που δεν υπάρχει έδαφος, όπως σε κτήρια, σε θαλάσσιες κατασκευές, σε διαστημικούς σταθμούς. Το γεγονός ότι η υδροπονία βασίζεται σε τεχνητά μέσα την καθιστά την καταλληλότερη και πιο αποτελεσματική επιλογή.

Χρήσιμη όταν το νερό άρδευσης έχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα

Η υδροπονία είναι χρήσιμη και σε περιπτώσεις που το νερό άρδευσης έχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα. Σε αυτές τις περιπτώσεις λύση αποτελούν μόνο τα ανοικτά συστήματα υδροπονίας. Αντίθετα τα κλειστά συστήματα πρέπει να αποφεύγονται καθώς η υψηλή περιεκτικότητα αλάτων θα παρουσιάσουν σοβαρά προβλήματα στην καλλιέργεια.

Προστασία περιβάλλοντος από λιπάσματα

Σε καλλιέργειες κλειστών υδροπονικών συστημάτων χάρις στην συνεχή ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος, όλα τα λιπάσματα αξιοποιούνται από τα φυτά. Αποτέλεσμα αυτού είναι να μην διαφεύγουν ποσότητες λιπασμάτων στο περιβάλλον όπου μολύνουν τον υδροφόρο ορίζοντα.

1.4.2 Μειονεκτήματα

Αυξημένο κόστος αρχικής εγκατάστασης

Το κόστος της αρχικής εγκατάστασης ενός υδροπονικού συστήματος, είτε πρόκειται για ένα μικρό σε μέγεθος οικιακής χρήσης, είτε πρόκειται για μεγάλου μεγέθους παραγωγής θερμοκηπίου, είναι σαφώς μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κόστος καλλιέργειας στο έδαφος. Το κόστος αυτό συνίσταται στην δαπάνη αγοράς των πάγιων εγκαταστάσεων καλλιέργειας, στα συστήματα παρασκευής και τροφοδοσίας του θρεπτικού διαλύματος, και στην απαραίτητη ποσότητα υποστρώματος (εφόσον χρησιμοποιείται υπόστρωμα).

Απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις

Στην υδροπονία πέρα από τις γνώσεις καλλιεργητικής φροντίδας (κλάδεμα, ανάρτηση της καλλιέργειας, καθάρισμα κ.λπ.) χρειάζονται επιπλέον γνώσεις που έχουν να κάνουν με το θρεπτικό διάλυμα και τα ποτίσματα. Ο όγκος του χώρου ανάπτυξης των ριζών στην υδροπονία είναι περιορισμένος. Συνεπώς για να υπάρξει πάντοτε διαθέσιμη ποσότητα θρεπτικού διαλύματος για την καλλιέργεια απαιτούνται πολλά ποτίσματα ημερησίως με μικρές ποσότητες νερού ανά πότισμα. Η διαχείριση των ποτισμάτων στην υδροπονία είναι σημαντική καθώς μπορεί να οδηγήσει το φυτό βλαστική ή αναπαραγωγική ανάπτυξη και συνεπώς να οδηγήσουμε την καλλιέργεια όπως επιθυμούμε (πρωίσιμη ή όψιμη, μέγεθος καρπού, κ.λπ.). Για το θρεπτικό διάλυμα θα πρέπει να υπάρχουν οι απαραίτητες γνώσεις για την παρασκευή του με σωστές αναλογίες των θρεπτικών του στοιχείων. Επιπλέον κάποιες τεχνικές γνώσεις είναι απαραίτητες για την διαχείριση των μηχανημάτων, των συστημάτων σωληνώσεων, κ.λπ., που αποτελούν το υδροπονικό σύστημα.

Εύκολη εξάπλωση μιας μόλυνσης σε κλειστά υδροπονικά συστήματα

Σε κλειστά υδροπονικά συστήματα, με την ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος, υπάρχει κίνδυνος εξάπλωσης μιας μόλυνσης σε περίπτωση που έχει προσβληθεί ένα φυτό. Η πρακτική εμπειρία και σχετικά πειράματα έχουν αποδείξει ότι ο κίνδυνος αυτός είναι σχετικά μικρός. Ακόμα και αν μολυνθούν κάποια φυτά, αν απομακρυνθούν αμέσως η υπόλοιπη καλλιέργεια συνήθως δεν μολύνεται. Η ύπαρξη μικρής ποσότητας μολύσματος μέσα στο θρεπτικό διάλυμα δεν οδηγεί αυτόματα στην προσβολή των υπολοίπων φυτών χωρίς την ύπαρξη ορισμένων επιπλέον προϋποθέσεων, όπως η ύπαρξη πληγών στις ρίζες, κ.λπ.. Παρόλα αυτά, είναι σκόπιμο, σε κλειστά υδροπονικά συστήματα το θρεπτικό διάλυμα να απολυμαίνεται πριν ανακυκλωθεί, ώστε να αποφευχθεί οποιαδήποτε εξάπλωση πιθανής μόλυνσης.

Αυξημένη κατανάλωση λιπασμάτων σε ανοιχτά συστήματα

Στην υδροπονία ο καλλιεργητής πρέπει να χορηγεί όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία στα φυτά, σε αντίθεση με τις καλλιέργειες εδάφους όπου στοιχεία όπως το ασβέστιο περιέχονται σε επαρκείς ποσότητες στο χώμα. Οι ποσότητες όμως που απαιτούνται σε λιπάσματα στην υδροπονία δεν ξεπερνούν τις αντίστοιχες ποσότητες που απαιτούνται σε μια καλλιέργεια εδάφους. Στην πραγματικότητα πραγματικό πρόβλημα αυξημένης κατανάλωσης λιπασμάτων υπάρχει μόνο σε ανοιχτά υδροπονικά συστήματα και μόνο όταν το χορηγούμενο νερό άρδευσης είναι αρκετά περισσότερο από τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας. Συνεπώς είναι ένα σχετικό και όχι απόλυτο μειονέκτημα που μπορεί να αντιμετωπισθεί ικανοποιητικά με τον σωστό προγραμματισμό των ποτισμάτων και την σωστή παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος.

1.5 Οικιακά υδροπονικά συστήματα

Η διάδοση της καλλιέργειας με υδροπονικά συστήματα στο ευρύ κοινό, δημιούργησε έναν χώρο με αυξημένη ζήτηση που έπρεπε να καλυφθεί, δίνοντας ώθηση στην ανάπτυξη πολλών διαφορετικών μοντέλων. Πολλές εταιρείες κατασκεύασαν την δικιά τους εκδοχή ενός υδροπονικού συστήματος για οικιακή χρήση. Συνήθως οι προτάσεις των προϊόντων παρέμεναν στα βασικά και απλά χαρακτηριστικά των υδροπονικών συστημάτων. Υπήρξαν όμως και καινοτόμες ιδέες που συνδύασαν κι άλλα στοιχεία με ενδιαφέροντα αποτελέσματα. Παράλληλα πολλοί ανεξάρτητοι ερασιτέχνες δημιουργούν τα δικά τους συστήματα, και πειραματίζονται με νέες ιδέες, συμβάλλοντας με την σειρά τους στην εξέλιξή τους.

1.5.1 Εμπορικά απλά οικιακά συστήματα

AeroFlo 30

Υδροπονικό σύστημα με την μέθοδο NFT για οικιακή χρήση. Έχει 30 θέσεις καλλιέργειας φυτών και επιφάνεια κάλυψης 229 X 58,5 X 56 (cm).



EcoGrower Max

Σύστημα με την μέθοδο της σταγόνας (Drip system) με 6 θέσεις καλλιέργειας. Ιδανικό για μικρούς χώρους αφού έχει επιφάνεια κάλυψης μόνο 67 X 58 X 46 (cm), και για καλλιέργεια ποιό μεγάλων φυτών.



1.5.2 Εμπορικά συστήματα που ξεχωρίζουν

Tower Garden Growing System

Σύστημα πολύ αποδοτικό για δεδομένη επιφάνεια χώρου καθώς εκμεταλεύεται το ύψος και την δυνατότητα που δίνει η υδροπονία για κάθετη καλλιέργεια. Η δεξαμενή βρίσκεται στην βάση, το θρεπτικό διάλυμα οδηγείται μέχρι πάνω με αντλία και απο εκεί "πέφτει" στις ρίζες των φυτών που βρίσκονται εσωτερικά του κυλίνδρου.



WindowFarm

Σύστημα που αναπτύχθηκε ιδικά για καλλιέργεια σε παράθυρα, όπως προσδίδει και το όνομά του. Κρέμεται από την πάνω οριζόντια πλευρά του παραθύρου εκμεταλλευόμενο τον κάθετο χώρο και το χρήσιμο, για την ανάπτυξη των φυτών, φως του ήλιου. Η διαδικασία είναι περίπου ίδια, η αντλία οδηγεί το διάλυμα στο υψηλότερο σημείο και από εκεί η βαρύτητα το οδηγεί στα φυτά.



Omega garden Volksgarden

Το συγκεκριμένο σύστημα, γνωστό για την φουτουριστική του όψη, έχει στο κεντρικό ,παράλληλο στο επίπεδο, άξονα, ειδική λάμπα για την ανάπτυξη των φυτών. Η καλλιέργεια περιστρέφεται γύρω από την λάμπα, κάνοντάς το ιδανικό και για αυξημένη παραγωγή, αλλά κυρίως για καλλιέργεια σε εσωτερικό χώρο χωρίς φυσικό φωτισμό.



AeroGarden Ultra

Μικρό σύστημα, ιδανικό για εσωτερικό χώρο χωρίς φυσικό φωτισμό, αφού έχει ειδική λάμπα στον εξοπλισμό του. Η θέση που βρίσκεται η λάμπα είναι πτυσσόμενη και ρυθμίζεται ανάλογα με τις ανάγκες και το μέγεθος του φυτού.



Grows 5 Times Faster Than Soil!

2 Τρισδιάστατη Εκτύπωση

2.1 Εισαγωγή στην τρισδιάστατη εκτύπωση

Η έννοια της τρισδιάστατης εκτύπωσης με απλά λόγια μπορεί να οριστεί ως η διαδικασία δημιουργίας ενός τρισδιάστατου αντικειμένου από ένα ψηφιακό αρχείο, που περιέχει ένα μοντέλο σχεδιασμένο από σχεδιαστή ή την σάρωση ενός φυσικού αντικειμένου. Αν και υπάρχουν πολλές διαφορετικές μέθοδοι τρισδιάστατης εκτύπωσης, ο όρος σήμερα είναι περισσότερο συνδεδεμένος με τους τρισδιάστατους εκτυπωτές που χρησιμοποιούν την μέθοδο της προσθετικής παραγωγής. Αυτό οφείλεται στο ότι οι συγκεκριμένοι τρισδιάστατοι εκτυπωτές είναι οι πιο εμπορικοί, συστήνοντας πρώτοι την νέα τεχνολογία στο ευρύ κοινό. Παρόλα αυτά με την εξάπλωση της τεχνολογίας της τρισδιάστατης εκτύπωσης και την εμπορευματοποίηση όλο και περισσότερων μοντέλων τρισδιάστατων εκτυπωτών, ο όρος τείνει να γίνει πιο καθολικός περιγράφοντας όλες τις μεθόδους παραγωγής τρισδιάστατων αντικειμένων.

Παράλληλα με τις μεθόδους τρισδιάστατης εκτύπωσης που εξελίσσονται, διευρύνεται το εύρος των υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και κατά συνέπεια και οι τομείς εφαρμογής τους. Οπότε έχουμε τρισδιάστατους εκτυπωτές μεγάλου μεγέθους που “εκτυπώνουν” σπίτια, μέχρι πολύ μικρής λεπτομέρειας τρισδιάστατους εκτυπωτές για χρήση στην οδοντιατρική. Άλλοι τομείς όπου γίνεται χρήση της τεχνολογίας της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι της αυτοκινητοβιομηχανίας, της αεροναυπηγικής, της κοσμηματοποιίας, της ιατρικής, της εκπαίδευσης, της ρομποτικής, της αρχιτεκτονικής. Αν και κατά κύριο λόγο οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές χρησιμοποιούνται για την κατασκευή πρωτοτύπων και μακετών, η σημασία τους είναι πολύ σημαντική καθώς σχεδόν εκμηδενίζουν το χρόνο μια ιδέα να αποκτήσει υλική υπόσταση, κάτι που παλαιότερα χρειαζόταν πολύ χρόνο, τεχνίτες με τις απαραίτητες γνώσεις και δεξιότητες, και πολλά εργαλεία.

2.2 Η ιστορία της τρισδιάστατης εκτύπωσης

Η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης δεν είναι κάτι καινούργιο, υπάρχει από την δεκαετία του '80. Ο πρώτος εμπορικός τρισδιάστατος εκτυπωτής εφευρέθηκε από τον Charles Hull το 1984, και βασίστηκε στην τεχνική της στερεολιθογραφίας. Ο ίδιος το 1986 έλαβε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για την εφεύρεση του, και ήταν το πρώτο που εκδόθηκε ποτέ. Ωστόσο η πρώτη αίτηση για δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για τρισδιάστατη εκτύπωση είχε κατατεθεί, χωρίς να γίνει δεκτή, από τον Dr. Kodama

στην Ιαπωνία το 1980. Ο λόγος που δεν έγινε δεκτή ήταν γιατί η πλήρης περιγραφή του διπλώματος ευρεσιτεχνίας δεν είχε κατατεθεί πριν από τη λήξη της προθεσμίας ενός έτους μετά την εφαρμογή.

Το 1988, η 3D Systems κυκλοφορεί την πρώτη έκδοση του μηχανήματος για το κοινό, που ονομάζεται SLA-250 δεν ήταν το μόνο μηχάνημα τεχνολογίας ΤΠ που εξελισσόταν. Το 1987, ο Carl Deckard, ο οποίος εργάζεται στο Πανεπιστήμιο του Τέξας, κατέθεσε αίτηση διπλώματος ευρεσιτεχνίας στις ΗΠΑ για την επιλεκτική διαδικασία ΤΠ Laser Sintering (SLS). Αυτό το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας εκδόθηκε το 1989 και η SLS στη συνέχεια παραχωρήθηκε στην εταιρία DTM Inc., η οποία εξαγοράστηκε αργότερα από την 3D Systems. Το 1989 ήταν επίσης η χρονιά που ο Scott Crump, συν-ιδρυτής της Stratasys Inc. κατέθεσε αίτηση διπλώματος ευρεσιτεχνίας για την τεχνολογία FDM αποκλειστική τεχνολογία που εξακολουθεί να κατέχεται από την εταιρία σήμερα, αλλά είναι επίσης και η διαδικασία που χρησιμοποιείται από πολλές μηχανές entry-level, με βάση το μοντέλο RepRap ανοιχτού κώδικα, που είναι ευρέως διαδεδομένη σήμερα. Το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας FDM εκδόθηκε για τη Stratasys το 1992. Η Ευρώπη, το 1989 είδε επίσης το σχηματισμό της EOS GmbH στη Γερμανία, που ιδρύθηκε από τον Hans Langer αναπτύσσοντας τη διαδικασία LS. Σήμερα, τα συστήματα EOS αναγνωρίζονται σε όλο τον κόσμο για την ποιότητα της παραγωγής τους για την κατασκευή βιομηχανικών πρωτοτύπων και την παραγωγή εφαρμογές 3D εκτύπωσης. Η EOS πούλησε το πρώτο σύστημα "Stereos" το 1990. Η διαδικασία direct metal laser sintering (DMLS) της εταιρείας προέκυψε από ένα έργο της EOS με ένα τμήμα της Electrolux, η οποία αργότερα αποκτήθηκε από την EOS.

Άλλες τεχνολογίες 3D εκτύπωσης και διαδικασίες επίσης εμφανίζονται κατά τη διάρκεια αυτών των ετών, επιγραμματικά η διαδικασία Ballistic Particle Manufacturing (BPM) αρχικά με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από τον William Masters, Laminated Object Manufacturing (LOM) αρχικά με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από τον Michael Feygin, Solid Ground Curing (SGC), αρχικά με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από Itzhak Pomerantz κ.α. και «τρισδιάστατη εκτύπωση» (3DP) αρχικά με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από τον Emanuel Sachs, κ.α. Και έτσι στις αρχές της δεκαετίας παρατηρήθηκε μια αύξηση του αριθμού των ανταγωνιστικών εταιρειών στην αγορά της ΤΠ, αλλά μόνο τρία από τα πρωτότυπα παραμένουν και σήμερα - 3D Systems, η EOS και η Stratasys.

Όλη τη δεκαετία του 1990 και στις αρχές του 2000, εισήχθησαν πλήθος νέων τεχνολογιών, εξακολουθώντας να επικεντρώνονται εξολοκλήρου σε βιομηχανικές εφαρμογές. Έχουμε την εμφάνιση της νέας ορολογίας, όπως Rapid Tooling (RT), Rapid Casting και Rapid Manufacturing. Το 1993, Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης (MIT) με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας αναπτύσσει την τεχνολογία, που ονομάζεται "3 διαστάσεων τεχνικές εκτύπωσης" (3DP), η οποία είναι παρόμοια με την τεχνολογία inkjet που χρησιμοποιείται σε 2D εκτυπωτές. Το 1995, η Z

Corporation λαμβάνει αποκλειστική άδεια από το MIT να χρησιμοποιήσει την τεχνολογία και άρχισε να αναπτύσσει 3D εκτυπωτές που βασίζονται στην τεχνολογία 3DP. Το 1996, τα τρία κύρια προϊόντα, " Genisys " από Stratasys, " ACTUA 2100 " από 3D Systems και " Z402 " από Z Corporation, εισήχθησαν. Ήταν μόνο κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου που ο όρος "3D εκτυπωτής" χρησιμοποιείται για πρώτη φορά για μηχανήματα ταχείας πρωτοτυποποίησης.

Το 2007, η αγορά είδε το πρώτο σύστημα κάτω από \$10.000 από την 3D Systems χωρίς την αναμενόμενη επιτυχία λόγω του συστήματος αλλά και των αναγκών της αγοράς. Ο πραγματικός στόχος ήταν η κυκλοφορία ενός 3D εκτυπωτή με κόστος κάτω των 5.000\$ αυτό ήταν το κλειδί για να ανοίξει η αγορά των 3D εκτυπωτών σε ένα ευρύτερο κοινό εκτός των βιομηχανιών. Όπως αποδείχθηκε όμως, το 2007 ήταν στην πραγματικότητα η χρονιά που είχε σηματοδοτήσει το σημείο καμπής για την προσβάσιμη τεχνολογία της 3D εκτύπωσης όταν το RepRap φαινόμενο ρίζωσε. Ο Dr. Bowyer συνέλαβε τον RepRap, το σενάριο ενός ανοιχτού κώδικα, αυτοανατιπούμενου 3D εκτυπωτή ήδη από το 2004. Το 2007 όμως το open source κίνημα της 3D εκτύπωσης άρχισε να αποκτά προβολή.

Το 2012 ήταν η χρονιά που τρισδιάστατοι εκτυπωτές εναλλακτικής επεξεργασίας εισήλθαν στην αγορά. Ο B9Creator (τεχνολογίας DLT) έκανε την εμφάνισή του τον Ιούνιο, και ακολούθησε ο Form 1 (τεχνολογίας στερεολιθογραφίας) τον Δεκέμβριο του ίδιου έτους. Και οι δύο εκτυπωτές παρουσιάστηκαν και χρηματοδοτήθηκαν στον ιστότοπο Kickstarter, και οι δύο γνώρισαν μεγάλη επιτυχία.

Ως αποτέλεσμα των σημαντικών πλεονεκτημάτων σε δυνατότητες και εφαρμογές σε βιομηχανικό επίπεδο, την δραματική αύξηση υποστηρικτών και δημοφιλίας καθώς και της ποικιλίας των συστημάτων που παρέχονταν ήταν θέμα χρόνου να εντοπισθούν και να αναδειχθούν από τα μέσα ενημέρωσης. Έτσι το 2013 θεωρείτε έτος κομβικό για την ανάπτυξή και εδραίωσή των τρισδιάστατων εκτυπωτών στην αγορά. Αποκαλούμενος ως 2η, 3η ή ακόμα και 4η βιομηχανική επανάσταση από κάποιους, αυτό που δεν μπορεί να αρνηθεί κανείς, είναι ο μεγάλος αντίκτυπος και η επιρροή που έχει η τρισδιάστατη εκτύπωση στον βιομηχανικό τομέα και στον τρόπο παραγωγής, καθώς και τις προοπτικές που φαίνεται να επιφυλάσσει για το μέλλον.

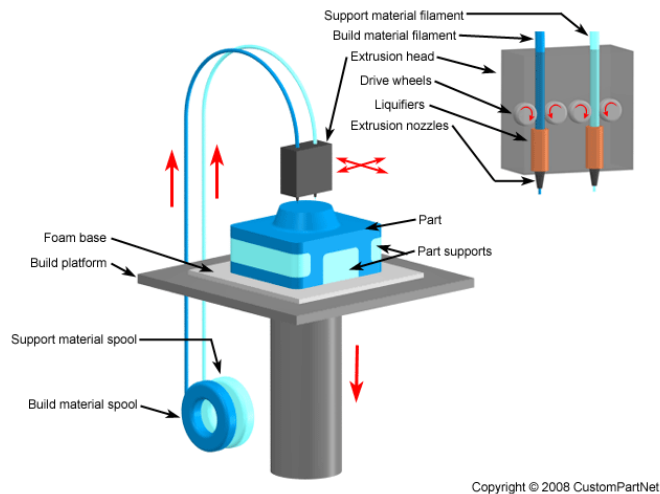
2.3 Μέθοδοι και τεχνολογίες τρισδιάστατης εκτύπωσης

2.3.1 Εξώθηση

Η εξώθηση είναι μια διαδικασία κατά την οποία το υλικό ωθείται μέσα από μια περιορισμένη περιοχή για να αλλάξει τα χαρακτηριστικά του υλικού. Στην τρισδιάστατη εκτύπωση συνήθως το υλικό εξέρχεται σε υγρή μορφή και στερεοποιείται αμέσως μετά.

2.3.1.1 FDM

Η μέθοδος της συνεχής εναπόθεσης υλικού είναι μια τεχνολογία που αναπτύχθηκε από τη Stratasys και χρησιμοποιείται στην παραδοσιακή ταχεία προτυποποίηση. Σε αυτήν την τεχνική, ίνες θερμού πλαστικού υλικού εξέρχονται από μία κεφαλή η οποία κινείται στο επίπεδο (x,y). Η κεφαλή εναποθέτει λεπτές στρώσεις του πλαστικού πάνω σε μία βάση, διαγράφοντας την πρώτη διατομή. Η βάση βρίσκεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία και έτσι το υλικό στερεοποιείται γρήγορα. Στην συνέχεια η βάση κατέρχεται και η κεφαλή εναποθέτει το δεύτερο στρώμα πάνω στο πρώτο. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι την ολοκλήρωση του αντικειμένου. Στην τρισδιάστατη εκτύπωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τύποι υλικού, κυρίως κεραμικά και πολυμερή. Δοκιμές έχουν γίνει όμως και με μέταλλα καθώς και τσιμέντο. Ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιείται υπάρχει και το αντίστοιχο ακροφύσιο και μηχανισμός κίνησης. Για παράδειγμα στην περίπτωση του τσιμέντου δεν είναι δυνατόν να κινηθεί η βάση, οπότε το ακροφύσιο κινείται και στον οριζόντιο άξονα.

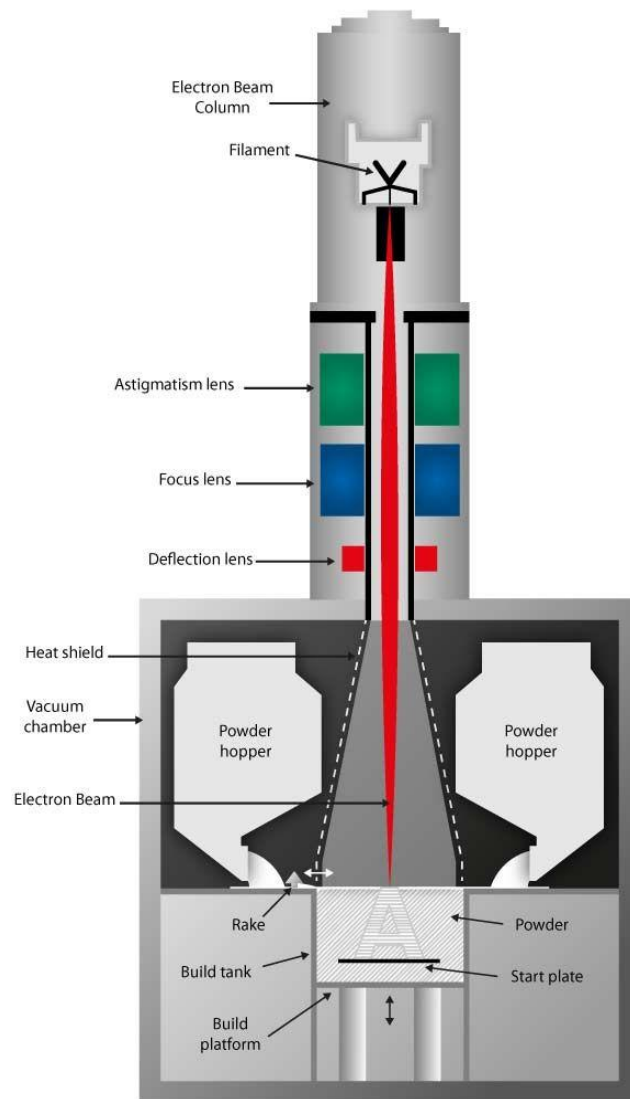


2.3.2 Κόκκοι

Μια άλλη προσέγγιση είναι η επιλεκτική τήξη των μέσων εκτύπωσης σε ένα κοκκώδες υπόστρωμα. Σε αυτή την παραλλαγή, τα ασύνδετα μέσα χρησιμεύουν για να υποστηρίξουν προεξοχές και λεπτά τοιχεία στα παραγόμενα τμήματα, μειώνοντας την ανάγκη για προσωρινά βοηθητικά υποστηρίγματα για το αντικείμενο εργασίας. Συνήθως ένα λείζερ χρησιμοποιείται για την τήξης του μέσου και την δημιουργία του στερεού.

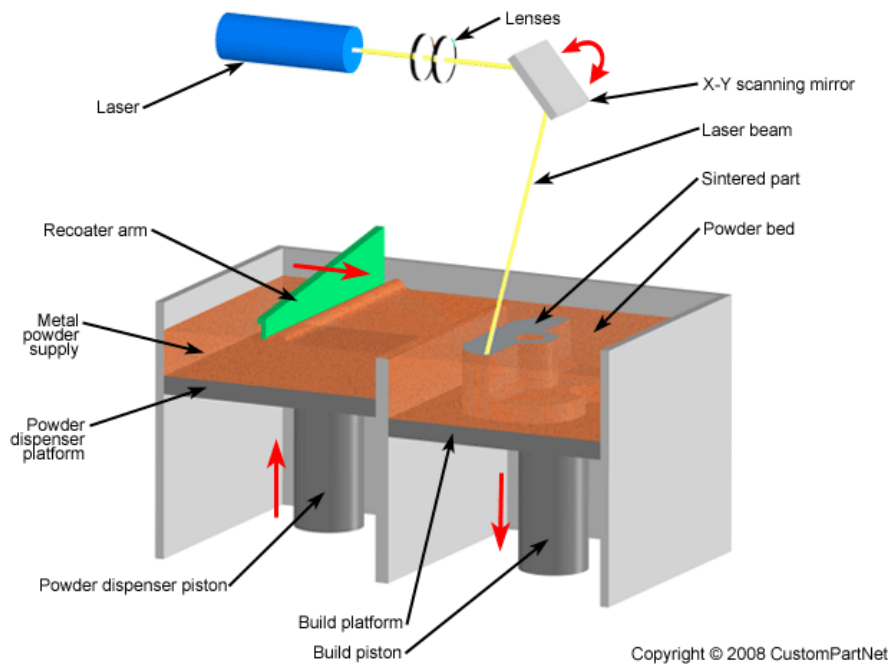
2.3.2.1 EBM

Η μέθοδος EBM κατασκευάζει εξαρτήματα με την τήξη σκόνης μετάλλου (συνήθως τιτανίου) σε στρώματα με την χρήση δέσμης ηλεκτρονίων σε υψηλό κενό. Σε αντίθεση με τις τεχνικές συσσωμάτωσης μετάλλου που λειτουργούν κάτω από το σημείο τήξης, τα μέρη είναι πλήρως πυκνά, χωρίς κενό, και πολύ ισχυρά, με αποτέλεσμα την χρήση τους σε απαιτητικά πεδία όπως οι μεταλλικοί σύνδεσμοι αντικατάστασης οστών στο ανθρώπινο σώμα.



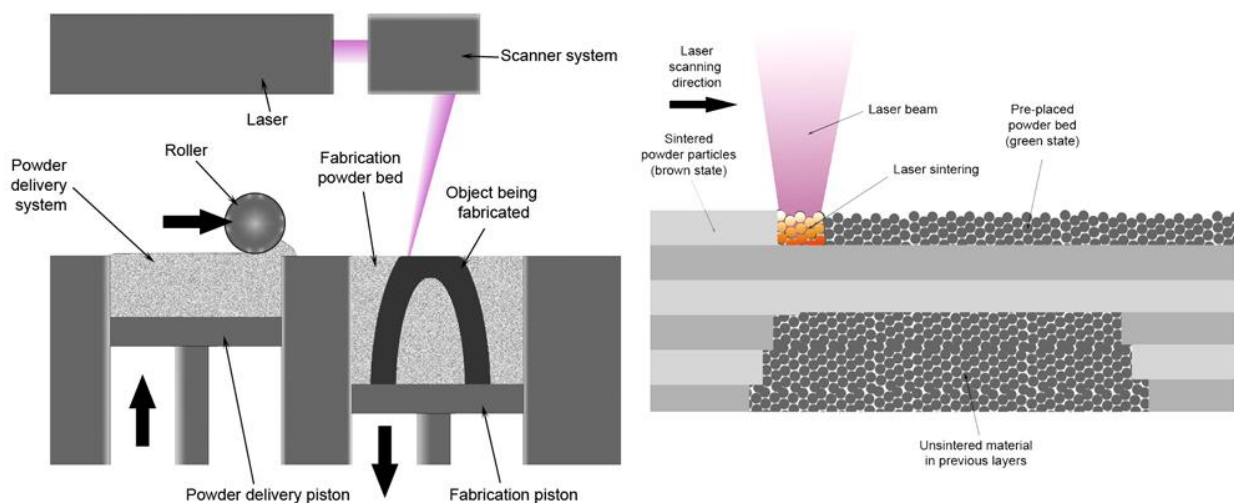
2.3.2.2 DMLS

Η μέθοδος εκτύπωσης DMLS (Direct Metal Laser Sintering) είναι παρόμοια με τη διαδικασία EBM όσον αφορά τον σχηματισμό των τμημάτων από μεταλλική σκόνη. Η βασική διαφορά είναι η πηγή θερμότητας, η οποία, όπως υποδηλώνει το όνομα είναι ένα λέιζερ, αντί για μία δέσμη ηλεκτρονίων.



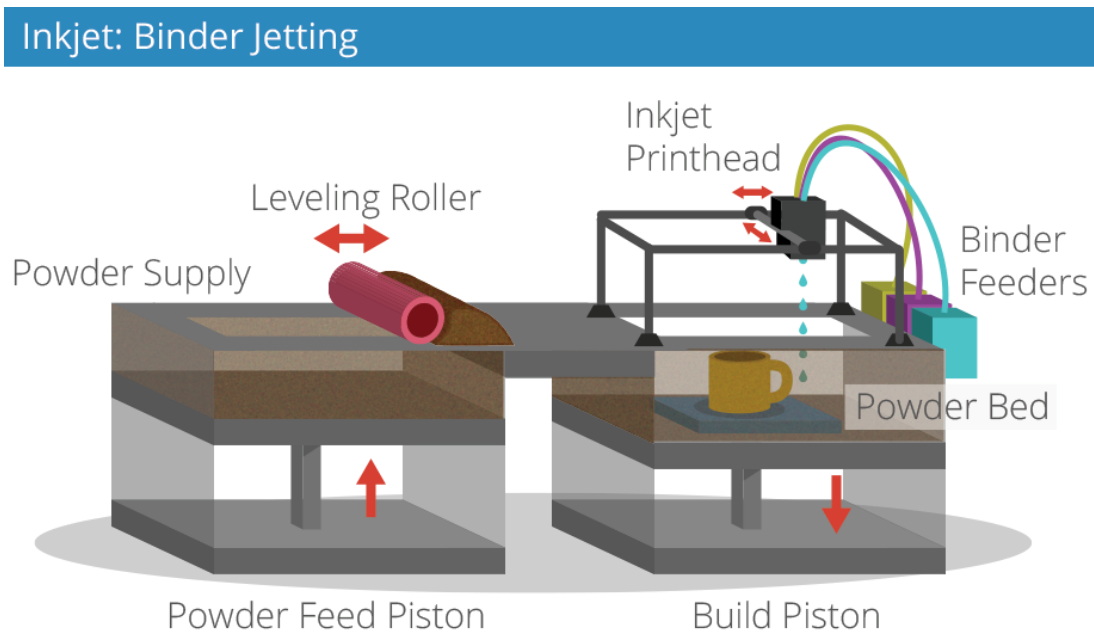
2.3.2.3 SLS

Στην μέθοδο SLS στη θέση του ρευστού πολυμερούς, σκόνες από διάφορα υλικά απλώνονται σε μια πλατφόρμα από έναν κύλινδρο. Ένα laser συμπυκνώνει επιλεγμένες περιοχές, αναγκάζοντας τα σωματίδια να λιώσουν και να στερεοποιηθούν. Αντίθετα με τις μεθόδους που παρουσιάστηκαν πιο πριν, όπου υπάρχει μόνο μια μεταβατική φάση, στη διαδικασία SLS υπάρχουν δύο: από στερεό σε ρευστό και πίσω πάλι σε στερεό. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται και διερευνούνται είναι: πλαστικό, κερί, μέταλλο και επικαλυμμένα κεραμικά. Πιστεύεται πως θα είναι εφικτό να κατασκευάζονται μοντέλα και από άλλα υλικά, εκτός από πλαστικό, που να έχουν τις απαιτούμενες ιδιότητες με αυτές τις μεθόδους.



2.3.2.4 3D inkjet

Στην μέθοδο αυτή ένας εκτυπωτής «μελάνης» εκτυπώνει μια μορφή κόλλας (ένα συνδετικό υλικό) πάνω σε σκόνη έτσι ώστε να δημιουργήσει ένα στερεοποιημένο στρώμα. Η παραπάνω διαδικασία πραγματοποιείται με χρήση υλικών όπως γύψος, τα κεραμικά και η κόλλα. Τα κύρια χαρακτηριστικά της μεθόδου είναι η μέτρια ακρίβεια του τελικού προϊόντος, η ταχύτατη εκτύπωση και το εύθραυστο των υλικών. Από τα κυριότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι το χαμηλό κόστος των υλικών και το μέτριο κόστος απόκτησης του εκτυπωτή.



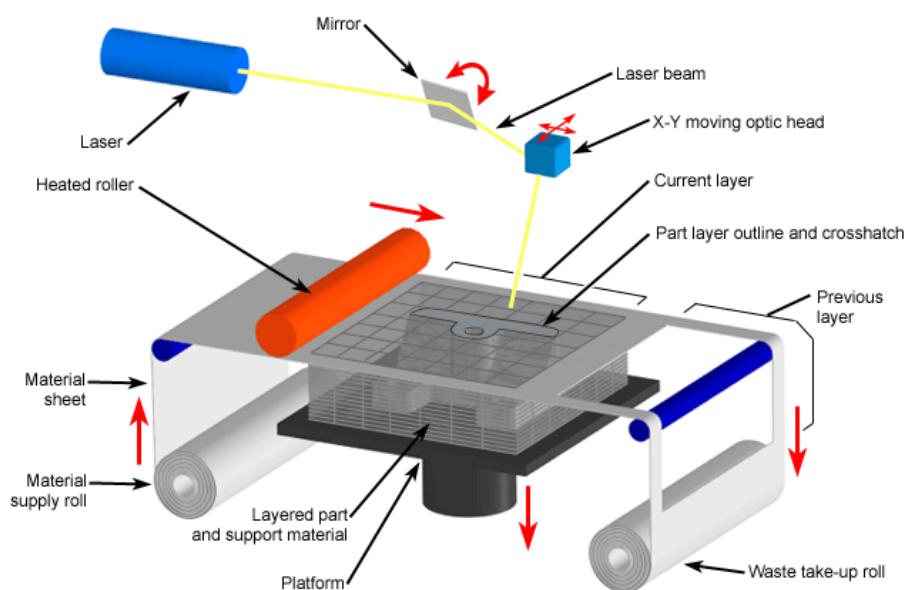
2.3.3 Πολλαπλές στρώσεις

Η διαδικασία των πολλαπλών στρώσεων είναι μια διαδικασία όπου λεπτά φύλλα του υλικού κολλούνται διαδοχικά το ένα πάνω στο άλλο, σε επιλεγμένα σημεία, κατασκευάζοντας σταδιακά το τρισδιάστατο αντικείμενο.

2.3.3.1 LOM

Η τεχνική αυτή αναπτύχθηκε από την εταιρία Helisys στην Αμερική. Βασίζεται στην κατασκευή αντικειμένων με την συγκόλληση λεπτών φύλλων υλικού που φέρουν επίστρωση θερμοκολλητικής ουσίας. Το πρώτο υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν χαρτί, ενώ αργότερα η εταιρία ανέπτυξε και χρησιμοποίησε και άλλα υλικά

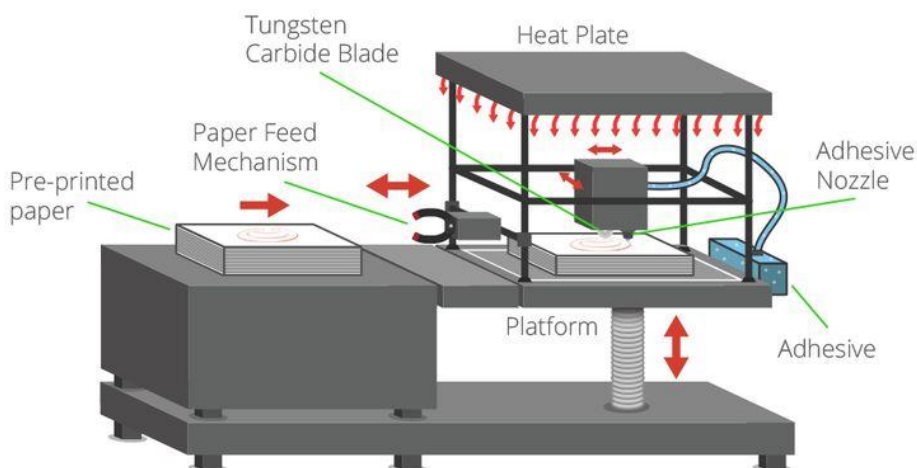
όπως αδιάβροχο χαρτί, πλαστικά, λεπτές ταινίες κεραμικών υλικών ή μετάλλων υπό μορφή σκόνης.



Copyright © 2008 CustomPartNet

2.3.3.2 SDL

Η τεχνική SDL αναπτύχθηκε και κατασκευάστηκε από τη Mcor Technologies. Παρουσιάζει ομοιότητες με την τεχνολογία LOM, καθώς χτίζει τμήματα στρώμα σε στρώμα χρησιμοποιώντας τυποποιημένο αντιγραφικό χαρτί. Κάθε νέο στρώμα στερεώνεται στο προηγούμενο στρώμα χρησιμοποιώντας μια κόλλα, η οποία εφαρμόζεται επιλεκτικά σύμφωνα με τα 3D δεδομένα που παρέχονται στο μηχάνημα. Αυτό σημαίνει ότι μια πολύ υψηλότερη πυκνότητα κόλλας εναποτίθεται στην περιοχή που θα γίνει το τμήμα, και μια πολύ μικρότερη πυκνότητα κόλλας εφαρμόζεται στη γύρω περιοχή που θα χρησιμεύσει ως στήριγμα, εξασφαλίζοντας σχετικά εύκολη αφαίρεση της στήριξης.



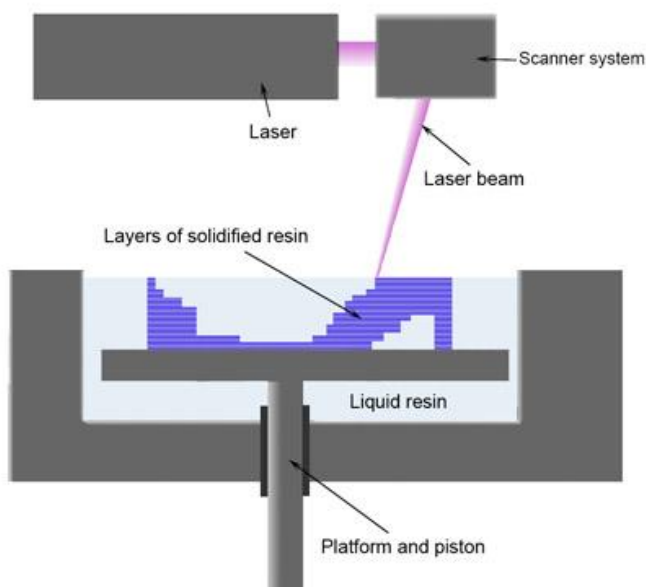
2.3.4 Πολυμερισμένο φως

Στην μέθοδο αυτή δέσμη φωτός αλληλεπιδρά με την επιφάνεια ενός δοχείου που περιέχει

υγρό πολυμερές, εκεί που συναντώνται η δέσμη του φωτός με το πολυμερές, αυτό στερεοποιείται και σχηματίζεται ένα λεπτό στρώμα από το αντικείμενο στην συνέχεια το στρώμα αυτό βυθίζεται στο διάλυμα και η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να δημιουργηθεί το τελικό προϊόν.

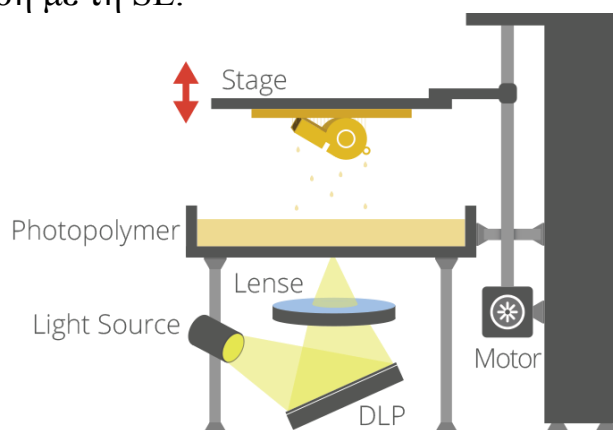
2.3.4.1 SLA

Στην μέθοδο SLA φωτοπολυμερής ρητίνη κρατείται σε μια δεξαμενή με μια κινητή πλατφόρμα στο εσωτερικό. Μία δέσμη λέιζερ κατευθύνεται στους άξονες XY σε ολόκληρη την επιφάνεια της ρητίνης. Όπου το λέιζερ χτυπά την επιφάνεια η ρητίνη σκληραίνει. Αυτό συνεχίζεται μέχρι το σύνολο του αντικειμένου να έχει ολοκληρωθεί και η πλατφόρμα μπορεί να ανυψωθεί για να αφαιρεθεί από το κάδο. Πολλές φορές τα εκτυπωμένα αντικείμενα, αφού έχουν αφαιρεθεί τυχόν δομές στήριξης, πρέπει να καθαρίζονται και να υποβάλλονται σε μια ειδική διαδικασία ξήρανσης σε ένα μηχάνημα σαν φούρνο με πολύ έντονη ακτινοβολία για να σκληρύνει πλήρως η ρητίνη. Η SL είναι γενικά αποδεκτή ως μία από τις πιο ακριβές 3D διεργασίες εκτύπωσης με εξαιρετικό φινίρισμα επιφάνειας. Ωστόσο, οι περιοριστικοί παράγοντες είναι τα επιπλέον στάδια επεξεργασίας που απαιτούνται και τη σταθερότητα των υλικών αφού με την πάροδο του χρόνου μπορεί να γίνουν πιο εύθραυστα.



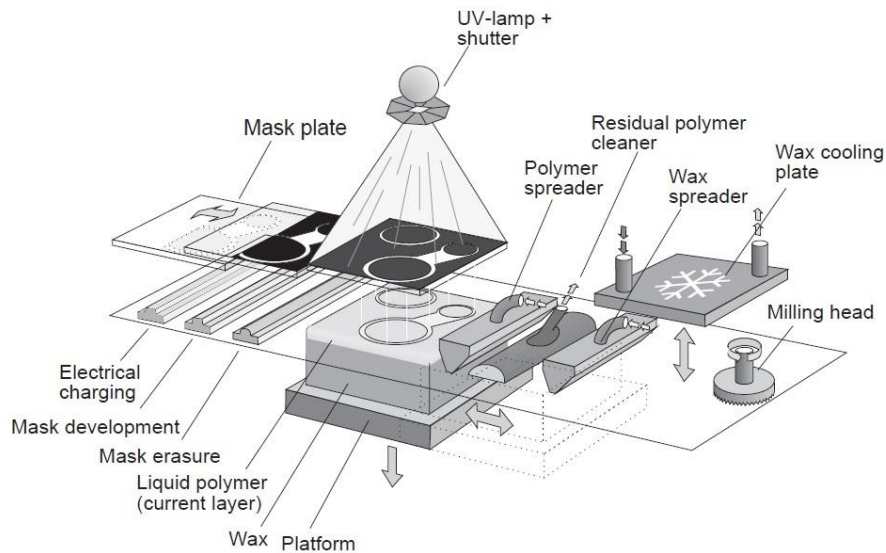
2.3.4.2 DLP

Η DLP ή ψηφιακή επεξεργασία φωτός, είναι μια παρόμοια διαδικασία με αυτή της SL αφού είναι μια διαδικασία 3D εκτύπωσης που λειτουργεί με φωτοπολυμερή. Η κύρια διαφορά είναι η πηγή φωτός. Η DLP χρησιμοποιεί μία πιο συμβατική πηγή φωτός, μια λάμπα τόξου με ένα πάνελ υγρού κρυστάλλου ή μια συσκευή παραμορφωμένου καθρέπτη (DMD), η οποία εφαρμόζεται σε ολόκληρη την επιφάνεια του κάδου ρητίνης σε ένα μόνο πέρασμα, γενικά καθιστώντας ταχύτερη τη διαδικασία σε σχέση με τη SL.



2.3.4.3 SGC

Στην μέθοδο SGC το διάλυμα φωτοπολυμερούς μετακινείται οριζόντια μεταφέροντας τον ενεργό χώρο διαδικασίας σε διαφορετικούς σταθμούς στη μηχανή. Χρησιμοποιείται λάμπα υπεριώδους φωτός που φωτίζει το θάλαμο και στερεοποιείται όλη η στρώση. Για να διαλέξουμε την περιοχή που πρέπει να στερεοποιηθεί, δημιουργείται μια μάσκα σε μια γυάλινη πλάκα και σβήνεται διαδοχικά μετά τη χρήση της. Η γυάλινη πλάκα με τη μάσκα τοποθετείται μεταξύ της λάμπας και της επιφάνειας του χώρου εργασίας. Τα μοντέλα χτίζονται περικυκλωμένα από κερί, περιορίζοντας την ανάγκη χρήσης κατασκευών για υποστήριξη. Μόλις μια στρώση έχει εκτεθεί στο υπεριώδες φως της λάμπας, οι περιοχές που δεν έχουν στερεοποιηθεί, αυτές που γεμίζουν με υπολείμματα, αντικαθίστανται με κερί. Αυτό επιτυγχάνεται με εξάλειψη των καταλοίπων και στρώνοντας μία στρώση από κερί. Πετυχαίνουμε τη σκλήρυνση του κεριού με μια παγωμένη μεταλλική πλάκα και διαδοχικά η στρώση επεξεργάζεται στο σωστό ύψος. Επίσης, ο σταθμός κατεργασίας δίνει τη δυνατότητα να αφαιρεθούν στρώσεις. Η νέα στρώση του πολυμερούς έχει εφαρμοστεί όταν ο χώρος εργασίας μετακινείται από το χώρο κατεργασίας πίσω στο θάλαμο έκθεσης φωτός.



2.4 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της τρισδιάστατης εκτύπωσης

2.4.1 Πλεονεκτήματα

Ταχύτητα

Στην τρισδιάστατη εκτύπωση όσο πολύπλοκο και αν είναι ένα αντικείμενο, ο εκτυπωτής το αντιλαμβάνεται με τον ίδιο τρόπο ενώ για έναν άνθρωπο θα ήταν πιο δύσκολο να σχεδιάσει την διαδικασία που θα πρέπει να ακολουθήσει μία άλλη μηχανή για να το κατασκευάσει. Αυτό είναι πολύ σημαντικό για την κατασκευή πρωτοτύπων, όπου θέλουμε να έχουμε σύντομα ένα αρχικό μοντέλο του προϊόντος για να ελέγξουμε την αντοχή, την χρηστικότητα και τον σχεδιασμό του και να μην καθυστερείται η διαδικασία μέχρι να φτάσουμε στην παραγωγή του τελικού προϊόντος.

Παραγωγή on demand

Χάρη στην ταχύτητά τους, μπορούν να κατασκευάζονται προϊόντα on demand

την στιγμή που τα παραγγέλλει ο καταναλωτής και να αποφεύγονται τα έξοδα για αποθήκευση των παραγόμενων προϊόντων.

Εξοικονόμηση υλικού

Άλλος ένας παράγοντας που συμβάλλει στην μείωση του κόστους είναι η εξοικονόμηση υλικού, καθώς χρησιμοποιείται ακριβώς τόσο υλικό όσο χρειάζεται για την δημιουργία ενός αντικειμένου και σε περιπτώσεις που περισσεύει, είτε σε μορφή σκόνης είτε σε υγρή μορφή, μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί για μεταγενέστερη εκτύπωση. Λόγο αυτού, δεν δημιουργούνται απόβλητα με άχρηστο, πλέον, υλικό και προστατεύεται το περιβάλλον.

Πολυπλοκότητα

Γίνεται πραγματικότητα η κατασκευή αντικειμένων που δεν ήταν δυνατό να κατασκευαστούν με τις προϋπάρχουσες μεθόδους λόγω της πολυπλοκότητάς τους, ενώ, επίσης, επιτυγχάνεται η παραγωγή προσαρμοσμένων προϊόντων (customized) που ανταποκρίνονται ακριβώς στις απαιτήσεις του κάθε χρήστη.

2.4.2 Μειονεκτήματα

Ποιότητα

Υπάρχουν κάποια μειονεκτήματα σχετικά με την ανάλυση και την σταθερότητα των εκτυπωμένων αντικειμένων καθώς κάποιες μέθοδοι δεν αποδίδουν τόσο καλά σε ανάλυση ενώ σε άλλες, όπως για παράδειγμα στην στερεολιθογραφία, έχει παρατηρηθεί ότι μετά την πάροδο ετών τα αντικείμενα αρχίζουν να γίνονται πιο εύθραυστα. Αυτά τα προβλήματα, όμως, τείνουν να ξεπεραστούν με τις τελευταίες εξελίξεις που συμβαίνουν.

Υλικά

Υπάρχει σχετικά περιορισμένη προσφορά υλικών για χρήση στην τρισδιάστατη εκτύπωση αλλά γίνονται ήδη μελέτες και δοκιμές ώστε να εισαχθούν νέα.

Προεκτάσεις υπάρχουν και στην ηθική του ζητήματος, αφού μπορεί οποιοσδήποτε διαθέτει έναν εκτυπωτή στο σπίτι του, να εκτυπώσει επικίνδυνα αντικείμενα όπως μαχαίρια και όπλα. Το 2013, μάλιστα, εκτυπώθηκε στις ΗΠΑ ένα όπλο από πλαστικό υλικό το οποίο δοκιμάστηκε και λειτουργούσε κανονικά. Οι κατασκευαστές αποφάσισαν να ανεβάσουν τα σχέδιά του στο διαδίκτυο επιτρέποντας την ελεύθερη χρήση τους από όλους. Το γεγονός αυτό ξεσήκωσε θύελλα αντιδράσεων αφού το όπλο δεν ήταν δυνατό να εντοπιστεί από τα ειδικά μηχανήματα γιατί δεν ήταν μεταλλικό ενώ ταυτόχρονα καθιστούσε την άδεια οπλοκατοχής περιττή. Τελικά, απαγορεύτηκε και τα σχέδια βγήκαν από το διαδίκτυο.

2.5 Υλικά και Εφαρμογές

2.5.1 Βιομηχανία

Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές χρησιμοποιούνται στο χώρο της βιομηχανίας σε μεγάλο βαθμό για την κατασκευή πρωτοτύπων σε μικρό χρονικό διάστημα (Rapid Prototyping), δηλαδή για την δημιουργία ενός αρχικού μοντέλου του τελικού προϊόντος ώστε να ελεγχθεί ο σχεδιασμός, η αντοχή και η χρηστικότητά του πριν αρχίσει η μαζική του παραγωγή.

Τα τελευταία χρόνια, όμως, η τρισδιάστατη εκτύπωση εφαρμόζεται και για την παραγωγή τελικών προϊόντων ή τμημάτων αυτών (Additive Manufacturing), από βίδες και διάφορα εργαλεία μέχρι ολόκληρα αυτοκίνητα. Έχει ήδη εκτυπωθεί εξ ολοκλήρου ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο αλλά και κομμάτια αυτοκινήτων μεγάλων εταιριών. Επίσης, η τεχνική εφαρμόζεται για την κατασκευή τμημάτων αεροσκαφών και διαστημόπλοιων με τη NASA να έχει εκτυπώσει τμήμα της μηχανής πυραύλου εκτόξευσης. Έχουν κατασκευαστεί ακόμα και όπλα και αναμένεται η χρήση της 3D εκτύπωσης να γίνει εκτενέστερη στον στρατιωτικό τομέα. Τέλος, γίνεται αρκετή μελέτη για την εκτύπωση κυκλωμάτων.



2.5.2 Αρχιτεκτονική

Ως γνωστών, οι αρχιτέκτονες χρειάζεται να κατασκευάσουν κάποια μακέτα του κτίσματος που σχεδιάζουν ώστε να την παρουσιάσουν στον πελάτη. Η μακέτα αυτή απαιτεί αρκετό χρόνο για να κατασκευαστεί, οπότε είναι πιο εύκολο να κάνει την ίδια δουλειά ένας τρισδιάστατος εκτυπωτής πολύ πιο γρήγορα και έτσι να εξοικονομηθεί σημαντικός χρόνος.

Το 2014 χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά εκτυπωτές σε πολύ μεγάλες διαστάσεις για την κατασκευή κτιρίων. Πιο συγκεκριμένα, η κινέζικη εταιρία WinSun κατασκεύασε 10 σπίτια, μικρού μεγέθους βέβαια, σε λιγότερο από μία ημέρα με κόστος περίπου 4.800\$, προσελκύοντας μεγάλο ενδιαφέρον από διάφορους επενδυτές, και συνέχισε με την κατασκευή πολυώροφων κτιρίων. Το πανεπιστήμιο της Νότιας Καλιφόρνιας προσπάθησε, επίσης, να αξιοποιήσει τους 3D εκτυπωτές για την κατασκευή κατοικιών.



2.5.3 Ιατρική

Στην επιστήμη της ιατρικής, οι 3D εκτυπωτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία οργάνων μέσω της εκτύπωσης ανθρώπινων κυττάρων, ή για την κατασκευή οστών. Ήδη έχουν πραγματοποιηθεί εγχειρίσεις σε ανθρώπους που υπέστησαν κακώσεις σε οστά μετά από ατυχήματα, ώστε να αντικατασταθούν με νέα εκτυπωμένα τα οποία μοντελοποιούνται με βάση τα πρωτότυπα και έτσι ταιριάζουν ακριβώς στον ασθενή. Συγκεκριμένα, εφαρμόστηκε για ανακατασκευή οστών του προσώπου και της κάτω γνάθου.

Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται εφικτή η εκτύπωση ανθρώπινου ιστού βασίζεται στο γεγονός ότι, όπως σε ένα έμβρυο τα νέα κύτταρα που προκύπτουν δημιουργούν δεσμούς με τα γειτονικά τους, έτσι και όταν εκτυπώνονται κύτταρα το ένα δίπλα ή πάνω από το άλλο ενώνονται μεταξύ τους αυτόματα και αιματώνονται κανονικά.

Επίσης, είναι δυνατό να κατασκευαστούν οδοντοστοιχίες και προσθετικά μέλη καθώς και διάφορες ιατρικές συσκευές που είναι προσαρμοσμένες στον κάθε ασθενή, για παράδειγμα ακουστικά βαρηκοΐας που ταιριάζουν τέλεια στο αυτί.

Ο λόγος που επιδιώκεται η χρήση της 3D εκτύπωσης για τους παραπάνω σκοπούς είναι διάφοροι. Αρχικά, είναι καλύτερο για ένα χειρουργό να μπορεί να εξετάσει στην φυσική του κλίμακα ένα όργανο αντί να το βλέπει σε εικόνες τομογραφίας γιατί μπορεί να διακρίνει ευκολότερα τυχόν ανωμαλίες και σημεία στα οποία μπορεί να δυσκολευτεί κατά την διάρκεια της εγχείρισης με στόχο να προβλέψει τις ενέργειες που θα πρέπει να εκτελέσει και να σχεδιάσει καλύτερα την εγχείριση. Επιπρόσθετα, θα μπορούσαν να γίνονται μεταμοσχεύσεις εκτυπωμένων οργάνων όμοιων με τα αρχικά και με ιστό του ίδιου του ασθενή ώστε να είναι

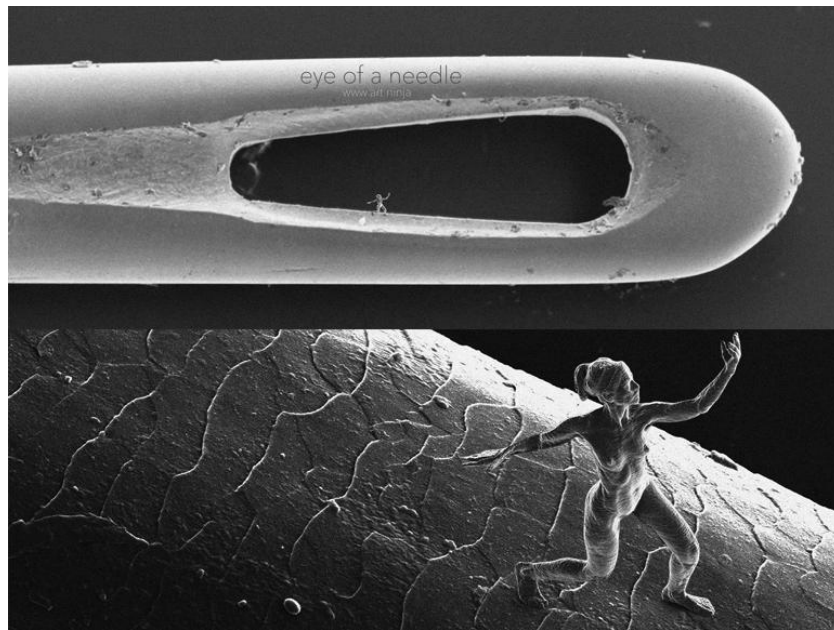
σίγουρο ότι θα τα αποδεχθεί ο οργανισμός και δεν θα υπάρχει η ανάγκη εύρεσης δοτών. Άλλη περίπτωση είναι η εκπαίδευση νέων χειρουργών σε εκτυπωμένα όργανα ή ο έλεγχος νέων φαρμάκων επάνω σε αυτά αντί να χρησιμοποιούνται πειραματόζωα ή άνθρωποι. Βέβαια, η τρισδιάστατη εκτύπωση στον τομέα της ιατρικής βρίσκεται σε σχετικά πρώιμο στάδιο, αλλά αναμένεται να γνωρίσει περαιτέρω άνθιση μέσα στα επόμενα χρόνια.



2.5.4 Nanoscale

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει δυνατή η εκτύπωση αντικειμένων σε κλίμακα νάνο. Αυτό μπορεί να γίνει με την μέθοδο της λιθογραφίας δύο φωτονίων. Σύμφωνα με αυτή, υπάρχουν δύο πηγές φωτός laser και κινούμενοι καθρέφτες με την βοήθεια των οποίων οι δέσμες των δύο πηγών εστιάζουν στο ίδιο σημείο. Οι πηγές παράγουν παλμούς φωτός πολύ μικρής διάρκειας που μόλις πέσουν σε σημείο ενός φωτοευαίσθητου υλικού, το υλικό στερεοποιείται. Ο τρόπος κατασκευής μοιάζει με την στερεολιθογραφία, αλλά σε μικρότερες διαστάσεις.

Αυτή η εφαρμογή έχει προεκτάσεις στην ιατρική, καθώς έχουν ήδη κατασκευαστεί ικρίώματα πάνω στα οποία μπορούν να εκτυπωθούν ανθρώπινα κύτταρα, και έτσι να δημιουργηθούν ιστοί και όργανα.



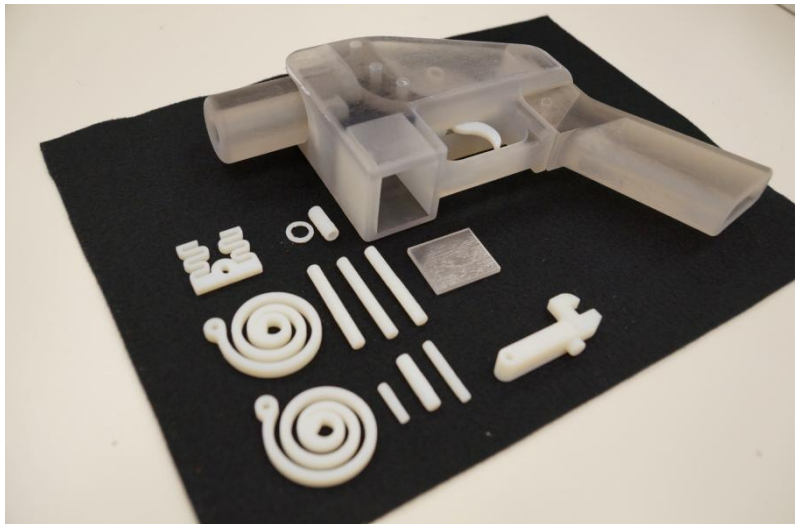
2.5.5 Φαγητό

Το 2011 εκτυπώθηκε για πρώτη φορά σοκολάτα και έτσι άνοιξε ένας νέος κλάδος για χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Μάλιστα, δύο εταιρίες έχουν ανακοινώσει ότι στο δεύτερο μισό του 2015 θα γίνουν διαθέσιμοι στην αγορά εκτυπωτές φαγητού, όπου ο χρήστης θα εισάγει φρέσκα προϊόντα, θα επιλέγει το φαγητό που επιθυμεί και αυτό θα τυπώνεται αυτόματα.



2.5.6 Διάφορα

Γενικά, μπορεί να κατασκευαστεί οποιοδήποτε αντικείμενο μπορούμε να φανταστούμε εφόσον μπορούμε να κατασκευάσουμε στον υπολογιστή ένα τρισδιάστατο μοντέλο, με μοναδικό περιορισμό τα υλικά που επιθυμούμε να χρησιμοποιήσουμε. Ήδη η 3D εκτύπωση έχει χρησιμοποιηθεί για να εκτυπώσει παπούτσια, κοσμήματα και άλλα.



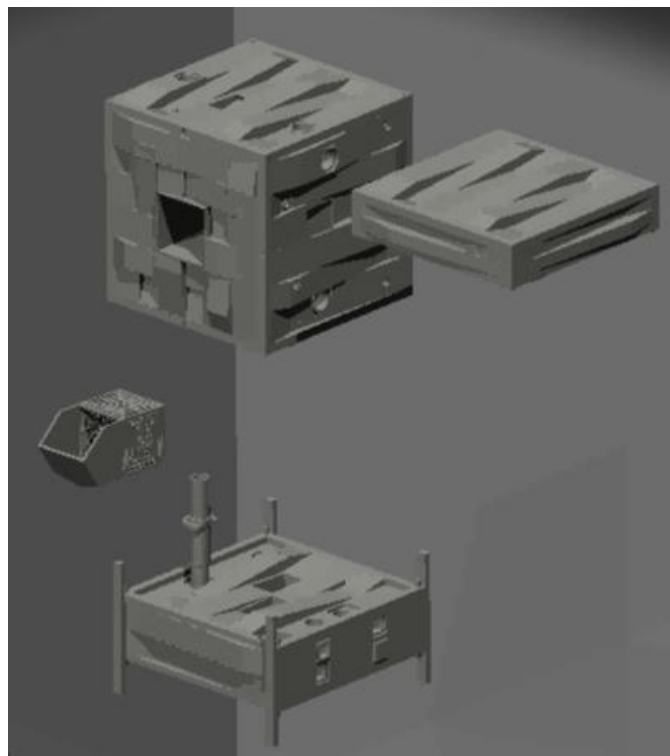
2.5.7 Σκέψεις για το μέλλον

Σύμφωνα με έρευνες, οι προσδοκίες που υπάρχουν για περαιτέρω ανάπτυξη της τεχνολογίας των τρισδιάστατων εκτυπωτών είναι αυξημένες, ιδιαίτερα για τους εκτυπωτές των απλών καταναλωτών που εκτιμάται ότι τα επόμενα τρία με οχτώ χρόνια θα έχουν γίνει μέρος της ζωής μας. Ο ίδιος ο Charles Hull υποστηρίζει ότι σε λίγα χρόνια ο καθένας από εμάς θα διαθέτει ένα τρισδιάστατο εκτυπωτή στο σπίτι του και θα τον χρησιμοποιεί σε καθημερινή βάση.

3 Το Υδροπονικό Σύστημα

3.1 Η ιδέα

Η ιδέα της δημιουργίας του υδροπονικού συστήματος εκτός από ανάγκη για απάντηση σε υπάρχοντα θέματα, ήταν και έμπνευση. Προέκυψε από τον ενθουσιασμό των δυνατοτήτων των υδροπονικών συστημάτων. Την δυνατότητα καλλιέργειας σε οποιοδήποτε χώρο, όσο μικρός και αν είναι, αφού είναι δυνατή η εκμετάλλευση και του κάθετου επιπέδου. Βασικό ρόλο της έμπνευσης για ένα υδροπονικό σύστημα που θα είναι όμως συναρμολογούμενο και δυναμικό στην κατασκευή του, είχε η ενασχόληση σε μικρή ηλικία με τα λέγκο (LEGO). Οπότε έγινε ζητούμενο όχι απλά η δημιουργία ενός υδροπονικού συστήματος, αλλά η δημιουργία κομματιών ικανά να συνθέσουν, να χτίσουν, ένα υδροπονικό σύστημα των αρεσκειών του χρήστη. Ζητούμενο είναι η ελευθερία τόσο στον τρόπο σύνθεσης των κομματιών, αλλά και στην δυνατότητα δημιουργίας νέων. Στόχος είναι η εύρεση των λειτουργικών χαρακτηριστικών και η ένταξή τους σε εξαρτήματα ώστε η ζητούμενη ελευθερία να είναι δυνατή. Σε αυτό το κομμάτι συμβάλει και ο τρισδιάστατος εκτυπωτής, που δίνει την δυνατότητα παραγωγής, σε όποιον διαθέτει έναν, επιπλέον κομματιών ή την δημιουργία νέων.



3.2 Δυνατότητες

Εκτυπώσιμο σε τρισδιάστατο εκτυπωτή

Τα εξαρτήματα του υδροπονικού συστήματος έχουν σχεδιαστεί σε μέγεθος που να μπορούν να εκτυπωθούν στους περισσότερους οικιακούς τρισδιάστατους εκτυπωτές. Αυτό δίνει την δυνατότητα ο χρήστης να εκτυπώνει όσα εξαρτήματα θέλει, όποτε τα θέλει.

Εύκολη συνδεσμολογία

Η συνδεσμολογία του συστήματος γίνεται είναι απλή, χωρίς να χρειάζονται πολλά εξαρτήματα. Τα εξαρτήματα συνδέονται μεταξύ τους με ειδικά κουμπώματα. Έτσι η προσθήκη ή αφαίρεση εξαρτημάτων για το χτίσιμο του συστήματός μας γίνεται πολύ εύκολη.

Ευέλικτο στον χώρο

Ανάλογα με τον διαθέσιμο χώρο που έχουμε μπορούμε να δημιουργήσουμε σύστημα που να τον εκμεταλλεύεται όσο το δυνατό καλύτερα.

Καλλιέργεια οριζόντια και κάθετη

Το εσωτερικό σύστημα σωληνώσεων επιτρέπει την κίνηση του διαλύματος, και κατά συνέπεια την δυνατότητα καλλιέργειας, προς οριζόντια και κάθετη κατεύθυνση. Έτσι μας δίνεται η επιλογή να επιλέξουμε τον τρόπο καλλιέργειας ανάλογα με τις ανάγκες μας.

Δυναμική διάταξη

Η εύκολη προσθήκη και αφαίρεση εξαρτημάτων επιτρέπει την εύκολη αλλαγή των θέσεων τους σε υπάρχων σύστημα. Έτσι μπορούμε να επέμβουμε και να δημιουργήσουμε σύστημα με άλλη διάταξη.

Πολυλειτουργικό

Τα περισσότερα εξαρτήματα έχουν πολλαπλές λειτουργίες, που χρησιμοποιούν

ανάλογα με την θέση που τοποθετούνται στο σύστημα. Με την λογική ένα εργαλείο για όλες τις δουλειές, όταν αλλάζουμε διάταξη στο σύστημα επιλέγουμε την επιθυμητή λειτουργία του εξαρτήματος που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε.

Οικονομία υλικού, βέλτιστη χρήση αντικειμένου

Αφού με ένα αντικείμενο μπορούμε να ικανοποιήσουμε όλες τις πιθανές θέσεις, ποτέ δεν θα είναι αχρείαστο, ούτε θα πρέπει να τυπώσουμε κάποιο άλλο. Με αυτό τον τρόπο εξοικονομούμε υλικό εκτύπωσης, χρόνο που θα σπαταλάγαμε σε νέα εκτύπωση, και κατά συνέπεια χρήματα.

Απλό σύστημα σωληνώσεων

Τα μέρη που δημιουργούν τις απαραίτητες σωληνώσεις του συστήματος είναι ενσωματωμένες στα εξαρτήματα, κάνοντας εύκολη την διαδικασία μεταφοράς του θρεπτικού διαλύματος. Δεν υπάρχουν εξωτερικές σωληνώσεις και ο χρήστης δεν χρειάζεται να ασχοληθεί με την σύνδεση και δημιουργία επιπλέον συστήματος (σωληνώσεων)

Αλλαγή στην εμφάνιση

Στην μπροστά πλευρά του κύβου υπάρχουν υποδοχές στις οποίες μπορεί να τοποθετηθεί πρόσοψη με εμφάνιση της αρεσκείας μας.

Πολλές δυνατότητες μελλοντικής ανάπτυξης

Το γεγονός ότι το σύστημα με τα εξαρτήματά του είναι εκτυπώσιμο σε τρισδιάστατο εκτυπωτή, και με βάση το υπάρχον σύστημα συνδεσμολογίας, δίνεται δυνατότητα για περαιτέρω ανάπτυξη και δημιουργία νέων εξαρτημάτων.

3.3 Το σύστημα

3.3.1 Γενική λειτουργία

Η βασική λειτουργία του υδροπονικού μας συστήματος, πέρα από την καλλιέργεια των φυτών, είναι ο τρόπος μεταφοράς και διαχείρισης του θρεπτικού διαλύματος. Πρέπει να μεταφέρει το θρεπτικό διάλυμα από την δεξαμενή στο σύστημα, και να το διαμοιράζει στις καλλιέργειες. Την υδροπονική καλλιέργεια που φτιάξαμε την χωρίζουμε σε δύο συστήματα σωληνώσεων.

Το πρώτο αποτελεί τον σωλήνα προσαγωγής. Είναι υπεύθυνο για την μεταφορά του διαλύματος, από την δεξαμενή, που είναι αποθηκευμένο, στο ανώτερο σημείο του συστήματός μας, με την βοήθεια της αντλίας. Ο σωλήνας προσαγωγής δημιουργείται από ειδικά επί μέρους κομμάτια τα οποία βρίσκονται εσωτερικά των εξαρτημάτων μας.

Το δεύτερο σύστημα σωληνώσεων αποτελεί το σύστημα διαμοιρασμού του διαλύματος στην υδροπονική μας καλλιέργεια. Το διάλυμα, από το υψηλότερο σημείο που το έφερε ο σωλήνας προσαγωγής, διαμοιράζεται σε όλη την υδροπονική μας καλλιέργεια ,με την βοήθεια της βαρύτητας. Τα μέρη που αποτελούν το σύστημα διαμοιρασμού βρίσκονται επίσης στο εσωτερικό των διαφόρων εξαρτημάτων.

Για την δημιουργία του υδροπονικού συστήματος ενώνουμε τα απαραίτητα εξαρτήματα σε διάταξη της αρεσκείας μας. Κάθε εξάρτημα έχει συγκεκριμένες λειτουργίες που το χαρακτηρίζουν, και επιπλέον τις γενικές για την δόμηση του συστήματος.

3.3.2 Βασικά Παραδείγματα

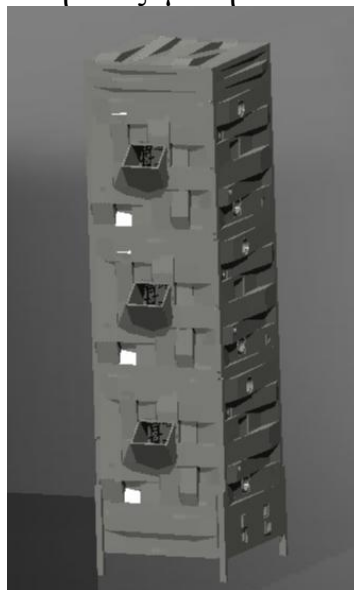
3.3.2.1 Το απλό

Στο παράδειγμα της απλής συνδέσεις είναι η εκδοχή του πιο απλού συστήματος που μπορούμε να έχουμε, αποτελούμενο από τα ελάχιστα εξαρτήματα που χρειάζονται για καλλιέργεια. Όπως φαίνεται και στην εικόνα υπάρχει χώρος καλλιέργειας για ένα μόνο φυτό.



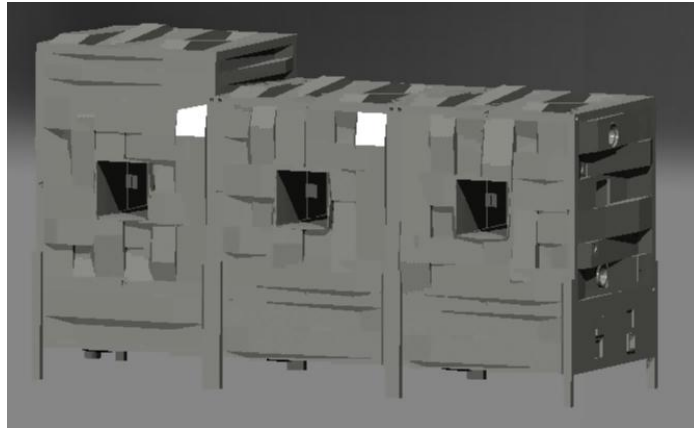
3.3.2.2 Σε στήλη

Σε αυτό το υδροπονικό σύστημα η διάταξη που έχουμε είναι σε μονή στήλη. Η καλλιέργεια γίνεται κάθετα. Το θρεπτικό διάλυμα ανεβαίνει μέσω αντλίας μέχρι την κορυφή της στήλης και από εκεί κατεβαίνει σε όλες τις θέσεις καλλιέργειας μέχρι να φτάσει στην απορροή και πίσω στην δεξαμενή.



3.3.2.3 Σε σειρά

Υδροπονικό σύστημα που βρίσκεται σε διάταξη μονής σειράς. Η καλλιέργεια γίνεται οριζόντια. Το θρεπτικό διάλυμα αφού φτάσει στο πάνω μέρος του πρώτου κύβου, διαχέεται στους υπόλοιπους για την θρέψη των φυτών και στην συνέχεια συλλέγεται και απορρέει πίσω στην δεξαμενή.



3.3.2.4 Ο τοίχος

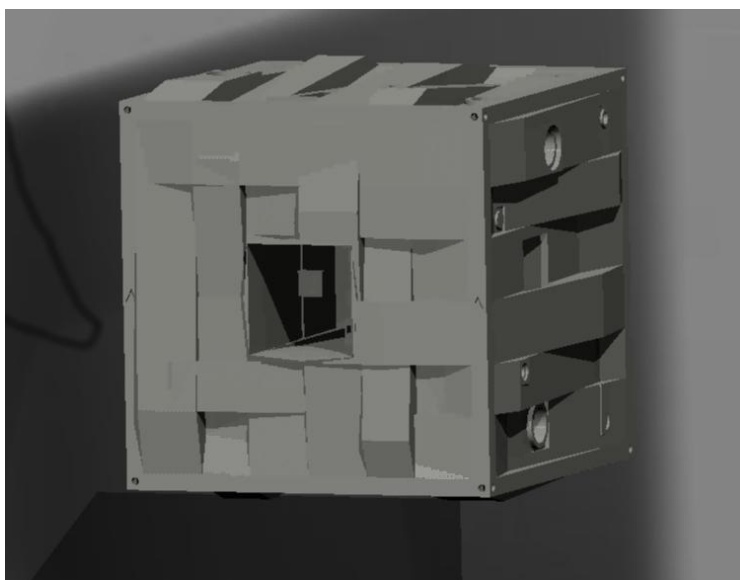
Είναι η πιο σύνθετη διάταξη που μπορούμε να έχουμε. Η σύνδεση των στοιχείων και κατά συνέπεια η καλλιέργεια είναι οριζόντια και κάθετη. Το θρεπτικό διάλυμα πάει στο υψηλότερο σημείο και από εκεί διαμοιράζεται σε όλο το σύστημα, για την καλλιέργεια των φυτών. Στη συνέχεια συλλέγεται στο κάτω μέρος του συστήματος και απορρέει πίσω στην δεξαμενή.



3.4 Τα Εξαρτήματα

3.4.1 Κύβος

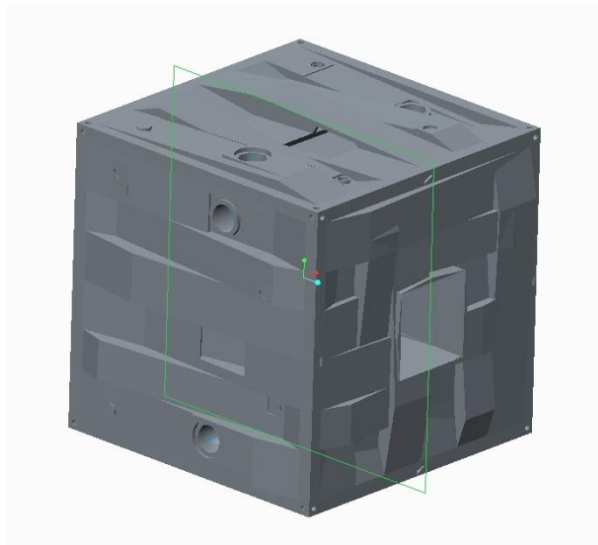
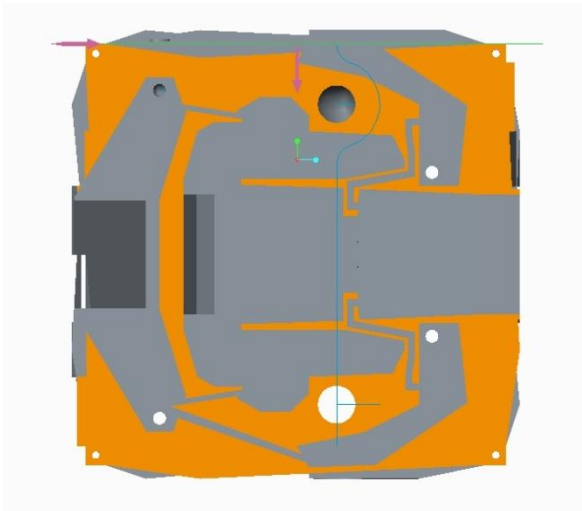
Ο κύβος είναι το δομικό στοιχείο με το οποίο κατασκευάζουμε το υδροπονικό μας σύστημα. Αφού τοποθετήσουμε τον πρώτο κύβο όπου θέλουμε, τοποθετούμε τον επόμενο πάνω στον προηγούμενο συνεχίζοντας την ίδια στήλη, ή δίπλα συνεχίζοντας την ίδια σειρά και δημιουργώντας νέα στήλη. Συνεχίζουμε με τον ίδιο τρόπο και με τους επόμενους κύβους, χτίζοντας έτσι το υδροπονικό μας σύστημα. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε όσους κύβους θέλουμε εφόσον δεν μας περιορίζει κάτι (έκταση χώρου, στατικότητα, κλπ).



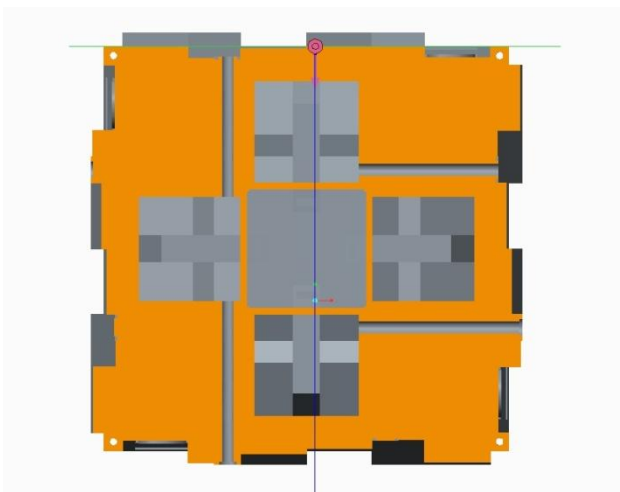
Εσωτερικά του κύβου υπάρχει ένα σύστημα λειτουργιών αποτελούμενο από τρία βασικά μέρη, την δεξαμενή διαμοιρασμού, τον χώρο καλλιέργειας και την δεξαμενή απορροής. Το σύστημα του κύβου παρέχει τον απαραίτητο χώρο για την καλλιέργεια του φυτού, διαχειρίζεται το διαλύματος εσωτερικά του κύβου για την θρέψη του φυτού, και ως δομικό μέρος του υδροπονικού συστήματος συμβάλει στην γενικότερη ομαλή κυκλοφορία του διαλύματος σε αυτό.

Όπως βλέπουμε στην τομή Α, για την εσωτερική λειτουργία του κύβου, το διάλυμα συγκεντρώνεται στην δεξαμενή διαμοιρασμού και από εκεί μέρος του ή όλο

μέσω σωλήνωσης καταλήγει στον χώρο καλλιέργειας για την θρέψη του φυτού. Το διάλυμα στον χώρο καλλιέργειας, λόγω της απαραίτητης κλίσης που υπάρχει κινείται προς τα κάτω και απορρέει στην δεξαμενή απορροής.

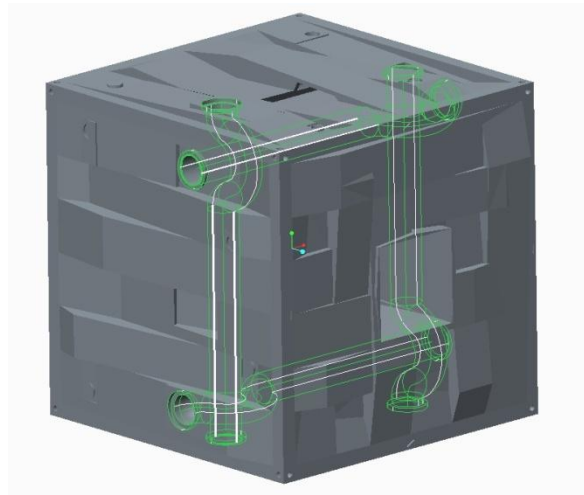
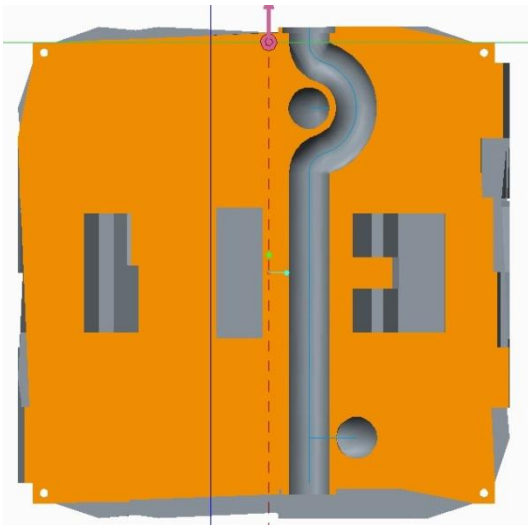


Όπως είδαμε το υδροπονικό σύστημα μπορεί να πάρει διάφορους σχηματισμούς. Έτσι ο κύβος πρέπει να μπορεί να συμβάλει στην σωστή κυκλοφορία του διαλύματος σε όλες τις θέσεις. Στην περίπτωση διάταξης τοίχου σε εσωτερική θέση πρέπει να μπορεί να συναλλάσσει διάλυμα με τους πλαϊνούς κύβους. Στην περίπτωση που βρίσκεται σε πλαϊνή θέση, σε μια εκ των δύο πλευρών, θα πρέπει να συναλλάσσει διάλυμα μόνο από την πλευρά που επικοινωνεί με άλλον κύβο. και στην περίπτωση της στήλης δεν θα πρέπει να συναλλάσσει διάλυμα σε καμία του πλευρά. Έτσι εντοπίζουμε 4 περιπτώσεις. Για τον λόγο αυτό σε κάθε κύβο υπάρχουν 4 διαφορετικά συστήματα λειτουργιών, όπως αναφέραμε από πάνω, με μόνη διαφοροποίηση την ύπαρξη ή μη πλαϊνών σωλήνων συναλλαγής. Οι σωλήνες αυτοί ξεκινούν από τις δεξαμενές διαμοιρασμού και απορροής για να καταλήξουν στο πλάι. Η διάταξη είναι όπως φαίνεται στην τομή Β.



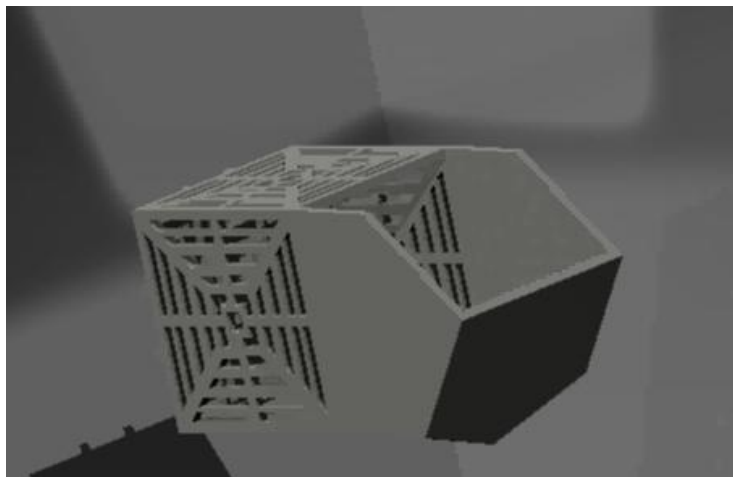
Τέλος υπάρχει για την κάθε θέση και το τμήμα του σωλήνα προσαγωγής όπως

φαίνεται στην τομή Γ.



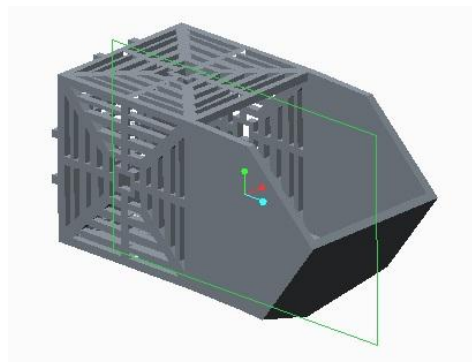
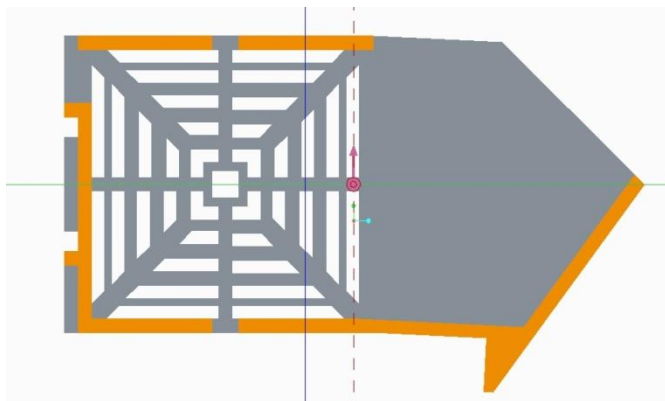
3.4.2 Δοχείο καλλιέργειας

Το δοχείο καλλιέργειας τοποθετείται στην ειδική θέση στην μπροστά πλευρά του κύβου. Στο δοχείο καλλιέργειας βρίσκεται ο σπόρος του φυτού που καλλιεργούμε με το απαραίτητο υπόστρωμα. Το δοχείο δημιουργεί χώρο στον οποίο το φυτό συγκρατείται καθώς αναπτύσσει τις ρίζες και το φύλλωμα του. Τα δοχεία που χρειαζόμαστε είναι ένα για κάθε κύβο που έχουμε ή για όσες θέσεις θέλουμε να καλλιεργήσουμε.



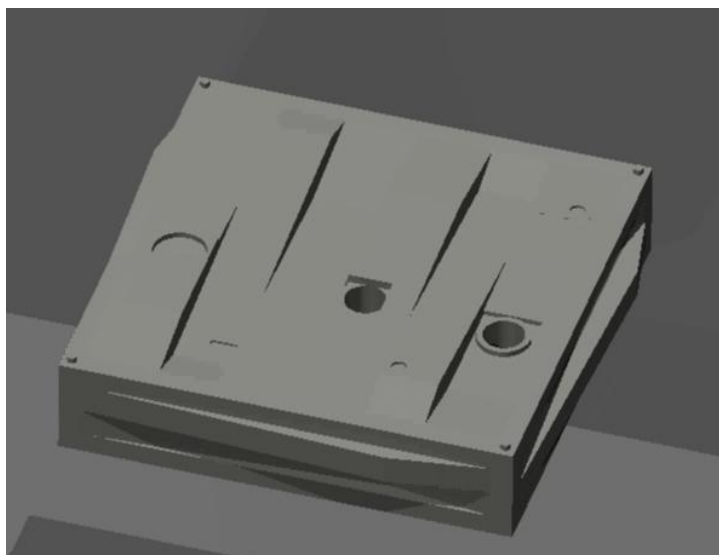
Το δοχείο καλλιέργειας στο πίσω μέρος έχει την μορφή πλέγματος για να μπορούν να περνάνε οι ρίζες του φυτού καθώς αναπτύσσονται. Στην πάνω πλευρά του πλέγματος υπάρχει ειδική οπή από την οποία εισέρχεται το διάλυμα, μέσω των σωληνώσεων του κύβου. Η μπροστά πλευρά του δοχείου είναι ανοιχτή ώστε να

εξέρχεται το φυτό καθώς αναπτύσσεται και επιπλέον. Επιπλέον υπάρχει στήριγμα στην μπροστά και κάτω θέση για την καλύτερη συγκράτηση του δοχείου στον κύβο.

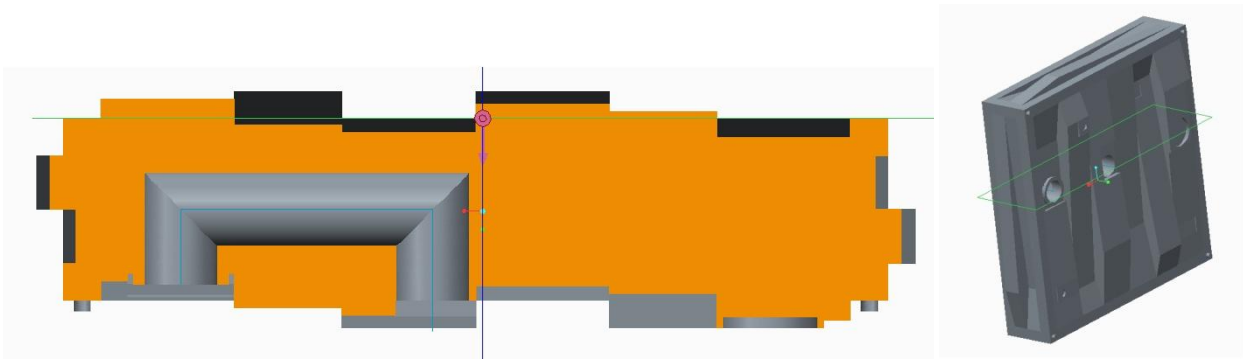


3.4.3 Καπάκι

Το καπάκι τοποθετείται στην πάνω επιφάνεια του κύβου που έχει την έξοδο του σωλήνα προσαγωγής, και βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο του συστήματός μας. Το καπάκι χρησιμεύει στην ομαλή μετάβαση του θρεπτικού διαλύματος από τον σωλήνα προσαγωγής στην δεξαμενή διαμοιρασμού του κύβου. Επιπλέον καλύπτει την ανοιχτή επιφάνεια της δεξαμενής διαμοιρασμού προστατεύοντας και κρατώντας καθαρό το θρεπτικό διάλυμα από τυχόν βρώμες και σκουπίδια. Χρειαζόμαστε το λιγότερο ένα καπάκι και το περισσότερο τόσα όσα και οι στήλες κύβων που έχουμε.

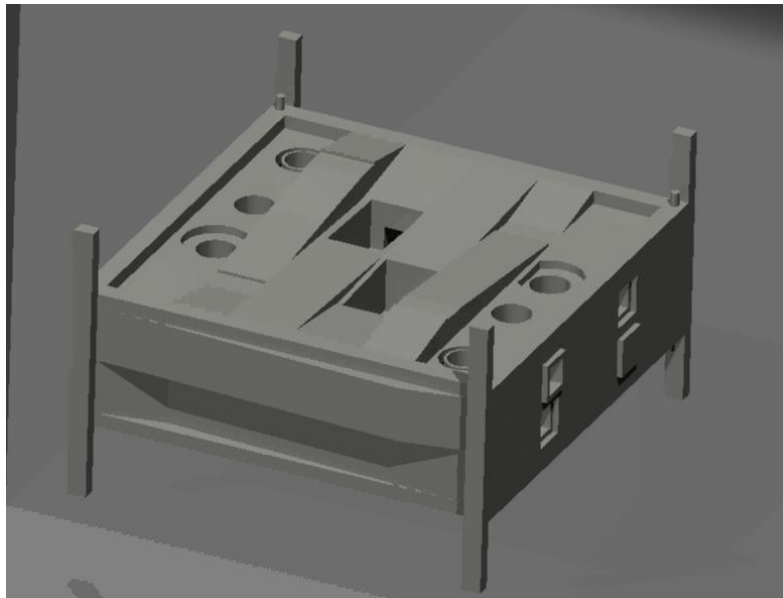


Όπως φαίνεται από την τομή, εσωτερικά υπάρχει σωλήνας τύπου U, όπου ενώνεται με το τέλος του σωλήνα προσαγωγής και καταλήγει στην πάνω επιφάνεια τις δεξαμενής διαμοιρασμού του κύβου.

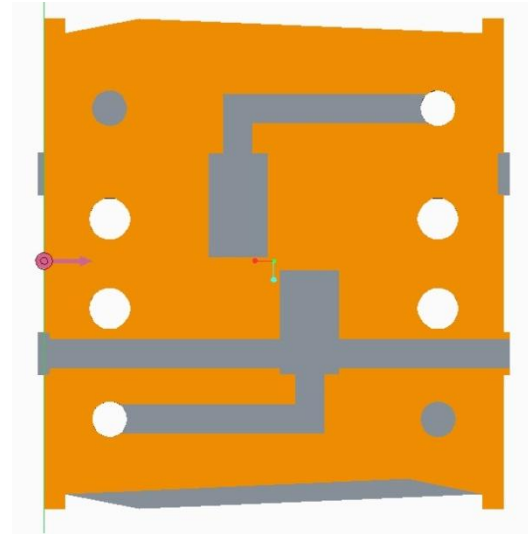
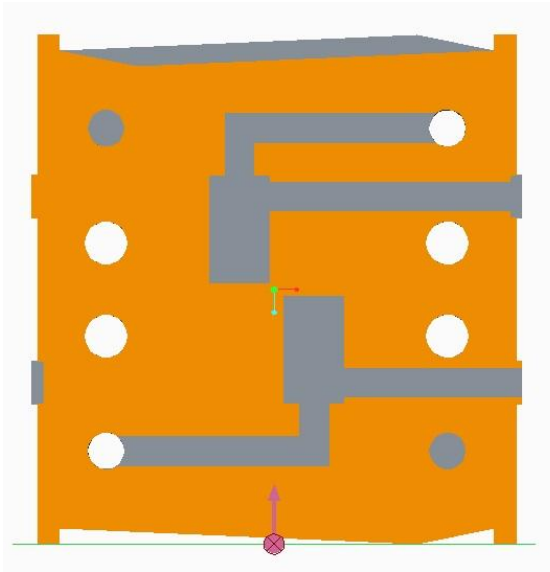


3.4.4 Απορροή στήλης προσαγωγής

Η απορροή στήλης προσαγωγής τοποθετείται στην αρχή της κάτω πλευράς της στήλης κύβων με τον σωλήνα προσαγωγής. Στην ίδια στήλη, στην κορυφή της, βρίσκεται τοποθετημένο και το καπάκι. Το συγκεκριμένο αντικείμενο έχει δυο πολύ βασικές χρήσεις. Πρώτων συγκεντρώνει και απορρέει το σύνολο του περισσευούμενου θρεπτικού διαλύματος του συστήματος μας μέσω ακροφύσιου στο οποίο μπορεί να συνδεθεί εύκαμπτο λάστιχο. Δεύτερον συμμετέχει στην δημιουργία του σωλήνα προσαγωγής συγκρατώντας το ακροφύσιο που συνδέεται με την αντλία. Χρειαζόμαστε το λιγότερο ένα.

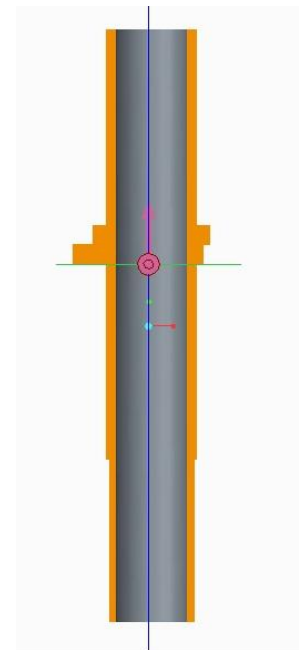
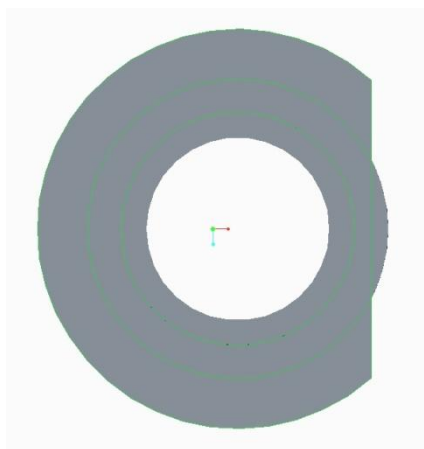


Όπως και στον κύβο, ανάλογα με την θέση που βρίσκεται στο υδροπονικό σύστημα πρέπει να έχει και την αντίστοιχη λειτουργία στην κυκλοφορία του διαλύματος. Αυτό έχει να κάνει με την συναλλαγή ή όχι διαλύματος μέσω πλευρικών σωλήνων. Για τον λόγο αυτό υπάρχουν 4 διαφορετικές περιπτώσεις, όπως βλέπουμε στις τομές, ανάλογα με την θέση που θέλουμε να το χρησιμοποιήσουμε.



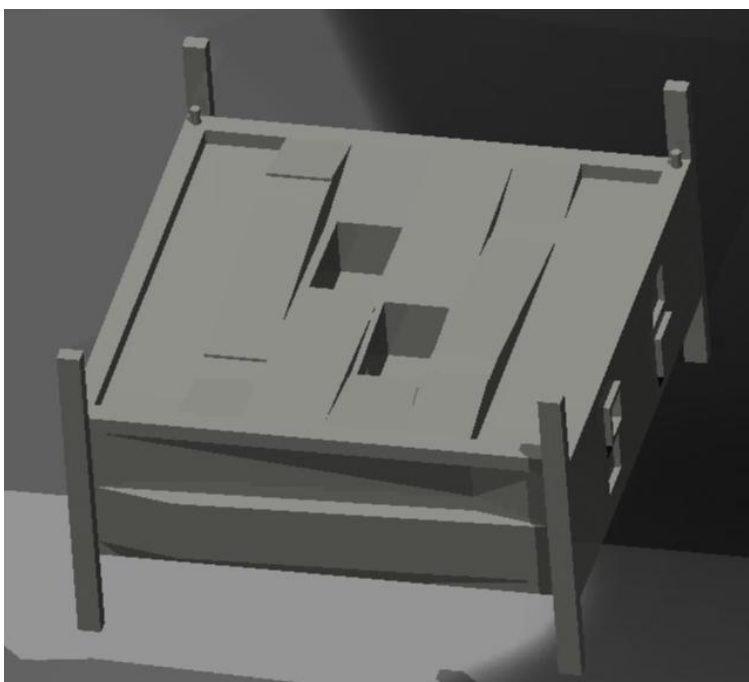
3.4.5 Ακροφύσιο προσαγωγής

Το ακροφύσιο τοποθετείται μεταξύ της απορροής της στήλης προσαγωγής, σε ειδική υποδοχή, και του τελευταίου κύβου εσωτερικά του σωλήνα προσαγωγής. Χρησιμοποιείται για να δημιουργηθεί η είσοδος του σωλήνα προσαγωγής που θα ενωθεί με την αντλία του συστήματος. Χρειαζόμαστε το λιγότερο ένα και το περισσότερο όσες απορροές στηλών προσαγωγής έχουμε.



3.4.6 Απορροή

Η απορροή τοποθετείται στην αρχή της κάτω πλευράς κάθε στήλης κύβων, εκτός της στήλης κύβων που βρίσκεται ο σωλήνας προσαγωγής. Χρησιμοποιείται για την συλλογή του απορρέον θρεπτικού διαλύματος κάθε στήλης κύβων και την κατεύθυνσή του στην απορροή της στήλης προσαγωγής. Χρειαζόμαστε τόσα όσες και οι στήλες κύβων μείον αυτές που θα τοποθετήσουμε απορροή στήλης προσαγωγής (συνήθως μία). Όμοια με την απορροή της στήλης προσαγωγής υπάρχουν τέσσερις διαφορετικές περιπτώσεις πλευρικών σωλήνων, ανάλογα με την θέση στην οποία είναι τοποθετημένο το εξάρτημα.



3.5 Περιορισμοί, προβλήματα και δυσκολίες

Μέγεθος εκτύπωσης

Στον σχεδιασμό των εξαρτημάτων είχαμε ως περιορισμό το μέγιστο μέγεθος εκτύπωσης που επιτρέπουν οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές. Για να είναι ρεαλιστική η προσέγγιση επιλέξαμε από το site www.productchart.com/3d-printers/ τους 10 φθηνότερους. Τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν τον σχεδιασμό των εξαρτημάτων είναι ο όγκος και η ανάλυση εκτύπωσης. Παρατηρήσαμε ότι οι περισσότεροι εκτυπωτές μπορούν να εκτυπώσουν αντικείμενα διαστάσεων 7 X 7 X 7 ίντσες, δηλαδή 17,5 X 17,5 X 17,5 εκατοστά, και σε ανάλυση 100 micron, δηλαδή 0,1 mm.

Υποχρεωτική συμμετρία

Ειδικά για τον κύβο που κάθε πλευρά είναι λειτουργική, πρέπει να μπορεί να συνδεθεί όπως και να τοποθετηθεί. Αυτό δημιουργεί μια αναγκαστική συμμετρία ώστε να συνδέονται οι πλευρές ανεξαρτήτως θέσεις. Είναι κάτι που σαφώς επηρέασε και τον σχεδιασμό της εξωτερικής εμφάνισης, καθώς τα πλαίσια ήταν περιορισμένα.

Περιορισμένος χώρος καλλιέργειας

Οι περιορισμοί στις διαστάσεις των εξαρτημάτων έχει ως αποτέλεσμα ο χώρος ανάπτυξης των ριζών στον κύβο να είναι σχετικά μικρός για φυτά με μεγάλες ανάγκες στις ρίζες τους. Επιπλέον οι πολλαπλές λειτουργίες στο εσωτερικό του κύβου καταλαμβάνουν χώρο που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την καλλιέργεια.

3.6 Μελλοντική ανάπτυξη

Το υδροπονικό σύστημα δίνει την δυνατότητα για περαιτέρω βελτίωση και επέκταση, μέσω της ανάπτυξης νέων εξαρτημάτων. Εξαρτήματα που θα μπορούσαν να αναπτυχθούν είναι:

- καλλιέργεια με άλλη μέθοδο
- υποστήριξη μεγαλύτερων φυτών
- υποδοχή αισθητήρων
- εξαρτήματα δεξαμενής
- στήριξη σε τοίχο ή στον αέρα
- κουμπωτή πρόσοψη για βελτίωση της εμφάνισης
- κ.α.

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την υπομονή που δείξαν όλα αυτά τα χρόνια μέχρι να ολοκληρώσω την διπλωματική μου και να πάρω το πτυχίο μου. Ευχαριστώ και τον καθηγητή κ. Μπιλάλη για την κατανόηση που έδειξε στην αργοπορημένη εκπόνηση της διπλωματικής μου.

Βιβλιογραφία

1. History of hydroponics, unknown author, <http://www.hydor.eng.br/>,
<http://www.hydor.eng.br/HISTORIA/C1-I.pdf>
2. Hobby Hydroponics, Second Edition, Howard M. Resh
3. How-to hydroponics, Fourth edition, Keith Roberto
4. Hydroponic Food Production, Seventh edition, Howard M. resh
5. Hydroponics A Practical Guide for the Soilless Grower, Second edition, J. Benton Jones Jr.
6. Hydroponics for Home Gardener, Stewart Kenyon
7. Root Restriction in Hydroponics, Dr. Lynette Morgan, Maximum Yield Magazine, July 2013
8. Soilless Gardening, W. F. Gericke
9. Totally Organic Hydroponics, Paul Wright
10. The water-Culture Method for Growing Plants without Soil, D. R. Hoagland, D. I. Arnon, Revised by D. I. Arnon
11. Συστήματα CAD/CAM και τρισδιάστατη μοντελοποίηση, Νικόλαος Μπιλάλης, Εμμανουήλ Μαραβελάκης
12. CAD/CAM/CIM, P. Radhakrishnan, S. Subramanyan, V. Raju
13. Solid Modelling and CAD Systems, Ian Stroud-Hildegard Nagy
14. Από την Κλασσική στην Τρισδιάστατη Εκτύπωση: Αρχές και Εφαρμογές, Αλεξανδρίδης Δημήτριος-Νεκτάριος, Αναστασιάδης Στάθης-Κώστας, Επιβλέπων καθηγητής Δρ. Παπαδόπουλος Σταύρος

15. Τρισδιάστατοι εκτυπωτές και εφαρμογές τους στην Βιοϊατρική τεχνολογία, Διπλωματική εργασία Αναστασοπούλου Αθανασίας, Επιβλέπων καθηγητής Δ. Δ. Κουτσούρης
16. Διερεύνηση Μεθόδων Παραγωγής Τρισδιάστατων Χαρτών Με την Χρήση της Ολογραφίας και της Τρισδιάστατης Εκτύπωσης, Διπλωματική Εργασία Γούλα Δημητρίου, Επιβλέπων καθηγητής Γεωργόπουλος Ανδρέας.
17. Διερεύνηση Παραμέτρων Ταχείας Πρωτοτυποποίησης και Συναρμολόγησης Τρισδιάστατου Εκτυπωτή, Διπλωματική Εργασία Μιχαλοδημητράκη Νικολέτας, Επιβλέπων καθηγητής Μπιλάλης Νικόλαος.
18. Μελέτη και σχεδιασμός κιβωτίου ταχυτήτων μηχανουργικού μηχανήματος, Διπλωματική εργασία Παπαδόπουλου Αλέξανδρου, Επιβλέπων καθηγητής Δρ. Βιδάκης Νεκτάριος, Δρ. Πετούσης Μάρκος.
19. Urban agriculture: προοπτικές αστικής βιωσιμότητας, Διπλωματική εργασία Τσαγκαλίδου Σοφίας, Επιβλέπων καθηγητής Τσαγκρασούλης Άρης
20. Επίδραση υποστρώματος και υποδοχέων σε υδροπονική καλλιέργεια φράουλας, πτυχιακή εργασία Ευανθή Μαρίνου, Εισηγητής Δρ. Νίκος Τζωρτζάκης.
21. Η τεχνική της υδροπονίας και η εφαρμογή της μέσα από διάφορα συστήματα, Πτυχιακή εργασία Νικολετάκη Μηνά, Εισηγητής Σαμπαθανάκης Γιάννης.
22. Υδροπονική καλλιέργεια τομάτας, Πτυχιακή εργασία Νταμπίζα Καλλιόπης, Επιβλέπων καθηγητής Παλάτος Γεώργιος
23. Βελτιστοποίηση ενός νέου συστήματος υδροπονικής εγκατάστασης NDT (Nutrient Drip Technique) και συγκριτική αξιολόγηση με το κλασικό σύστημα NFT (Nutrient Film Technique), Μεταπτυχιακή Μελέτη Αγγλογάλλου Ευάγγελου-Παρασκευά, Επιβλέπων καθηγητής Γεώργιος Μαυρογιαννόπουλος
24. Ανακύκλωση θρεπτικού διαλύματος στις υδροπονικές καλλιέργειες, Δρ Δαμιανός Νεοκλέους
25. Εισαγωγή στην Υδροπονία, Πεπονάκης Κωνσταντίνος, Γεωπόνος, MSc.
26. Υδροπονία-Ανακύκλωση-Ποιότητα Νερού , Νατάσα Μπράτη, Αχιλέας Αναστασίου, Γεωπόνοι-ερευνητές ΓΠΑ

27. Σχεδιασμός Ηλιακού Ιχνηλάτη με μηχανισμό κίνησης δύο αξόνων, με την βοήθεια του προγράμματος τρισδιάστατης σχεδίασης CATIA, Διπλωματική εργασία Μελετίου Γ. Ρεντούμη, Επιβλέπων καθηγητής Μπιλάλης Νικόλαος
28. Σχεδίαση και φωτορεαλιστική αναπαράσταση προϊόντων, Διπλωματική εργασία Ρόκα Αναστάσιου, Επιβλέπων καθηγητής Μπιλάλης Νικόλαος
29. www.productchart.com , http://www.productchart.com/3d_printers/
30. 3d εκτύπωση - το επόμενο σύνορο, Κώστας Πολυχρονιάδης, www.konstantinep.blogspot.gr
31. History of hydroponics, www.rain.org/global-garden/hydroponics-history.html
32. The Free Beginner's Guide, www.3dprintingindustry.com
33. 3D Printing, www.explainingthefuture.com