

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
PRAKTICKÁ NIZOZEMSKÁ FILOLOGIE



**Hydroponische teelt in Nederland:
Het gebruik en de impact op het klimaat**

Hydroponic Cultivation in the Netherlands: Usage and impact on climate

Hydroponické pěstování v Nizozemsku: Využití a vliv na klima

Autor práce: Daniela Janásová

Vedoucí práce: drs. Bas Hamers

Verklaring:

Hierbij verklaar ik dat ik mijn bachelor scriptie zelfstandig onder begeleiding drs. Bas Hamers heb geschreven en dat ik alle gebruikte literatuur en andere bronnen heb vermeld in de literatuurlijst.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracovala samostatně pod odborným dohledem vedoucího práce drs. Bas Hamers, a že jsem v ní uvedla veškerou použitou literaturu a ostatní zdroje.

V Olomouci dne.....

Daniela Janásová

Dankbetuiging

Op deze plaats wil ik graag de begeleider van mijn scriptie drs. Bas Hamers bedanken voor zijn waardevolle adviezen, geduld en opmerkingen bij het maken van mijn bachelor scriptie. Verder wil ik mijn familie bedanken voor hun geduld en morele steun.

Inhoud

1. Wat is hydroponische teelt?	8
2.1 Soorten van hydroponische technieken	10
2.1.1 Druppelirrigatie	10
2.1.3 Nutrient filmtechniek (NFT)	11
2.1.4 Eb en Vloed	12
2.1.5. Aeroponics of luchtteelt	13
2.1.6. Aquaponics	13
2.2 Verticale systemen	14
2.3 Substraten voor hydroponische systemen	15
2.3.1 Geëxpandeerde kleikorrels	15
2.3.2. Grind	16
2.3.3. Zand	16
2.3.4. Kokosvezels	16
2.3.5. Perliet	17
2.3.6. Vermiculiet	18
2. Geschiedenis van hydroponische teelt	19
3. Technologie van hydroponische teelt in Nederland en de ontwikkeling ervan in de afgelopen decennia	22
3.1 De ontwikkeling van hydrocultuurbedrijven in Nederland	23
4. Gebruik van hydrocultuur in Nederland voor de productie van groenten, fruit en bloemen	25
5. Hoe hydrocultuur bijdraagt aan duurzame landbouw en klimaatbescherming in Nederland	28
6. De voordelen en nadelen van hydroponische teelt in vergelijking met traditionele teelt op grond	30
6.1 Voordelen van hydrocultuur in vergelijking met traditionele landbouw	30
6.2 Nadelen van hydrocultuur ten opzichte van traditionele landbouw	33
7. Hoe beïnvloedt hydroponische teelt in Nederland het water- en energieverbruik en wat wordt er gedaan om dit verbruik te verminderen	34
7.1 Waterverbruik in Nederland voor hydrocultuur en wat is er gedaan om dit te verminderen	34
7.2 Energieverbruik in Nederland voor hydrocultuur en wat is er gedaan om dit te verminderen	36
Samenvatting	38
Conclusie	39
Bibliografie	41
Literatuurlijst	41
Internetbronnen	45
Summary	47

Resumé.....	47
Anotace.....	48

Inleiding

In de wereld van vandaag, waar duurzaamheid en milieueffect van onze activiteiten prioriteit hebben, krijgt hydroponische teelt veel aandacht. Hydroponische landbouw biedt een bodemloze teeltmethode die de opbrengst van gewassen en duurzaamheid kan verhogen. Met de afnemende beschikbaarheid van landbouwgrond en water is hydrocultuur klaar om conventionele landbouwbenaderingen aan te vullen om de globale voedselzekerheid te ondersteunen. Deze manier van planten telen zonder traditionele grond blijkt een innovatieve en effectieve methode te zijn voor voedselproductie, die een grote invloed heeft op de landbouwsector en het milieu. Nederland staat bekend om zijn lange geschiedenis in de landbouw en slimme aanpak van landbouwtechnieken. Daarom wordt er extra focus gelegd op hydroponische teelt. Deze scriptie richt zich op hydroponische teelt in Nederland en onderzoekt het gebruik en de impact ervan op het klimaat. In deze scriptie zal ik verschillende factoren van hydroponische landbouw in Nederland onderzoeken, van definitie en geschiedenis tot technologische innovaties en actuele trends. Ik zal ook aandacht besteden aan het gebruik van hydroponische teelt in Nederland voor de productie van groenten, fruit en bloemen, en hoe deze methode bijdraagt aan duurzame landbouw en klimaatbescherming. Hydroponische teelt in Nederland is niet alleen een alternatief voor conventionele teelt in de grond, maar ook een reactie op de uitdagingen die de landbouw in dit gebied heeft. Landen zoals Nederland, die beperkte ruimte en hoge bevolkingsdichtheid heeft, zoeken innovatieve manieren om de voedselproductie te maximaliseren. Op hydroponische boerderijen kan efficiënt voedsel verbouwen worden op een kleine ruimte. Dit is extra belangrijk in Nederland, waar grond een kostbare hulpbron is. In deze scriptie zal ik me niet alleen richten op de voordelen, maar ook op de beperkingen van hydroponische landbouw in vergelijking met traditionele teelt in de grond. Ik zal ook onderzoeken hoe hydroponische teelt het water- en energieverbruik in Nederland beïnvloedt en op welke manieren mensen proberen deze impact te minimaliseren. Het doel van deze scriptie is een uitgebreid overzicht te bieden van hydroponische landbouw in Nederland en de impact op het klimaat, zowel vanuit positieve als negatieve perspectieven. Ik hoop dat deze scriptie zal bijdragen aan een beter begrip van deze innovatieve teeltmethode en haar potentieel in de context van de huidige milieuproblemen.

Het kiezen van een onderwerp voor mijn bachelor scriptie was geen gemakkelijke taak. Voor mij was de beslissing voor hydrocultuur heel natuurlijk om verschillende redenen. Een van de belangrijkste redenen waarom ik in dit onderwerp geïnteresseerd ben, is mijn fascinatie voor de technologieën en innovaties die verbonden zijn aan hydrocultuursystemen. Ik ben al langere tijd geïnteresseerd in hoe moderne technologieën de landbouw kunnen beïnvloeden en verbeteren, en ik zou mezelf graag in de toekomst aan deze sector willen toewijden.

Hydroponische systemen zijn goed voor planten omdat ze een gecontroleerde groeiomgeving bieden, wat betekent dat ze veel produceren en efficiënt zijn. Het is fascinerend hoe technologieën zoals automatisering, sensoren en monitorsystemen gebruikt worden om optimale groeiomstandigheden te bereiken, ook in extreme omstandigheden. Een andere reden waarom ik dit onderwerp heb gekozen voor mijn bachelor scriptie is de duurzaamheid en milieubescherming die dit systeem biedt. Ik geloof dat duurzame landbouw een sleutelrol speelt voor de toekomst van onze planeet. Hydrocultuursystemen hebben verschillende ecologische voordelen, zoals waterbesparing, vermindering van de behoefte aan pesticiden en herbiciden, en minimalisatie van bodemerrosie. Deze systemen kunnen een cruciale rol spelen bij het voldoen aan de groeiende voedselbehoeften van de wereldbevolking, zonder onmatig gebruik van natuurlijke hulpbronnen en beschadiging van het milieu. Naast het technologische en ecologische perspectief ben ik ook geïnteresseerd in de sociale en economische impact van hydrocultuur. Hydroponische boerderijen kunnen overal worden gebouwd, in steden en op het platteland. Het kan een positieve invloed hebben op werkgelegenheid en economische ontwikkeling. Ik ben ook geïnteresseerd in het educatieve aspect van hydrocultuur. Door dit onderwerp te bestuderen, kan ik onderzoeken hoe hydrocultuur het onderwijssysteem kan beïnvloeden en hoe het kan bijdragen aan een groter bewustzijn van voedselzekerheid en duurzaamheid. Al met al heeft hydrocultuur me aangetrokken vanwege zijn technologische complexiteit, ecologische voordelen en sociale impact.

Hoofdstuk 1. Wat is hydroponische teelt?

Hydroponische teelt is een moderne en revolutionaire manier van landbouw die de laatste jaren populair is geworden. Bij deze manier van plantenteelt wordt geen traditionele grond gebruikt. De planten worden gekweekt in een waterige omgeving waar alle nodige voedingsstoffen voor de groei aanwezig zijn (Gericke 1940: 1). Het ontbreken van grond weerhoudt de planten niet van groeien, integendeel. Deze teeltmethode maakt het mogelijk om de groeiomstandigheden nauwkeurig te controleren, de hoeveelheid voedingsstoffen en pH (pH is een maat voor de zuurgraad of basischheid van een oplossing) te reguleren en de opbrengst te verhogen. Het woord "hydroponie" komt van twee Griekse woorden, "hydro", wat water betekent, en "ponos", wat werk betekent (dus werkend water). Dit woord verscheen voor het eerst in een artikel in het wetenschappelijke tijdschrift Science, gepubliceerd in februari 1937. De auteur van dit artikel was W.F. Gericke, een professor en plantfysioloog aan de UC Berkley, heeft dit woord geaccepteerd zoals voorgesteld door Dr. W.A. Setchell aan de Universiteit van Californië. Gericke wordt gezien als de uitvinder van hydroponie (www28). Gericke begon met experimenteren met hydroponische kweektechnieken aan het eind van de 20e eeuw en publiceerde vervolgens een van de eerste boeken over kweken zonder grond (Jones 2014: 1). Dit boek heet "The complete guide to soilless gardening". Deze moderne benadering van tuinieren heeft een revolutie veroorzaakt in de landbouw. Hydroponische teelt biedt veel voordelen, bijvoorbeeld efficiënt gebruik van ruimte, aanzienlijke waterbesparingen (tot 90% minder water dan traditionele methoden) en versnelde groeisnelheden die mooie vruchten, groenten en bloemen opleveren in de helft van de tijd. Het hart van hydroponische teelt ligt in het principe van het precies geven aan planten wat ze nodig hebben, precies wanneer ze het nodig hebben. Deze directe toegang tot de benodigde elementen elimineert de noodzaak voor planten om energie te besteden aan het zoeken naar voedingsstoffen en ze kunnen hun middelen heroriënteren naar groei en rijping. In een hydroponische omgeving gedijt het proces van fotosynthese, waarbij planten lichtenergie omzetten in koolhydraten voor voeding, dankzij het geoptimaliseerde systeem van voedingsstoffenlevering.

Het jaar 2050 zal een mijlpaal zijn in de geschiedenis van de mensheid, omdat volgens schattingen van de Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties (FAO) wordt verwacht dat de menselijke bevolking tegen die tijd ongeveer 9 miljard mensen zal bereiken. Er zal meer behoefte zijn aan voedsel, wat betekent dat de wereldwijde voedselproductie met ongeveer 70% zal moeten stijgen in vergelijking met het niveau van 2007 (FAO 2009: 2). Het verhogen van de landbouwproductie door middel van traditionele praktijken van het uitbreiden van landbouwgrond heeft echter beperkingen zoals watertekort, bodemdegradatie, de effecten van klimaatverandering en andere milieu beperkingen. Deze problemen zal de toekomstige globale voedselonzekerheid veroorzaken en de behoefte aan innovatieve benaderingen benadrukken om de opbrengsten van gewassen op duurzame wijze te verhogen (Naresh, Jadav,

Singh e.a. 2024: 609). Aangezien de wereld steeds meer verstedelijkt, wordt verwacht dat 75% van de wereldbevolking in stedelijke gebieden zal wonen. Prognoses geven aan dat de bevolkingsgroei voornamelijk in stedelijke gebieden zal plaatsvinden. Belangrijke factoren voor deze groei zijn natuurlijke bevolkingsgroei, migratie van plattlandsgebieden naar steden en de uitbreiding van stedelijke gebieden ten koste van plattlandsgebieden. Dit plaatst de landbouw in een concurrerende positie in vergelijking met groeiende stedelijke centra voor grond. Met de groeiende vraag naar voedsel en de huidige bevolkingsgroei moet de landbouw beslissende en ingrijpende stappen maken om efficiëntie en duurzaamheid te verbeteren. In stedelijke gebieden, waar vruchtbare grond en water schaars zijn, wordt gekeken naar moderne en zeer effectief landbouwmethoden en technologieën, zoals hydrocultuur, om gezond, betaalbaar en duurzaam voedsel te maken. In vergelijking met traditionele landbouw kan hydrocultuur hogere opbrengsten genereren door niet alleen het horizontale oppervlak, maar ook de verticale ruimte boven benutten, wat het aantal planten per oppervlakte-eenheid effectief verhoogt. Bovendien maakt hydrocultuur het mogelijk om tijdens het hele jaar meerdere gewassen te oogsten, zonder dat er pesticiden of meststoffen in het milieu vrijkomen, en met minder gebruik van grond en water dan traditionele open veld landbouw. Dankzij technologische vooruitgang wordt verwacht dat de markt voor hydrocultuur aanzienlijk zal groeien van 2021 tot 2028. Maar het voeden van de menselijke bevolking tegen het mijlpaaljaar 2050 is niet de enige reden tot zorg; huidige wereldwijde opwarming en algemene vervuiling van de aarde zijn urgente milieu- en sociaaleconomische problemen waar hydrocultuur gedeeltelijke oplossingen voor het tekort aan land voor traditionele landbouw kan bieden (Velazquez-Gonzalez e.a. 2022: 1).

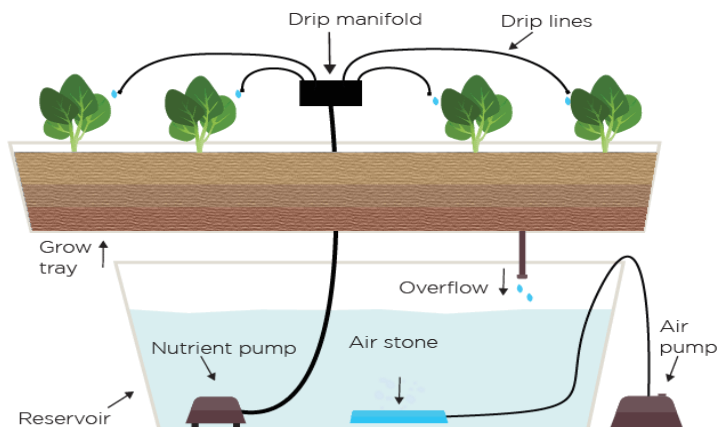
Hydroponie is heel anders dan teelt in grond omdat het contact van de wortels met traditionele aardemixen voor potten of landbouwgrond niet bestaat. In plaats van in traditionele grond hangen de plantenwortels direct in een zuurstofrijke, mineraalrijke oplossing of zijn ze gedompeld in poreuze substraatmaterialen die werken als groeimedium en tegelijkertijd constante vochtigheid behouden. Op deze manier is de landbouw niet meer afhankelijk van landbouwgrond en biedt het telers verhoogde controle over factoren die de ontwikkeling van planten beïnvloeden. Voorbereide voedingsoplossingen bieden de ideale hoeveelheid elementen bekend als NPK (N – stikstof, P – fosfor en K – kalium), die zijn aangepast aan de behoeften van specifieke gewassen. Telers reguleren ook zorgvuldig de irrigatie, verlichting, temperatuur, vochtigheid en andere milieuomstandigheden om de opbrengsten te optimaliseren (Naresh e.a. 2024: 612). Terrestrische planten hebben zich gedurende miljoenen jaren aangepast aan het krijgen van voedingsstoffen uit de grond via hun wortels. Grond brengt echter ook uitdagingen met zich mee in de vorm van onkruid, plagen, pathogenen, verminderde zuurstofniveaus en niet altijd voeding. Hydroponische systemen stellen gewassen in staat om te groeien zonder de beperkingen van de grond en tegelijkertijd perfect aangepaste voeding te ontvangen (Naresh e.a. 2024: 613).

2.1 Soorten van hydroponische technieken

Er zijn verschillende manieren van hydrocultuur, afhankelijk van hoe planten worden geplaatst en hoe ze water en voedingsstoffen krijgen. In dit hoofdstuk zullen de irrigatiesystemen worden geïntroduceerd die in hydroponie worden gebruikt.

2.1.1 Druppelirrigatie

Druppelirrigatie is momenteel de meest voorkomende manier van irrigeren bij het kweken zonder traditionele grond (Raviv/Lieth 2008: 163). Deze methode is het meest geschikt voor gewassen zoals tomaten en paprika's. In dit geval wordt de voedingsoplossing rechtstreeks met gereguleerde druppels naar de wortels van de planten gepompt. De oplossing wordt geleverd in vooraf bepaalde tijdsintervallen en bij gesloten systemen wordt overbodige oplossing terug naar de opslagtank gepompt (Velazquez-Gonzalez e.a. 2022: 4). Dit systeem is niet uniek in hydroponie. Het wordt ook veel gebruikt in buiten tuinen voor de toevoer van water en voedingsstoffen. Doordat dit irrigatiesysteem het water niet sproeit, maar langzaam druppelt, zorgt het voor zeer weinig water verbruikt (www1).

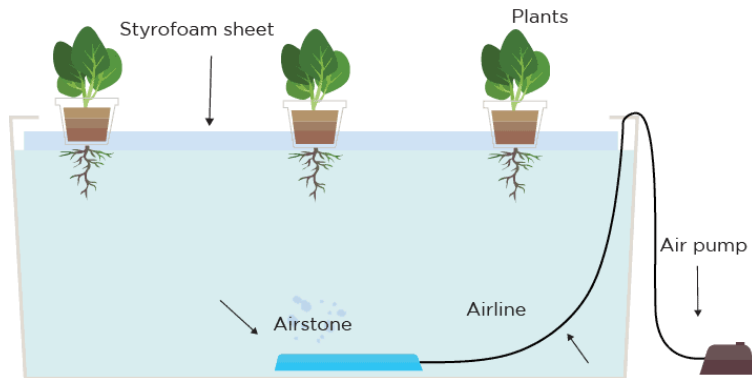


Beeld 1: Druppelirrigatie system (Bron: www1)

2.1.2 Deep water culture (DWC)

Bij deze methode worden de wortels van de planten direct ondergedompeld in een voedingsoplossing, wat zorgt voor snelle groei omdat de planten direct toegang hebben tot de nodige voedingsstoffen en zuurstof. Dit systeem is eenvoudig om te adapteren en werkt goed met verschillende soorten planten. Het is echter belangrijk om de netheid te behouden om wortelziekten te voorkomen (Velazquez-Gonzalez e.a. 2022: 4). In tegenstelling tot andere hydrocultuurtechnieken, zoals Eb en Vloed systemen, aeroponics of druppelsystemen, waar

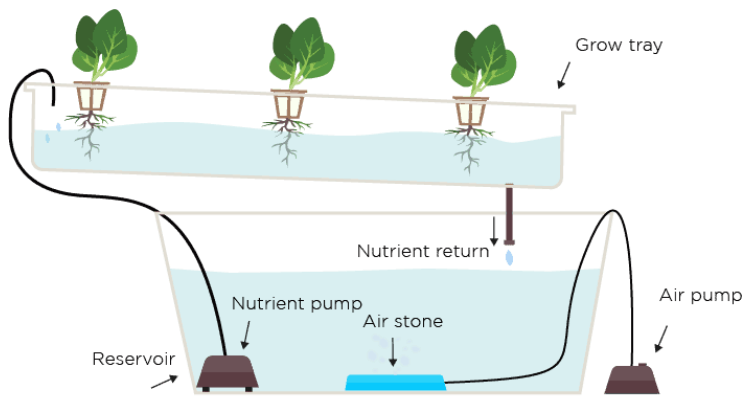
planten regelmatig worden bewaterd, moeten bij de deep water systemen de wortels diep in het water ondergedompeld zijn (www2). Een belangrijk aspect van dit irrigatiesysteem is de noodzaak om het water continu te oxideren, omdat de plantenwortels 24 uur per dag in het water zijn, wat voorkomt dat de planten te veel water krijgen met weinig zuurstof en afsterven.



Beeld 2: Deep water system (Bron: www2)

2.1.3 Nutrient filmtechniek (NFT)

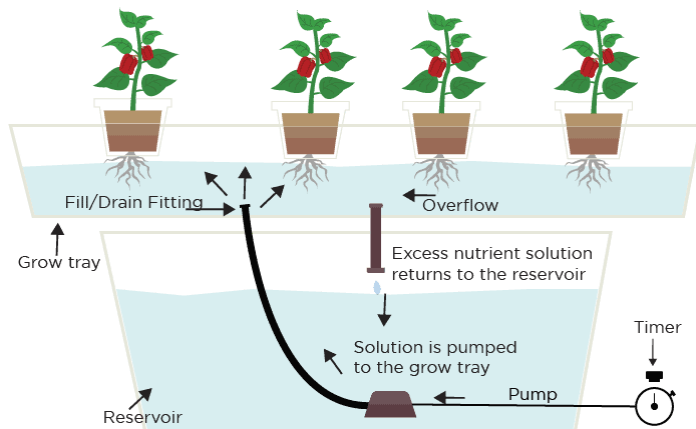
Bij de teelttechniek genaamd Voedingsfilmtechniek (NFT) worden planten geteeld met een dunne laag voedingsstoffen rond hun wortels en er wordt geen substraat gebruikt. Toen NFT voor het eerst verscheen, leek het een ideaal kweekstelsel omdat het optimale controle bood over de bewatering van de wortels zonder kosten voor een substraat. Tegenwoordig wordt NFT echter alleen gebruikt voor enkele specifieke gewassen vanwege de hoge kosten en problemen bij het oplossen van verschillende technische problemen die verband houden met het risico op plantenziekten (Raviv/Lieth 2008: 164). Het NFT-systeem lijkt op het Eb en Vloed-systeem omdat ze beide waterpompen gebruiken om voedingsstoffen aan de planten te leveren, met dit verschil dat bij het NFT-systeem het water continu stroomt, in tegenstelling tot het Eb en Vloed-systeem waar het water regelmatig af- en aangevoerd wordt. De wortels van de planten komen in contact met de ondiepe laag van de voedingsoplossing en absorberen de voedingsstoffen (www3). Deze ondiepte maakt het mogelijk dat het bovenste deel van de wortels droog blijft en zo toegang heeft tot zuurstof in de lucht.



Beeld 3: Nutrient filmtechniek system (Bron: www3)

2.1.4 Eb en Vloed

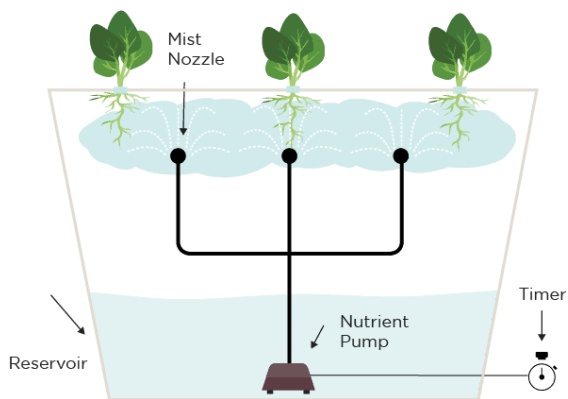
Het systeem van eb en vloed werkt volgens het principe dat het kweekbed regelmatig wordt overspoeld met een voedingsoplossing, waaruit de wortels voedingsstoffen kunnen nemen voordat het weer wegvloeit. Dit systeem is populair onder thuis tuinders en biedt flexibiliteit voor verschillende soorten van planten. Het vereist regelmatige monitoring om optimale groeiomstandigheden te waarborgen. Het is essentieel dat het water volledig kan weglopen om wortelziekten te voorkomen. Als er vochtige plekken rond de planten blijven, kan dit leiden tot groei van algen, wortelziekten en ongelijkmatige bewatering (Raviv/Lieth 2008: 167). De planten zijn geplaatst op een kweekbak. Er is een timer die de waterpompcyclus regelt. De pomp pompt water en voedingsstoffen, die vervolgens omhoog stromen naar de kweekbakken, waar de wortels van de planten worden geïrrigeerd. Na het einde van de irrigatiecyclus begint het water via de drainage terug te stromen naar het waterreservoir (www4).



Beeld 4: Eb en Vloed system van irrigatie (Bron: www4)

2.1.5. Aeroponics of luchtteelt

Aeroponische systemen zijn geavanceerde hydroponische methoden waar de wortels van planten worden besproeid met voedingsoplossing, wat de opname van zuurstof maximaliseert en de efficiëntie van voedingsopname verbetert. Er is geen waterlaag, in plaats daarvan wordt de voedingsoplossing voortdurend verstoven op de wortels. In dit systeem wordt de voedingsoplossing constant belucht en stromen het water en de voedingsstoffen sneller naar de wortels dan bij andere systemen zonder bodem. (Raviv/Lieth 2008: 166). Aeroponics wordt beschouwd als een van de beste methoden om planten te kweken in een bodemvrij milieu. In vergelijking met klassieke hydroponische systemen groeien planten sneller in aeroponische systemen omdat de wortels meer zuurstof krijgen (www5).

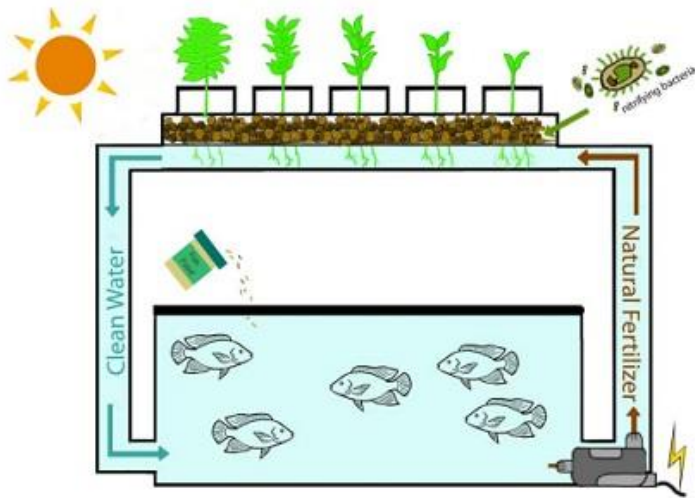


Beeld 5: Aeroponics systeem van kweken (Bron: www5)

2.1.6. Aquaponics

Deze kweekmethode maakt gebruik van de symbiose tussen flora en fauna om een efficiënt systeem te bereiken waar de uitwerpselen van vissen voorzien in de voedingsbehoeften van de planten. De opname van voedingsstoffen door planten, in combinatie met het microbiële proces van nitrificatie en denitrificatie, maakt het mogelijk om water uit de tank met vissen te recyclen, wat resulteert in een gebalanceerd micro-ecosysteem. Het systeem vertrouwt op de afvalstoffen van vissen, die organische voedingsstoffen leveren die planten helpen groeien. Omgekeerd filteren en recyclen planten het water terug naar de vissen, waar een symbiotische relatie ontstaat. Het aquaponics systeem gebruikt ongeveer 2% van het water in vergelijking met traditionele teelt voor dezelfde soort plant (Gashgari e.a. 2018: 2). Het is ook belangrijk om te vermelden dat in het aquaponische systeem een derde cruciale levende microbiële gemeenschap van gunstige nitrificerende bacteriën bestaat. Bewezen vissoorten zijn bijvoorbeeld tilapia, forel,

meerval, karper, evenals siervissen zoals goudvissen of koi karper, en in zeldzame gevallen ook ongewervelde dieren (www6).



Beeld 6: Aquaponics system (Bron: www7)

2.2 Verticale systemen

Verticale hydroponische systemen zijn een soort hydrocultuur waar planten verticaal worden geteeld, meestal in een kas of binnenshuis. In plaats van een horizontale indeling groeien gewassen omhoog in compacte installaties, die zijn uitgerust met moderne technologieën voor optimalisatie (Naresh e.a. 2024: 615). Deze systemen zijn ontworpen om de productie per vierkante meter te maximaliseren en ze kunnen het hele jaar met hoge opbrengsten worden gebruikt. De compactheid van verticale boerderijen is geschikt voor plaatsing in of nabij steden, waar de productie rechtstreeks wordt gecentraliseerd waar de vraag is. Ze kunnen worden gebruikt in bijvoorbeeld verlaten fabrieken, ongebruikte ruimtes tussen gebouwen of op daken van supermarkten en ziekenhuizen (Naresh e.a. 2024: 617). Verticale systemen zijn minder arbeidsintensief, omdat er niet gebogen hoeft te worden bij het hanteren en oogsten van planten. Ze zijn niet alleen voor commerciële teelt, maar ook voor thuis tuinieren met beperkte ruimte een optimale oplossing.



Beeld 7: Voorbeeld van verticaal systems in hydroponische teelt (Bron: www8)

2.3 Substraten voor hydroponische systemen

Wanneer hydroponische teelt ter sprake komt, denkt iedereen dat dit proces volledig zonder de noodzaak van klassieke grond verloopt. Dit klopt, maar klassieke grond wordt vervangen door substraten. In hydroponische systemen worden inerte materialen gebruikt (Patil e.a. 2020: 107). Inerte materialen zijn materialen die op zichzelf geen voedingsstoffen aan de planten leveren. Ze zijn ontworpen om als ondersteuning voor de wortels te dienen. Er worden materialen zoals grind, zand, turf, vermiculiet, perliet, geëxpandeerde kleikorrels, zaagsel, kokosvezel, enzovoort gebruikt, waaraan een voedingsoplossing met alle essentiële elementen wordt toegevoegd die nodig zijn om aan de voedingsbehoeften van de plant te voldoen voor normale groei en ontwikkeling (Patil e.a. 2020: 107).

2.3.1 Geëxpandeerde kleikorrels

In de kweekpraktijk komen geëxpandeerde kleikorrels voor in de vorm van bolletjes of onregelmatig gevormde korrels van geëxpandeerde klei. Een voordeel van deze kleibolletjes en korrels is hun inerte eigenschap, waardoor ze geen invloed hebben op de pH-waarden. Kwalitatief goed geëxpandeerde kleikorrels kunnen probleemloos meerdere keren gebruikt worden, zelfs gedurende meerdere jaren. Voor hydroponische teelt of zelfs als decoratieve laag in bloempotten worden bolletjes met een diameter van 8 tot 16 mm gebruikt. (www23).



Beeld 9: Geëxpandeerde kleikorrels (Bron: www23)

2.3.2. Grind

Onder de term grind in hydroponie kunnen we ons een soortgelijk substraat voorstellen als dat gebruikt wordt in aquaria. Grind is goedkope en is relatief gemakkelijk om schoon te houden. Het laat goed water door. Het belangrijkste nadeel is het gewicht. Als het systeem met planten niet voldoende en vaak wordt geïrrigeerd, kunnen de wortels in het substraat uitdrogen.

2.3.3. Zand

Zand is eigenlijk een zeer veel voorkomend groeimedium dat wordt gebruikt in hydrocultuur. Omdat de deeltjes kleiner zijn dan normale gesteenten, stroomt het water niet zo snel weg. Zand dat wordt gebruikt voor hydrocultuur wordt voornamelijk gebruikt om planten te verankeren in groeiende bedden of in dienbladen, en is veel fijner dan grind. Het is raadzaam om de grootste korrelgrootte van zand te gebruiken, omdat dit zorgt voor een betere beluchting van de wortels door de grootte van de luchtkamers tussen de zandkorrels te vergroten (www24).

2.3.4. Kokosvezels

Kokosvezels komen van de buitenkant van kokosnoten. Het werd vroeger beschouwd als een afvalproduct en is een van de beste beschikbare kweekmedia. Het wordt snel een van de meest populaire kweekmedia ter wereld. Het is het eerste volledig "organische" kweekmedium. Het vervalt zeer langzaam, dus het levert geen voedingsstoffen voor de planten waar het wordt

gebruikt, wat ideaal is voor hydrocultuur. Kokosvezel is pH-neutraal, behoudt goed vocht, en zorgt toch voor een goede beluchting van de wortels. Kokosvezel heeft ook een hoog gehalte aan wortelstimulerende hormonen (www24).



Beeld 10: Kokosvezel (Bron: www25)

2.3.5. Perliet

Perliet is een mijnbouw materiaal, een vorm van vulkanisch glas, dat bij snelle verhitting tot meer dan 900 °C verandert in korrels die eruitzien als popcorn. Perliet is een van de beste hydroponische kweekmedia. Het wordt vaak gebruikt in een mix met vermiculiet. Perliet heeft goede afvoereigenschappen, wat het een goede keuze maakt voor hydroponische systemen. Omdat perliet erg licht is en drijft, kan het niet de beste keuze zijn als kweekmedium voor eb- en vloedsystemen. Perliet is ook relatief goedkoop. Het grootste nadeel van perliet is dat het water niet goed vasthoudt en het daarom sneller kan uitdrogen tussen de bewatering.



Beeld 11: Perliet (Bron: www26)

2.3.6. Vermiculiet

Vermiculiet is nog een ander poreus materiaal. Het is een silicaat dat, net als perliet, uitzet wanneer het wordt blootgesteld aan zeer hoge hitte. Als groeimedium lijkt het erg op perliet, behalve dat het een relatief hoge kationen uitwisselingscapaciteit heeft, wat betekent dat het voedingsstoffen kan vasthouden voor later gebruik. Net als perliet is vermiculiet erg licht en heeft de neiging om te drijven. Vermiculiet behoudt vocht. Het belangrijkste nadeel van vermiculiet is dat het te veel water vasthoudt om alleen te worden gebruikt (www24).



Beeld 12: Vermiculiet (Bron: www27)

Hoofdstuk 2. Geschiedenis van hydroponische teelt

Hydroponisch kweken lijkt een geavanceerde en moderne technologie, maar het heeft oude wortels die teruggaan naar de oude geschiedenis. Hershey (2008) zei: *"Het kweken van planten in oplossingscultuur is vaak gemakkelijker dan in bodemcultuur omdat er geen vieze grond nodig is, er zijn geen door de grond overgedragen ziekten of plagen, irrigatie is minder frequent in oplossingscultuur dan in bodemcultuur, irrigatie in oplossingscultuur kan eenvoudig geautomatiseerd worden, wortels zijn zichtbaar, en de omgeving van de wortelzone is gemakkelijk te monitoren en te controleren. De kracht van hydroponics ligt in haar fascinerende geschiedenis. Het hydrocultuursysteem vond plaats op verschillende plaatsen en in verschillende tijdperken in historische context. De eerste vermeldingen van hydroponisch telen vinden we al in de oudheid"*.

De oudste voorbeelden van hydroponics kunnen wij vinden in de schilderijen op de muren van de Egyptische tempel Deir El Bahari (Velazquez-Gonzalez e.a. 2022: 3). Een ander historisch voorbeeld van hydroponisch telen zijn de hangende tuinen in Babylon. Herodotus, de Griekse historicus uit de 5e eeuw v.Chr., beschrijft het indrukwekkende irrigatiesysteem van Babylon. Berossus, de Babylonische priester die leefde in de 3^e v.Chr., beschrijft hoge stenen terrassen die op bergen lijken en er zijn planten van vele soorten, grote bomen en bloemen. De terrassen zouden niet alleen een prettig esthetisch effect van hangende vegetatie hebben gecreëerd, maar ook hun irrigatie hebben vergemakkelijkt. De Griekse geograaf Strabo (ongeveer 64 v.Chr. - ongeveer 24 n.Chr.) beschrijft de locatie van de tuinen aan de Eufraat, die door het oude Babylon stroomde, en een ingewikkeld systeem dat water uit de rivier omhoog neemt om de tuinen te irrigeren. (www9). Er zijn geen bewaarde schriftelijke bronnen die met zekerheid bevestigen dat deze hangende tuinen van Babylon echt hebben bestaan. Een ander voorbeeld van hydroponics systemen zijn de drijvende tuinen van de Azteken in Mexico (Jones 2014: 5). In Amerika, vóór de ontdekking door Christoffel Columbus rond de 10^e en 11^e eeuw na Christus, ontwikkelde de Mexicaanse Azteekse cultuur chinampas. De chinampas werden gemaakt door kleine rechthoekige stukken grond te bouwen op ondiepe meren. Ze werden gemaakt van modder, rottend plantenmateriaal en andere natuurlijke stoffen. Rond de chinampas waren kanalen, wat het makkelijk maakte om dingen te transporteren en de gewassen water te geven. Chinampas waren zeer productieve en duurzame landbouwsystemen. Dankzij de voedingsrijke materialen die gebruikt zijn bij hun constructie, boden ze vruchtbare grond die verschillende gewassen kon ondersteunen, zoals maïs, bonen, pompoenen, tomaten, chilipepers en zelfs bloemen. Het water rondom de chinampas zorgde voor een natuurlijk irrigatiesysteem, wat de noodzaak van irrigatie verminderde. Bovendien waren de kanalen tussen de chinampas een habitat voor vissen en watervogels, waar een gebalanceerd ecosysteem ontstond dat zowel planten- als dierenleven ondersteunde (www11). Dit systeem stelde de Azteken in staat om voedsel te verbouwen in gebieden die anders ongeschikt zouden zijn voor landbouw. Met uitzondering van oude verslagen van hydroponische activiteiten die verband houden met 4000 jaar geleden, omvatten de rest van de hydroponische activiteiten tot 1929 alleen onderzoeken naar plantenbiologie.



Beeld 8: Impressie van Hagende tuinen van Babylon (Bron: www10)



Beeld 9: Chinampas (Bron: www11)

In de negentiende eeuw werden de basisconcepten van hydroponisch kweken vastgesteld door experts die onderzochten hoe planten groeien bijvoorbeeld door Bram Steiner, die de bijnaam 'vader van de hydroponie' heeft (Velazquez-Gonzalez e.a. 2022: 3). De ontwikkeling van hydroponie was verbonden met ons begrip van de plantenfysiologie. In 1600 realiseerde de Belgische scheikundige en fysioloog Jean Baptiste Van Helmont een reeks experimenten om aan te tonen dat planten voedingsstoffen uit water kunnen halen. Bijna 100 jaar later kweekte de Britse natuuronderzoeker en geoloog John Woodward planten boven wateroplossingen en ontdekte dat planten beter groeien in oplossingen waar meststoffen zijn. Later, in 1800, wees de Franse scheikundigen De Saussure en Boussingault dat planten voor gezonde groei carbonaten,

waterstof, zuurstof en stikstof nodig hebben. In 1860 voegden Julius von Sachs (botanicus) en Wilhelm Knop (agroscheikundige) in Duitsland fosfor, zwavel, kalium, calcium en magnesium toe aan de lijst van De Saussure en Boussingault en kweekten planten in wateroplossingen die zouten van deze elementen bevatten (Velazquez-Gonzalez e.a. 2022: 3). In 1929 kondigde William Frederick Gericke, een plantenfysioloog aan de Universiteit van Californië in Berkeley, het gebruik van oplossingscultuur aan voor gewasproductie, niet alleen voor onderzoek. Hij noemde deze techniek "aquacultuur". Later, in 1937, deelde Gericke mee dat de techniek "hydroponics" zou worden genoemd, omdat de term aquacultuur eerder was gedefinieerd als het kweken van waterplanten. Gericke's werk kreeg in de jaren dertig van de 20^e eeuw brede aandacht vanwege vele boeken, kranten- en tijdschriftartikelen waar de "magie" van hydrocultuur werd voorgesteld en ook werd voorspeld dat hydrocultuur de landbouw revolutionair zou veranderen (Hershey 1994: 115).

Tijdens de Tweede Wereldoorlog zette het Amerikaanse leger grote hydroponische tuinen op verschillende eilanden in de westelijke Stille Oceaan op om verse groenten te leveren aan de eenheden die daar actief waren. Sinds de 20^e eeuw is hydroponisch kweken een methode die veel gebruikt wordt. Ontwikkeling van steden en een tekort aan land hebben geleid tot een groeiende belangstelling voor hydroponische systemen in stedelijke gebieden, waar ze het mogelijk maken om verse gewassen te kweken, namelijk in beperkte ruimtes. Een andere belangrijke ontwikkeling was de betrokkenheid van NASA bij het onderzoek naar hydroponische teelt in de jaren zestig van de 20^e eeuw (Jones 2005: 3). Het doel was om plantenteeltsystemen te ontwikkelen voor ruimtemissies, die het kweken van planten in extreme omstandigheden mogelijk maken, zoals in een ruimtestation.

Hoofdstuk 3. Technologie van hydroponische teelt in Nederland en de ontwikkeling ervan in de afgelopen decennia

In Nederland, een land bekend om zijn geavanceerde landbouwtechnologieën en innovaties, heeft hydrocultuur een sleutelrol gespeeld in de modernisering van de landbouw (Kishna e.a. 2011: 1). Deze methode is belangrijk voor voedselzekerheid, duurzaamheid en efficiënt gebruik van hulpbronnen. In Nederland, vanwege zijn lage ligging en frequente problemen met overstromingen en bodemerrosie, is de landbouwsector geïnteresseerd in innovatieve methoden die de opbrengsten maximaliseren en de negatieve impact op het milieu minimaliseren. Moderne glastuinbouw in Nederland begon na de Tweede Wereldoorlog als reactie op een van de laatste hongersnoden in Europa. Tot wel 20.000 mensen stierven tijdens de Nederlandse hongerswinter in de laatste maanden van de Duitse bezetting (www13). Nederland behoort tot de leidende landen ter wereld als het gaat om landbouw in het algemeen. Het land staat wereldwijd bekend om producten zoals pootaardappelen, tulpen, groente- en bloemzaden, snijbloemen, (kas)groenten en technologieën op het gebied van klimaatbeheersing, water- en meststoffenbeheer, en kasautomatisering. Als één van de kleinste en dichtstbevolkte landen ter wereld is Nederland meer dan zelfvoorzienend voor tuinbouwproducten. In Nederlandse kassen groeien de meeste gewassen zonder grond, in een recirculatiesysteem voor water en meststoffen, met klimaatregeling en biologische bescherming tegen plagen en ziekten, indien nodig (den Besten 2019: 307). Nederland is één van de grootste exporteurs van landbouwproducten ter wereld na de Verenigde Staten en heeft bijna 24.000 hectare kassen voor gewassen. Meer dan de helft van het land in Nederland wordt gebruikt voor landbouw (www14). Zoals eerder vermeld, komt de focus op voedselproductie voortuit de hongersnood die het land tijdens de Tweede Wereldoorlog heeft meegemaakt. Met beperkt land en een regenachtig klimaat zijn Nederlanders meesters in de landbouw.

De Nederlandse tuinbouw geniet wereldwijd een grote reputatie, is een wereldleider op het gebied van tuinbouw en speelt een belangrijke rol voor Europa op het gebied van groenteteelt in kassen. Het is een belangrijke pijler van de Nederlandse economie, biedt zowel directe als indirecte banen en draagt elk jaar aanzienlijk bij aan de Nederlandse schatkist. Dit komt voornamelijk door de concentratie van leveranciers, import, productie en verkoop in het gebied dat bekend staat als Greenports (kassengebieden in Nederland, verder beschreven in hoofdstuk 4). Dankzij de aanwezigheid van dit gebied dicht bij de haven van Rotterdam en de luchthaven Schiphol, die essentieel zijn voor een soepele import en export van verse producten naar en vanuit vele gebieden, kan de tuinbouw op vele manieren bloeien (Hietbrink e.a. 2006). Vooruitgang zoals slimme sensor netwerken, automatisering en tools voor afstandsmonitoring bieden veel mogelijkheden en optimaliseren de productie (Naresh e.a. 2024: 613). Innovaties in ledverlichting voor teelt, hernieuwbare energie, sensoren en monitoringssoftware bieden geavanceerde mogelijkheden voor landbouw in een gecontroleerde omgeving. Deze nieuwste technologieën en automatisering bieden aan landbouwers in stads van om de productiviteit te

maximaliseren in beperkte ruimtes (Naresh e.a. 2024: 619). Om een leidende positie te behouden, moet deze sector blijven innoveren. Met het oog op verdere afvalvermindering en milieueffecten worden innovatieve productiestrategieën ontwikkeld die de circulaire economie ondersteunen, oftewel het circulaire kassengebied. De LDE Greenport Hub is een alliantie van universiteiten in Leiden, Delft en Erasmus die focussen op wetenschappelijk onderzoek en onderwijs op het gebied van tuinbouw in samenwerking met partners uit de tuinbouwsector, zoals de Vereniging voor de glastuinbouw Nederland. Deze alliantie heeft het 'Mission to Mars'-programma gestart om innovatie en ontwikkeling van circulaire kassen te promoten door concepten en technologieën uit de ruimtevaart te introduceren. De ruimtevaart richt zich specifiek op circulariteit door beperkte middelen (Vermeulen e.a. 2020: 421). Landbouw en tuinbouw zijn economische sectoren waar de Nederlandse overheid haar visie, doelstellingen en beleid over ruimtelijke ontwikkeling tot uiting brengt (Hietbrink e.a. 2006). Precisielandbouw, zoals hydroponische systemen, zijn boerderijen die worden beheerd op basis van informatie. Ze hebben veel potentie om de productiviteit te verhogen en risico's voor de lange termijn van voedselproductie te verminderen. Dankzij nieuwe digitale technologieën en geavanceerde analyses kunnen boeren betere beslissingen nemen over hoe ze water, meststoffen en pesticiden gebruiken. Maar de verandering van landbouw naar een modern, data-gestuurd bedrijf brengt veel technische en financiële problemen met zich mee. Veel innovaties op het gebied van precisielandbouw worden nog niet echt geaccepteerd door boeren met beperkte financiële middelen vanwege hoge initiële kosten, gebrek aan technische vaardigheden en onvoldoende infrastructuur (Naresh e.a. 2024: 609). Terwijl traditionele landbouw te maken heeft met fluctuerende opbrengsten als gevolg van variabiliteit, bieden hydroponics systemen nauwkeurige controle over omgevingsfactoren. Het controleert en past zorgvuldig voedingsstoffen, zuurstof, pH-waarden, etc. aan. Het heeft geprogrammeerde irrigatiecycli die ideale niveaus van vochtigheid voor planten bieden. Kunstmatige verlichting vult en verlengt dagelijkse belichting in vergelijking met alleen zonlicht. Geautomatiseerde systemen reageren snel op gegevens van sensoren om parameters binnen te houden voor elke groeifase. Gesloten landbouw sluit de invloed van extern klimaat en weer op gewassen uit, daarom wordt het beschouwd als technologisch zeer geavanceerd (Naresh e.a. 2024: 614).

3.1 De ontwikkeling van hydrocultuurbedrijven in Nederland

De eerste verticale boerderij die hydroponische systemen en kunstmatige verlichting gebruikte in Nederland was het project van de combinatie van technische bedrijven Schulte & Lestraden, dat ontstond in de jaren 80 van de vorige eeuw in Roermond. Op de boerderij werden tomaten, chrysanten, tulpen, sla en paddenstoelen gekweekt. Vanwege het hoge energieverbruik door gloeilampen en natriumlampen (toen waren er nog geen ledlampen voor tuinbouw) was de warmteproductie hoog en het koelen zo duur dat het project na enkele jaren werd stopgezet. Na

meer dan 20 jaar werd in 1998 hydrocultuur opnieuw gebruikt door het bedrijf "Tuinderij Bevelander", dat gespecialiseerd was in de productie van verse kruiden, vooral voor de jaarrond productie van bieslook. Voor het eerst werd ledverlichting gebruikt in Nederland in 2008 en dit verbeterde snel in kwaliteit en energie-efficiëntie. De eerste verticale boerderij van aanzienlijke omvang was en is nog steeds Delicious Lettuce in Beesel (den Besten 2019: 309). PlantLab, een Nederlands bedrijf dat op maat gemaakte indoortuinen ontwikkelt en exploiteert over de hele wereld, heeft ook een Europees octrooi verkregen voor indoor teelt. Hun grondeloze teeltsysteem met minimaal waterverbruik is revolutionair. De drie oprichters begonnen in 2008 met hun eerste prototype en het bedrijf begon in 2010 met operaties. Ze hebben een systeem waarmee genoeg gewassen kunnen worden geproduceerd voor 100.000 mensen per dag op een gebied ter grootte van twee voetbalvelden. Het onderzoeks- en ontwikkelingscentrum van PlantLab in Den Bosch is het grootste dergelijke centrum voor verticale landbouw ter wereld. Ze gebruiken speciale plastic bakken en ledlichten, en de planten groeien zonder aarde maar met wortels in water (hydrocultuursysteem) (www15). Het bedrijf Duurzame Kost startte in 2016 een aquaponisch systeem in een voormalige industriële hal in Eindhoven voor de productie van vis, groenten en kruiden. Het betreft een hydroponisch systeem met één laag en boven-verlichting. De producten worden voornamelijk verkocht aan lokale consumenten en lokale restaurants. Nieuwe verticale boerderijen zoals GrowX Amsterdam zijn geopend in 2017. Deze relatief kleine stadsboerderijen combineren vaak een scala aan gespecialiseerde producten in een duurzaam systeem voor lokaal gebruik. Naast het kweken houden ze zich ook bezig met educatie op dit gebied, advisering en verkoop van hydroponische systemen. De grootste boerderij in Nederland werd geopend in 2018 in Dronten door Fresh-Care Convenience (den Besten 2019: 310).

Hoofdstuk 4. Gebruik van hydrocultuur in Nederland voor de productie van groenten, fruit en bloemen

Nederland is de op een na grootste exporteur van landbouwproducten ter wereld. Dit is opmerkelijk als men bedenkt dat het enige land dat Nederland overtreft, de Verenigde Staten, 237 keer groter is in oppervlakte. Het geheim van het succes van Nederland ligt in het gebruik van architectonische innovatie om zich een voorstelling te maken van hoe het agrarische landschap eruit kan zien. De manier waarop Nederland architectuur gebruikt om de wereld te voeden, is het beste te zien vanuit de hoogte. De Nederlandse landbouw wordt gedefinieerd door uitgestrekte landschapskassen die honderden hectaren beslaan en het architecturale landschap van Zuid-Holland domineren. Het totale gebied van de kassen is ongeveer 94 vierkante kilometer (www15). In Nederland wordt het gebruik van hydroponie gestimuleerd door verschillende factoren, zoals beperkte landbouwgrond, de focus op duurzame landbouwpraktijken en de wens om de opbrengsten van gewassen te maximaliseren. In de regio Westland, die door National Geographic "de glazen stad van Nederland" wordt genoemd, worden de kassen in het landschap geplaatst en vullen ze de ruimtes tussen steden, buitenwijken en industriële fabrieken (www22). Onder de verlichte glazen daken gebruiken technisch vaardige boeren hydroponische systemen en geothermische energie om ongeëvenaarde resultaten te behalen met minimaal gebruik van middelen (www15).

In Nederland bevindt zich een gebied genaamd "Greenports", dat wordt gekenmerkt door een sterke ruimtelijke concentratie van leveranciers, productie en verkoop. Hieronder vallen Greenport Aalsmeer (tuinbouw), Greenport Westland/Oostland (tuinbouw), Greenport Venlo (tuinbouw en boomkwekerij), Greenport Boskoop (boomkwekerij) en Greenport Bollenstreek (bolgewassen). Alle Greenports liggen in het economische hart van Nederland. Alleen Greenport Venlo ligt buiten het gebied van de Randstad (Hietbrink e.a. 2006). Greenport is het meest innovatieve gebied ter wereld op het gebied van glastuinbouw met de beste groenten- en bloementelers, leveranciers, handelsbedrijven, kwekers en ook adviesbureaus. Ze werken nauw samen met elkaar. Er is ook samenwerking met lokale en regionale overheden, vooraanstaande onderwijsinstellingen en internationale onderzoeksinstituten. Wat betreft glastuinbouw is Greenport een van de belangrijkste regio's ter wereld met een concentratie van de meest geavanceerde productie-, leverings-, handels-, distributie- en verwerkingsbedrijven die sterk met elkaar verbonden zijn (www16).



Beeld 10: Greenports Zuid-Holland (Bron: www17)



Beeld 11: Kaart van Greenports in Nederland (Bron: www18)

Door slechts een klein deel van de landbouw naar de interne productie van hydroponische gewassen te verplaatsen, zou de productie van fruit, groenten en kruiden aanzienlijk worden verhoogd om aan de groeiende vraag te voldoen (Naresh e.a. 2024: 609).

Commerciële hydroponische kassen maken vaak gebruik van NFT voor bladgroenten en kruiden, deep watercultuur voor tomaten en paprika's, en verticale torens voor klimplanten (Naresh e.a. 2024: 613). Hydroponische productie in volledig afgesloten en gecontroleerde structuren maakt een hogere kwaliteit van fruit, groenten en kruiden mogelijk in vergelijking met teelt op open velden (Naresh e.a. 2024: 614). Tuinbouw met groenten in kassen wordt gekenmerkt door een grote vraag naar arbeid. Terwijl de beschikbaarheid van banen in de sector wordt gewaardeerd door gemeentelijke overheden, hebben producenten van kasgroenten moeite om Nederlandse werknemers te vinden om aan de vraag naar arbeid te voldoen. Dit probleem wordt momenteel opgelost door het aannemen van werknemers uit Oost-Europese landen (Breukers e.a. 2008: 101).

Hoofdstuk 5. Hoe hydrocultuur bijdraagt aan duurzame landbouw en klimaatbescherming in Nederland

De landbouwsector zou kunnen bijdragen aan het verlagen van de globale temperatuur met 2°C door de uitstoot van broeikasgassen te verminderen, voornamelijk via landbeheer. Het verminderen van atmosferische broeikasgassen is een van de meest urgente milieuproblemen van de 21e eeuw geworden. De landbouw is op zichzelf verantwoordelijk voor 50% tot 60% van de wereldwijde antropogene emissies van N₂O en CH₄, en de bodem is een van de belangrijkste bronnen van emissies. Voor effectieve stappen richting het verminderen van de milieueffecten van sectoren is adequaat beheer van energieverbruik cruciaal, wat wordt beschouwd als een belangrijke indicator voor duurzame ontwikkeling (Pomoni, Koukou e.a. 2023: 4). Er is echter geen discussie mogelijk dat landbouw duurzaam moet zijn met betrekking tot meer milieumaatstaven dan alleen watergebruik, en kassen worden vaak gezien als vervuilend (Stanghellini 2014: 28). De glastuinbouwsector streeft al enkele jaren naar vermindering van energie- en plantenbeschermingsmiddelen en beperking van CO₂- en meststoffenemissies in het milieu. In het Convenant Glastuinbouw en Milieu en in het Besluit Glastuinbouw (Glami) zijn doelstellingen vastgesteld voor verbetering van de energie-efficiëntie, gebruik van hernieuwbare energie en CO₂-emissies, en is de verplichting opgenomen dat telers hun energieverbruik registreren. Om de emissie van meststoffen naar bodem, oppervlakte- en grondwater te verminderen, zijn in de Glami-overeenkomst doelstellingen en maatregelen vastgesteld voor een drastische vermindering van het gebruik van stikstof en fosfor. (Hietbrink e.a. 2006). De Nederlandse glastuinbouwsector is namelijk een sector met een zeer hoge energiebehoefte. Duurzaam gebruik van natuurlijke hulpbronnen en milieubescherming zijn zowel publieke als private aangelegenheden. Voor telers in kassen is energie een van de belangrijkste kostenposten. Daarom heeft de overheid en de sector zich verplaatst van een positie van grote energieverbruiker naar een producent van schone elektriciteit (Breukers e.a. 2008: 101).

Zoals eerder vermeld, wordt geschat dat de bevolking tegen 2050 zal toenemen tot 9,8 miljard mensen, en het voldoen aan de voedselbehoeften zal een van de grootste uitdagingen van de 21e eeuw zijn. Huidige trends suggereren dat het voeden van groeiende wereldbevolking een totale toename van de voedselproductie met 70% vereist. Echter, het verhogen van de landbouwproductie via traditionele bodemteelt wordt beperkt door watertekorten, bodemdegradatie, de gevolgen van klimaatverandering en andere milieubeperkingen. Deze aspecten bedreigen de toekomstige globale voedselzekerheid en benadrukken de noodzaak van innovatieve benaderingen om op duurzame wijze de opbrengsten van gewassen te verhogen (Naresh e.a. 2024: 609). Klimaatveranderingen zijn al begonnen de voedselproductie wereldwijd te verstoren. Als de huidige prognoses zich blijven ontwikkelen, wijzen de nieuwste voorspellingen voor klimaatverandering op ongecontroleerde veranderingen in cultiveerbare

grond als gevolg van droogte en erosie. Bovendien heeft de combinatie van grootschalige industriële landbouw, industrialisatie en snelle verstedelijking aanzienlijke ecologische schade veroorzaakt, zoals een aanzienlijke afname van het aantal bestuivers (Vermeulen e.a. 2020: 422). Door het klimaat te kunnen controleren in een hydroponisch milieu kunnen producten die anders van verre plaatsen zouden moeten worden geïmporteerd, lokaal worden geteeld, wat de kosten en milieueffecten van scheepvaart en transport vermindert. Ook betekent het ontbreken van bodem veel minder risico op plagen en onkruid, wat in veel gevallen de noodzaak van pesticiden, insecticiden, fungiciden en andere chemicaliën elimineert. Ten slotte, omdat hydroponische systemen vaak verticaal zijn en planten dicht bij elkaar kunnen worden geteeld door kleinere wortelsystemen, hebben hydroponische installaties veel minder ruimte nodig in vergelijking met traditionele teelt. Dit leidt tot minder verstoring van natuurlijke habitat en ontbossing voor landbouwgrond en over het algemeen tot een beter gebruik van land (www19). Duurzaamheid en hydroponische systemen gaan hand in hand.

Hoofdstuk 6. De voordelen en nadelen van hydroponische teelt in vergelijking met traditionele teelt op grond

Landbouw die afhankelijk is van grond heeft verschillende problemen met de opkomst van de civilisatie over de hele wereld, zoals bijvoorbeeld het tekort aan landbouwgrond per persoon. Onder dergelijke omstandigheden zal het in de nabije toekomst steeds moeilijker worden om de hele bevolking te voeden met traditionele teelt op het veld. Steeds meer consumenten verlangen naar "veilig" voedsel dat is geproduceerd met duurzame teeltpraktijken en vrij is van resten van pesticiden (www20). Het traditionele landbouwsysteem dekt momenteel noch de huidige noch de toekomstige vraag naar voedsel. Met de groeiende wereldbevolking neemt ook de hoge vraag naar voedselproductie toe. Daarom is het noodzakelijk om een nieuw landbouwsysteem te creëren dat zorgt voor een snellere en kwalitatief betere groei van planten. Dit systeem zou moeten voorzien in de groeiende vraag met lagere kosten en minimaal gebruik van natuurlijke hulpbronnen (Gashgari e.a.: 2018: 1).

Hoewel veel studies hebben aangetoond dat hydroponics voordelen heeft in vergelijking met conventionele grondteelt, zijn er nog steeds beperkingen bij het gebruik van hydroponische systemen. In feite vereist een hydroponisch systeem een zeer goed begrip van de principes ervan om de productie op gewenste niveaus te houden. Traditionele teelt vereist grond, in tegenstelling tot hydroponics, die een bodemloze vorm van teelt is waarbij het gewas wordt ondergedompeld in voedingsoplossing of verschillende soorten substraten. Door de snelle groei van de bevolking willen steeds meer mensen in steden wonen en daardoor is er steeds minder plek voor landbouw. Daarom is er meer land nodig om genoeg voedsel te kunnen verbouwen (Pomoni, Koukou e.a. 2023: 2). In ontwikkelingslanden is het gebrek aan kennis en de slechte verspreiding van beschikbare technologieën een groot probleem. Voor het populariseren van bodemloze teelt op globaal niveau is het zeer belangrijk om tuinders wetenschappelijk gevalideerde technologieën te bieden en bewustzijn te creëren in potentiële gebieden op globale schaal (Hussain e.a. 2014). In dit hoofdstuk zal ik proberen de voor- en nadelen te schetsen die beide teeltmethoden hebben.

6.1 Voordelen van hydrocultuur in vergelijking met traditionele landbouw

Traditionele landbouw heeft aanzienlijke nadelen vanwege het uitgebreide gebruik van hulpbronnen zoals water. Een ander groot nadeel van traditionele teelt is het gebruik van pesticiden, herbiciden en meststoffen, die vervolgens van de velden in het milieu komen. De bodembewerking veroorzaakt schade aan ecosystemen en verstoring van de balans van het milieu (Pomoni, Koukou e.a. 2023: 4). In vergelijking met traditionele landbouw gebruikt het hydrocultuursysteem bijna geen chemicaliën zoals meststoffen en pesticiden. Wat betreft de milieubalans is intensieve traditionele landbouw met hoge opbrengsten verantwoordelijk voor het

verlies van vruchtbare grond. Een ander risico verbonden aan teelt in traditionele grond is de aanwezigheid van onkruid, wat de opbrengsten vertraagt (Pomoni, Koukou e.a. 2023: 4). Op boerderijen in de open lucht hebben planten last van vervuiling uit de lucht en onverwacht weer, wat de verspreiding van schimmels, paddenstoelen en bacteriële plantpathogenen vergemakkelijkt. Zware regenval is verantwoordelijk voor de verspreiding van meer dan 50% van de infecties vanaf de oorspronkelijke infectieplaatsen. Ondertussen voorkomen hydroponische kassen of opslagruimten de toegang van pathogenen, waardoor bijna steriele groeiomgevingen ontstaan (Naresh e.a. 2024: 614).

Traditionele landbouw neemt 38% van het totale gebruikte landoppervlak op aarde in. Hydrocultuur beheert de grond efficiënter en vermindert de behoefte aan bouwland met 10-25%. Bovendien leidt de verticale productie tot een vermindering van bouwland, omdat hydrocultuur, als teeltmethode, kan worden toegepast in gebieden zonder bouwland en in stedelijke gebieden (Pomoni, Koukou e.a. 2023: 17). Daarnaast kunnen hydrocultuursystemen gemakkelijk automatisch bediend worden, waardoor de benodigde arbeid worden verminderd en veel traditionele processen zoals wieden of besproeien worden geëlimineerd (Kannan e.a. 2022: 2165). Hydrocultuur heeft gewoonlijk controlesystemen die draadloos zijn verbonden met gerelateerde sensoren en verantwoordelijk zijn voor het controleren van de temperatuur, vochtigheid en waterstand. Onder andere hydrocultuursystemen zijn meer geïndustrialiseerd en geautomatiseerd en kunnen de productiviteit verhogen terwijl ze voldoen aan de eisen voor milieuvriendelijke ontwikkeling en balans, omdat ze gebaseerd zijn op apparaten voor milieubescherming en verbetering van het milieu, wat de sociaaleconomische ontwikkeling versterkt. Hydrocultuur blijkt een cruciaal antwoord te zijn op vele problemen die verband houden met traditionele bodemteelt. Deze techniek is vooral nuttig in gebieden waar ongunstige klimatologische omstandigheden zijn waargenomen (extreem klimaat, onvruchtbare grond, woestijnen, etc.), omdat gewassen geteeld via het hydrocultuursysteem niet beïnvloed worden door klimaatveranderingen (Kannan e.a. 2022: 2163). Hydrocultuur vermindert ook de frequentie van gevaarlijke bacteriële besmettingen, zoals Salmonella en E. coli, die bij hydrocultuur geteelde fruit en groenten 100 keer lager zijn dan bij conventioneel geteelde gewassen, omdat microben voornamelijk afkomstig zijn van mest die in contact komt met planten op velden. De aanwezigheid van wild, grazend vee in de buurt, onvoldoende gecomposteerde mest en afvoer vanuit geconcentreerde veevoederfaciliteiten verhogen de risico's. Hydrocultuur versterkt zo de veiligheid voor rauwe consumptie van producten zoals bladgroenten (Naresh e.a. 2024: 616).

Het kweken van planten zonder grond, zoals hydrocultuur, is slim en helpt bij het maken van grote hoeveelheden gewassen. Dit betekent dat er meer voedsel geproduceerd kan worden. De groeisnelheid van planten bij hydrocultuur is 30-50% sneller dan bij traditionele bodemteelt. Bijvoorbeeld, de groeisnelheid van sla bij hydrocultuur is 11 keer hoger dan bij traditionele teelt. De hoeveelheid producten die hydrocultuur kan produceren, de industriële productie van de

systemen, de machines die het werk makkelijker maken, de bruikbaarheid in kleinere gebieden en de verhoging van de productiviteit maken het een economisch gunstig alternatief voor investeringen en ontwikkeling in voedselproductie (Pomoni, Koukou e.a. 2023: 10). Hydroponische systemen overtreffen traditionele landbouwpraktijken aanzienlijk wat betreft groeisnelheid, oogstomvang en jaarlijkse opbrengstbetrouwbaarheid in de meeste productcategorieën. Door gecontroleerde omgevingen kunnen verschillende factoren die de opbrengst beïnvloeden worden geoptimaliseerd en worden risico's verbonden aan wisselende buitenomstandigheden vermeden (Naresh e.a. 2024: 614). Hydrocultuur is wereldwijd belangrijk voor de landbouw als kans voor teelt in gebieden zonder toegang tot kwalitatieve grond, en daarom is het toepasbaar in gebieden met ongunstige klimatologische omstandigheden en een gebrek aan bewerkbare grond. Deze kenmerken en voordelen maken hydrocultuursystemen geschikt voor teelt in stedelijke gebieden. Bovendien maakt het gebrek aan grond het mogelijk om vrij schone gewassen te oogsten en elimineert het de noodzaak van wassen, terwijl deze teeltmethode ook een laag risico op verontreiniging heeft. Zoals eerder was vermeld, maakt traditionele teelt uitgebreid gebruik van pesticiden en andere chemicaliën, waardoor hydrocultuur veiliger is dan teelt op open velden, omdat natuurlijke barrières tegen specifieke bacteriekolonies in hydrocultuur toepassen toegepast worden (Pomoni, Koukou e.a. 2023: 11). De combinatie van gestabiliseerde omgevingsomstandigheden, precieze levering van speciale voedingsoplossingen rechtstreeks aan de wortels en verlengde jaarlijkse productie stelt hydroponische systemen in staat om aanzienlijk hogere opbrengsten te behalen dan traditionele bodemteelt. Met voldoende groeiruimte en verlichtingssystemen kunnen hydroponische systemen de lokale gewasproductieniveaus aanzienlijk versterken in stedelijke centra of afgelegen gebieden om de voedselzekerheid te verbeteren (Naresh e.a. 2024: 614).

Een ander onbetwist voordeel van hydrocultuur is het gebruik ervan in aquaponics systemen, omdat aquaponics systemen een geschikte methode zijn voor het telen van groenten nabij steden met een minimale waterconsumptie. Deze combinatie van hydrocultuur- en aquaponics systemen dient voor directe recycling van afvalwater, omdat de uitgang van het ene deel van het systeem (afvalwater) wordt gebruikt als invoer (voedingsstoffen) voor het andere deel van het systeem. De Voedsel- en Landbouworganisatie (FAO) presenteert aquaponie als een veelbelovende en snelgroeiende methode voor voedselproductie, die nu al 50% van de door mensen geconsumeerde vis en voedsel produceert (Pomoni, Koukou e.a. 2023: 11).

Kortom, hydrocultuur biedt betere controle over de voeding van planten, efficiënter gebruik van ruimte en de mogelijkheid om het gebruik van meststoffen te verminderen. Verder ondersteunt hydrocultuur innovatieve, duurzame en milieuvriendelijke gewassen met een lagere milieubelasting en lagere uitstoot van broeikasgassen. Hydroponische systemen verminderen ook aanzienlijk het risico op zowel plantenziekten als de overdracht van bacteriële ziekten doordat deze systemen volledig gecontroleerd zijn.

6.2 Nadelen van hydrocultuur ten opzichte van traditionele landbouw

Hoewel het hydrocultuursysteem veel voordelen heeft, zijn er ook enkele nadelen verbonden met de hoge initiële investering, wat betekent dat boeren die geïnteresseerd zijn in deze methode voorzichtig moeten zijn bij het beginnen. De hoge initiële investering, hoge energiekosten, vereisten voor speciale technische kennis en de noodzaak van voortdurende assistentie en monitoring kunnen de acceptatie van deze teeltmethode belemmeren (Pomoni, Koukou e.a. 2023: 12). Er is ook een risico op door water overgedragen ziekten, omdat de voedingsoplossing rond de wortels van alle planten circuleert. Dus als één plant ziek wordt, is er een potentieel risico op besmetting van alle planten. Als de planten te warm worden en niet genoeg zuurstof krijgen, kunnen ze minder goed groeien en minder opbrengst geven (Kannan e.a. 2022: 2165). Bovendien is het hydrocultuursysteem volledig afhankelijk van elektriciteit, zonder welke de teeltoveratie volledig onmogelijk is, en eventuele stroomstoringen kunnen schade toebrengen aan de geplante gewassen (Gashgari e.a. 2018: 2).

Hoofdstuk 7. Hoe beïnvloedt hydroponische teelt in Nederland het water- en energieverbruik en wat wordt er gedaan om dit verbruik te verminderen

Consumenten zijn steeds meer geïnteresseerd in hoogwaardige producten die gezond, veilig en tegelijkertijd duurzaam geteeld zijn. Van producenten in de kassen wordt verwacht dat zij noodzakelijke maatregelen nemen om hun milieubelasting te verminderen, niet alleen wat betreft koolstofvoetafdruk (energiebeheer), maar ook wat betreft het gebruik van grondstoffen zoals water en meststoffen, en de emissies in het milieu (Lee 2016: 6). Hoewel hydrocultuur in Nederland het waterverbruik aanzienlijk heeft verminderd, blijft het energieverbruik nog steeds hoger in vergelijking met traditionele teelt in de grond. Het reguleren van het waterverbruik en het verminderen van het energieverbruik in de hydrocultuursector zijn daarom belangrijke doelstellingen geworden voor onderzoekers, beleidsmakers en bedrijven. Daarom zijn verschillende methoden en technologieën onderzocht en geïmplementeerd om deze uitdagingen te trotseren en de ecologische voetafdruk van de hydrocultuur te verbeteren. In dit hoofdstuk zal ik aandacht besteden aan de invloed van hydrocultuur op het water- en energieverbruik in Nederland en op de maatregelen die worden genomen om dit verbruik te verminderen. We zullen kijken naar innovatieve technologieën en bewezen praktijken die worden toegepast in hydrocultuur, evenals de rol van beleidsmaatregelen en regulering bij het bevorderen van duurzame ontwikkeling in de hydrocultuursector.

7.1 Waterverbruik in Nederland voor hydrocultuur en wat is er gedaan om dit te verminderen

Watertekort is een van de wereldwijde problemen die de mensheid moet trotseren, en dit probleem blijft groeien. De waterconsumptie groeit sneller dan de bevolkingsgroei in de afgelopen eeuw. De voedsel- en landbouwsector zijn de grootste waterverbruikers ter wereld. Volgens de FAO (Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties) wordt zestig procent van het zoete drinkwater gebruikt voor landbouwdoeleinden (FAO 2014). Genoeg water is een zeer belangrijk aspect voor politieke en sociale stabiliteit. Wereldwijd neemt het watertekort toe en is er een strijd voor drinkwater, wat het de noodzaak van efficiënt watergebruik in de tuinbouw en in kassen vergroot. Over het algemeen hebben kaskwekerijen een hoog water- en mestverbruik. Door het lozen van het afvalwater uit kassen in het milieu, kan de kwaliteit van oppervlakte- en grondwater dat geschikt is voor menselijke consumptie in gevaar komen, als gevolg van het gebruik van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen. Ter vergelijking, voor het kweken van een kilogram tomaten met traditionele landbouwmethoden is 60 liter water nodig, terwijl dit bij hydrocultuur in een kas slechts 15 liter is. Verdere vermindering tot 4 liter water per kilogram kan worden bereikt met moderne technologieën in kassen (Bram e. a. 2015: 7). “De perfecte” teler kan in een kas tien keer meer tomaten produceren met één kubieke meter

water dan een “gemiddelde” teler op het veld (Stanghellini 2014: 26). Deze besparingen komen uit efficiënte methoden van het toepassen van water bij hydrocultuur of uit het hergebruik van afvalwater. De belangrijkste bron van water in de Nederlandse kasteelt is regenwater. Naast regenwater moeten meestal één of meer alternatieve waterbronnen beschikbaar zijn om te zorgen voor voldoende watervoorziening. De watervoorziening moet ook bestand zijn tegen de gevolgen van klimaatverandering, zoals overmatige neerslag of droogte. Een belangrijke stap om waterverbruik te beperken is zorgen dat er voldoende kwalitatief goed water beschikbaar is dat op lange termijn opnieuw kan worden gebruikt (Bram e. a. 2015: 7). Bij hydrocultuur gaat er geen water verloren door absorptie in de grond en verdamping. Tot 80% van het water dat bij traditionele landbouw wordt gebruikt, gaat verloren door verdamping of afvloeiing buiten de wortelzone voordat planten het kunnen opnemen. Er zijn ook systemen die vochtigheid nauwkeurig regelen en over bewatering voorkomen. Sensoren bewaken het vochtgehalte en irrigatieplannen kunnen worden aangepast om water te leveren zoals nodig is (Nares e.a. 2024: 613).

Bij het telen zonder traditionele grond kan voedingsoplossing worden gerecycled, wat het tot een zeer efficiënt en duurzaam productiesysteem maakt (Beerling e.a. 2014: 1133). In dergelijke Nederlandse kassen is het verzamelen en hergebruiken van afvalwater verplicht. Bodemloze systemen kunnen zeer efficiënt zijn wat betreft water en voedingsstoffen, maar alleen als het afvalwater wordt opgevangen en gerecycled. In Nederland, waar meer dan 80% van de kasproductie uit bodemloze systemen bestaat, is waterrecirculatie verplicht sinds 1994 (Beerling e.a. 2014: 1133). In 2013 trad nieuwe wetgeving in werking met normen voor stikstofemissies, die telers geleidelijk leiden naar nul-emissies tegen 2027 (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2013). Om op korte termijn aan deze eisen te voldoen, moeten telers de hoeveelheid gerecirculeerd afvalwater verhogen om aan de huidige normen voor stikstofemissies te voldoen, terwijl ze ook het overblijvende afvalwater moeten zuiveren voordat ze het lozen. Een oplossing is volledig gesloten bodemloze systemen implementeren, die bijna geen lozing van afvalwater uit de kas bieden. Desondanks aarzelen commerciële telers nog steeds om voedingsoplossingen opnieuw te gebruiken. Deze houding wordt over het algemeen veroorzaakt door een gebrek aan kennis, wantrouwen in de kwaliteit van het (afval)water, of technische beperkingen met betrekking tot het verzamelen en zuiveren van afvalwater (Beerling e.a. 2014: 1134). Een efficiënt gebruik van water wordt gegarandeerd door goede investeringen in infrastructuur, technologieën en educatie (Stanghellini, 2014: 28)

Hoe ziet deze hele cyclus van circulerend water in een kas er eigenlijk uit? De cyclus begint met het toevoeren van vers irrigatiewater, dat we primair water noemen. In het ideale geval zou dit regenwater moeten zijn. Als er niet genoeg regenwater is, wordt er grondwater, oppervlaktewater of leidingwater gebruikt. Dit water moet echter wel voldoen aan de kwaliteitseisen voor gebruik in een hydroponisch systeem. Vervolgens worden voedingsstoffen in de juiste concentratie en verhoudingen aan het irrigatiewater toegevoegd. Een centrale pomp stuurt dan al het irrigatiewater via een systeem van buizen en druppelaars naar de planten.

Uiteindelijk druppelt het water in het substraat. De start- en stoptijden van de irrigatie, de frequentie en de duur van de irrigatie worden aangepast aan de behoeften van de plant. Het water dat het substraat verlaat via de afvoer wordt afvoerwater genoemd. Dit afvoerwater wordt verzameld, gefilterd en vervolgens opgeslagen in een tank die speciaal voor dit water bestemd is. Preventief wordt het afvoerwater gedesinfecteerd met technologieën zoals verwarming, Uv-straling, ozon of door oxidatie. Het gedesinfecteerde afvoerwater wordt dan opgeslagen in een ‘schone’ tank voor afvoerwater en is klaar voor hergebruik (Lee 2016: 10).

Naast het verzamelen en recycleren van gebruikt drainagewater, is het ook mogelijk om getranspireerd water in kassen te verzamelen. Getranspireerd water is water dat planten via hun bladeren uitstoten. Het grootste waterverlies wordt juist door transpiratie veroorzaakt. Er wordt tien keer meer water getranspireerd dan dat er wordt opgeslagen in de biomassa, oftewel in de planten. Er is aangetoond dat de efficiëntie van transpiratie is verbonden met de luchtvochtigheid. Verdere ontwikkeling in hoogtechnologische kassen biedt een spannend vooruitzicht om volledig van dit probleem af te komen. (Stanghellini 2014: 26). Stuart Lambie, duurzaamheidsmanager bij het Nederlandse bedrijf Grodan, dat wereldleider is in het leveren van oplossingen voor het beheer van een bodemloze wortelomgeving voor gecontroleerde landbouw, zegt dat hij in de toekomst een verhoogd gebruik van gesloten recirculatiesystemen verwacht. In Nederland dit gebruikelijk en het wordt ook toegepast door geavanceerdere telers in sommige andere landen, zegt Lambie (www21).

7.2 Energieverbruik in Nederland voor hydrocultuur en wat is er gedaan om dit te verminderen

De Nederlandse overheid en de glastuinbouwsector hebben een langetermijnovereenkomst gesloten over energiedoelstellingen, bekend als Glami (Convenant Glastuinbouw en Milieu). Een van de doelen van deze overeenkomst was om de energie-efficiëntie-index (EE-index) tegen 2010 met 35% te verbeteren in vergelijking met het jaar 1980. De EE-index wordt gedefinieerd als het verbruik van primaire brandstof per eenheid van product, gerelateerd aan het jaar 1980. Terwijl in 1995 al een energie-efficiëntie van 60% werd bereikt, blijven de resultaten sindsdien achter. De redenen hiervoor zijn onder meer een afname van de bijdrage van derde partijen aan warmte als gevolg van de liberalisering van de energiemarkt en een toename van energie-intensieve processen, zoals verlichting in kassen. Ook neemt de mechanisatie, automatisering en intensivering toe, wat steeds meer CO₂ produceert en elektriciteit vereist. Als gevolg van het klimaatbeleid verplaatst de focus van de sector zich van het verbeteren van de energie-efficiëntie naar het verminderen van CO₂-uitstoot (Breukers, Hietbrink, Ruijs 2008: 29). Bij traditionele kaslandbouw wordt de meeste energie verbruikt voor verwarming, koeling en verlichting. Studies hebben echter aangetoond dat hydroponics meer energie verbruikt dan conventionele kaslandbouw (Pomoni, Koukou e.a. 2023: 2). Het binnenklimaat van de kas moet optimale

groeiomstandigheden bieden. Daarom is het belangrijk om verwarmings- en koelapparatuur, ventilatie- en bevochtigingssystemen, schaduw- en verlichtingsmechanismen, en CO₂-verrijkingssystemen te gebruiken. Warmte in de kas speelt een cruciale rol voor de juiste plantengroei (Pomoni, Koukou e.a. 2023: 7). Er zijn verschillende mogelijkheden om energie te besparen in de glastuinbouw. Een eerste mogelijkheid zijn nieuwe kassen met betere verlichting, isolatie, temperatuur- en vochtregeling, enzovoort. Een andere mogelijkheid is warmtekrachtkoppeling (WKK). Warmte-krachtkoppeling eenheden combineren de productie van warmte en elektriciteit. Bedrijven in de glastuinbouw kunnen industriële warmte kopen van energiebedrijven of zelf warmte-krachtkoppeling eenheden installeren. Deze eenheden hebben een positief effect op de energie-efficiëntie, maar leiden tot een algemene toename van de CO₂-uitstoot. Er is ook de mogelijkheid van duurzaam energieverbruik in de glastuinbouw, bijvoorbeeld groene stroom, die wordt opgewekt uit hernieuwbare bronnen zoals wind, water en zonne-energie (Breukers, Hietbrink, Ruijs 2008: 30,31).

Om verdere besparingen te realiseren en de duurzaamheid van energieverbruik te verbeteren, is de glastuinbouw afhankelijk van nieuwe ontwikkelingen zoals (semi-) gesloten kassen, energie neutrale kassen, kassen als energiebron en geothermische energie. Er is nog veel kennis en praktijkervaring nodig, vooral omdat deze kassen verschillende teeltparameters vereisen (Hietbrink e.a. 2006). Ledverlichting aangepast voor gecontroleerde fotosynthese vermindert het elektriciteitsverbruik, terwijl de integratie van hernieuwbare energieën de ecologische voetafdruk verder verkleint (Naresh e.a. 2024: 613). Binnen teeltmethoden zoals hydrocultuur streven naar energiesystemen met een neutrale of positieve energiebalans, waarbij ze evenveel of meer schone energie genereren dan ze verbruiken, bijvoorbeeld door zonnepanelen te installeren op daken of nabijgelegen velden, windturbines te installeren, biobrandstoffen te gebruiken of warmtepompen te installeren in de grond, die voorzien in verwarmings- en koelbehoeften. Overtollige warmte of CO₂ uit hernieuwbare systemen kan ook worden opgevangen om de groei van planten te stimuleren. Geïsoleerde bouwmaterialen, daglichtontwerp en energiezuinige ledlampen dragen ook bij aan het verminderen van het energieverbruik (Naresh e.a. 2024: 617).

Samenvatting

Deze bachelor scriptie gaat over hydroponische teelt in Nederland, hoe het wordt gebruikt en welke invloed het heeft op het klimaat. Het werk is verdeeld in zeven hoofdstukken. In het eerste hoofdstuk focus ik me op de definitie van hydroponische teelt, de gebruikte systemen en geschikte substraten. In het tweede hoofdstuk beschrijf ik de geschiedenis van hydroponie en hoe het zich heeft ontwikkeld. Het derde hoofdstuk behandelt de technologieën voor hydroponische teelt in Nederland en hun ontwikkeling. Het vierde hoofdstuk richt zich op het gebruik van hydroponische teelt voor groenten, fruit en bloemen. Het vijfde hoofdstuk richt zich op duurzaamheid en milieubescherming. Het zesde hoofdstuk vergelijkt de voor- en nadelen van hydroponische teelt met traditionele teelt in de grond. Het zevende hoofdstuk beschrijft de impact van hydroponische teelt op het water- en elektriciteitsverbruik en stappen om ze te verminderen. Tot slot geef ik in de conclusie feiten die ik tijdens het werk heb verzameld.

Conclusie

Ter afsluiting van deze bachelor scriptie kunnen we dieper nadenken over het belang van hydrocultuur binnen de huidige en toekomstige uitdagingen in de landbouw en milieu. Hydrocultuur, wat het telen van planten zonder grond met behulp van minerale voedingsstoffen in water omvat, vertegenwoordigt een van de oplossingen met enorm potentieel voor het uitbreiden van de wereldwijde voedselvoorziening. Door gewassen te laten groeien in gecontroleerde omstandigheden zonder afhankelijk te zijn van schaarse landbouwgrond en irrigatiewater, kunnen hydrocultuursystemen aanzienlijk hogere opbrengsten produceren met minder inputen. Hydrocultuursystemen bieden tal van voordelen, zoals efficiënter watergebruik, verminderd gebruik van pesticiden, insecticiden en herbiciden, de mogelijkheid om gewassen te telen in onherbergzame omgevingen zonder grond en een aanzienlijk verminderd risico op ziektes. Deze innovatieve technologieën vormen een belangrijke stap naar een duurzamere en efficiëntere landbouw, die essentieel is voor het waarborgen van voedselveiligheid en bescherming van het milieu in de toekomst. Echter, het is belangrijk te beseffen dat hydrocultuur niet zonder zijn uitdagingen en beperkingen is. De massale acceptatie van hydrocultuursystemen stuit op hindernissen met betrekking tot technologische expertise, toegang tot betaalbare apparatuur, beschikbaarheid van inputen zoals energie of water en de hoge energie-eisen. Het is daarom belangrijk te erkennen dat de overstap naar hydrocultuursystemen in de landbouw niet eenvoudig is en complexe strategieën en investeringen vereist. Overheidssteun, investeringen in infrastructuur en technologieën, en het opleiden van boeren en arbeiders in de agrarische sector zijn noodzakelijk. Alleen een geïntegreerde aanpak en samenwerking tussen de overheid, industrie en academische sector kunnen leiden tot een succesvolle ontwikkeling van hydrocultuursystemen in de landbouw en de voordelen ervan voor de samenleving en het milieu. Met de voortdurende groei van de wereldbevolking kan een gebrek aan verbetering in landbouwproductiviteit en efficiëntie van hulpbronnengebruik ernstige gevolgen hebben voor de toekomstige beschikbaarheid en veiligheid van voedsel. Systemen zoals hydrocultuur bieden veelbelovende manieren om de opbrengst van gewassen duurzaam te verhogen. Nederland, als leider in hydrocultuur landbouw, heeft het potentieel om een wereldwijd voorbeeld te stellen voor andere landen. Dankzij zijn innovatieve aanpak en investeringen in onderzoek en ontwikkeling kan Nederland de weg wijzen naar een duurzamere landbouw die de negatieve impact op het milieu minimaliseert en tegelijkertijd de voedselproductie verhoogt. Dit is cruciaal niet alleen voor Nederland, maar ook voor de hele wereld, die geconfronteerd wordt met de groeiende behoefte aan voedsel als gevolg van demografische groei en klimaatverandering. Samenvattend kan worden gesteld dat hydrocultuur een cruciaal element vormt van duurzame landbouw en een belangrijke rol kan spelen in de toekomst van de wereldwijde voedselproductie en milieubescherming. Het is onze verplichting om deze innovatieve technologieën te blijven ondersteunen en ontwikkelen om zo de levensstandaard en duurzaamheid van onze planeet voor toekomstige generaties te verhogen.

Ik hoop dat deze bachelor scriptie een compleet inzicht heeft geboden in deze kwestie en heeft bijgedragen aan een beter begrip van het belang van hydrocultuur voor duurzame landbouw en milieubescherming, niet alleen in Nederland, maar ook wereldwijd. Het is belangrijk om deze technologie verder te onderzoeken en te ontwikkelen om de voordelen te maximaliseren en eventuele nadelen te minimaliseren.

Bibliografie

Literatuurlijst

Beerling, van Os, van Ruijven, Janse, Lee, Blok 2014 – E. Beerling, E. van Os, J. van Ruijven, J. Janse, A. Lee, C. Blok: ‘Closing the water and nutrient cycles in soilless cultivation systems’. In *Acta horticultrae* 2014: 1133-1134
DOI: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1034.4>

Besluit Glastuinbouw 2002 – Besluit Glastuinbouw: *Regulation Greenhouse Horticulture* 2013.
URL: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0013430/2012-01-01> [geraadpleegd op 30.04.2024]

EU-WFD 2000 – Europese parlement – Water Framework Directive: ‘Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy’. In *Official Journal of the European Communities* 2000 L327/1-72. URL: http://ec.europa.eu/environment/water/waterframework/index_en.html [geraadpleegd op 30.04.2024]

FAO 2009 – Food and Agriculture Organization: *How to Feed the World in 2050*: 2 URL: https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf [geraadpleegd op 30.04.2024]

Gashgari, Alharbi, Mughrbil, Jan, Glolam 2018 – Raneem Gashgari, Khawlah Alharbi, Khadija Mughrbil, Ajwan Jan, Abeer Glolam: *Comparison between Growing Plants in Hydroponic System and Soil Based System*. Madrid 2018: 1-2
URL: https://avestia.com/MCM2018_Proceedings/files/paper/ICMIE/ICMIE_131.pdf

Gericke 1940 – William F. Gericke: *The Complete Guide to Soilless Gardening*. New York, Prentice-Hall 1940: 1

Hietbrink, Ruijs, Vlist 2006 – Olaf Hietbrink, Marc Ruijs, Arno van der Vlist: *Ruimte voor Greenports*. Den Haag, DelthaHage BV 2006. URL: <https://edepot.wur.nl/120449>

Hussain, Iqbal, Aziem, Mahato, Negi 2014 – Aatif Hussain, Kaiser Iqbal, Showket Aziem, Prasanto Mahato, A.K. Negi: ‘A Review on the Science of Growing Crops Without Soil (Soilless Culture) – A Novel Alternative for Growing Crops’. In *International Journal of Agriculture and Crops Sciences* 2014. URL: https://www.researchgate.net/publication/277017205_A_Review_On_The_Science_Of_Growing_Crops_Without_Soil_Soilless_Culture_-_A_Novel_Alternative_For_Growing_Crops

Jones 2004 – J. Benton Jones Jr.: *Hydroponics: History and Practice*. Florida, CRC Press 2004.

Jones 2005 – J. Benton Jones Jr.: *Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower*. Florida, CRC Press 2005: 3

Jones 2014 – J. Benton Jones Jr.: *Complete Guide for Growing Plants Hydroponically*. Florida, CRC Press 2014: 1

Jones 2014 – J. Benton Jones Jr.: *Complete Guide for Growing Plants Hydroponically*. Florida, CRC Press 2014: 5

Kannan, Elavarasan, Balamurugan, Dhanusiya, Freedom 2022 – M. Kannan, G. Elavarasan, A. Balamurugan, B. Dhanusiya, D. Freedom: ‘Hydroponic farming – A state of art for the future agriculture’. In *Materials Today: Proceedings* 9.9.2022: 2163
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.08.416>

Kannan, Elavarasan, Balamurugan, Dhanusiya, Freedom 2022 – M. Kannan, G. Elavarasan, A. Balamurugan, B. Dhanusiya, D. Freedom: ‘Hydroponic farming – A state of art for the future agriculture’. In *Materials Today: Proceedings* 9.9.2022: 2165
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.08.416>

Lee, Enthoven, Kaarsemaker 2016 – Andrew Lee, Nico Enthoven, Ruud Kaarsemaker: *Best Practice Guidelines for Greenhouse Water Management*. Z. p., GRODAN 2016: 6

Lee, Enthoven, Kaarsemaker 2016 – Andrew Lee, Nico Enthoven, Ruud Kaarsemaker: *Best Practice Guidelines for Greenhouse Water Management*. Z. p., GRODAN 2016: 10

van der Maas, van Winkel, Blok, Beerling 2015 – Bram van der Maas, Aat van Winkel, Chris Blok, Ellen Beerling: *Duurzaam Water in de Glastuinbouw*. Violierenweg, Wageningen UR 2015.
URL: <https://edepot.wur.nl/344166> [geraadpleegd op 30.04.2024]

Ministry of Infrastructure and Environment 2013 - Activiteitenbesluit Landbouw 01-01-2013. IenM/BSK2012/233271 (in Dutch) – p.14, www.rijksoverheid.nl (accessed June 7, 2013)
[geraadpleegd op 30.04.2024]

Naresh, Jadav, Singh, Patel, Singh, Beese, Pandey 2024 – Ram Naresh, Sagar K Jadav, Monika Singh, Abhimanyu Patel, Barinderjit Singh, Sheedhar Beese, Shivam Kumar Pandey: ‘Role of Hydroponic in Improving Water-Use Efficiency and Food Security’. In *International Journal of Environmental and Climate Change* 14(2): 609
DOI: <https://doi.org/10.9734/ijecc/2024/v14i23976>

Naresh, Jadav, Singh, Patel, Singh, Beese, Pandey 2024 – Ram Naresh, Sagar K Jadav, Monika Singh, Abhimanyu Patel, Barinderjit Singh, Sheedhar Beese, Shivam Kumar Pandey: ‘Role of Hydroponic in Improving Water-Use Efficiency and Food Security’. In *International Journal of Environmental and Climate Change* 14(2): 613-614
DOI: <https://doi.org/10.9734/ijecc/2024/v14i23976>

Naresh, Jadav, Singh, Patel, Singh, Beese, Pandey 2024 – Ram Naresh, Sagar K Jadav, Monika Singh, Abhimanyu Patel, Barinderjit Singh, Sheedhar Beese, Shivam Kumar Pandey: ‘Role of Hydroponic in Improving Water-Use Efficiency and Food Security’. In *International Journal of Environmental and Climate Change* 14(2): 616-617
DOI: <https://doi.org/10.9734/ijecc/2024/v14i23976>

Patil, Kadam, Mane, Mahale, Dhekale 2020 – S.T. Patil, U. S. Kadam, M. S. Mane, D. M. Mahale, J. S. Dhekale: ‘Hydroponic Growth Media (Substrate): A Review’. In *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry* 21(23): 107

Pomoni, Koukou, Vrachopoulos, Vasiliadis 2023 – Dimitra I. Pomoni, Maria K. Koukou, Michail Gr. Vrachopoulos, Labros Vasiliadis: ‘A Review of Hydroponics and Conventional Agriculture Based on Energy and Water Consumption, Environmental Impact and Land Use’. In

Energies 2023, 16, 1690: 2

DOI: <https://doi.org/10.3390/en16041690>

Pomoni, Koukou, Vrachopoulos, Vasiliadis 2023 – Dimitra I. Pomoni, Maria K. Koukou, Michail Gr. Vrachopoulos, Labros Vasiliadis: ‘A Review of Hydroponics and Conventional Agriculture Based on Energy and Water Consumption, Environmental Impact and Land Use’. In *Energies* 2023, 16, 1690: 4

DOI: <https://doi.org/10.3390/en16041690>

Pomoni, Koukou, Vrachopoulos, Vasiliadis 2023 – Dimitra I. Pomoni, Maria K. Koukou, Michail Gr. Vrachopoulos, Labros Vasiliadis: ‘A Review of Hydroponics and Conventional Agriculture Based on Energy and Water Consumption, Environmental Impact and Land Use’. In *Energies* 2023, 16, 1690: 7

DOI: <https://doi.org/10.3390/en16041690>

Pomoni, Koukou, Vrachopoulos, Vasiliadis 2023 – Dimitra I. Pomoni, Maria K. Koukou, Michail Gr. Vrachopoulos, Labros Vasiliadis: ‘A Review of Hydroponics and Conventional Agriculture Based on Energy and Water Consumption, Environmental Impact and Land Use’. In *Energies* 2023, 16, 1690: 10-11

DOI: <https://doi.org/10.3390/en16041690>

Pomoni, Koukou, Vrachopoulos, Vasiliadis 2023 – Dimitra I. Pomoni, Maria K. Koukou, Michail Gr. Vrachopoulos, Labros Vasiliadis: ‘A Review of Hydroponics and Conventional Agriculture Based on Energy and Water Consumption, Environmental Impact and Land Use’. In *Energies* 2023, 16, 1690: 12

DOI: <https://doi.org/10.3390/en16041690>

Pomoni, Koukou, Vrachopoulos, Vasiliadis 2023 – Dimitra I. Pomoni, Maria K. Koukou, Michail Gr. Vrachopoulos, Labros Vasiliadis: ‘A Review of Hydroponics and Conventional Agriculture Based on Energy and Water Consumption, Environmental Impact and Land Use’. In *Energies* 2023, 16, 1690: 17

DOI: <https://doi.org/10.3390/en16041690>

Parlementaire Monitor 2015 – Parlementaire Monitor: *Hoofdlijnenakkoord waterzuivering in de glastuinbouw (bijlage bij 32627, nr.20)*. URL:

<https://www.parlementairemonitor.nl/9353000/1/j9vvij5epmj1ey0/vjy4lt65ervg> [geraadpleegd op 30.04.2024]

Raviv, Lieth 2008 – Michael Raviv, J. Heinrich Lieth: *Soilless Culture: Theory and practice*. Londen/Amsterdam, Elsevier 2008: 163-164

Raviv, Lieth 2008 – Michael Raviv, J. Heinrich Lieth: *Soilless Culture: Theory and practice*. Londen/Amsterdam, Elsevier 2008: 166-167

Resh 2022 – Howard M. Resh: *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advances Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*. Florida, CRC Press 2022.

Sonneveld, Voogt 2009 – Cees Sonneveld, Wim Voogt: *Plant Nutrition of Greenhouse Crops*. Z. p., Springer Netherlands 2009.

Stanghellini 2014 – Cecillia Stanghellini: ‘Horticultural production in greenhouses: Efficient use of water’. In *Acta Horticulturae* 1034: 26

DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1034.1>

Stanghellini 2014 – Cecilia Stanghellini: ‘Horticultural production in greenhouses: Efficient use of water’. In *Acta Horticulturae* 1034: 28

DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1034.1>

Velazquez-Gonzalez, Garcia-Garcia, Ventura-Zapata, Barceinas-Sanchez, Sosa-Savedra 2022 – Roberto S. Velazquez-Gonzalez, Adrian L. Garcia-Garcia, Elsa Ventura-Zapata, Jose Dolores Oscar Barceinas-Sanchez, Julio C. Sosa-Savedra: ‘A Review on Hydroponics and the Technologies Associated for Medium- and Small-Scale Operations’. In *Agriculturae* 2022, 12(5), 646: 1 DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12050646>

Velazquez-Gonzalez, Garcia-Garcia, Ventura-Zapata, Barceinas-Sanchez, Sosa-Savedra 2022 – Roberto S. Velazquez-Gonzalez, Adrian L. Garcia-Garcia, Elsa Ventura-Zapata, Jose Dolores Oscar Barceinas-Sanchez, Julio C. Sosa-Savedra: ‘A Review on Hydroponics and the Technologies Associated for Medium- and Small-Scale Operations’. In *Agriculturae* 2022, 12(5), 646: 3-4 DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12050646>

Vermeulen, Hubers, de Vries, Brazier 2020 – Angelo C. J. Vermeulen, Coen Hubers, Liselotte de Vries, Frances Brazier: ‘What horticulture and space exploration can learn from each other: The Mission to Mars initiative in Netherlands’. In *Acta Astronautica* 2020: 421-422

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.05.015>

Internetbronnen

- www1 - <https://www.trees.com/gardening-and-landscaping/hydroponic-drip-system>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www2 - <https://www.trees.com/gardening-and-landscaping/deep-water-culture>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www3 - <https://www.trees.com/gardening-and-landscaping/nutrient-film-technique>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www4 - <https://www.trees.com/gardening-and-landscaping/ebb-and-flow-hydroponics>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www5 - <https://www.trees.com/gardening-and-landscaping/aeroponic>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www6 - <https://www.trees.com/gardening-and-landscaping/aquaponic-gardening#what-is-aquaponics>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www7 - <https://www.farmerscion.com/modern-farming/overview-of-aquaponics-system-farming/>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www8 - <https://vertical.mt/what-is-vertical-farming/>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www9 - https://www.worldhistory.org/Hanging_Gardens_of_Babylon/
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www10 - https://en.wikipedia.org/wiki/Hanging_Gardens_of_Babylon
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www11 - <https://ezgrogarden.com/history-of-hydroponics-2/aztec-chinampas-of-central-america/>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www12 - <https://www.thearchaeologist.org/blog/chinampas-the-ancient-aztec-floating-gardens-that-hold-promise-for-future-urban-agriculture>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www13 - <https://www.dw.com/en/could-high-tech-netherlands-style-farming-feed-the-world/a-47105412>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www14 - <https://www.agritecture.com/blog/2020/2/26/how-the-dutch-use-architecture-to-feed-the-world>
[geraadpleegd op 29.04.2024]

- www15 - <https://www.washingtonpost.com/business/interactive/2022/netherlands-agriculture-technology/>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www16 - <https://greenportwestholland.nl/en/about/>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www17 - <https://www.zuid-holland.nl/onderwerpen/economie/greenports/>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www18 - <https://www.greenports-nederland.nl/nl/greenports>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www19 - <https://www.aptean.com/nl-NL/insights/blog/benefits-of-hydroponics>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www20 - <https://www.trees.com/gardening-and-landscaping/advantages-disadvantages-of-hydroponics>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www21 - <https://www.grodan.com/global/our-thinking/our-thinking-stories/world-water-day-2018-lets-talk-water-in-horticulture/>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www22 - <https://www.nationalgeographic.com/magazine/article/holland-agriculture-sustainable-farming>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www23 - <https://www.higarden.cz/blog/keramzit-jako-pestebni-medium/>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www24 - <https://www.pestik.cz/module/csblog/post/75-14-12-nejlepsich-pestebni-medii-pro-hydroponii.html#gref>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www25 - <https://www.bol.com/nl/nl/p/nestmateriaal-kokosvezel-vogelnest-250-gr/9200000010752111/>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www26 - <https://www.vleesetendeplantshop.be/product/grof-perliet-2l>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www27 - <https://www.blinkkachels.nl/vermiculite-korrels-100l-0-tot-5-mm>
[geraadpleegd op 29.04.2024]
- www28 - <https://gathera.com/blogs/learn/william-f-gericke-the-inventor-of-hydroponics>
[geraadpleegd op 29.04.2024]

Summary

This bachelor thesis deals with hydroponic cultivation in the Netherlands, its use, and its impact on the climate. The thesis is divided into seven chapters. In the first chapter, I focus on the definition of hydroponic cultivation, the systems used, and suitable substrates. The second chapter describes the history of hydroponics and its development. The third chapter focuses on the technologies of hydroponic cultivation in the Netherlands and their development. The fourth chapter deals with the use of hydroponic cultivation for vegetables, fruits, and flowers. The fifth chapter focuses on sustainability and environmental protection. The sixth chapter compares the advantages and disadvantages of hydroponic cultivation with traditional soil cultivation. The seventh chapter describes the impact of hydroponic cultivation on water and electricity consumption and steps to reduce them. In conclusion, I present facts obtained during the work.

Resumé

Tato bakalářská práce se zabývá hydroponickým pěstováním v Nizozemsku, jeho využitím a vlivem na klima. Práce je rozdělena do sedmi kapitol. V první kapitole se zaměřuji na definici hydroponického pěstování, používané systémy a vhodné substráty. Ve druhé kapitole popisují historii hydroponie a její vývoj. Třetí kapitola se věnuje technologiím hydroponického pěstování v Nizozemsku a jeho vývoji. Čtvrtá kapitola se zabývá použitím hydroponického pěstování pro zeleninu, ovoce a květiny. Pátá kapitola se zaměřuje na udržitelnost a ochranu životního prostředí. Šestá kapitola srovnává výhody a nevýhody hydroponického pěstování s tradičním pěstováním v půdě. Sedmá kapitola popisuje vliv hydroponického pěstování na spotřebu vody a elektřiny a kroky k jejich snížení. V závěru uvádím fakta, která byla získána v průběhu práce.

Anotace

Jméno autora: Daniela Janásová

Název fakulty a katedry: Filozofická fakulta Univerzity Palackého v Olomouci,
Katedra nederlandistiky

Název bakalářské práce: Hydroponische teelt in Nederland: Het gebruik en de impact op het klimaat

Anglický název bakalářské práce: Hydroponic Cultivation in the Netherlands: Usage and impact on climate

Český název bakalářské práce: Hydroponické pěstování v Nizozemsku: Využití a vliv na klima

Vedoucí bakalářské práce: M.A. Bas Hamers

Počet znaků: 79 368

Počet stránek: 48

Počet příloh: 0

Počet použitých titulů:

a) literární zdroje: 25

b) internetové zdroje: 28

Klíčová slova: hydroponische teelt, duurzaamheid, bodemloze landbouw, klimaatbescherming, kas teelt

Krátká charakteristika: Cílem této práce je seznámit se s dostupnou odbornou literaturou a dostupnými statistikami, které se týkají tématu. Práce je rozdělena do sedmi kapitol. Hlavním tématem je hydroponické pěstování v Nizozemsku a jeho využití a vliv na klima. Cílem práce je průzkum různých aspektů této metody zemědělství, zahrnující využití, enviromentální dopady a potenciál pro zmírnění klimatických změn. Práce poskytuje komplexní pohled na téma a zkoumá možnosti, které hydroponické pěstování nabízí pro udržitelnost a ochranu životního prostředí.