

HIDROPONSKO GAJENJE BILJAKA: TEORIJSKE OSNOVE, RAZVOJ I PRIMENA





EDUCONS
UNIVERSITY

**CENTAR ZA USAVRŠAVANJE
POLJOPRIVREDNIH SAVETODAVACA I ZAPOSLENIH U
PSS APV**

**Univerzitet Edukons u Sremskoj Kamenici
Fakultet ekološke poljoprivrede**

HIDROPONSKO GAJENJE BILJAKA: TEORIJSKE OSNOVE, RAZVOJ I PRIMENA

**Nenad Staletić
prof. dr Olivera Nikolić**

**Sremska Kamenica
novembar, 2025. godine**

Predgovor

Poštovane kolegice i kolege, savetodavci, poljoprivredni proizvođači, poštovaoci plemenite delatnosti proizvodnje hrane i prijatelji prirode, svesni brojnih izazova sa kojima se savremena poljoprivreda suočava, nalazimo se na zajedničkom zadatku: podizanju nivoa ekonomske i ekološke održivosti poljoprivrede i obezbeđenju dovoljnih količina, zdravstveno bezbedne, hrane za brzo rastuću ljudsku populaciju. U kontekstu izraženih klimatskih promena, smanjenja prirodnih resursa i drugih, limitirajućih pojava u ekosistemu, savremene metode u poljoprivredi postaju ključne za postizanje održivosti i ekološke prihvatljivosti proizvodnje. Ove metode ne samo da optimizuju prinos i kvalitet proizvoda, već i minimizuju negativan uticaj na životnu sredinu.

Savremena biljna poljoprivreda integriše tehnologiju, naučna istraživanja i tradiciju kako bi se stvorili održivi sistemi koji podržavaju biodiverzitet, poboljšavaju kvalitet zemljišta i smanjuju upotrebu hemijskih sredstava za ishranu i zaštitu biljaka. Od precizne poljoprivrede i hidroponike do agroekoloških praksi i agrošumarstva, širok spektar pristupa omogućava poljoprivrednicima da se prilagode promenama i unaprede efikasnost svojih operacija. U procesu transformacije standardnih poljoprivrednih sistema i definisanju novih, od važnosti je da sve relevantne, obrazovne i stručne, institucije i svi akteri, direktno ili indirektno uključeni u poljoprivrednu teoriju i praksu, daju svoj doprinos širenju znanja i pruže podršku primarnim proizvođačima u implementaciji savremenih tehnika i metoda u praksi. Zajednički i opšti cilj je postizanje celovitih i dugoročno održivih rezultati, u segmentu održive poljoprivrede i održivog razvoja društva.

Razumevanje uzročno posledičnih veza sveukupnih, savremenih, proizvodnih i životnih navika i pojava u prirodi, sa druge strane je osnova za usklađivanje dinamike razvoja i napretka društva sa potrebama naše planete i budućih generacija, sa tendencijom očuvanja i ponovnog uspostavljanja, narušene, ekološke ravnoteže.

Cilj priređivanja ovog priručnika jeste upoznavanje stručne javnosti i proizvođača sa teorijskim osnovama hidroponije, kao aktuelne i popularne inovativne tehnike gajenja biljaka, stanjem i dometima u svetu i regionu, te sa primerom hidroponije u „kućnim“ uslovima, kako bi se tehnika maksimalno približila proizvođaču i kako bi se, na potpuno realističnom primeru i jednostavno, ukazalo na kritične tačke i pomoglo u prevazilaženju istih. Opšti cilj jeste doprinos popularisanju hidroponije i masovnijem sistematičnijem pristupu njenom razvoju i implementaciji.

*Centar za usavršavanje poljoprivrednih savetodavaca i zaposlenih u PSS APV
Univerzitet Edukons u Sremskoj Kamenici*

Sadržaj

I DEO – Teorijske osnove i razvoj hidroponije	5
1. Uvod	5
2. Istorijat razvoja hidroponije	5
2.1. Antička i srednjovekovna faza razvoja hidroponije	6
2.2. Period uspostavljanja naučne osnove u razvoju hidroponije	8
2.3. Početak savremene hidroponije	9
2.4. Druga polovina 20. veka i uticaj tehnološkog napretka na razvoj hidroponije	10
2.5. Savremena hidroponija	11
2.5.1. Ograničenja i izazovi hidroponske proizvodnje	13
3. Tehnike hidroponije	14
3.1 Tehnika statičnog rastvora	15
3.2 Tehnika konstantno tekućeg rastvora	15
3.3 Aeroponika	16
3.4 Fogponika	17
3.5 Pasivna hidroponika ili Kratky metoda	17
3.6 Plavljenje i oticanje - Ebb & Flow (flood and drain)	17
3.7 Bengal tehnika	18
3.8 Tehnika duboke vode - Deep water culture	18
4. Status hidroponije u svetu	19
4.1 Veličina i rast tržišta	19
4.2 Primeri hidroponskih farmi u svetu	21
5. Status hidroponije u regionu i Srbiji	24
5.1 Status hidroponije u regionu	25
5.1.1 Primeri	25
5.2 Status hidroponije u Srbiji	27
5.2.1 Primeri hidroponskih farmi u Srbiji	27
II DEO – Studija slučaja: Organizacija i rezultati hidroponske proizvodnje u manjim prostorima	29
6. Polazne ideje i iskustva	30
6.1 Priprema i opremanje objekta	31
6.1.1 Priprema prostora (komore) za gajenje	33
6.1.2 Nabavka alata i materijala	34
6.1.3 premanje prostora	35

6.2 Rasad biljaka	39
6.2.1 Priprema rasada	39
6.2.2 raćenje razvoja rasada	44
6.2.3 ostupak presađivanja	45
6.3 Izabrani hidroponski sistem	46
6.3.1 Dezinfekcija hidroponskog sistema	48
7. Podešavanje hidroponskog sistema	48
7.1 pH vrednost hidroponske tečnosti	48
7.2 Električna provodljivost	51
7.3 Koncentracija nutrijenata	51
7.4 Temperatura sistema	52
7.5 Vlažnost vazduha	53
7.6 Količina osvetljenja	53
8. Polinacija i plodonošenje	54
9. Zaključak	55
10. Reference	56

I DEO

**TEORIJSKE OSNOVE I RAZVOJ
HIDROPONIJE**



1. UVOD

Hidroponija ili hidroponika je tip poljoprivredne biljne proizvodnje i metoda gajenja biljaka u hidroponskoj tečnosti, mešavini vode i nutritivnih materija, umesto u zemljištu. Koren biljke može samostalno da raste ili da bude potpomognut različitim tipovima inertnih medija (supstrata), kao što su ekspanzirane glinene kuglice, perlit, presovana vlakna kokosove ljuske ili kamena vuna. Hidroponijom se najčešće gaje nadzemne kulture kao što su paprika, paradajz, zelena salata, krastavac, itd.

Osnovna prednost hidroponskog gajenja su brži rast i razvoj biljaka, čime se postiže veći prinos, zbog lakšeg usvajanja nutritivnih sastojaka iz hidroponske tečnosti. Nedostaci i ograničenja ovog inivativnog modela gajenja biljaka su vezani za veća početna ulaganja, koja se, po uspostavljanju hidroponskog sistema, u narednih nekoliko godina vraćaju kroz gorepomenuti povećani prinos. U hidroponici se, uglavnom, koriste staklenici, platenici ili drugi zatvoreni prostori, kako bi se lakše obezbedili optimalni uslovi za rast i razvoj biljnih vrsta i isključio uticaj spoljnih faktora kao što su vremenske (ne)prilike ili štetočine i patogeni.

Za pravilno hidroponsko gajenje izuzetno su bitni održavanje hidroponske tečnosti i okoline biljne kulture u odgovarajućim uslovima, koji su specifični za svaku biljnu vrstu, posebno.

Pod odgovarajućim odnosno zadatim uslovima hidroponske tečnosti podrazumevaju se pH vrednost, električna provodljivost (EC), koncentracija minerala i hranljivih elemenata (PPM) i temperatura (T). Uslovi okoline su adekvatna količina dnevne ili veštačke svetlosti, često i kombinacije oba tipa svetlosti ukoliko nema dovoljno dnevne, odgovarajuća temperatura, količina kiseonika ili ugljen dioksida, u zavisnosti od perioda dana, kvalitetna cirkulacija vazduha, kao i održavanje u zadatim granicama u zavisnosti od stadijuma u kome se biljka nalazi.

Nutrijenti u hidroponskoj tečnosti mogu biti organskog ili neorganskog porekla. Organski nutrijenti mogu biti riblji izmet ili pačji stajnjak, a neorganski hemijska đubriva.

2. ISTORIJAT RAZVOJA HIDROPONIJE

Istorijat razvoja hidroponije odnosno gajenja biljaka bez upotrebe zemljišta, u hranljivom rastvoru obuhvata veoma dug period, od antičkih

civilizacija do savremene visokoautomatizovane proizvodnje. Prema značajnim dostignućima, koja su bila podstrek razvoju ove inovativne metode, moguće je izdvojiti nekoliko faza: antičku i srednjovekovnu i periode od XVII do XIX veka, od 1930. do 1950, od 1960. do 1990 i savremen u fazu, od 2000 do danas.

2.1. Antička i srednjovekovna faza razvoja hidroponije

Viseći vrtovi Vavilona (oko 600. godine, pre n.e.) često se navode kao prvi primer primene principa sličnih hidroponiji. Iako postoje oprečne tvrdnje kada je u pitanju postojanje ovih vrtova, od onih koje potvrđuju njihovu verodostojnost do onih koje ih svrstavaju u mitove i romantične opise istočnjačkih vrtova, novija arheološka istraživanja drevnog grada Vavilona u Iraku, otkrivaju temelje kraljevske palate, ostatke lučnih svodova i originalnog sistema za navodnjavanje i masivne zidove debljine 25m, za šta se pretpostavlja da su ostaci terasa, na kojima su gajene biljke. Zapisi starogrčkih pisaca i istoričara, Strabona, Filona Vizantijskog i Diodora Sicilijanskog, koji su opisivali vavilonske viseće vrtove („Vrtovi su oblika kvadrata stranice dužine oko četiri pletre. Sačinjavaju ih lučni svodovi koji se uzdižu nad popločanim osnovama, a terase su izgrađene stepenasto, jedna nad drugom pod različitim uglovima...U vrtovima se uzgajaju egzotične biljke posađene na same terase, poduprte kamenim stubovima... Potoci vode teku s visina i spuštaju se u slapovima do tla... Oni navodnjavaju sve vrtove, natapajući korenje biljaka i čineći ceo predeo vlažnim i sparnim. Tako je trava stalno zelena, a drveće buja... Ovo umetničko delo kraljevskog luksuza odaje utisak prirodnosti, jer se uticaj čoveka u održavanju ovih vrtova nikada ne vidi.”), idu u prilog ovakvim pretpostavkama.



Slika 1.
Izgled „chinampa“
(<https://www.shutterstock.com/image-photo/aerial-view-chinampa-xochimilco-ecological-park-1990343828>, Foto:Shutterstock)

Za prvi model rane hidroponije navode se „plutajuća ostrva“ ili „plutajući vrtovi“ („chinampas“, Slika 1) koja su razvijali Asteci, u nameri da sebi obezbede hranu. Nastali su oko 1250. godine, u južnom Meksiku, na jezeru

Xochimilco, ali i na drugim jezerima: Chalco i Texcoco, oko gradova Xaltocen i astečkog glavnog grada Tenochtitlan. Pravljeni su od trske, blata i drugih biljnih materijala, a hranljive materije su apsorbirali iz vode, što je praktično oblik rane hidroponije.

Plutajući vrtovi bili su otporni na sušu i nisu privlačili štetočine, što je bila velika prednost, u praktičnom smislu. Na njima su gajeni, uglavnom, kukuruz, pasulj, bundeve i druge vrste, karakteristične za to doba i to podneblje. Ovaj model gajenja biljaka nije značajan samo kao praforma hidroponije, već ima širi poljoprivredni značaj i danas, u savremenom dobu. Smatra se važnim elementom poljoprivrednog nasleđa, na čijem se revitalizovanju i unapređenju sistemski radi, na globalnom nivou, u cilju organizovanja održive poljoprivrede, otporne na posledice klimatskih promena i ublažavanja posledica drugih izazova sa kojima se savremena poljoprivreda suočava. FAO (Food and Agriculture Organisation) je, 2002. godine, naime, ustanovio Program globalno važnih sistema poljoprivrednog nasleđa – GIAHS (Globally Important Agricultural Heritage Systems). Ciljevi programa su:

- da se registruju sistemi poljoprivredne proizvodnje, specifični za određena područja, sa dugom tradicijom, koja svedoči o njihovoj izdržljivosti i preživljavanju, u najrazličitijim uslovima, bogatog biodiverziteta, čvrsto vezanih za prirodno okruženje, koji objedinjuju lokalna znanja i tradicionalne veštine i šire, kulturološke i druge, specifičnosti tog lokaliteta i
- da se ti sistemi očuvaju i koriste kao izvor inovativnih rešenja i ideja u organizovanju ekološki i ekonomski održive poljoprivrede i postizanju prehrambene sigurnosti, u uslovima brojnih izazova sa kojima se proizvodnja hrane danas suočava

Prema raspoloživim podacima, u Novembru 2023. godine, ovim Programom je bilo obuhvaćeno 86 lokaliteta odnosno sistema (plutajuća ostva su jedan od njih) u 26 zemalja sveta, a 10 predloga je bilo uključeno u postupak evaluacije.



Slika 2.

Model navodnjavanja u poljoprivredi starog Egipta

(https://www.mozaweb.com/sr_LA/Extra-3D_modeli-Zemljoradnja_u_dolini_reke_Nil-45089, Mozaik education)

Stari Egipćani su, takođe, eksperimentisali s gajenjem biljaka u vodi tokom perioda poplava Nila. Korišćenje terena, na kome se, prethodno, izlila

reka, u svrhu gajenja biljaka je više nalik današnjem sistemu za navodnjavanje, ali određene karakteristike drevne egipatske poljoprivrede mogu se identifikovati kao začeci hidroponije (Slika 2).

Nil je svake godine plavio dolinu, u periodu između juna i oktobra, donoseći velike količine mulja i sedimenta bogatog mineralima, a, po povlačenju vode, na površini je ostajao sloj vlažnog, rastresitog i plodnog nanosa (aluvijuma). Egipćani su koristili te prirodne cikluse za kontrolisano navodnjavanje i setvu, što predstavlja osnovu tzv. poplavnog gajenja (floodplain cultivation). Razvijali su mrežu kanala i odvodnih oluka na zemljišnim parcelama, ciljano usmeravajući vodu, tokom poplava, na potrebna mesta. Osim toga, iskopavanjem u zemljištu, pravili su otvore, nalik bazenima, u kojima se akumulirala voda, za korišćenje u periodima kada padavina i plavljenja nije bilo. Ono što, posebno, nalikuje hidroponskom metodu, jeste mreža kanala, koja je bila raspoređena oko obradivih površina, kroz koje je voda kontinuirano strujala, a, po potrebi, se usmeravala direktno na biljke i ostajala na celoj površini, dok se ona ne bi dovoljno zasitila vlagom. Voda koja se zadržavala u niskim terasama ili uzdignutim lejama obezbeđivala je stalnu vlagu, čime su biljke dobijale hranljive materije direktno kroz vlažni sloj, bez potrebe za dubljim ukorenjavanjem. Bilo je i slučajeva kada su sadnice bile gajene u korpama od trske ili slame, potopljenim u plitku vodu, što je, u suštini, hidroponska tehnika. Istovremeno, ovaj model se može smatrati i ranim oblikom plutajućih leja.

U takvim uslovima, gajene su biljke koje su mogle da tolerišu i iskoriste obilje vlage: papirus, kao tipična hidroponska biljka, lotus (Nilov cvet), lan, ječam, pšenica i sočivo, a od povrtarskih i voćarskih vrsta –luk, praziluk, dinje, krastavci i vinova loza.

Iako nije bila svesno formulisana kao naučna metoda, egipatska poplavna poljoprivreda pokazuje sve ključne principe hidroponije: kontinualan dotok rastvora bogatog hranljivim materijama, minimalna upotreba čvrstog zemljišta, optimalna vlažnost korenovog sistema i prirodna recirkulacija hraniva.

2.2. Period uspostavljanja naučne osnove u razvoju hidroponije

Period od XVII do XIX veka predstavlja značajan pomak u razvoju hidroponije, jer se za to vreme vezuje uspostavljanje naučne osnove za razvoj ove metode, u pogledu hemijskog sastava hranljivih rastvora, odabira biljnih vrsta i drugih, važnih aspekata ove metode.

Najstariji poznati radovi na temu gajenja biljaka bez zemljišta datiraju iz 1627. godine - knjiga *Sylva Sylvarum* ili Prirodna istorija (A Natural History) od Frensis Bejkona (Francis Bacon). To je jedno od najzanimljivijih i najuticajnijih dela rane moderne naučne misli, naročito kada je reč o

metodologiji empirijskog istraživanja prirode. Iako, na prvi pogled, nema direktnu vezu sa hidroponijom, delo je od značaja za razvoj ove tehnike, iz više razloga. Autor se bavi pitanjima rasta biljaka, zemljišta, vode i hranljivih materija i među prvima izražava ideju da biljke ne crpe hranu iz same zemlje kao supstance, već iz vode i rastvorenih materija koje ona sadrži. To je bila revolucionarna misao, za to vreme, jer je postavila teorijsku osnovu za kasnija istraživanja o hranljivim rastvorima u 17. i 18. veku (koja će dovesti do prvih eksperimenata hidroponskog tipa kod van Helmonta i Woodwarda). Bejkon, takođe, piše i o tome kako biljke rastu u vodi ili u mešavinama zemlje i vode, te sugerise da eksperimentisanje s različitim supstancama može otkriti „tajnu njihovog hranjenja“. Dakle, iako nije praktično izvodio hidroponske eksperimente, Bejkonov način razmišljanja, eksperimentalni, induktivni i otvoren za nove metode gajenja, bio je direktan intelektualni prethodnik modernih metoda poput hidroponije, što ga svrstava u pionire naučnog utemeljenja ove metode.

Već 1634, Jan Baptist van Helmont pokreće teoriju da biljke ne rastu „iz zemlje“, već koriste supstance rastvorene u vodi, što je bilo dijametralno suprotno tadašnjoj preovlađujućoj tvrdnji da biljke rastu „jedući“ zemlju. Helmontov eksperiment na vrbi, kroz odnos prirasta suve materije biljke i gubitka zemljišta, na kome je vrba gajena, smatra se jednom od najranijih kvantitativnih studija o ishrani i rastu biljaka i smatra se prekretnicom u istoriji biologije, kao nauke.

Važnom godinom u razvoju naučne misli o ishrani biljaka kroz vodeni rastvor, smatra se 1699. Godine, kada Džon Vudvord (John Woodward) objavljuje rezultate svojih eksperimenata sa kulturom nane u vodi. Otkrio je da biljke u manje čistim izvorima vode bolje rastu nego biljke u destilovanoj vodi.

Tokom 19. veka, botaničari poput Juliusa von Sachsa i Vilhelma Knopa formulisali su prve nutritivne rastvore sa preciznim hemijskim sastavom, čime su postavili naučne osnove hidroponskog uzgoja.

Otkrića nemačkih botaničara Julijusa fon Saksa (Julius von Sachs) i Vilhelma Knopa (Wilhelm Knop), u periodu 1859 – 1875. i prve precizne formulacije nutritivnih rastvora, dovela su do razvoja tehnika kultivacije bez zemljišta i utvrdila naučnu osnovu hidroponskog gajenja biljaka.

2.3. Početak savremene hidroponije

1929. godine, Vilijam Frederik Gerik (William Frederick Gericke) sa Univerziteta Kalifornije u Berkliju počeo je javno da promovise upotrebu principa hidroponije za proizvodnju poljoprivrednih kultura i prvi koristi termin hydroponics (od grčkih reči hydro – voda i ponos – rad). Godine 1940, Gerik, čiji se rad smatra osnovom svih oblika hidroponskog gajenja, objavio je knjigu „Kompletni vodič za baštovanstvo bez zemljišta“. U njoj je prvi put objavio svoje osnovne formule koje uključuju makro i mikronutrijentne soli za

hidroponski gajene biljke. U svojim istraživanjima, najviše je radio na povrtarskim vrstama (paradajzu).

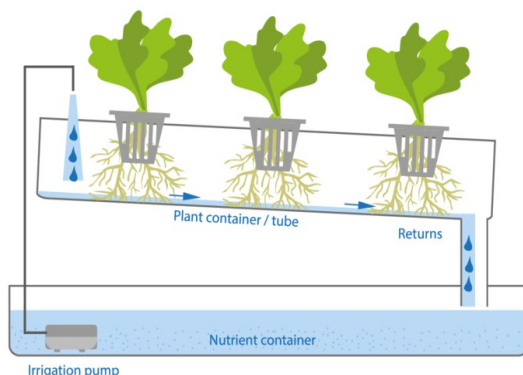
Jedan od najranijih uspeha hidroponike beleži se na ostrvu Vejk (Wake Island), stenovitom koralnom ostrvu u Tihom okeanu, koje je korišćeno kao stanica za dopunjavanje gorivom za putničke avione. Hidroponika je tamo korišćena 1930-ih za gajenje povrća za putnike, jer na ostrvu nije bilo zemlje, a transport svežeg povrća, vazдушnim putem, bio je preskup.

Od 1943. do 1946. godine, Danijel I. Arnon (Daniel I. Arnon), major u vojsci Sjedinjenih Država, gajio je useve u šljunku i vodi bogatoj nutrijentima, na neplodnom ostrvu Ponape u zapadnom Pacifiku kako bi hranio trupe, jer nije bilo dostupnog obradivog zemljišta. Nakon rata, razvijaju se komercijalni sistemi hidroponije, u SAD, Japanu i Evropi.

2.4. Druga polovina 20. veka i uticaj tehnološkog napretka na razvoj hidroponije

U periodu od 1960. do 1990. razvijeni su ključni hidroponski sistemi., a dolazi i do razvoja inertnih supstrata poput perlita, vermikulita, kokosovih vlakana i kamene vune.

Šezdesetih godina prošlog veka, Alen Kuper (Allen Cooper) iz Engleske razvio je tehniku hranljivog filma (NFT - Nutrient Film Technique), putem koje hranljivi rastvor neprekidno teče u tankom sloju kroz koren biljke (Slika 3). Hranljivi rastvor prolazi kroz blago nagnute kanale. Na donjem kraju, rastvor se odvodi u u sabirnu cev i vraća u rezervoar, radi recirkulacije. Ovaj sistem se široko koristi u gajenju različitih vrsta, posebno lisnatog povrća, zelene salate i začinskog bilja.



Slika 3.

NFT - Nutrient Film Technique hidroponski sistem
(https://www.researchgate.net/figure/Nutrient-Film-Technique-NFT-1_fig7_358637200, ResearchGate)

Potom se razvija sistem EBB and FLOW (plavljenje i oticanje), u kome rastvor periodično potapa i drenira korenje, a onda se taj rastvor povlači nazad u rezervoar, ostavljajući kiseonik u zoni korena. Sistem se sastoji od rezervoara za hranljivi rastvor, pumpe, tajmera i posude za gajenje (ladice) u kojoj se nalaze biljke u inertnom mediju poput ekspaniranog glinenog peleta ili kamene vune. Periodično poplavljanje i oticanje obezbeđuje da korenje dobija potrebne hranljive materije i kiseonik, bez rizika za truljenje korena. Prednosti ovog sistema hidroponije su: efikasna ishrana i konstantan dotok hranljivih materija i kiseonika korenima, svestranost i mogućnost korišćenja različitih medij i gajenja različitih vrsta biljaka, jednostavan za postavljanje i održavanje i efikasnost resursa i manja potrošnja vode i hranljivih materija u poređenju sa drugim metodama. Nedostaci i ograničenja ovog sistema su: rizik od kvara pojedinih delova postrojenja, potencijalni problemi sa pH i potreba stalne kontrole i praćenja rada delova sistema.

Aeroponika je sistem u kome se usev oslanja na maglu i vazduh, a ne na tlo. To je inventivan način da se izbegnu agregati koji su potrebni tradicionalnim poljoprivrednim metodama. Svaka biljka kroz špric prima vlagu bogatu hranjivim sastojcima, a specijalizovani raspršivači orošavaju koren biljke specijalnim tečnostima. Neke od prednosti ove metode su da je laka za izvođenje, značajno štedi na vodi, daje zdravstveno bezbedne proizvode, s obzirom da se ne oslanja na pesticide i đubriva i omogućava istovremeno gajenje većeg broja biljnih vrsta na jednom prostoru. Ograničavajući faktori pak, su potrebna veća početna ulaganja u postavljanju sistema, dobra obučenost i određene kompetencije za bavljenje ovim metodom gajenja biljaka i stalna kontrola uslova i poznavanje kritičnih tačaka procesa.

U tom periodu dolazi i do razvoja inertnih supstrata poput perlita, vermikulita, kokosovih vlakana i kamene vune.

2.5. Savremena hidroponija

U poslednjim decenijama hidroponija postaje deo visokotehnološke poljoprivrede, integrišući se sa automatskim senzorima, digitalnim kontrolnim sistemima, LED osvetljenjem, i vertikalnim farmama. Ova tehnika dobija ključnu ulogu u konceptima pametne poljoprivrede, urbane poljoprivrede i održive proizvodnje hrane. U komercijalnoj primeni hidroponije, prednjače: Holandija, Japan, Izrael i SAD. Hidroponija se, takođe, razmatra u okviru svemirskih istraživanja odnosno gajenja biljaka u mikrogravitaciji. U poslednjih nekoliko decenija, naime, NASA (National Aeronautics and Space Administration) sprovodi opsežna hidroponska istraživanja za svoj Sistem za kontrolisanu ekološku podršku životu (Controlled Ecological Life Support System - CELSS). Smatra se da će hidroponika stvoriti napredak u svemirskim putovanjima, kao bioregenerativni sistem za podršku životu.

Tehničko-tehnološke karakteristike savremene hidroponije odnose se na

primenu automatizovanih sistema za upravljanje i praćenje procesa proizvodnje. Senzori i softverske platforme omogućavaju preciznu kontrolu pH vrednosti, električne provodljivosti (EC), temperature, vlažnosti vazduha, svetlosnog režima i sadržaja ugljen-dioksida. Primena različitih sistema: NFT (nutrient film technique), DWC (deep water culture), aeroponika, kap po kap sistemi i gajenje u inertnim supstratima (kokopeat, perlit, mineralna vuna), omogućava prilagođavanje različitim biljnim vrstama i proizvodnim prostorima. Posebno se ističu recirkulacioni sistemi koji omogućavaju zatvoreni tok hranljivih rastvora, čime se smanjuju gubici vode i hraniva.

Što se bioloških karakteristika i efekata na biljke tiče, od posebne je važnosti što, u hidroponskim uslovima, biljke dobijaju optimalan odnos vode, hraniva i kiseonika, što obezbeđuje brži porast, veći prinos i ujednačen kvalitet plodova. Uklanjanjem zemljišta kao supstrata eliminišu se brojni patogeni i korovi, a mogućnost preciznog doziranja hraniva smanjuje rizik od fizioloških poremećaja. Proizvodnja se može odvijati tokom cele godine, nezavisno od klimatskih prilika, što povećava stabilnost snabdevanja tržišta.

Ekološke i održive karakteristike hidroponije su da troši 70–90% manje vode u poređenju sa konvencionalnim gajenjem, jer se hranljivi rastvor stalno recirkuliše. Efikasno korišćenje resursa doprinosi smanjenju ekološkog otiska i gubitaka hraniva, dok kontrolisani uslovi gajenja omogućavaju značajno manju upotrebu pesticida. Hidroponski sistemi se sve češće integrišu u urbane prostore: plastenike, staklenike, hale i kontejnere, čime se doprinosi razvoju održive, lokalno orijentisane proizvodnje hrane.

Iako zahtevaju početna ulaganja u opremu i znanje, hidroponski sistemi donose visoku produktivnost po jedinici površine i omogućavaju brži obrt kapitala, što predstavlja ekonomski poželjne osobine. U organizacionom smislu, hidroponija je vrlo efikasan sistem, jer automatizacija smanjuje potrebu za fizičkim radom, a stalna kontrola parametara omogućava planiranu i kontinuiranu proizvodnju. Savremena hidroponija je naročito pogodna za ugovornu proizvodnju i rad sa savetodavnim službama, jer obezbeđuje pouzdane i merljive rezultate.

Najnoviji pravci razvoja hidroponije povezuju je sa konceptom kontrolisane poljoprivrede (Controlled Environment Agriculture – CEA) i pametnih sistema upravljanja (Smart Farming). U praksi se sve više primenjuju IoT senzori, LED osvetljenje, automatizovana fertirigacija i analitika podataka u realnom vremenu. Posebno se ističu integracije sa obnovljivim izvorima energije i primena korisnih mikroorganizama u hranljivim rastvorima, čime hidroponija postaje važan segment održive i cirkularne poljoprivrede budućnosti.

Zanimljivost vezana za hidroponiju tiče se Diznilenda odnovo Disney World - a u Orlando, Florida. U Diznilendovom EPCOT centru (Experimental Prototype Community of Tomorrow), koji je otvoren 1982. godine i zamišljen kao „grad budućnosti“, jedan od tematskih parkova je „The Land Pavilion“ –

Zemlja. U okviru tog paviljona nalazi se poznata izložba i istraživačka stanica „Living with the Land“, gde su posetioci u prilici da vide različite sisteme gajenja biljaka, uključujući hidroponiju, aeroponiju i akvaponiju. Prikazuje se više tipova i tehnika: NFT (nutrient film technique), aeroponski sistemi, plutajuće leje, kao i vertikalne strukture za povrće i voće. „Living with the Land“ nije samo atrakcija, već i pravi istraživački centar. U saradnji s univerzitetima i američkim Ministarstvom poljoprivrede (USDA), u Disneyjevim staklenicima se sprovode eksperimenti o efikasnosti rasta, ishrani biljaka i održivoj proizvodnji hrane. Naučnici prate kako različite kulture (npr. paradajz, paprika, zelena salata, krastavac, pa čak i banana i kafa) reaguju na kontrolisane hidroponske uslove. Deo proizvoda iz ovih sistema koristi se u restoranima unutar parka — što čini Diznijev sistem primerom zatvorenog kruga proizvodnje i potrošnje hrane. U staklenicima se godišnje proizvede na hiljade kilograma povrća i voća. Biljke poput paradajza u Diznijevom sistemu često dostižu rekordne veličine. Postoji čak i sorta nazvana „Disney tomato tree“, koja daje na stotine kilograma ploda godišnje u kontrolisanim uslovima. „The Land Pavilion“ je jedan od prvih slučajeva da je hidroponski sistem prikazan javno, interaktivno i u zabavnom kontekstu, čime je tehnologija približena široj publici i dobila globalnu popularnost.

2.5.1. Ograničenja i izazovi hidroponske proizvodnje

Iako savremena hidroponija nudi brojne prednosti, njena primena je povezana sa određenim tehničkim, ekonomskim i biološkim izazovima.

Tehnička i investiciona zahtevnost

Postavljanje hidroponskog sistema podrazumeva značajna početna ulaganja u infrastrukturu, opremu, pumpe, rezervoare, senzore, osvetljenje i automatiku. Naročito su skupi zatvoreni i potpuno kontrolisani sistemi sa klimatizacijom i veštačkim osvetljenjem. Visoki troškovi predstavljaju ograničavajući faktor za male proizvođače, te je za ekonomsku održivost neophodno izraditi detaljan poslovni plan i procenu povraćaja investicije.

Zahtevnost u pogledu znanja i nadzora

Hidroponska proizvodnja zahteva visok nivo stručnog znanja iz oblasti fiziologije biljaka, hemije hranljivih rastvora i rada sa automatizovanim sistemima. Biljke u hidroponskim uslovima reaguju vrlo brzo na svaku promenu u koncentraciji hraniva, pH vrednosti ili temperaturi, pa su i manje greške u podešavanju parametara dovoljne da izazovu stres, smanje prinos i ugroze proizvodnju. Zbog toga je neophodan stalni nadzor, redovna analiza rastvora i brza reakcija na svaku nepravilnost u radu sistema.

Zavisnost od energije i tehničke opreme

Efikasan rad hidroponskog sistema zavisi od stabilnog napajanja električnom energijom i ispravnosti tehničke opreme. Pumpe, senzori i automatizovani uređaji moraju neprekidno funkcionisati, a svaki kvar ili

nestanak struje može, u kratkom roku, ugroziti usev. U praksi je neophodno planirati rezervne izvore napajanja, sisteme za hitno pražnjenje rastvora i redovno održavanje opreme.

Rizik od kontaminacije i širenja bolesti

U hidroponskim sistemima ne postoje zemljišni patogeni, ali se u zatvorenim sistemima mogu brzo širiti mikrobiološke kontaminacije hranljivog rastvora. Jednom kada dođe do pojave algi, bakterijskih ili gljivičnih infekcija, čitav sistem može biti ugrožen, u vrlo kratkom roku. Zbog toga su higijena, dezinfekcija opreme, upotreba filtrirane vode i praćenje mikrobiološke čistoće osnovni preduslovi stabilne proizvodnje.

Ograničen izbor biljnih vrsta

Hidroponski sistemi su najpogodniji za vrste sa kratkim vegetacionim periodom i visokom tržišnom vrednošću, kao što su povrće, začinsko bilje i jagode. Proizvodnja ratarskih i višegodišnjih kultura nije ekonomski isplativa u ovim uslovima. Pored toga, različite biljne vrste zahtevaju različite formule hranljivih rastvora i režime navodnjavanja, što otežava kombinovanje u istom sistemu.

Energetska potrošnja i ekološki aspekt

Iako hidroponija značajno štedi vodu, energetska potrošnja može biti visoka, naročito kod zatvorenih sistema koji koriste veštačko osvetljenje i klimatizaciju. Ukoliko energija ne potiče iz obnovljivih izvora, ukupni ekološki bilans proizvodnje može biti nepovoljan. Inertni supstrati i otpadni hranljivi rastvori moraju se pravilno zbrinjavati kako bi se sprečilo zagađenje voda i zemljišta.

Organizacioni i tržišni izazovi

Hidroponska proizvodnja zahteva precizno planiranje tržišta, jer kontinuirana proizvodnja tokom cele godine traži stabilne kupce i siguran plasman. Nedostatak organizovanih otkupnih kanala, visoki troškovi sertifikacije i ograničeno znanje o tržišnim zahtevima mogu otežati poslovanje proizvođača. Savetodavne službe imaju važnu ulogu u povezivanju proizvođača sa tržištem i prenošenju iskustava o ekonomski održivim modelima poslovanja.

Ograničenja hidroponske proizvodnje ne predstavljaju prepreku, već izazov koji se može prevazići pravilnim planiranjem, stručnim pristupom i stalnim usavršavanjem. Uloga savetodavaca je da proizvođače upoznaju sa svim rizicima, ali i da im pomognu da kroz edukaciju, tehničku podršku i odgovorno upravljanje sistemima ostvare stabilnu i održivu proizvodnju u kontrolisanim uslovima.

3. TEHNIKE HIDROPONIJE

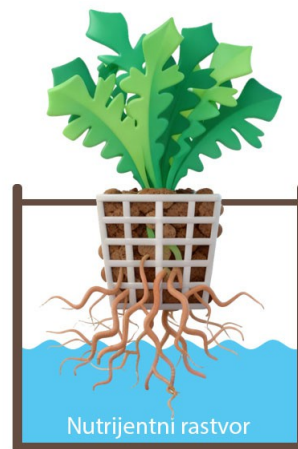
Postoji nekoliko tehnika hidroponije sa više varijacija. Neke od njih su:

- tehnika statičnog rastvora (static solution culture)

- tehnika konstantno tekućeg rastvora (continuous-flow solution culture)
- aeroponika
- fogponika
- pasivna hidroponika (Kratky metoda)
- plavljenje i oticanje - Ebb & Flow (Flood and drain)
- Bengal tehnika
- tehnika “duboke vode” (Deep water culture - DWC)

3.1. Tehnika statičnog rastvora

Tehnika statičnog rastvora se, uglavnom, koristi u kućnim uslovima. Biljka se razvija najčešće u tegli, kofi ili nekom dubljem rezervoaru. Nivo nutritivne tečnosti se održava na takvom nivou da gornji deo korena bude iznad tečnosti kako bi uspeo da apsorbira dovoljno kiseonika. Može se napraviti otvor na poklopcu ili gornjem delu posude kako bi kiseonik dospao do korena. Kao bolja alternativa, predlaže se da se sam nutritivni rastvor obogati kiseonikom (oksidacija), pomoću mini kompresora i raspršivača vazduha, koji je potopljen u tečnost ispod korena. Koren se razvija na specifičan način tako da donji deo korena, koji je u tečnosti, apsorbira nutrijente, a gornji deo korena, koji nije potopljen u tečnost, razvija puno kratkih žilica koje apsorbiraju kiseonik iz vazduha između tečnosti i stabla biljke (Slika 4). U pogledu ove tehnike, važno je blokirati prodor svetlosti u prostor iznad tečnosti kako bi se sprečio razvoj algi na samom korenu i unutrašnjim zidovima hidroponske posude, dok je obogaćivanje kiseonikom neophodno kako ne bi došlo do truljenja korena. Sama nutritivna tečnost se menja posle određenog vremenskog perioda, u cilju obezbeđivanja dovoljne zasićenosti nutrijentima (PPM) i električne provodljivosti (EC).

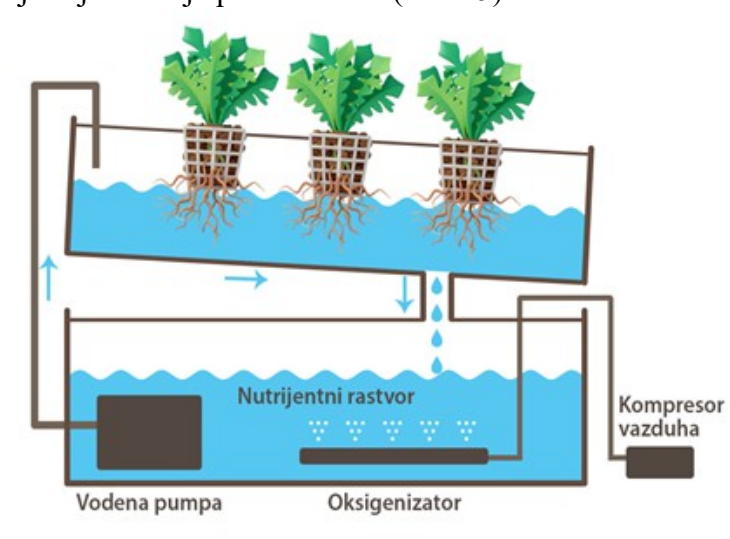


Slika 4
Tehnika statičnog rastvora
(Sopstveni izvor)

3.2. Tehnika konstantno tekućeg rastvora

Sistem povezanih cevi obezbeđuje konstantni protok nutritivne tečnosti, koja se uz pomoć pumpe kreće iz rezervoara, kroz cevi i vraća nazad u rezervoar. Ova tehnika je mnogo jednostavnija za korigovanje pH vrednosti, električne provodljivosti i temperature nego tehnika statičnog rastvora. Koren biljke je

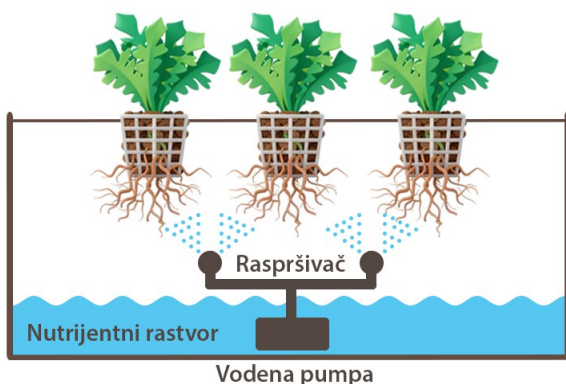
drugačijeg oblika jer u tečnosti ima dovoljno kiseonika koji koren može da apsorbuje. Posebna varijacija tehnike konstantno tekućeg rastvora je nutrijent film tehnika (NTF) gde se u cevima nalazi vrlo plitak sloj tekuće tečnosti čiji gornji sloj je izložen vazduhu i, kao posledicu, ima mogućnost da ponese dosta kiseonika koji biljka usvaja preko korena (Slika 5).



Slika 5.
Prikaz funkcionisanja tehnike konstantno tekućeg rastvora
(Sopstveni izvor)

Na ovaj način se najčešće gaji npr. zelena salata.

3.3. Aeroponika



Slika 6.
Aeroponska tehnika gajenja biljaka
(Sopstveni izvor)

Ova tehnika je opisana u prethodnom odeljku, kao primer razvoja hidroponskih sistema, tokom druge polovine XX veka. Aeroponika je sistem u kome se koren biljke konstanto nalazi u okruženju koje je zasićeno sitnim kapljicama nutritivne tečnosti (aerosol). Iz rezervoara se pumpama pod pritiskom šalje nutritivna tečnost, koja se prskalicama raspršuje po korenu biljke. Tehnika je uspešna kod proizvodnje krompira, šargarepe i mikrobilja. NASA poseban akcent stavlja na aeroponske tehnike jer je izmaglica lakša za praktičnu primenu u okruženju bez gravitacije, u odnosu na tečnost (Slika 6).

3.4. Fogponika

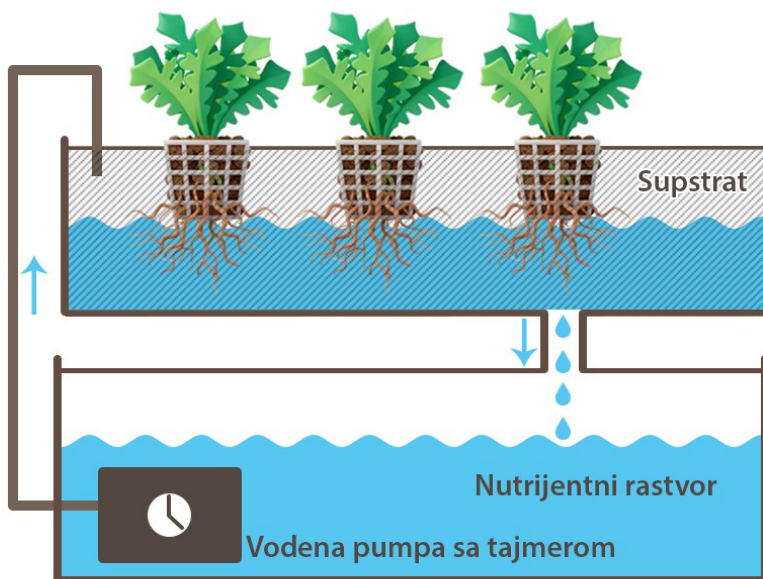
Fogponika je posebna verzija aeroponike, gde se hranljivi rastvor aerosolizuje dijafragmom koja vibrira na ultrazvučnim frekvencijama. Kapljice rastvora proizvedene ovom metodom obično su prečnika 5–10 mikrona, dosta manje od čestica u “klasičnoj” aeroponici, čime se omogućava lakše širenje kroz vazduh i dostavljanje nutrijenata korenu biljke, uz dobar pristup korena kiseoniku.

3.5. Pasivna hidroponika - Kratky metoda

Pasivna hidroponika je metoda u kojoj se biljke gaje u inertnom poroznom supstratu koji kapilarnim dejstvom prenosi vodu i đubrivo do korena iz odvojenog rezervoara. U najjednostavnijoj metodi, saksija se nalazi u plitkom rastvoru nutritivne tečnosti ili na kapilarnoj podlozi zasićenoj nutritivnom tečnošću. Različiti dostupni hidroponski supstrati (ekspandirane glinene kuglice ili presovana vlakna kokosove ljuske), sadrže više vazdušnog prostora od tradicionalnijih mešavina zemlje za saksije, i tako isporučujući više kiseonika korenu biljke. Prednost pasivne hidroponike je manje truljenja korena usled povećanog dotoka kiseonika.

3.6. Plavljenje i oticanje - Ebb & Flow (flood and drain)

Hidroponika sa plavljenjem i oticanjem je oblik hidroponike poznat po svojoj jednostavnosti, pouzdanosti rada i niskim početnim ulaganjima. Hidroponske posude se pune inertnim supstratom (ekspandiranim glinenim kuglicama ili perlitom) koji učvršćuje koren biljke i funkcioniše kao privremena rezerva nutritivne tečnosti. Hidroponski rastvor naizmenično preplavljuje posude sa supstratom iz većeg rezervoara, a zatim se cedi i sistemom cevi vraća u rezervoar - recirkulacija. Vodena pumpa sa ugrađenim tajmerom preplavljuje supstrat u određenim vremenskim intervalima, svakih 15 do 20 minuta. Supstrat zadržava nutritivnu tečnost tako da koren može da upije nutrijente i istovremeno ostavlja dovoljno prostora za cirkulaciju vazduha, kako bi koren biljke mogao da apsorbuje i kiseonik (Slika 7).



Slika 7.
Sistem „flood and drain“
(Sopstveni izvor)

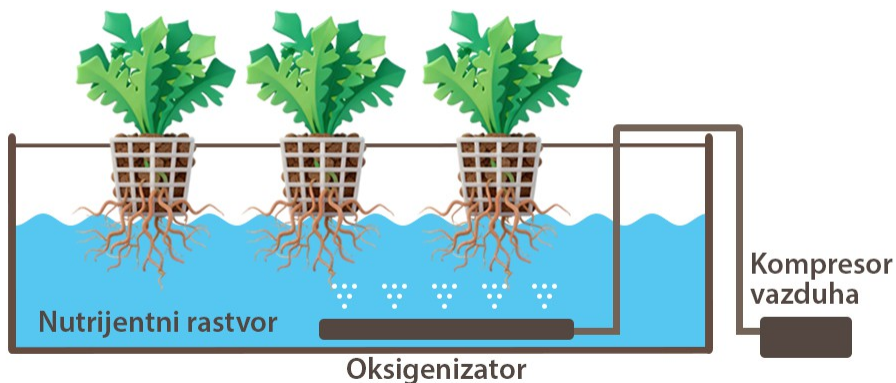
3.7. Bengal tehnika

U Bengal metodi, nutritivna tečnost se periodično nanosi na površinu supstrata. Ova metoda je izumljena u Bengalu 1946. godine, te odatle i ime. Rastvor hranljivih materija i vode se nanosi jednom ili više puta dnevno u posudu sa inertnim supstratom, dok se eventualni višak tečnosti odvodi sistemom cevi. Sistem isporuke nutritivne tečnosti je najčešće kontrolisan od strane računara i zavisi od više faktora, kao što su veličina biljke, faza rasta, klime, samog supstrata i njegove provodljivosti (kapilarnosti), pH i PPM vrednosti nutritivne tečnosti. Najčešće se koristi za gajenje visokih biljaka poput paradajza, krastavca i paprike.

3.8. Tehnika “duboke vode” (deep water culture)

Tehnika „duboke vode“ podrazumeva gajenje biljke kojoj je koren potopljen u nutritivnu tečnost i koja se oksigenizuje pomoću vazdušne pumpe. Upotrebljavaju se plastične kante za pojedinačne biljke ili veći kontejneri za više biljaka. Biljke se postavljaju u mrežaste plastične saksije u kojima je inertni supstrat (najčešće ekspanzirane glinene kuglice) samo kao potpora biljci. Hidroponske saksije se postavljaju na vrh hidroponskih posuda, u odgovarajući otvor na poklopcu, tako da je koren uronjen u nutritivnu tečnost (Slika 8).

Varijacija ovakvog sistema se može izvesti i sa recirkulacijom tečnosti uz pomoć sistema cevi ili creva za dotok tečnosti. Tečnost se distribuira u svaku saksiju konstantno, dok se višak tečnosti sistemom cevi, na dnu hidroponskih posuda, vraća u rezervoar, u kom se proverava pH, PPM, EC i T. Ovom metodom biljke rastu mnogo brže, zbog velike količine kiseonika koju koren prima i konstantnog protoka nutritivne tečnosti, što smanjuje mogućnost taloženja nutrijenata i olakšava dodavanje nove tečnosti.



Slika 8.
Prikaz tehnike „duboke vode“
(Sopstveni izvor)

4. STATUS HIDROPONIJE U SVETU

Hidroponija je, u poslednje dve decenije prešla iz „nišnog“ istraživačkog i urbano-hobi segmenta u komercijalni sektor, sa značajnim rastom ulaganja i tehnološkim inovacijama. Razvoj senzora, automatizacije i kontrolisanih objekata omogućio je skaliranje sistema od malih komercijalnih plastenika do velikih vertikalnih i CEA (Controlled Environment Agriculture) objekata.

4.1. Veličina i rast tržišta

Različite analize tržišta daju približne, ali konzistentne rezultate o snažnom rastu sektora. Prema izveštaju Allied Market Research-a, veličina globalnog tržišta hidroponike procenjena je na 8.1 milijardi dolara u 2019, predviđajući da će dostići 16 milijardi dolara do 2025. godine, rastući na CAGR od 11.3% od 2019. do 2025. godine. Grand View Research procenjuje vrednost globalnog tržišta hidroponije na oko USD 5,0 milijardi u 2023 i projekciju rasta do približno USD 11 milijardi do 2030 (CAGR ~12% u predstojećem periodu). Tržištem hidroponije dominira azijsko – pacifički region, sa udelom od 35.6%, u 2023. godini, zahvaljujući tome što se ovaj metod izrazito širio u Kini,

Australiji, Južnoj Koreji i sličnim zemljama. U ovom regionu, intenzivno se šire vertikalne i unutrašnje farme, usled ograničenih površina i velike potražnje za svežim proizvodima, koje su, metodološki, vrlo kompatibilne sa hidroponskim metodom. Očekuje se da će se, u prognoznom periodu, posebno razviti tržišta u Kini i Indiji. Severna Amerika pokazuje veliki potencijal za širenje hidroponije, zbog brojnih kompanija koje se nalaze u regionu i prihvatanja alternativnih poljoprivrednih tehnika u urbanim regionima. Na teritoriji Severne Amerike su sve veće investicije u vertikalne farme i CEA (Controlled environment agriculture) projekte, naročito u urbanim centrima i u kratkim lancima snabdevanja. Od Kanade se očekuje da ostvaruje značajan udeo u prihodima na tržištu hidroponike u Severnoj Americi, između ostalog i zbog toga što su vladine inicijative i programi podrške usmereni na promociju poljoprivrednih inovacija i preduzetništvo odnosno agrobiznis, a što sve, direktno, podstiče rast i širenje hidroponije.

Za Evropu se očekuje da će, u periodu 2024 – 2030. ostvariti najbrži godišnji rast tržišta ove tehnike, od 13.6%, usled potrebe da se proizvodnja učini efikasnijom, ekološki bezbednijom i da se prevaziđu ograničenja vezana za standardne, konvencionalne proizvodne sisteme. Značajan impuls tom trendu daju i razvijene ekonomije evropskih zemalja: Francuske, Nemačke, Italije, Španije i Holandije. Holandija je tehnološki i izvozni lider u stakleničkoj proizvodnji i intenzivnoj primeni hidroponije. Za poslednjih 25 godina, od 3% od ukupnog zaštićenog prostora pod hidroponom, dostigla je 40% udela hidroponije u ukupnoj proizvodnji u zaštićenom prostoru. Hidroponika u Velikoj Britaniji, poslednjih godina, doživljava ekspanziju, usled rastuće potražnje za proizvodima iz održive poljoprivrede i popularisanja lokalno gajenih proizvoda, te se očekuje da će ova država značajno učestvovati u prihodima na evropskom tržištu hidroponike. U tehnologijama navodnjavanja i precizne fertirigacije poslednjih decenija, se posebno, kao lider, izdvaja Izrael, pa se očekuje da izraelske agrotech kompanije snažno plasiraju i hidroponsku tehnologiju, globalno.

Što se vrste sistema tiče, najveći udeo na tržištu, u 2023. godini, ostvaruju agregatni sistemi: inertni i čvrsti medijumi, poput treseta, kamene vune, peska, piljevine, perlita ili kokosovih vlakana (52.5%). Očekuje se da će tečni sistemi za gajenje biljaka, u prognoznom periodu, zabeležiti stopu rasta od 14.2%.

U strukturi useva, na tržištu hidroponije, zastupljeni su: paradajz, zelena salata, paprika, krastavac, začinsko bilje i ostalo. Sve veći udeo u strukturi gajenih biljaka hidroponskom metodom, ostvaruju jagode, začinsko bilje i mikro bilje. Najveći deo zauzima paradajz (44.2%), a projekcije pokazuju da će se gajenje ove vrste povećavati i u periodu do 2030. godine, u regionu Azije i Pacifika. U Australiji je, prema analizama, veliki deo lokalne salate, takođe, proizvod hidroponije. Prema USDA, hidroponski prinosi salate su obično 11-13% veći od onih gajenih tradicionalnim metodama, zasnovanim na zemljištu.

Na ispoljavanje brzine rasta i prinosa salate, utiču i vrste hidroponskih sistema, u kojima se gaji i kompatibilnost tečnog organskog hraniva sa pojedinim sistemima. U mnogim studijama, bilo je primetno da su sistemi zasnovani na supstratu, u plastičnim kontejnerima - RPC (regular plastic container) i kantama – DB (Dutch bucket), pokazivali superiorne performanse u pogledu parametara rasta i mineralnog sastava. Tako je rast biljaka salate (broj i površina listova, težina izdanaka i suva materija) u RPC sistemu, u odnosu na NFT (nutrient film technique), bio od 29 do 60% veći, a u odnosu na DWC (deep water culture), od 15 do 44%. Parametri korena su, takođe, bili značajno viši u RPC i DB u odnosu na NFT i DWC sisteme (za 21 do 94%). Sa druge strane, hidroponski sistemi, zasnovani na supstratu, i pored odličnih rezultata u pogledu produktivnosti i kvaliteta, zahtevaju određene izmene i nadogradnje, te optimizaciju ishrane biljaka, jer je evidentirana visoka potrošnja hranljivih materija iz rastvora. Neke studije, pak, ističu da, u ovom trenutku, hidroponska proizvodnja salate, nije održiva alternativa konvencionalnom metodu, pozivajući se na rezultate da povećanje prinosa od $11 \pm 1,7$ puta traži 82 ± 11 puta više energije (veštačko LED osvetljenje, klimatizacija). No, ukoliko se visoka potrošnja energije ublaži i prevaziđe poboljšanom efikasnošću i/ili obnovljivim izvorima, hidroponika ima potencijal da postane strategija za obezbeđenje dovoljnih količina hrane za narastajuću ljudsku populaciju.

Ključni faktori koji mogu da podignu nivo interesovanja za masovnije uvođenje hidroponike u savremenu poljoprivrednu proizvodnju i pokrenu rast tržišta hidroponike jesu: efikasnost u proizvodnji, uz kontinuirano unapređenje metode u pogledu energetske i ekonomske efikasnosti i povećanje investicija i podsticaja vlada, širom sveta, za implementaciju inovativnih i održivih praksi i tehnologija u poljoprivrednu proizvodnju.

4.2. Primeri hidroponskih farmi u svetu

Bustanica (Emirates Crop One) (UAE)

Bustanica je površine 30.658m², otvorena 2024. godine, u Dubaiu, i smatra se najvećom vertikalnom hidroponskom farmom na svetu. Planirano je da godišnje proizvodi oko 1000t visokokvalitetnog lisnatog povrća (3000kg dnevno). Očekuje se da će se, ovim načinom proizvodnje, uštedeti 95% (250 miliona litara) vode, godišnje, u odnosu na standardne tehnike gajenja biljaka i preko 1.000MW, u smislu proizvodnje vode.

Plenty – Compton (SAD)

Plenty – Compton je tehnološki najnaprednija, zatvorena, vertikalna farma na svetu. Dizajnirana je da godišnje proizvede oko 2000t lisnatog povrća (baby rukola, baby kelj, hrskava zelena salata i kovrdžavi baby spanać). Specifičnost ove farme je u tome što koristi potpuno nov način gajenja biljaka, u objektu jedinstvene arhitekture – 3D vertikalnim tornjevima, u visini od skoro

dva sprata. Odlike ove farme su: izuzetno visoka efikasnost, automatizacija svih faza proizvodnog ciklusa, kontrola svetla, vlage, hranljivih supstanci i značajno smanjenje troškova u odnosu na klasične baste. Nalazi se u Kaliforniji.

Hydroserre Mirabel (Kanada)

Kompanija je osnovana 1987. godine, izgradnjom staklenika od 30.000m². kao rezultat jednog naučno – istraživačkog projekta. Danas upravlja ukupnom površinom staklenika od 72.850 m². Ova kompanija proizvodi lisnato povrće i aromatične biljke. Predstavlja primer dobre prakse u hidroponskoj proizvodnji, koja nije vertikalno organizovana već više u formi velikih staklenika i koja spaja tradiciju i iskustvo sa visokom tehnologijom.

Sundrop Farms (Australija)

Kompanija je osnovana 2015, podizanjem staklenika, na solarni pogon, površine 20ha. Od 2016. godine, kada je objekat završen, proizvodi oko 15.000t paradajza, godišnje. U svojim pogonima, kompanija koristi morsku vodu i solarnu energiju, a specifičnost objekta jeste jedinstvena tehnologija, koja uključuje koncentrovanu solarnu energiju, termalnu desalinizaciju i proizvodnju električne energije pomoću pare. Tako se smanjuje potreba za resursima iz neobnovljivih izvora, u poređenju sa konvencionalnom proizvodnjom.

Savio (centralna Italija)

Savio je jedna od najvećih hidroponskih farmi u Evropi, sa površinom bazena (rezervoara) i hidroizolacionih stakala od 13ha. Nalazi se u raveni i primer je visokotehnološke farme, na kojoj se razne sorte zelene salate gaje u rezervoarima koji plutaju po vodi, zasnovana na „zero waste“ konceptu. 99% hidroponskog sistema je automatizovano.

Future farming (Češka i Slovačka)

U Češkoj postoji, u sferi komercijalne akvaponije i hidroponije, sedam većih farmi: Future Farming Heršpice a.s., Future Farming Kaly s.r.o. i Flenexa plus s.r.o. Future Farming Heršpice a.s. je najveća akvaponska komercijalna farma, na kojoj dominiraju grejani plastenici, sa vertikalnim sistemima za gajenje različitih vrsta lisnatog povrća i začinskog bilja, u kombinaciji sa akvarijumima sa ribama. Future Farming u Brnu ima najmoderniju akvaponsku farmu, sa najsavremenijom tehnologijom, koja je, istovremeno, istraživački i edukativni centar. Treća akvaponska farma Future Farming se nalazi u Letonicama i gradi se na principima zeleno – plave ekonomije. Future Farming ima svoje farme i u Slovačkoj. Prva veća komercijalna akvaponska farma je u Senici, severno od Bratislave, a zanimljiva je i Agro rybia farma Handlová, u kojoj se, na principima hidroponike i recirkulacije, gaje riba i povrće.

Jones Food Company (Velika Britanija)

Jones Food Company (JFC) gradi zatvorene hidroponske farme, postavljene u slojevima, od poda do plafona. Njihova prva farma imala je 17 slojeva. Vertikalne farme omogućuju proizvodnju velikih količina hrane, i do 100 puta većih po m². U objektima JFC se posebna pažnja posvećuje tehnologiji osvetljenja, čime se poboljšavaju prinos, kvalitet i ukus proizvoda (Slika 9).



Slika 9.
Vertikalna hidroponska farma kompanije Jones Food, UK
(Izvor: <https://www.jonesfoodcompany.co.uk/our-farms>)

Infarm (Nemačka)

Infarm je visoko efikasna kompanija, sa sedištem u Berlinu, za vertikalnu poljoprivredu, u zatvorenom prostoru, koja postavlja modularne jedinice za gajenje biljaka unutar prolaza supermarketa i restorana kako bi svoje sveže proizvode približili krajnjim potrošačima (Slika 10). Gaji se lisnato povrće i začinsko bilje (više od 4t godišnje), pod veštačkim osvetljenjem, hidroponskom tehnikom, na bazi patentiranih tehnologija i najsavremenijih istraživanja i naučnih multidisciplinarnih dostignuća (poljoprivreda, botanika, inženjerstvo). Preko 50000 tačaka podataka o svim mikroklimatskim faktorima se objedinjuju u oblaku kompanije, što im omogućava daljinsku kontrolu proizvodnje i momentalnu optimizaciju procesa, prema potrebama.



Slika 10.
Infarm vertikalna bašta u Metro objektu, u Nanterre, Francuska
(Izvor: Giovanni Del Brenna, Urban Farmers)

Growing Underground / Zero Carbon Food (Velika Britanija)

To je prva podzemna farma, u svetu, smeštena na 33 metara ispod

londonske Clapham High ulice, u jednom od podzemnih bunkera, iz II svetskog rata. Primer je iskorišćavanja prostora koji se, tradicionalno, ne koristi u poljoprivredi, upravo za gajenje biljaka. Proizvodnja se bazira na inovativnim pristupima, među kojima je i hidroponika. U toku jedne godine, postiže se i do 60 žetvi, a gaji se, uglavnom, povrće za lokalno stanovništvo, po principu „from farm to fork“, koje zaista i stiže do potrošača za manje od četiri sata. Potrošnja vode je za 70% manja u odnosu na klasične, nadzemne farme, a energija se crpi iz obnovljivih izvora.

Agricool (Francuska)

Agricool je primer urbane kontejnerske, hidroponske farme, postavljene u centru grada, u Parizu. U rekonfigurisanim kontejnerima (Slika 11), površine 33m², uz 90% manji utrošak vode u odnosu na konvencionalnu poljoprivredu i energiju iz obnovljivih izvora, proizvode se jagode i lisnato povrće.



Slika 11.
Agricool urbana kontejnerska
farma

(Izvor:

<https://www.cultureindoor.com/en/content/138-agricool-urban-container-in-paris>)

PlantLab (Holandija)

PlantLab je kompanija koja potvrđuje lidersku poziciju Holandije u CEA (controlled environment agriculture) tehnologijama. Svoj rad zasniva na jakoj naučnoistraživačkoj bazi, ulaganju u tehnološki razvoj i digitalizaciji. U zatvorenim, kontrolisanim uslovima, uz primenu savremenih tehnika, među kojima je i hidroponika, gaji se preko 150 vrsta i varijeteta bosiljka, nane, salate, rukole i preko 20 varijeteta sadnica drvenastih biljaka (paulonija, eukaliptus, akacija...).

U velike hidroponske farme, u svetu, ubrajaju se još: Emeraude, Bright Farms, Eden Green Technology, Freight Farms, Vertical Harvest, Upward Farms.

5. STATUS HIDROPONIJE U REGIONU I SRBIJI

U odnosu na Evropu i svet, region i Srbija značajno zaostaju u razvoju i primeni hidroponije u poljoprivrednoj proizvodnji.

5.1. Status hidroponije u regionu

Države regiona i institucije nadležne za razvoj i planiranje poljoprivredne proizvodnje prepoznaju i priznaju značaj hidroponskog gajenja biljaka, svesni opasnosti od prekomernog i neodgovornog iskorišćavanja zemljišta i potrebe za ekološkom i ekonomskom održivošću savremene poljoprivrede, te značaja, u takvim okolnostima, inovativnih tehnika i kontrolisane proizvodnje. Uprkos tome, međutim, čak i u razvijenijim zemljama regiona, kao na primer Sloveniji, Grčkoj ne postoje nacionalni planovi za podsticanje proizvođača povrća i drugih odgovarajućih vrsta u pravcu implementacije hidroponije. Inicijative koje su registrovane su, uglavnom, rezultat entuzijazma pojedinaca da primere dobre prakse, sa kojima su se upoznavali tokom boravka u svetu, prenesu u okruženje svojih zemalja i spremnosti privatnih kompanija da ulažu u razvoj ovog sektora. Nema ni zvaničnih podataka o obimu hidroponske proizvodnje, već se do podataka dolazi kroz različite studije i projekte, te naučne i stručne radove istraživačkih i obrazovnih institucija.

5.1.1. Primeri hidroponskih farmi u regionu

Slovenija

1. Panorganic

Tehnologijom gajenja u saksijama, hidroponskom metodom, organizuje se proizvodnja salate i začinskog bilja. Na ovaj način, nema otpadnih voda, jer je sistem recikularan, nema upotrebe pesticida, površina za gajenje se efikasnije koristi, a povrće je dostupno, bez obzira na sezonu. Za grejanje prostora se koristi drvena masa. Najpoznatiji proizvod ove farme jeste „živa salata“ ("live lettuce"), koja se prodaje u posudama, sa korenem, što produžava svežinu i period upotrebe ovog povrća, a za sobom ne ostavlja otpad, jer biorazgradiva folija, u koju se proizvod pakuje, može da se kompostira. Teškoće sa kojima se ovi proizvođači suočavaju su, uglavnom, u konkurenciji sa konvencionalnom poljoprivredom i finansijske su prirode (teškoće prilikom postizanja odgovarajuće cene).

Na teritoriji Slovenije, organizovan je značajan broj farmi (vertikalnih, urbanih) koje proizvodnju zasnivaju na održivim i CEA tehnikama, ali se ne mogu svrstati u prave hidroponske farme (Lust, PanVita Group, Urban Planty)

Hrvatska

1. City Greens Farming

Kompanija City Greens se bavi aeroponskim sistemima gajenja, koji predstavljaju korak napred, u smislu brzine rasta biljaka i prinosa, u odnosu na

uobičajene hidroponske sisteme. U ovom sistemu, koren biljaka je u vazduhu i neprekidno se orošava hranljivim rastvorom. Ključna prednost je u višku kiseonika, koji podstiče rast korena i održava potrebnu hidrataciju, što sve rezultira bržu apsorpciju hranljivih materija u ciklusu fotosinteze. Kompanija okuplja stručnjake različitih profila i pruža punu podršku zainteresovanima za implementaciju aeroponskih sistema (obuka, upravljanje vodom, optimizacija objekata, dizajniranje hranljivih rastvora, kontrola životne sredine).

Grčka

1. PlantBox

Plant Box je inovativni proizvođač i distributer ekološki prihvatljivih proizvoda biljnog porekla, dobijenih primenom inovativnih tehnika i održivih praksi, usklađenih sa principima hidroponike.

Severna Makedonija

1. Horticentar Adria

Horticentar je jedinstveno mesto za obuku zainteresovanih za bavljenje hidroponijom, kroz praktičan rad i podršku u svim segmentima projekta hidroponske farme.

Rumunija

1. Microgreens Romania (Ultragreens)

U sadašnjoj veličini, kao vertikalna, farma postoji od 2022. godine, a osnovana je 2018. godine u formi male vertikalne farme (2 – 9m²), postavljene u supermarketima i/ili restoranima. Danas se, na farmi površine 22.000m², nalaze tri celine: staklara sa hidroponskim sistemom, staklara sa gajenjem biljaka u zemljištu, na sedam nivoa i GreenHub, površine 6.500 m², na 12 nivoa. Sve faze proizvodnog procesa su automatizovane, što je preduslov ekonomske održivosti i preciznosti proizvodnje. Na farmi se uglavnom gaji začinsko i aromatično mikrobilje (Slika 12), a u staklari sa hidroponskim sistemom, gaji se jestivo cveće i neke specijalne biljke, za dekoracije u kulinarsstvu.



Slika 12.
Proizvodi sa farme Microgreens
Romania
(Izvor: Microgreens Romania)

U ostalim državama regiona (Albanija, Crna Gora, Bosna i Hercegovina), hidroponija je zastupljena na nivou istraživačkih projekata i predmet multidisciplinarnih istraživanja međunarodnih ili domaćih eksperata. U regionu se beleži prisustvo značajnog broja kompanija koje se bave prometom opreme za hidroponske farme i nude sve vrste podrške za organizovanje proizvodnje ovom tehnikom.

5.2. Status hidroponije u Srbiji

Hidroponija se u Srbiji nalazi na početku razvoja. Prema referentnim navodima, uglavnom se sreće u plasteničkoj ili stakleničkoj proizvodnji povrća, mada je evidentno da postoji nerazumevanje ovog pojma, pa se, često, u ovu tehniku svrstavaju i oni postupci koji joj ne pripadaju. Razlozi za takav status hidroponije u Srbiji su: velika početna ulaganja, nedostatak stručne podrške i nedovoljna informisanost proizvođača, te je, za ozbiljan pomak u ovoj oblasti neophodna ozbiljna institucionalna podrška – finansijska, stručna i savetodavna. Za sada, postoje pojedinačne inicijative, ali je i među njima najviše primera gajenja biljaka na supstratu, a manje direktno u hranljivom rastvoru, što je prava hidroponija.

5.2.1. Primeri hidroponskih farmi u Srbiji

1. Global Seed, Čurug

Kompanija ima organizovanu biljnu i stočarsku proizvodnju i proizvodnju organskih smeša za ishranu stoke, na površini od 2000ha. Od 2024. godine, na farmi je uspostavljena linija za hidroponsku proizvodnju sveže stočne hrane, u posebno dizajniranom i potpuno automatizovanom pogonu.

2. Urban Greens, Kikinda

U pitanju je moderna akvaponična farma, na kojoj se gaje salata, začinsko bilje i druge lisnate culture, tokom cele godine (Slika 13).



Slika 13.

Deo sistema akvaponije na farmi Urban Greens

(Izvor:

<https://urbangreens.rs/#galerija>)

Postoji i određen broj pojedinačnih primera gajenja jagoda, lisnatog povrća, mikrobilja i drugih adaptibilnih biljnih vrsta, ali bez zvaničnih podataka o obimu proizvodnje i drugim parametrima, što sve potvrđuje početnu konstataciju da je za razvoj i širenje hidroponije potrebna mnogo veća, sistemska i organizovana, podrška i promocija.

II DEO

STUDIJA SLUČAJA: ORGANIZACIJA I REZULTATI HIDROPONSKE PROIZVODNJE U MANJIM PROSTORIMA



6. POLAZNE IDEJE I ISKUSTVA

Savremena poljoprivredna proizvodnja nužno zahteva nove, inovativne pristupe i metode, kako bi odgovorila izazovima i zahtevima koncepta održivog razvoja, a ključni je proizvodnja dovoljnih količina zdravstveno bezbedne hrane, uz minimalne ekološke rizike i ekonomsku opravdanost. Zvanični podaci o implementaciji tzv. „zelenih inovacija“ na gazdinstvima govore da se domaći poljoprivredni proizvođači teško odlučuju za „eksperimentisanja“. Dodatno, različita istraživanja su pokazala da ruralno stanovništvo, ali i druge ciljne grupe kojima je u fokusu bavljenje poljoprivrednom proizvodnjom nemaju dovoljno relevantnih informacija i znanja o mnogim metodama i tehnikama, koje su u skladu sa trendovima u ovom sektoru i zahtevima savremenog tržišta (organska i regenerativna poljoprivreda, cirkularna ekonomija, precizna poljoprivreda, hidroponija, agrošumarstvo, akvakultura,...). Pored opšteg cilja da sistematizuje ključne informacije o hidroponiji, kao jednoj od „zelenih“ inovacija u poljoprivredi i pruži uvid u stanje ove metode u okruženju i svetu, ova publikacija, posebnim delom koji se odnosi na studiju slučaja i detaljnu analizu organizacije hidroponskog sistema u manjem protoru, ima specifične ciljeve:

- da približi ovu metodu pojedincima
- da na jednostavan način pokaže njene kritične tačke
- ponudi predloge za njihovo prevazilaženje i
- podstakne interesovanje proizvođača za širenje hidroponije u praksi, najpre kroz jednostavnije sisteme, a onda i za njenu nadogradnju i razvijanje.



Slika 14.

Smart switch (prekidač) i Android aplikacija za kontrolu
(Izvor: <https://www.aliexpress.com>)

Uz povećanje prinosa po kvadratnom metru, koje ide i do 2-3 puta, i mogućnost visokog stepena automatizacije, uz korišćenje dostupnih računara, mikrokontrolora, smart uređaja i smart telefona (Slika 14), nije previše komplikovano isprojektovati sistem koji bi, uz povremeni nadzor, praktično samostalno funkcionisao. To pruža mogućnost da se vreme usmeri na druge aktivnosti, a ni finansijski efekat nije zanemarljiv.

Osnovni motiv da se pokrene svojevrsni projekat organizovanja hidroponskog sistema gajenja biljaka, u malom prostoru, u kućnim uslovima, bila je želja da se samostalno proizvede povrće, u strogo kontrolisanim uslovima, bez upotrebe pesticida i zdravstveno bezbedno. Urbana sredina i sve njene osobenosti (ograničeni prostori, prostori koji su, često, neuslovni i neprilagođeni takvoj delatnosti, nedostatak odgovarajuće parcele, nepovoljni mikroklimatski uslovi) je predstavljala dodatni izazov. U takvim okolnostima, hidroponija se nametnula kao mogućnost da se, u zimskom periodu, proizvedu određene količine povrća (paradajz, paprika, krastavac), te je započeta kao eksperiment, sa idejom da preraste u proizvodnju za širu upotrebu.

Informacije i saznanja u vezi sa hidroponijom su, uglavnom, prikupljeni putem interneta i kroz razgovore sa profesorima i istraživačima, koji su se bavili ovom temom. Zaposleni agronomi, u stručnim službama i specijalizovanim apotekama, pored velikog znanja i iskustva u odnosu na konvencionalnu poljoprivredu i/ili bilo koji poljoprivredni sistem koji se sprovodi na klasičan način, na zemljištu, ipak, nisu imali relevantne informacije kada je u pitanju hidroponija niti proverene i utemeljene preporuke. Internet pretraživanje, pak, vodi do brojnih informacija, ali uz veliki rizik da mnoge od njih nisu proverene i ispravne niti, na bilo koji način, utemeljene i netačne, pa je, u svrhu kreiranja nekog svrsishodnog sistema gajenja biljaka, bilo neophodno mnoge od njih testirati i proveravati u datim okolnostima. Rezultat toga je bio vrlo mukotrpan početak, uz puno propusta i nepoželjnih pojava u proizvodnji, nalik pravom eksperimentu, koji je trebalo da pruži određene smernice za, tek onda, postavljanje sistema na održivim osnovama i pokaže šta je preporučljivo za praksu i koje su kritične tačke i kako ih prevazilaziti. Utoliko je opisan slučaj specifično vredniji, jer se sve informacije i rezultati temelje na ličnom iskustvu i analizirani u odnosu na teorijske osnove, dostupne u internet izvorima i naučnoj literaturi.

6.1. Priprema i opremanje objekta

Kao objekat za postavljanje hidroponskog šatora, u ovom slučaju, zapravo, ormara koji je mogao da primi četiri hidroponske posude, odabran je podrumski prostor površine nešto preko 6m².

Detaljno čišćenje i dezinfekcija objekta se podrazumevala, s obzirom da je jasno da će prisustvo patogena (gljivice, buđ) čitav „projekat“ dovesti u opasnost. Na pod podruma je postavljena najlonska prekrivka debljine 2mm

koja je lako mogla da se čisti. Dezinsekcija podruma je takođe bila obavezna, što u nekom drugom scenariju možda nije neophodno, ali nije ni na odmet.

U samom podrumu se nalazila podstanica daljinskog centralnog grejanja, što je bio veliki benefit u zimskim uslovima jer nije bilo potrebe za dodatnim grejanjem prostorije. Temperatura u objektu nije padala ispod 16°C u najhladnijem delu noći, kada grejanja nema, dok u toku dana nije prelazila 27°C, što je u pojedinim trenucima predstavljalo problem, jer je postojala opasnost da u hidroponskom ormaru temperatura bude još veća. Rešenje je bilo poboljšanje ventilacije prostora.

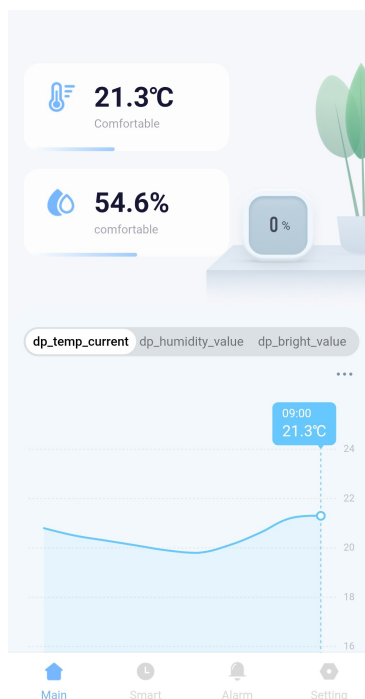
Dimnjak koji nije bio u upotrebi, a koji je nekada služio za odvod dima kotla na čvrsto gorivo, je poslužio kao odvod vazduha pri ventilaciji, a na vrata podruma su postavljena dva ventilatora sa klapnama. Klapne se otvaraju kada se ventilatori uključe, tako da nema ulaska hladnog spoljnog vazduha u vreme kada su isključeni. Ukupan protok vazduha je bio oko 600 m³/h, što je za prostor koji je imao svega 12m³ bilo sasvim dovoljno da se brzo promeni i osveži vazduh. Podrazumeva se da bi prostor trebalo da dihtuje, koliko je god to moguće, kako se ne bi hladio bez kontrole. U prostor je instaliran smart uređaj – termometar i vlagomer, koji je bio povezan na Android aplikaciju, upravljao ventilatorima za ventilaciju prostora i „javljao“ ukoliko temperatura ili vlaga izađu iz željenih okvira (Slika 15). Ventilatori su takođe preko smart uređaja, u ovom slučaju smart switch-a (Slika 14) bili u sprezi sa pomenutom Android aplikacijom (Slika 16), te je bilo moguće napraviti raspored i trajanje ventilacije onako kako je procenjeno da je najbolje. Aplikacije uglavnom nude izveštaje na nivou sata, dana i meseca, tako da ostavljaju punu slobodu odlučivanja.

Važan i neophodan uslov je imati dovod i odvod vode u prostoru, za pripremu hidroponske tečnosti i, eventualni, odvod tečnosti koja se nalazi u sistemu. Izvan hidroponskog ormara se nalazio rezervoar hidroponske tečnosti povezan sa hidroponskim saksijama u samom ormaru (odabrana tehnika je bila DWC – Deep Water Culture sistem), kao i vodena pumpa za cirkulaciju hidroponske tečnosti (u ovom slučaju pumpa za bazen). Više nego potreban je i veliki, samostalni rezervoar za pripremu hidroponske tečnosti, kako bi rastvorena nutritivna tečnost stalno bila na raspolaganju i dostupna hidroponskom rezervoaru, vezanom za sistem. U ovom slučaju, bilo je to plastično bure od 40 litara. Naravno, moguće je pomoću senzora visine tečnosti u rezervoaru sistema, elektro ventila ili pumpe na samostalnom rezervoaru (zavisno da li je samostalni rezervoar na višoj ili nižoj poziciji od hidroponskog sistema) povezati ova dva rezervoara i obezbediti automatsku dopunu, ali, u ovom, slučaju dopuna je išla ručno.

Hidroponski sistem biće detaljnije opisan u poglavlju 6.1.3.



Slika 15.
Smart termometar i higrometar
(Izvor: <https://www.aliexpress.com>)

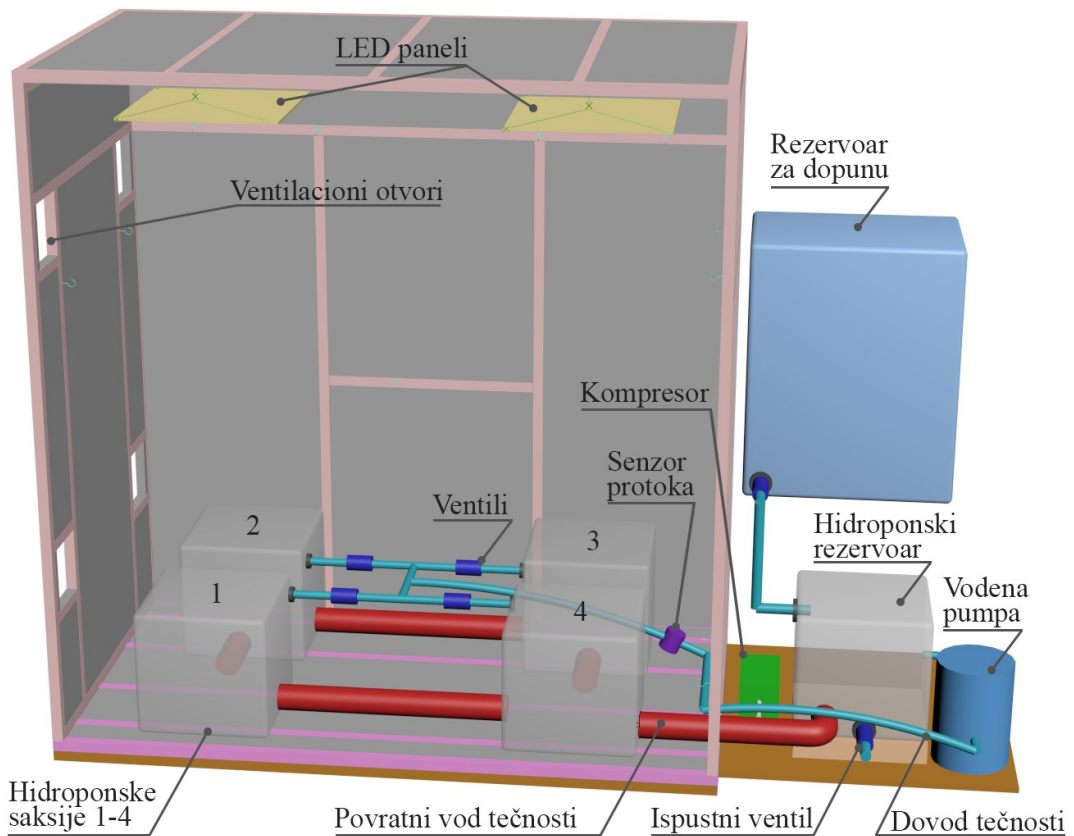


Slika 16.
Android aplikacija za kontrolu Smart
termometra i higrometra
(Sopstveni izvor)

6.1.1. Priprema prostora (komore) za gajenje

U ovom slučaju "prostor" za gajenje je zapravo bio hidroponski ormar (komora), širine 120cm, visine 120cm i dubine 60cm. Kostur je napravljen od drvenih letvica preseka 2x2cm. U prostor između letvica je postavljena izolacija od stiropora i preko svega, sa obe strane svake stranice, puniji najlon, kako bi se sprečio prodor vlage u unutrašnjost stranica i sve što bolje zadihtovalo, u cilju lakše kontrole uslova u kojima se nalaze biljke. Prednja stranica su bila vrata, koja su mogla da se otvore celom visinom i širinom, radi lakšeg pristupa odgajalištu. Pre same izrade, model je isprojektovan u 3D programu, kako bi se što lakše i preciznije napravio sam ormar (Slika 17).

U drugačijim okolnostima, mnogo bi jednostavnije bilo nabaviti grow box – šator koji je već pripremljen za gajenje biljaka, ali u konkretnom slučaju to nije bila opcija, zbog dimenzija raspoloživog prostora.



Slika 17.
Šema 3D modela hidroponskog ormara
(Sopstveni izvor)

6.1.2. Nabavka alata i materijala

Nabavka materijala je tekla po principu “snađi se”. Bila je neophodna obimna pretraga interneta i prodavnica u kojima se materijal može nabaviti, te se ispostavilo da je prava mora u Srbiji pronaći sve što je bilo potrebno, jer izvesnih materijala, delova, podsklopova i uređaja ili nema uopšte ili su potrebni sati pretrage dok se, pukom upornošću, ne pronađe distributer koji ima baš ono što je potrebno. Na neke sklopove, ventile, konektore cevi ili creva smo, u nemogućnosti da išta slično nabavimo kod nas, čekali po mesec i više dana zbog nabavke iz inostranstva kao jedine preostale opcije (Slike 18. i 19.). Pojedine konektore i podsklopove smo morali sami da improvizujemo, te lepimo i nastavljamo cevi i kolena za povrat hidroponske tečnosti, tako da je bilo potrebno puno upornosti i inventivnosti.



Slika 18.
Spojnice

(Izvor: <https://www.aliexpress.com>)



Slika 19.

Koleni sa spojnicom

(Izvor: <https://www.aliexpress.com>)

Ukoliko nabavka gotovih pasivnih sistema nije opcija, već je samostalna montaža izbor iz finansijskih razloga, neminovno je pripremiti se na opsežno traganje za elementima i improvizaciju, bez posledica na funkcionalnost i ispravnost sistema. Tipičan primer je aluminijumska reflektujuća folija za unutrašnjost ormara, pomenuta u sledećem poglavlju. Nabavljena je, nakon mesec dana čekanja, iz inostranstva, a ona je zapravo malo čvršća, deblja i dosta reflektivnija od kuhinjske aluminijumske folije. Služi za zadržavanje toplote, naziva se “čebetom” od alu folije i može se videti u filmovima, u scenama kada se ljudi, koji su bili dugo na hladnom, umotavaju u nju. Vrlo je jeftina ali je na domaćem tržištu nije bilo. S obzirom da je čitav projekat izveden 2023/24, moguće je da se situacija sa nabavkom materijala u međuvremenu poboljšala.

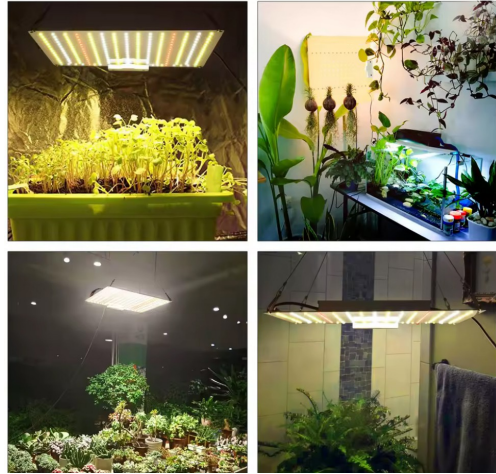
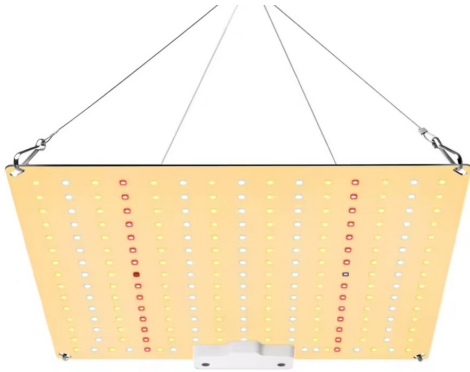
Za velike, kompletne sisteme, sa velikim početnim ulaganjem mogu se pronaći specijalizovane firme iz inostranstva koje rade po sistemu „ključ u ruke“, što uključuje i tehnologiju za rasad povrća po njihovoj selekciji, ali vodeća ideja ovog projekta nije bila u skladu sa takvim planovima.

6.1.3 Opremanje prostora

Hidroponski ormar je morao da bude opremljen svetlom, ventilacijom, sistemom za regulaciju vlažnosti, te sistemom za oksigenizaciju hidroponske tečnosti. Kada su u pitanju plastenici ili staklenici, koji rade cele godine, mora se računati i na sistem za dogrevanje, a preporučljivo je imati i sistem za regulaciju ugljen dioksida (CO₂).

U ovom slučaju, svetlo za gajenje biljaka su obezbeđivala 2 LED panela punog svetlosnog spektra (Slika 20), snage po 50W, što je bilo sasvim dovoljno za dimenzije ormara. LED paneli su bili vezani na smart switch koji ih je preko

tajmera aplikacije palio i gasio u odgovarajuće vreme, čime se obezbeđivalo 16 sati “dana” i 8 sati “noći”. Problem, koji se u ovoj situaciji javljao, bilo je grejanje LED panela, koje je uticalo na unutrašnju temperaturu, što je iziskivalo određene izmene u odnosu na početni plan, te se sa 4 ventilatora za ventilaciju, prečnika 12cm, prešlo na 8, što je obezbedilo dovoljno ventilacije i korektno održavanje temperature. Sa unutrašnje strane, stranice su bile obložene reflektujućom aluminijumskom folijom (Slika 21) kako bi se što više svetla odbijalo i stizalo do donjih delova biljaka.



Slika 20.
LED panel

(Izvor: <https://www.aliexpress.com>)



Slika 21.
Reflektujuća aluminijumska folija
(Izvor: <https://www.aliexpress.com>)

Pokazalo se da je regulisanje vlage kritična tačka, posebno u malim zatvorenim i dobro dihtujućim prostorijama poput našeg ormara.



Slika 22.
Dehumidifier – odvlaživač
(Izvor: <https://www.aliexpress.com>)

U početku, dok su biljke male, poželjno je da vlažnost vazduha (RH) bude 70-85%, optimalno 75%, ali, kako biljke rastu, previše vlage dovodi do stvaranja gljivica i propadanja biljaka, te je poželjno RH održavati na nivou, najviše, 35-40%. U ovom slučaju otvaranje vrata ormara nije rešenje, jer bi pri svakoj ventilaciji objekta (podruma) hladan vazduh „šokirao“ biljke. Rešenje problema se nalazilo u odvlaživaču za ormara koji nije bio smart (Slika 22), ali je imao svoje senzore temperature i vlage, te uključivao odvlaživanje i imao opciju prekidača – releja na koji je bilo moguće prikačiti grejalicu ili ventilator u cilju korekcije temperature. Odvlaživač ima svoj odvod za prikupljenu tečnost, koja se odvodi van ormara.

Iz razloga pomenutih u poglavlju 6.1, u ovom slučaju nije bilo potrebe za sistemom dogrevanja, ali za dogrevanjem u realnim uslovima često ima potrebe, pa je korisno poznavati načine za njegovo sprovođenje. Primena načina dogrevanja zavisi od podneblja i konstrukcije plastenika ili staklenika i može biti:

- Na čvrsto gorivo, sa distribucijom toplote
- Pasivno solarno grejanje
- Dvostruki zid plastenika od najlonske folije u koji se upumpava topao vazduh, zagrejan na razne načine, uz kombinaciju sa pasivnim solarnim grejanjem
- Izolaciono ćebe, uz kombinaciju sa pasivnim solarnim grejanjem, koje se razvija između dvostrukih najlonskih zidova plastenika - sistem koji su izumeli i široko koriste Kinezi pri noćnim temperaturama do čak -40°C.
- Geotermalnim toplotnim pumpama - tzv. zemljanim pumpama

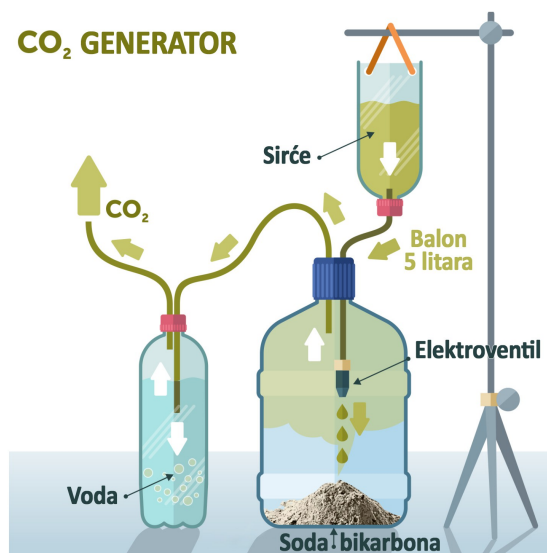
Količinu ugljen dioksida (CO₂), u bilo kom zatvorenom plasteniku, stakleniku ili hidroponskoj prostoriji, je dobro kontrolisati u toku dnevnih sati,

jer povećan procenat povoljno utiče na rast i razvoj biljaka. Za veće plastenike se koriste veliki gorionici na gas, koji praktično sagorevaju kiseonik i na taj način podižu procent CO_2 u vazduhu (Slika 23).



Slika 23. Gorionici za korekciju CO_2 (Izvor: <https://www.aliexpress.com>)

U našem slučaju, bilo je neophodno osmisлити sistem što manjih dimenzija, zbog izuzetno ograničenog prostora. Rešenje je bilo u hemijskoj reakciji sirćeta i sode bikarbone, pri čemu se oslobađa upravo CO_2 . Ideja je otkrivena tokom pretraživanja dostupnih internet portala. Naime, iz flaše koja visi, pomoću creva prečnika 6mm i elektro ventila za kontrolu protoka tečnosti, sirće se dovodi u balon od pet litara, na čijem dnu je bila bikarbena soda. U pravilnim vremenskim intervalima, elektroventil, kontrolisan smart switch-em i tajmerom uz pomoć Android aplikacije, pušta malu količinu sirćeta u balon u kojem se na dnu nalazi soda bikarbena, pri čemu hemijska reakcija oslobađa



Slika 24.
CO2 generator
(Sopstveni izvor)

CO₂, koji iz balona, kroz crevo u zadihtovanom poklopcu, prelazi u drugu flašu sa vodom. U vodi se CO₂ oslobađao svih ostalih neželjenih nusproizvoda hemijske reakcije i izlazio, kroz drugu cev, u prostor hidroponskog ormara (Slika 24). CO₂ je teži od vazduha, te je bilo neophodni postaviti još jedan ventilator za distribuciju dobijenog CO₂, što je, na tako ograničenom prostoru, predstavljalo problem.

Osim toga, upotrebljeni smart CO₂ merač (Slika 25) nije funkcionisao precizno, te se od čitave ideje kontrole odustalo, uz procenu da nije kritična za sam projekat. Pri tome, hemijska reakcija sode bikarbone i sirćeta nije jedini način jednostavnog generisanja CO₂, te se isti sistem može pojednostaviti upotrebom mešavine šećera, kvasca, bikarbone sode i tople vode, bez sirćeta i elektroventila.



Slika 25.
Smart CO₂ merač
(Izvor:

<https://www.aliexpress.com>)

6.2. Rasad biljaka

Rasad je moguće nabaviti u nekim prodavnicama poljoprivrednih preparata i alata, poljoprivrednim apotekama ili na tržnicama poljoprivrednih proizvoda. Problem je što se rasad prodaje isključivo onda kada je vreme za sadnju u polju. Vlasnici plastenika uglavnom sami proizvode rasad, jer im je potreban nešto ranije nego što ga ima u masovnoj prodaji. Osim toga, kod rasada nabavljenog od drugih proizvođača, uvek postoji sumnja u kvalitet. Prema iskustvu, najbolje je iz proverenog izvora nabaviti seme, isključiti ga samostalno i proizvesti rasad. To zahteva više truda, ali je preduslov boljeg kvaliteta sadnica. (Napomena autora: proizvođač rasada povrtarskih vrsta, sa dugogodišnjim iskustvom, je, kada mu je poklonjen višak sadnica, odgajanih u kućnim uslovima, bio prijatno iznenađen njihovim kvalitetom, što potvrđuje da sam proces odgajanja rasada nije složen, a da je kvalitet satisfakcija za uloženi trud).

6.2.1. Priprema rasada

Seme za rasad se može nabaviti iz više izvora: od privatnih proizvođača, instituta, poljo apoteka... Preporuka je da se, u mnoštvu ponuda na tržištu (fizičkom i on-line), bira seme koje je jasno deklarirano, sa navedenim pokazateljima kvaliteta (klijavosti i energije klijanja, mehaničke i sortne čistoće), što vodi ka poljoprivrednim institutima i poljoprivrednim apotekama. Posebno bi trebalo obratiti pažnju na godinu proizvodnje semena, jer se, po tom pokazatelju, najlakše i „na prvi pogled“ može proceniti u kakvom je stanju

klijavost semenskog materijala. U planiranju pripreme rasada i dinamike proizvodnje, na dalje, važno je znati i brzinu klijanja pojedinih vrsta (na primer, paradajz i krastavac klijaju mnogo brže od paprike). Poznavanje najvažnijih fizioloških, morfoloških i proizvodnih karakteristika biljnih vrsta i njihovih specifičnosti je važno za stabilnu i efikasnu poljoprivrednu proizvodnju, ali još više u uslovima ograničenog prostora, a posebno ograničene visine, kao što je to bilo u našem slučaju. Tako, na primer, uzrok problema mogu biti visina biljaka i dimenzije lisne mase. Biljke, ukoliko vrsta nije prilagođena uslovima, mogu da prerastu sistem, a preobilna lisna masa i nedovoljan razmak između biljaka uspore cirkulaciju vazduha u tako malim međuprostorima, što vodi ka usporenom rastu i povećava rizik od razvoja patogenih mikroorganizama. U ovom slučaju, usled tako nepravilnog izbora vrsta, došlo je do razvoja lisne mase i teškoća u regulaciji vlažnosti, do mere da su biljke morale da budu iznete na otvoreno, u drugačiji hidroponski sistem, koji će biti opisan u drugoj publikaciji. Stoga su sledeći izbor bile determinatne sorte, sa malo lisne mase i manje visine.

Za klijanje semena i proizvodnju rasada mogu se koristiti različite tehnike i podloge. U ovom slučaju, kao najpraktičnija i najjednostavnija za izvođenje bila je setva semena u inertnoj kamenoj vuni koja se nalazi u plastičnim posudicama (Slika 26).



Slika 26.

Sadnice krastavca u supstratu kamene vune (Sopstveni izvor)

Prednosti ove podloge su da odlično drži vlagu, dobro prenosi toplotu sa grejne podloge, a presađivanje u hidroponske saksije je jednostavno. Nedostatak je što su ćelije u plastičnoj podlozi, u kojima su kocke kamene vune, veoma blizu, tako da se lako može desiti da, kroz otvore za odvod viška tečnosti, izađe koren sadnice u upetlja se sa korenom susedne biljke. Pri presađivanju, to može da pravi teškoće i da dovede do oštećenja korenovog sistema biljčica – rasada. Opšta preporuka je da bi sadnice trebalo presaditi kada dostignu 15-ak cm visine. Iskustvo iz ovog slučaja kaže da je bolje presaditi ih nešto ranije, upravo

zbog problema sa upetljavanjem žilica korena. Ranije presađivanje ne predstavlja niti izaziva dalje probleme, jer biljka i dalje dobija potporu u hidroponskoj saksiji, ne menja se ni supstrat, niti se stresira koren koji se uranja u hidroponsku tečnost istog sastava kao i dok sadnice rastu u klijalištu, te je šok po biljku praktično minimalan.

Seme se može isključiti i u zemlji (Slika 27), s tim što je pre presađivanja u hidroponske saksije potrebno svu zemlju isprati sa korenja, što je prilično nezgodan i dugotrajan posao i stres za koren. Taj postupak je obavezan kako ne bi došlo do problema sa funkcionisanjem pumpe za recirkulaciju hidroponske tečnosti, zbog potencijalnog zapušavanja, u slučaju da je sistem recirkulišući. Problem eventualno zaostale manje količine zemlje na korenu sadnice se može rešiti postavljanjem filtera koji ne bi bio previše gust, kako ne bi sprečio mikro čestice iz hidroponske tečnosti da cirkulišu i moguće ga je improvizovati običnom pamučnom čarapom koja se postavi na povratni vod sistema za recirkulaciju.



Slika 27.

Isključavanje semena u zemlji (Izvor: <https://www.aliexpress.com>)



Slika 28.

Isključavanje u koko keksićima (Izvor: <https://www.aliexpress.com>)

Još jedan od supstrata za isključavanje i proizvodnju rasada, koji je posebno pogodan pri presađivanju u zemlju, su tzv. koko keksići (Slika 28). Diskovi presovane kokosove vune (kore) se, po potapanju u vodu i upijanja tečnosti, pretvore u valjke i povećaju im se visina. Obloženi su perforiranom folijom koja ne dozvoljava širenje prečnika valjka ali dozvoljava ispuštanje viška vlage. Odlično drže vlagu, jer sistemom kapilarnosti iz posude u kojoj se nalaze (npr. poslužavnik), a u koju je sipana voda ili hidroponski rastvor, povlače vlagu i tako seme potpomažu u klijanju. Kada je presađivanje u hidroponski sistem u pitanju, mogu se koristiti u raznim sistemima, ali je postojala bojazan da bi vlati kokosove vune mogle da dovedu do zapušavanja pumpe za recirkulaciju.

Seme može da se isključa čak i u običnoj, jednokratnoj, providnoj

plastičnoj posudi, u koju se stavi ubrus ili toalet papir i popraska vodom sobne temperature (nije potrebna hidroponska tečnost jer seme sadrži sve potrebno za klijanje). Na tako pripremljenu podlogu, rasporedi se seme, pokrije drugim slojem ubrusa ili papira i opet popraska vodom. Zatvorena kutija se ostavi na toplom, uz redovno održavanje vlažnosti semena. Da ne bi došlo do preplitanja klica, seme bi trebalo da bude raspoređeno na dovoljnoj, međusobnoj, udaljenosti. Ono što ovu metodu razlikuje od ostalih je što bi seme trebalo presaditi u odgovarajući supstrat, čim se pojave kotiledoni, jer u suprotnom biljka neće biti u mogućnosti da raste između slojeva papira.

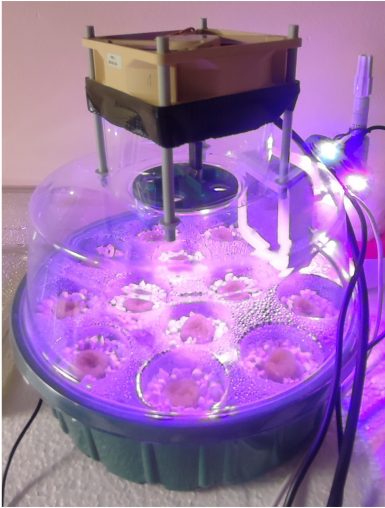
Dezinfekcija semena, zbog patogena, je nešto što svakako ne bi trebalo izostaviti. Postoje razne preporuke: potapanje u ohlađeni čaj kamilice na 12 sati ili 3% rastvor hidrogena na 30-ak minuta, posle čega se ispere čistom vodom. U našem slučaju, korišćen je metod sa vodonikom, koji se pokazao efikasnim, jer nije bilo nikakvih problema sa klijanjem i sadnicama. Uspešnost klijanja je bila oko 95% i skoro sve sadnice (oko 50-ak njih) su bile zdrave i spremne za presađivanje. Ovaj broj sadnica, koji se, u prvi mah, čini nepotrebnim za tako mali hidroponski sistem je proizveden kako bi ih bilo dovoljno za sadnju u hidroponskom sistemu, sadnju u drugim sistemima i za rezervu, u slučaju da bude potrebe da se ciklusi ponavljaju.

Za uspešnost procesa proizvodnje rasada, važno je znati optimalne i granične temperature klijanja pojedinih odnosno gajenih biljnih vrsta. U ovom slučaju, ti okviri su bili 25-35°C, optimalno 27°C.

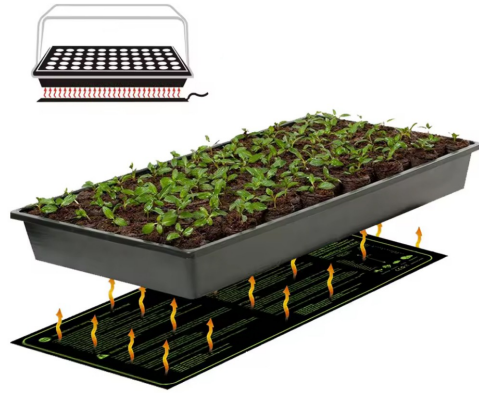
Različite biljne vrste imaju i druge specifične zahteve (zelena salata bolje klija u prisustvu sunčeve svetlosti), što je, takođe, dobro znati i, prema njima, odabrati najpodesniji način naklijavanja semena i pripreme rasada. Većina ovih zahteva i optimalnih uslova za ceo vegetacioni proces biljaka (temperatura, razmak sadnje, vremenski period od presađivanja do plodonošenja,...), su navedeni na ambalaži semena koje se dobija od distributera, ali su saznanja iz neposredne prakse od posebnog značaja.

Prvo klijaliste, u našem slučaju, je bilo postavljeno na podlogu za grejanje i bilo je modifikovano da samostalno održava RH & T pomoću smart uređaja (termometar/vlagomer) koji je, preko ventilatora na vrhu klijalista, kontrolisao RH & T, zbog čega je LED osvetljenje sa poklopca klijalista moralo da bude izmešteno. Praktično, pored inicijalnog podešavanja sistema, bilo je potrebno samo povremeno nadgledati klijaliste i dodavati vodu u fazi klijanja, a kasnije hidroponsku (nutritivnu) tečnost, koja se, to bi trebalo naglasiti, razlikuje po sastavu od tečnosti za kasnije faze rasta biljaka. Slika 29 prikazuje inicijalno, malo, modifikovano klijaliste.

Sledeće klijaliste, u ovom „projektu“, je bilo veće, sa većom podlogom za grejanje i mnogo komfornije za korišćenje (Slika 30).



Slika 29.
Klijalište 1
(Samostalni izvor)



Slika 30.
Klijalište 2 sa podlogom za dogrevanje
(Izvor: <https://www.aliexpress.com>)

Hidroponska tečnost za sadnice, ali i kasnije za rast, cvetanje i plodonošenje, se može napraviti na razne načine. Postoje tečna, koncentrisana đubriva koja se u različitom međusobnom odnosu mešaju sa vodom, u zavisnosti od faze razvoja u kojoj se nalaze biljke. Neka đubriva su dvokomponentna, neka trokomponentna. U ovom slučaju, korišćeno je dvokomponentno, u fazi rasada, a trokomponentno, posle presađivanja u hidroponski sistem. Postoje i čvrsta đubriva, od kojih se, takođe, mogu praviti hidroponske tečnosti, ali ona nisu dostupna kod nas. Sastav tečnih đubriva, „posebno namenjenih“ hidroponskom gajenju biljaka, je 90-95% vode, a ostalo su minerali i elementi koji se nalaze i u pojedinim čvrstim đubrivima. Ovi preparati su i veoma skupi, tako da se to što čvrsta đubriva nisu dostupna, te je samostalno pravljenje rastvora otežano, u organizacionom smislu, odražava, dodatno, i na cenu celog postupka i njegovu ekonomsku održivost.

Za nesmetani tok procesa gajenja biljkaka u hidroponskom sistemu i pravovremeno presađivanje sadnica, što podrazumeva i pripremu prostora, opreme i alata, vežno je poznavati dinamiku razvoja svake biljne vrste, posebno i tome prilagoditi plan izvođenja potrebnih radnji i postupaka.

Kada je hidroponska tečnost u pitanju, svaka kultura je specifična u svojim zahtevima za optimalni rast i razvoj, po pitanju pH vrednosti, električne provodljivosti (EC) odnosno zasićenosti nutrijentima (PPM). Za svaku kulturu, uslovi i zahtevi se menjaju od faze do faze, što, takođe, zahteva dobru informisanost i znanja o svim specifičnostima vrste. Primer iz sledeće tabele može da posluži kao ilustracija:

	Paradajz		Paprika		Zelena salata
	rast	cvet/plod	rast	cvet/plod	rast
pH	5,5 – 6,3		6 - 6,5		5,5 - 6,5
Ec	2.000	5.000	2.000	2.500	800 – 1.200
PPM	1.400	3.500	1.400	1.750	560-840

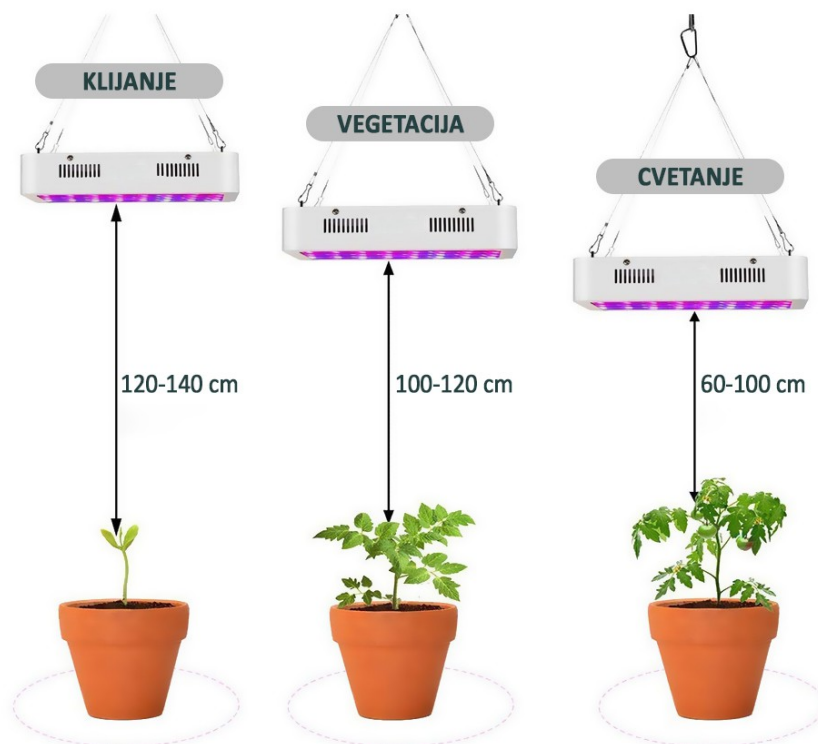
6.2.2. Praćenje razvoja rasada

Automatizacijom klijališta smanjuje se potreba za nadzorom. Ono o čemu bi trebalo periodično voditi računa je da supstrat u kom se razvijaju sadnice ne ostane bez hidroponske tečnosti, tj. da se ne osuši, kao i da bude dovoljno svetlosti u dovoljno dugom periodu (npr. 16h-8h).

Ovlaživanje supstrata se može automatizovati smart meračima vlage, ali za manje sisteme to prosto nije neophodno. Dovoljno je jednom u dan ili dva proveriti vlažnost i reagovati prema potrebi. Kamena vuna je pogodna čak i za vizualno određivanje potrebe za dodavanjem tečnosti, jer menja nijansu boje u zavisnosti od vlažnosti iz tamne (vlažno) u svetlu (suvo). Trebalo bi imati na umu da pojačana ventilacija klijališta zbog, recimo, povišene temperature dovodi do smanjenja vlažnosti vazduha u klijalištu, što za direktnu posledicu ima brže sušenje supstrata.

Drugi bitan faktor je tip i količina svetla u klijalištu. Najjeftinije i najpraktičnije za upotrebu u manjim sistemima je LED svetlo. Za veće sisteme, LED svetlo nije dobar izbor, jer je njegov domet ograničen i manji od drugih tipova svetla kao što su Fluorescentno ili HID (High Intensity Discharge) svetlo. Talasna dužina najpogodnijeg svetla za klijanje, vegetativni rast i cvetanje se razlikuje. Za klijanje je najpogodnije crveno svetlo (talasna dužina 620-750nm), za rast i razvoj sadnica plavo svetlo (talasna dužina 420-450nm), a za rast biljke i pospešivanje fotosinteze, opet, crveno (talasna dužina 620-750nm). Najpraktičnije kod LED svetla je to što postoje i LED paneli sa punim spektrom, koji su korišćeni u našem slučaju, tako da nema potrebe za previše analiziranja i eksperimentisanja. Mogu se koristiti u svim fazama rasta i razvoja, bez opasnosti od grešaka.

Ono što je kod rasada bitno je da se klijalište okruži reflektujućom folijom (Slika 21), kako bi se obezbedilo što manje senke, a što više svetla svim delovima sadnice, kao i da se LED panel drži na odgovarajućem rastojanju od rasada (Slika 31), strogo vodeći računa da se rasad pri svom rastu ne približi previše panelu, jer će doći do opekotina na biljkama. Ovo isto važi i za rast biljaka u hidroponskom sistemu. Napomena: U zavisnosti od jačine LED panela, rastojanje treba prilagoditi u skladu sa preporukama proizvođača.



Slika 31.
Rastojanje LED svetla u zavisnosti od faze rasta biljke
(Izvor: <https://www.aliexpress.com>)

6.2.3. Postupak presađivanja

Postupak presađivanja u našem slučaju je, zapravo, bio vrlo jednostavan. Supstrat sa sadnicom se izvuče iz plastične podloge klijalista, (Slika 32) postavi se u sredinu mrežaste hidroponske saksije (Slika 33), oko sadnice se pospu ekspanzirane glinene kuglice (Slika 34), kao fizička potpora sadnici kako bi ista stajala uspravno, saksija se spusti u otvor na poklopcu hidroponske posude tako da se koren sadnice uroni u hidroponsku tečnost, pri čemu se vidi računa da nivo hidroponske tečnosti bude dovoljno visok kako bi donji deo korena bio potopljen, a gornji iznad nivoa tečnosti, kako bi mogao da apsorbuje kiseonik. Proces presađivanja bi time bio okončan.



Slika 32.
Sadnica u supstratu
(Izvor:
<https://www.aliexpress.com>)



Slika 33.

Hidroponska saksija
(Izvor:
<https://www.aliexpress.com>)



Slika 34.

Ekspandirane glinene
kuglice
(Izvor:
<https://www.dendrolog.rs/glinene-kuglice-10l/>)

6.3. Izabrani hidroponski sistem

Kao što je već navedeno, odabir za ovaj projekat je pao na DWC sistem ili sistem “duboke vode” (Deep water culture) sa dodatkom recirkulacije hidroponske tečnosti. Razlog je bio što se, pri istraživanju na internetu došlo do zaključka da je to sistem koji će obezbediti najbolje uslove za rast biljaka. Naime, jedan od ozbiljnih problema kod hidroponskih sistema je taloženje nutrijenata na dno hidroponskih posuda. To znači da se smanjuje PPM i da se često moraju dodavati, ionako skupi nutrijenti, te se pošlo od toga da će recirkulacioni sistem biti najučinkovitiji po tom pitanju. Osim toga, pH vrednost tečnosti se vremenom menja jer biljke apsorbuju nutrijente, koji takođe utiču na pH vrednost tečnosti. Ako se tome doda i taloženje nutrijenata, stalna promena pH vrednosti bi bila ozbiljan problem. pH vrednost je važan uslov, iz više razloga. Ukoliko pH vrednost postane više bazna ili više kisela, koren neće apsorbovati jedne ili druge nutrijente ili mikro elemente, što znači da će opasnost od usporenog rasta ili oboljevanje biljke biti povećana. Recirkulacija tečnosti smanjuje tu opasnost, a osim stalnog nadzora pH vrednosti, za veće sisteme, tj. veće rezervoare hidroponske tečnosti, preporučuje se ugradnja unutrašnje pumpe koja bi konstantno izbacivala tečnost na površinu rezervoara i time smanjila taloženje. Ono što je primećeno je da se i u ovom samostalnom rezervoaru, koji nije bio vezan na sistem, već je služio za čuvanje pripremljene hidroponske tečnosti sa nutrijentim, pH vrednost menjala iz dana u dan. Razlog

je bilo taloženje nutrijenata, a rešenje za tu situaciju je bilo dobro promešati hidroponsku tečnost, izmeriti joj pH i korigovati, ukoliko je to potrebno, pre dodavanja u sistem.

S obzirom da su hidroponske posude bile kapaciteta od oko 8 litara, sam hidroponski rezervoar vezan na sistem je bio iste veličine. Biljke, kako odmiče njihov rast, koriste tečnost u sve većim količinama, tako da je veliki, odvojeni hidroponski rezervoar za pripremu i čuvanje hidroponske tečnosti (pomenuto bure od 40 litara) bio od izuzetne koristi.



Slika 35.
Opisani hidroponski sistem
(Sopstveni izvor)

Video opisanog hidroponskog sistema pre presađivanja:
<https://youtu.be/mEoO7mScGj8>

6.3.1. Dezinfekcija hidroponskog sistema

Dezinfekciju sistema pre punjenja hidroponskom tečnošću je obavezna mera, jer se ne zna da li je na posudama ostao neki patogen od prethodnog korišćenja ili je, ukoliko je sistem nov, u toku same izrade dospelo među delove sistema. Najjednostavniji način za preventivnu dezinfekciju je mešavina 3%-nog rastvora hidrogen peroksida i destilisane vode, u odnosu 1:1. Uz pomoć prskalice treba tretirati (isprskati) sve površine sistema koji dolaze u kontakt sa hidroponskom tečnošću.

Kada je u pitanju dezinfekcija po završetku korišćenja sistema, ili pri promeni kultura u toku iste sezone, mehaničko čišćenje i detaljna dezinfekcija su obavezni. Svi delovi sistema se moraju mehanički očistiti, oribati i dezinfikovati 3%-nim rastvorom hidrogen peroksidom bez daljeg razblaživanja. U našem slučaju, zbog promene kultura, jedina opcija je bila delimično mehaničko čišćenje i punjenje sistema rastvorom hidrogena, 24h cirkulacije u sistemu, pražnjenje sistema i ispiranje destilisanom vodom u nekoliko navrata. Ekonomičnija varijanta, posebno za veće sisteme, je razblaživanje tržišnog pakovanja 35%-nog rastvora hidrogena destilovanom vodom, do potrebne koncentracije, nego nabavka već razblaženih 3%-nih litarskih pakovanja.

7. PODEŠAVANJE HIDROPONSKOG SISTEMA

Podešavanje i održavanje parametara hidroponskog sistema je od najveće važnosti za uspešno funkcionisanje samog sistema i rast i razvoj biljaka u sistemu. Najbitniji parametri, kao što je delimično u uvodu pomenuto, bi bili: pH vrednost tečnosti, njena električna provodljivost (EC), koncentracija minerala i hranljivih elemenata (PPM), temperatura tečnosti i vazduha (T), Vlažnost vazduha (RH), količina svetlosti po m² (lx – luks).

7.1. pH vrednost hidroponske tečnosti

Reakcija sistema, izražena u pH vrednosti je mera kiselosti, u ovom slučaju hidroponske tečnosti. Veoma je bitno da se postigne optimalna pH vrednost tečnosti za određenu gajenu kulturu, kako bi koren imao idealne uslove za apsorbovanje hranljivih materija iz tečnosti. Povećana ili smanjena kiselost, u odnosu na optimalnu, smanjuje mogućnost apsorpcije nutrijenata. Poznato je da nemaju sve biljke iste zahteve po pitanju kiselosti zemljišta, u našem slučaju tečnosti, te bi se, pre početka gajenja, trebalo obavestiti o potrebama kulture koja se planira za gajenje. Održavanje idealne pH vrednosti se postiže čestom (svakodnevnom) proverom i korigovanjem podizačima ili reduktorima kiselosti tečnosti - rastvorenim kiselinama ili bazama, kao što su rastvor azotne ili fosforne kiseline ili kalijum hidroksida. U specijalizovanim radnjama se mogu nabaviti ovi rastvori (pH korektori) u različitim opsezima

procenta rastvorenosti (20%, 38%, 43%...), ali svakako bi trebalo napomenuti da njima treba vrlo pažljivo rukovati, preporučljivo u gumenim rukavicama, jer u dodiru sa kožom stvaraju oštećenja tkiva. Dok se ne stekne rutina i ideja o potrebnim količinama pH korektora za određene korekcije sistema, dodavanje samog korektora bi trebalo raditi u vrlo malim dozama, tj. smanjenom procentu (npr. par ml korektora rastvorenog u 100-200ml vode), jer se vrlo lako može preterati u korekciji (drastično povećati ili smanjiti pH vrednost tečnosti), što bi izazvalo šok kod biljaka.

Tip pH korektora zavisi i od faze u kojoj se biljka nalazi, o čemu bi se, takođe, trebalo obavestiti.

- Merenje pH vrednosti tečnosti se može obavljati:
 - lakmus papirom (vrlo neprecizno i nepreporučljivo),
 - digitalnim ručnim meračima čija preciznost ume da varira (Slika 36). Kvalitetniji, a to, najčešće znači skuplji, digitalni merači, se ređe kalibrišu, dok se jeftiniji uređaji moraju kalibrisati minimalno jednom nedeljno, a poželjno je i češće.
 - digitalnim smart meračima koji poseduju elektrode za više istovremenih merenja (pH, EC, PPM, T), koji pomoću Android aplikacije šalju merene vrednosti i notifikacije, u slučaju da neka od merenih vrednosti izađe iz zadatih okvira. Kvalitet takođe zavisi od uloženi sredstava
 - digitalnim samostalnim mernim sistemima, koji poseduju dozere pH korektora i sami koriguju pH vrednost kada je to potrebno
 - digitalnim mernim sistemima, koji mogu biti vezani na mikrokontrolere ili PC računare
- Baždarenje pH merača se radi pomoću testera - pH buffer-a (Slika 37). U pitanju je prah koji rastvoren u destilisanjoj vodi, u tačno određenom odnosu, dostiže preciznu vrednost pH tester tečnosti. Ručni merač ili sonda smart merača se potopi u rastvor i na uređaju podese referentna vrednost (npr. pH 4,01 ili pH 6,86 ili pH 9,18), u odnosu na koju se baždari uređaj. Važno je da tečnost, pri baždarenju, ima temperaturu koja je u specifikaciji buffer-a, kako pH vrednost tester tečnosti ne bi odsupala od deklarisanane. Pojedini uređaji imaju jednu, dve ili 3 tačke baždarenja. Preporuka, na bazi iskustva iz ovog slučaja, su uređaji sa tri tačke, mada su za kulture koje zahtevaju pH vrednost od 5,5 do 6 dovoljni i uređaji koji se baždare na dve tačke (pH 4,01 i pH 6.86).

U našem opisanom slučaju, na sistem je bio povezan kombinovani digitalni smart merač (pH, EC, PPM, T), koji je pomoću Android aplikacije bio povezan sa smart dozerom pH- (minus) korektora (Slika 38). Vremenom je utvrđeno da se u sistemu vrlo retko pH vrednost spušta, dok u 95% slučajeva raste preko željene vrednosti, te je korišćen samo jedan dozer sa pH spuštačem.

Smart dozere je moguće nabaviti i sa više dozni, tako da je moguće raditi smart ili samostalnu pH korekciju, kao i dodavanje nutrijenata, preko Android aplikacije. Ono što je nedostatak ovakvih samostalnih sistema korekcije je to što nisu u mogućnosti da promešaju hidroponsku tečnost i time ujednače pH vrednost u celom rezervoaru, jer su neki od korektora teži od vode te imaju tendenciju sleganja, posebno ako nije u pitanju recirkulacioni sistem. Za takvo mešanje se mogu iskoristiti mini potapajuće pumpe za akvarijume, kojih ima više vrsta, a što može biti opisano u sledećoj publikacij.



Slika 36.
Ručni merač pH, T,
EC
(Izvor: <https://www.aliexpress.com>)



Slika 37.
Tester - pH buffer-i
(Izvor: <https://www.aliexpress.com>)



Slika 38.
Digitalni smart merač (pH, EC, PPM, T),
(Izvor: <https://www.aliexpress.com>)

7.2. Električna provodljivost

Električna provodljivost (EC) hidroponske tečnosti je mera količine rastvorenih čvrstih materija u vodi, što pokazuje koncentraciju hranljivih materija i zasićenosti vodenog rastvora đubrivima i ostalim nutrijentima. Viša ili niža EC direktno ukazuje na višu ili nižu koncentraciju čvrstih materija. Svakodnevna provera EC vrednosti je od najvišeg značaja za pravilno hidroponsko gajenje. Merenje se može, kao i kod pH vrednosti obaviti:

- digitalnim ručnim meračima, koji su uglavnom kombinovani sa pH meračima i meračima temperature
- digitalnim smart meračima koje smo pomenuli u paragrafu o pH meračima – kombinovani pH, EC, PPM, T merači, koji pomoću aplikacije šalju merene vrednosti i notifikacije u slučaju da neka od merenih vrednosti izađe iz zadatih okvira.
- digitalnim mernim sistemima, koji mogu biti vezani na mikrokontrolere ili PC računare

Ovi uređaji se takođe, kao i pH merači, moraju baždariti povremeno. Za to postoje tečnosti, standardne solucije, koje imaju tačno određenu električnu provodljivost, na određenoj temperaturi (Slika 39). U zavisnosti od tipa aparata za merenje postoje referentne solucije sa različitim vrednostima, kao na primer 1.413mS/cm ili 12.88mS/cm, itd. Jedinica mere električne provodljivosti je mili Simens po centimetru – mS/cm. Koristi se takođe i mikro Simens po centimetru (μ S/cm).

Kao što je navedeno u ovom sistemu je korišćen kombinovani pH, EC, PPM, T smart merač.



Slika 39.
Solucija za
baždarenje EC
(Izvor:

7.3. Koncentracija nutrijenata

<https://www.aliexpress.com>)

Koncentracija nutrijenata u tečnosti (PPM - Parts Per Million). Mera za TDS – (Total Dissolved Solids) – koncentraciju nutrijenata u tečnosti, je PPM, što ih čini istim. Merenje se vrši pomoću TDS merača koji, zapravo, meri EC, pa se preko formule izračunava visina PPM, u zavisnosti od izmerene vrednosti EC i prikazuje na displeju uređaja. Korišćenje jedinice za EC ili PPM zavisi od delova sveta, kao što se negde koriste metričke, a negde imperijalne jedinice.

U zavisnosti od faze u kojoj se nalazi biljka, u hidroponskoj tečnosti mora da postoji idealna koncentracija nutrijenata. Ta koncentracija je nešto manja dok su biljke u fazi sadnice, pa se, kako biljka raste, razvija se i dolazi u fazu cvetanja i na kraju plodonošenja, koncentracija nutrijenta povećava u tačno

određenoj srazmeri, prema specifikaciji proizvođača nutrijenata (Slika 40).

	GROW	MICRO	BLOOM
DIRECTIONS	mL/100L	mL/100L	mL/100L
Cuttings & Seedlings	33	33	33
General Purpose-Mild	132	132	132
Vegetative Stage	396	264	132
Transition to Bloom	264	264	264
Blooming & Ripening	132	264	396

Slika 40.

Odnos komponenata nutrijenata u tavisnosti od faze razvoja biljke
(Izvor: <https://www.420magazine.com/community/gallery/advanced-nutrients-jungle-juice-mixing-instructions.321109/>)

7.4. Temperatura sistema

Temperatura vazduha (T) u hidroponskom ormaru zavisi od kulture koja se gaji. Evo opisa dva jednostavna primera:

- Zelena salata, koja se na ovim prostorima gaji, najbolje uspeva na temperaturama vazduha od 15-21°C danju i 13°C noću, dok se na temperaturama preko 25°C rast potpuno zaustavlja.
- Paradajzu najviše odgovara 21-27°C u dnevnim uslovima i 16-18°C u noćnim.

Temperatura vazduha je u našem slučaju održavana provetravanjem, jer nije bilo potrebe za dogrevanjem već uglavnom za rashlađivanjem hidroponskog ormara. Mogući načini dogrevanja su već opisani u poglavlju 6.1.3.

Visoke temperature hidroponske tečnosti mogu uzrokovati slabije apsorbovanje nutrijenata i truljenje samog korena biljke.

Pošto je u našem sistemu bilo potrebno povremeno spuštati temperaturu tečnosti, u hidroponski rezervoar je uronjen hladnjak za vodeno hlađenje, sličan onom koji se koristi u PC računarima. Sa spoljne strane rezervoara je postojao još jedan hladnjak koji je plastičnim crevima bio povezan sa prvim hladnjakom u zatvoreni sistem, čija se rashladna tečnost nije mešala sa hidroponskom tečnošću. Ventilator na spoljašnjem hladnjaku je, protokom vazduha, rashlađivao rashladnu tečnost rashladnog sistema i tako obezbeđivao da se T unutrašnjeg hladnjaka spusti kako bi rashladila hidroponsku tečnost.

Informacije o temperaturama hidroponske tečnosti se razlikuju od autora do autora, te je temperaturu tečnosti u ovom sistemu održavana u granicama od 20-24°C.

7.5. Vlažnost vazduha

Vlažnost vazduha (RH) u hidroponskom prostoru zavisi od faze rasta u kojoj se biljka nalazi. Za klijanje i neposredni razvoj sadnica, pre presađivanja, potrebno je da vlažnost bude visoka, u slučaju paradajza, u našem projektu, 80-90%. Kada se biljke presade, vlažnost bi trebalo održavati na nivou 60-85% danju i 65-75% noću, u vreme polinacije 70%. U principu, održavanje vlažnosti na oko 70% posle presađivanja je sasvim u redu za paradajz.

Neposredno po presađivanju, u našem sistemu došlo je do problema niske vlažnosti. Problem je rešen sa dve posude od po 4l vode u koju su bili uronjeni raspršivači za akvarijumsku oksigenizaciju, vezani na pumpu za vazduh – mini kompresor. To je bilo dovoljno da podigne vlažnost na željeni nivo. Drugi način bi bio iskoristiti ovlaživač prostorija, za čim, s obzirom da je testni sistem funkcionisao dobro, nije bilo potrebe. Smart RH merč je po potrebi uključivao i isključivao kompresor, i time regulisao vlažnost vazduha u hidroponskom ormaru.

Kako su biljke rasle i povećavala im se lisna masa, tako je i vlažnost u ormaru rasla. Najpre, nije bilo potrebe za daljim korišćenjem improvizovanih ovlaživača, a onda se javila potreba da se u ormar unese odvlaživač – sušač vazduha (Poglavlje 6.1.3. - Slika 22.). Uređaj je imao sistem za kondenzovanje vlage u sebi, koji je pomoću plastičnog creva izbacivao kondenzovanu tečnost van ormara. Sve je radilo automatski, prema zadatim parametrima koji se podešavaju preko digitalnog displeja. S obzirom da uređaj nije bio smart, nadzor, tj. uključivanje/isključivanje, je vršen pomoću smart RH merača, te je posle početnog podešavanja sistem održavanja RH funkcionisao sasvim zadovoljavajuće.

7.6. Količina osvetljenja

Osvetljenje hidroponskog prostora je posebno bitno i za većinu kultura je najbolji odnos 18 sati dnevnog, LED ili kombinovanog svetla, ukoliko nema dovoljno sati sunčeve svetlosti, i 6 sati mraka. Pojedini autori su, baveći se optimalnim uslovima u hidroponskim sistemima, testirali različite odnose svetla i tame pri korišćenju veštačkog LED osvetljenja punog spektra. U različitim prostorijama su, na identičnim kulturama, u identičnim uslovima, isprobavani različiti odnosi trajanja izlaganja svetlu. Eksperiment se kretao od odnosa 12-12 (12 sati “dana” - 12 sati “noći”), preko 14-10, sve do 24-0, pri čemu je utvrđeno da biljke najbolje napreduju pri odnosu 18 sati svetla i 6 sati tame. Kao što je navedeno u poglavlju 6.1.3, dva LED panela punog svetlosnog spektra su bila sasvim dovoljna za ormar, koji je bio u funkciji sistema odnosno odgajališta biljaka. U početku je korišćen jedan LED panel, jer je specifikacija proizvođača jasno govorila da je dovoljan za te dimenzije prostora, ali se u praksi to nije tako pokazalo. Ukoliko nema dovoljno odgovarajućeg svetla, biljke rastu

veoma brzo, u pokušaju da svetlo “pokupe” u što većem obimu, ali im, u tom ubrzanom rastu, stabljike postaju jako tanke i slabe. Uz dodavanje još jednog panela i presađivanjem novih sadnica, rezultati su bili mnogo bolji: rast biljaka je bio ujednačen, formirala se odgovarajuća količina lisne mase, a stabljike biljaka su bile stabilnije i čvršće, sa dovoljno mehaničkih elemenata, bez opasnosti od poleganja i propadanja.

Smart switch sa tajmerom, koji je bio vezan na Android aplikaciju, obezbeđivao je pravovremeno uključivanje i isključivanje LED panela prema gorepomenutom rasporedu 18-6.

8. POLINACIJA I PLODONOŠENJE

Sam projekat je bio jako zanimljiv za izvođenje, zahtevao je mnogo rada učenja i prilagođavanja u hodu, ali se sve to zaboravlja kada pristignu prvi plodovi. Pre plodova, naravno, potrebno je da sistem funkcioniše što bolje i da se prođe kroz fazu polinacije. Kao i u svim zatvorenim prostorima, polinacija se, bez insekata iz prirode, mora obaviti ili ručno, u manjim sistemima kao što je bio naš, ili uz pomoć posebno uzgajanih bumbara. U ovoj fazi treba povesti računa o vlažnosti vazduha jer se povišen RH može negativno odraziti na uspešnost polinacije. U našem slučaju, polinacija je obavljena finom četkicom i uspešnost je bila jako dobra. Plodovi su brzo napredovali i bili zdravi (Slika 41).

Posebno treba naglasiti da se u fazi plodonošenja mora obratiti pažnja na sastav hidroponske tečnosti i prilagođavanje odnosa nutrijenata potrebama biljaka, u skladu sa preporukama proizvođača nutrijentne tečnosti. U ovoj fazi biljke troše dosta hidroponske tečnosti, te je stalna provera nivoa tečnosti u sistemu, ili automatizacija dopune, od ključnog značaja.



Slika 41.
Plodovi paradajza
(Samostalni izvor)

9. ZAKLJUČAK

Hidroponija predstavlja savremenu, tehnološki naprednu i ekološki održivu metodu gajenja biljaka, koja postaje sve značajniji segment globalne poljoprivrede. Njena suština ogleda se u gajenju biljaka bez upotrebe zemljišta, u hranljivom rastvoru, što omogućava potpunu kontrolu ishrane, brži rast, veće prinose i proizvodnju tokom cele godine. Razvoj hidroponije ima dugu tradiciju – od prvih oblika poplavne poljoprivrede u starom Egiptu i astečkih plutajućih vrtova, preko naučnih istraživanja XVII i XIX veka, do današnjih automatizovanih i digitalno upravljanih sistema koji objedinjuju senzore, LED osvetljenje, recirkulaciju hraniva i precizno praćenje svih parametara rasta.

Savremena hidroponija postala je sinonim za inovativnu i „zelenu“ poljoprivredu. Njene prednosti su višestruke: racionalno korišćenje resursa, naročito vode, mogućnost proizvodnje na neplodnim ili urbanim površinama, smanjena upotreba pesticida i stabilan kvalitet proizvoda. U ekonomsko–organizacijskom smislu, hidroponija omogućava visoku produktivnost po jedinici površine, planiranu proizvodnju i brži povraćaj investicije, ali zahteva početna ulaganja, stručno znanje i stalni nadzor nad parametrima sistema.

U svetu, posebno u Holandiji, Japanu, Izraelu i SAD, hidroponija je postala deo visokotehnološke i komercijalne proizvodnje, dok su u regionu prisutni prvi ozbiljni pokušaji razvoja - od urbanih vertikalnih farmi do manjih pilot–projekata. U Srbiji, hidroponska proizvodnja je još u začetku, ali postoje pozitivni primeri i rastuće interesovanje proizvođača i institucija.

Perspektiva daljeg razvoja hidroponije u Srbiji i regionu vezana je za povećanje dostupnosti znanja, institucionalnu podršku, pristup investicijama i povezivanje sa savremenim konceptima pametne i regenerativne poljoprivrede. Hidroponija, kao spoj nauke, tehnologije i održivog razvoja, predstavlja realan pravac unapređenja domaće poljoprivredne proizvodnje i odgovor na izazove budućnosti - obezbeđenje hrane, očuvanje resursa i prilagođavanje klimatskim promenama.

10. REFERENCE

- https://sr.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D1%81%D0%B5%D1%9B%D0%B8_%D0%B2%D1%80%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B8%D0%B7_%D0%92%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%B0
- https://www.shutterstock.com/search/chinampa?dd_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F
- https://en.wikipedia.org/wiki/Globally_Important_Agricultural_Heritage_Systems
- https://www.mozaweb.com/sr_LA/Extra-3D_modeli-Zemljoradnja_u_dolini_reke_Nil-45089
- <https://sites.google.com/site/stariegipat/poljorivreda>
- <https://www.bbc.co.uk/bitesize/topics/zsnc87h/watch/zpqb4wx>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/John_Woodward_\(naturalist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/John_Woodward_(naturalist))
- <https://sr.wikipedia.org/sr-el/%D0%A5%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%98%D0%B0>
- https://www.researchgate.net/publication/358637200_Automation_of_a_hydroponic_system
- <https://energetskiportal.rs/sta-je-aeroponika-i-kako-bi-poljoprivredu-mogla-uciniti-poptuno-odrzivom/>
- <https://julienflorkin.com/bs/posao/odr%C5%BEiv/biljke-koje-se-uzgajaju-bez-sa%C4%91enja-u-zemlju/>
- <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/hydroponics-market>
- <https://straitresearch.com/report/hydroponics-market>
- <https://www.gulfoodai.com/news-insights/worlds-largest-vertical-farm-opens-dubai>
- <https://www.plenty.ag/plenty-opens-worlds-first-farm-to-grow-indoor-vertically-farmed-berries-at-scale/>
- https://en.wikipedia.org/wiki/HydroSerre_Mirabel
- <https://www.sundropfarms.com/>
- <https://www.mapei.com/it/en/realta-mapei/detail/the-largest-hydroponics-farm-in-europe>
- <https://www.aagp.eu/en/jak-se-pestuje-aquaponie-v-cr-a-na-slovensku/a-489/#:~:text=Future%20Farming%20in%20flight,South%20Bohemia%20in%20%C4%8Cesk%C3%A9%20Bud%C4%9Bjovice.>
- <https://emeaentrepreneur.com/infarm-revolutionizing-agriculture-with-vertical-farming/>
- <https://www.jonesfoodcompany.co.uk/>
- <https://www.cultureindoor.com/en/content/138-agricool-urban-container-in-paris>
- <https://plantlab.com/>
- <https://www.weforum.org/stories/2021/04/underground-vegetable-garden->

[sustainable-farming/](#)

<https://www.edengreen.com/blog-collection/17-biggest-companies-in-vertical-farming>

<https://www.agronews.rs/hidroponija-u-srbiji-potencijalna-revolucija-u-biljnoj-proizvodnji/>

https://www.hydrofarmvet.eu/wpcontent/uploads/2023/12/HydroFarmVET_Best_Practices_Report_R.2.1_Englishex.summary_FINAL.pdf

<https://citygreens.eu/technology/>

<https://ensun.io/search/hydroponic/greece?utm>

<https://www.urbanvine.co/blog/microgreens-romania>

<https://www.globalseed.info/o-nama.php>

<https://urbangreens.rs/#o-nama>

Cirkularna ekonomija kao model razvoja koji formira novi identitet Republike Srbije - EDUCIRC2022, broj projekta 303 (2023.-2025.) Fond za nauku Republike Srbije (<https://www.educirc.rs/>)

Barbosa GL, Gadelha FD, Kublik N, Proctor A, Reichelm L, Weissinger E, Wohlleb GM, Halden RU. Comparison of Land, Water, and Energy Requirements of Lettuce Grown Using Hydroponic vs. Conventional Agricultural Methods. *Int J Environ Res Public Health*. 2015 Jun 16;12(6):6879-91. doi: 10.3390/ijerph120606879. PMID: 26086708; PMCID: PMC4483736.

Chowdhury M, Samarakoon UC, Altland JE. Evaluation of hydroponic systems for organic lettuce production in controlled environment. *Front Plant Sci*. 2024 Aug 6;15:1401089. doi: 10.3389/fpls.2024.1401089. PMID: 39166254; PMCID: PMC11333259.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Hydroponics#Techniques>

<https://plantscraze.com/light-for-house-plants/>

<https://sensorex.com/hydroponic-systems-explained/>

<https://www.youtube.com/watch?v=o0dDcA-PUMI>

<https://www.youtube.com/watch?v=8WfRmFp6vk8>

<https://www.youtube.com/watch?v=nXy32Dr4Z4A>

<https://www.youtube.com/watch?v=ZYsmHbmrVP4>

<https://www.youtube.com/watch?v=EaH9C32Pz3s>

<https://www.youtube.com/watch?v=OYI02urvcDY>

<https://www.youtube.com/watch?v=Ue3miUH87m4&t=1s>

<https://www.youtube.com/watch?v=mcEfoD9NPw4>

https://www.youtube.com/watch?v=kVnPJx_RMRY

<https://www.youtube.com/watch?v=gGsveXy4BmQ&t=2s>

<https://www.youtube.com/watch?v=12ToaqGLNY0>

https://www.youtube.com/watch?v=Xu_NAH55VvI

https://www.youtube.com/watch?v=1fw-_yGhJAE

<https://www.gardeningchores.com/hydroponic-tomatoes/>
<https://www.youtube.com/watch?v=dsya6ySIy-Q>
<https://www.youtube.com/watch?v=PJDNbbkXT0>
<https://www.youtube.com/watch?v=KDxppujzyqk>
<https://www.youtube.com/watch?v=g1lCprUWqVE>
<https://www.youtube.com/watch?v=Ws9hDTwYXno>
<https://www.youtube.com/watch?v=OyBO-nPug3M>