

Kroos: Plaaggeest met potentie?

Een onderzoek op het gebied van duurzaamheid, milieuvriendelijkheid, waterzuivering en viskweek.

Martijn van der Zwet en Luc Heisterkamp
V6a
R.A. Haseth
Katholieke Scholengemeenschap Hoofddorp

Voorwoord

Het navolgende profielwerkstuk (PWS) is geschreven in het licht van het VWO-eindexamen. De kernvakken van dit PWS zijn biologie en scheikunde. Na enige tijd mogelijkheden overwogen te hebben voor het onderwerp zijn wij uiteindelijk uitgekomen op 'Voorkeur van afvalstofopname door eendenkroos'. Dit onderwerp hebben wij gekozen omdat het nog niet eerder onderzocht is en dit ons een prachtige kans geeft om nieuw onderzoek te verrichten. Tot slot willen wij de secties biologie, natuurkunde en scheikunde van de Katholieke Scholengemeenschap Hoofddorp bedanken. Wij willen meneer G.J. Broers, meneer A.M. Heemstra, mevrouw A.M.E. Borst en L. Tas bedanken voor het bruikbaar stellen van laboratoria en apparatuur. Meneer A. Civil, meneer R. Glebbeek en meneer E. Ran bedanken wij voor het door hen gegeven advies in hun vakgebied. Als laatste willen wij onze profielwerkstukbegeleider meneer R.A. Haseth bedanken voor zijn raadgeving en ondersteuning, waardoor het voor ons mogelijk was zo een complex echter interessant onderzoek op te stellen en daadwerkelijk te analyseren.

Martijn van der Zwet en Luc Heisterkamp

Inhoudsopgave

Voorwoord	1
Inleiding	3
Opbouw onderzoek	5
Theoretische onderbouwing	6
Stikstofcyclus	6
Fotosynthese bij waterplanten	8
Groei van kroos	11
Waterzuivering	13
Kroos als visvoer	15
Chemische eigenschappen	17
Natriumnitraat	17
Natriumnitriet	19
Ammoniumchloride	21
Materialen en methoden	23
Verkennd onderzoek	23
Gericht onderzoek	25
Verwerking resultaten	27
Verkennd onderzoek	27
Gericht onderzoek	35
Conclusie	59
Discussie	60
Bronnenlijst	62
Bijlagen	65
Bijlage 1: Begrippenlijst	65
Bijlage 2: Logboek	68

Inleiding

Het behouden van biodiversiteit¹, het klimaat en het mogelijk maken van leven op aarde. De gemeenschappelijke factor bij al deze zaken wijst in één richting: water! Ongeveer zeventig procent van het gehele aardoppervlak is bedekt met water. Een bedreiging van het aquatisch milieu² en de organismen die dit in stand houden op aarde moet dan ook als een serieuze bedreiging gezien worden.

De vis die wordt gebruikt voor visconsumptie werd in het verleden volledig verkregen vanuit oceanen, meren en rivieren. Aangezien de voormalige wereldbevolking toentertijd significant kleiner was konden de verschillende vissoorten, en zo ook ecosystemen, verspreid over de aarde dit weggeviste deel missen zonder enige schade op te lopen. Echter met het groeien van de bevolking, groeit ook de vraag naar consumptievissen. Dit heeft geleid tot overbevissing³. De overbevissing heeft negatieve gevolgen voor onder andere het paaibestand⁴, waardoor bepaalde vissoorten gedeeltelijk of geheel zijn verdwenen.

Terwijl de bevolking op aarde exponentieel groeit, kwam de realisatie dat men niet langer kon doorgaan met alleen consumptievissen te onttrekken aan de oceaan. Vanaf dit moment begon men ook te werken met de zogenaamde kweekvissen. Deze vissen worden speciaal gekweekt voor de mens om te consumeren, om de overbevissing tegen te gaan en het aquatische milieu te ontlasten van een deel van de menselijke druk die erop ligt.

Hoewel consumptievissen tegenwoordig grotendeels gekweekt worden, gaat dit de overbevissing alsnog niet voldoende tegen. Dit heeft te maken met het feit dat de huidige wereldbevolking een aantal van zeven miljard mensen telt. Zelfs als maar een klein deel van de consumptievissen uit de oceanen wordt gevangen, veroorzaakt de enorme vraag hiernaar toch nog overbevissing. Ook is het proces waarbij de vissen worden gekweekt absoluut niet duurzaam.

De huidige visvangst naar consumptievissen omvat ook veel bijvangst, dit bestaat voornamelijk uit andere in het water levende organismen, die niet geschikt zijn voor menselijke consumptie. Deze bijvangst wordt echter niet terug geworpen in zee, maar wordt gedroogd en vermalen tot visvoer voor de kweekvissen. Dit heeft tot gevolg dat de visstand⁵ van vooral kleinere vissoorten sterk gedaald is. Deze vissen staan aan de basis van vele voedselketens en zijn dus essentieel voor het ecosysteem waar zij deel van uitmaken. Overbevissing op deze soorten heeft gigantische gevolgen voor alle stappen die hen volgen in het voedselweb⁶ van het specifieke ecosysteem.

¹ Biodiversiteit: De graad van verscheidenheid aan levensvormen.

² Aquatisch milieu: het milieu in het water.

³ Overbevissing: Het verschijnsel dat men meer vis vangt dan er door natuurlijke aanwas bij komt.

⁴ Paaibestand: Het aantal dieren die voor nakomelingen kan zorgen.

⁵ Visstand: De mate waarin een bepaalde soort vis in een bepaald gebied voorkomt.

⁶ Voedselweb: meerdere voedselketens die gemeenschappelijke schakels hebben.

In het totaalproject waaraan dit profielwerkstuk heeft bijgedragen, wordt gewerkt aan een duurzamere en milieuvriendelijkere manier voor het verkrijgen van consumptievis. Hierbij probeert men een cyclus te ontwikkelen waarbij de afvalstoffen die de tilapia - één van de meest gekweekte soorten consumptievis - afscheidt, te gebruiken als voedingsstof voor eendenkroos, Lemna Minor. Dit kroos vermenigvuldigt zich met behulp van de voedingsstoffen en wordt vervolgens weer als voer gebruikt voor de tilapia, waardoor het enerzijds gevoerd kan worden aan de tilapia en anderzijds opnieuw gebruikt kan worden in andere bassins⁷ om wederom afvalstoffen op te nemen. In de huidige viskweek wordt het water vervuild door de vis zelf. Dit heeft te maken met het feit dat vissen afvalstoffen uitscheiden waardoor er in het water te veel stikstofverbindingen komen. Deze stikstofverbindingen zijn vanaf bepaalde concentraties giftig voor de vis en moeten dus aan het water onttrokken worden. Het gaat hier met name om de stof ammonium die in evenwicht staat met het giftige ammoniak. Ammonium wordt in grote filterinstallaties omgezet in nitriet en vervolgens in nitraat. Dit nitraat wordt vervolgens door bacteriën omgezet in stikstof- en zuurstofgas.

Het gebruik van kroos in plaats van de huidige manier van filteren in de viskweek heeft dan ook positieve gevolgen voor het milieu. Doordat het kroos na het zuiveren van het water als voedingsstof kan worden gebruikt voor de kweekvissen, is het niet noodzakelijk de bijvangst te houden. Integendeel, de bijvangst kan nu worden teruggeworpen in zee, wat een positief effect heeft op het paaibestand en dus indirect ook op de biodiversiteit. Eveneens kan er duurzamer gewerkt worden qua energiegebruik. Waarbij in het huidige proces actief zuurstof moet worden toegevoegd en koolstofdioxide moet worden onttrokken, is dit bij de duurzame cyclus niet nodig. Het kroos gebruikt immers koolstofdioxide en produceert hierbij zuurstof, het gevolg hiervan is dus minder energiegebruik. Deze zuurstofproductie vindt echter alleen overdag plaats.

Dit profielwerkstuk richt zich op slechts één onderdeel van bovengenoemd tilapiakweekonderzoek, waarbij gekeken wordt naar de voorkeur die het kroos heeft om bepaalde soorten afvalstoffen op te nemen, de verdere groei en de groeisnelheid van het kroos. De hoofdvraag die in dit profielwerkstuk getracht wordt te beantwoorden is dan ook: In hoeverre heeft eendenkroos een voorkeur voor bepaalde stoffen uit afvalwater afkomstig uit de viskweek?

Na onderzoek zijn wij tot de conclusie gekomen dat blijkt dat wanneer zowel nitriet, nitraat als ammonium aanwezig zijn in het water waarin Lemna minor groeit, ammonium de voorkeur heeft. Ammonium wordt namelijk tot bij extreem lage concentraties opgenomen, ondanks dat er van zowel nitriet als van nitraat aanzienlijk meer aanwezig is in het water. In het geval van nitraat gaat dit zelfs over 50 tot 100 keer zo veel nitraat als ammonium.

⁷ Bassin: Grote bak waarin water kan worden opgeslagen.

Opbouw onderzoek

In dit onderzoek wordt geprobeerd de volgende hoofdvraag te beantwoorden: 'In hoeverre heeft eendenkroos een voorkeur voor bepaalde stoffen uit afvalwater afkomstig uit de viskweek?'

Hierbij is een aantal deelvragen opgesteld om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden en zo dit onderzoek te realiseren. De desbetreffende deelvragen zijn:

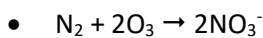
- Waar staat eendenkroos in de stikstofcyclus?
- Wat voor invloed heeft lichtsterkte op plantengroei?
- Hoe vermeerdert eendenkroos zich?
- Hoe zuivert eendenkroos water?
- Hoe kan eendenkroos als visvoer dienen?
- Wat zijn de eigenschappen van de stoffen die aan het water onttrokken moeten worden?
- Onder welke omstandigheden groeit eendenkroos optimaal?
- Kan kroos zich vermeerderen in een oplossing van enkel nitriet, nitraat of ammonium/ammoniak?
- Worden de stoffen nitriet, nitraat en ammonium/ammoniak door eendenkroos als voedingsstof gebruikt?
- In welke verhoudingen prefereert het eendenkroos nitriet, nitraat of ammonium/ammoniak?

Naast de bovenstaande hoofdvraag en deelvragen hebben wij een vermoeden, onze hypothese, opgesteld met betrekking tot het voorheen genoemde. Onze hypothese is in lijn met het onderzoek van Diana Walstad. Dit onderzoek mist echter enkele belangrijke waarden, zoals de biomassa van het kroos, de toename hiervan en de oppervlakte van de bakken, en experimenten, zoals combinatie-experimenten, die in dit onderzoek wel verricht zullen worden. Onze hypothese luidt als volgt: 'Wij verwachten, op grond van de beschikbare theorie en onderzoeken, dat ammonium duidelijk de voorkeur van het eendenkroos zal hebben en dat slechts bij extreem hoge concentraties nitraat en nitriet in verhouding tot ammonium deze voorkeur zal omslaan.'

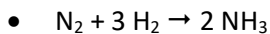
Stikstofcyclus

Stikstof is een belangrijk element, dat voorkomt in elk organisme. Het komt voor in vitale organische stoffen, zoals aminozuren⁸, eiwitten en het DNA⁹. De lucht bestaat voor ongeveer 78% uit stikstof en het is dus een veelvoorkomend element. In water komt het voor als ammoniumionen/ammoniak ($\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$), nitrietionen (NO_2^-) en nitraationen (NO_3^-). In de bodem komt stikstof ook deels voor, verwerkt in aminozuren.

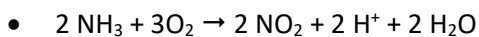
Ondanks de grote hoeveelheid N_2 in de lucht, zijn organismen grotendeels afhankelijk van vastgelegde stikstof, omdat het organismen te veel energie kost om N_2 tot nitraat te oxideren. De oorzaak hiervan is dat de driedubbele binding tussen twee stikstofatomen zeer veel energie kost om het te breken. Er zijn slechts een paar gespecialiseerde bacteriën die hiertoe in staat zijn. Dit zijn de cyanobacteriën, stikstofbacteriën en knolletjesbacteriën. Naast het vastleggen van stikstof door bacteriën kan ook door bliksem stikstof vastgelegd worden. Stikstof reageert dan met ozon (O_3), waardoor nitraat ontstaat. De reactievergelijking hierbij is:



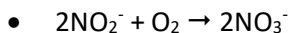
Het proces dat plaatsvindt bij het vastleggen van stikstof door bacteriën heet fotochemische stikstoffixatie. Hierbij wordt licht gebruikt om de energie te leveren die nodig is voor het verbreken van de driedubbele binding in N_2 , om het zo vast te leggen in ammoniak. De reactievergelijking luidt hierbij als volgt:



Na de vastlegging van N_2 in ammoniak, de ammoniumfixatie¹⁰, wordt de gevormde stof overgedragen aan aerobe bacteriën¹¹. Deze gebruiken zuurstof om het ammoniak om te zetten in NO_2 volgens de volgende reactie:



Het gevormde stikstofgas (NO_2) wordt vervolgens door nitrosomonas bacteriën¹² omgezet in nitriet. Dit nitriet gebruikt de nitrobacter bacterie¹³, waarbij het omgezet wordt in nitraat, weergegeven in deze reactie:



⁸ aminozuren: Organische moleculen die zowel een carboxyl groep (COOH) als een amide groep (NH_2) hebben met verschillende volgordes en aantallen andere atomen eraan gekoppeld. Dit zijn de bouwstenen voor eiwitten.

⁹ DNA: Moleculen waarop de genetische informatie van een organisme is vastgelegd.

¹⁰ Ammoniumfixatie: Het vastleggen van stikstof in ammoniak of ammonium.

¹¹ Aerobe bacteriën: Bacteriën die van zuurstof afhankelijk zijn en dit dus ook gebruiken.

¹² Nitrosomonas bacterie: Bacterie die stikstofdioxide omzet in nitriet.

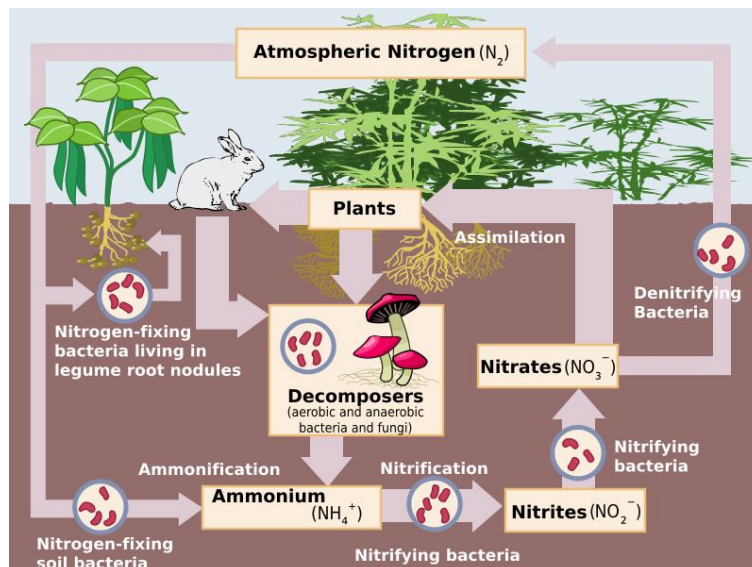
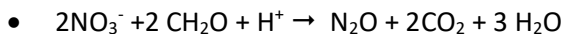
¹³ Nitrobacter bacterie: Bacterie die nitriet omzet in nitraat.

De gevormde nitraat kan, net als nitriet en ammoniak opgenomen worden door planten, zodat de stikstof die deze moleculen bevatten gebruikt kan worden in stikstof bevattende organische moleculen¹⁴, zoals aminozuren en DNA.

De stikstof die door planten is opgenomen, kan op zijn beurt weer door niet-autotrofe organismen¹⁵ worden opgenomen door de plant te eten of andere organismen te eten die de plant wel eten. De organismen gebruiken de organische stikstof ook voor de opbouw van stikstofbevattende moleculen. Een deel wordt echter niet opgenomen door het organisme en wordt uitgescheiden. De vastgelegde stikstof wordt dan door gespecialiseerde bacteriën, urobacteriën¹⁶, verteerd. Dit proces heet ammonificatie¹⁷. Hierbij wordt het uitgescheiden ureum omgezet in ammoniak. Dit wordt dan volgens dezelfde stappen als hiervoor omgezet in nitraat.

De stikstof dat aanwezig is in de weefsels van organismen komt weer vrij zodra het organisme sterft. Bacteriën breken in dit geval eiwitten af tot aminozuren en vervolgens tot ammoniak, waarna het volgens de bekende stappen weer naar nitraat wordt omgezet.

Wanneer nitraat in een milieu terechtkomt waar weinig zuurstof aanwezig is, breken anaerobe bacteriën het af. Het proces waarbij nitraat wordt afgebroken heet denitrificatie¹⁸. Hierbij wordt het stikstof dat vastgelegd is in nitraat weer aan de atmosfeer afgegeven. De reactievergelijking die bij denitrificatie hoort is als volgt:



Afbeelding 1:
Schematische weergave van de stikstofkringloop.

¹⁴ Organisch molecuul: Een molecuul dat enkel gevormd wordt door organismen. Deze moleculen bestaan vaak uit veel atomen en kunnen complexe structuren hebben. Ook zijn de moleculen doorgaans energierijk.

¹⁵ Niet-autotroof organisme: Een organisme dat niet in staat is zijn eigen voedingsstoffen te produceren en daar dus andere organismen voor moet consumeren.

¹⁶ Urobacteriën: Bacteriën die van ureum ammoniak maken.

¹⁷ Ammonificatie: Het omzetten van ureum en andere stikstofhoudende organische stoffen in ammoniak en vervolgens in ammonium.

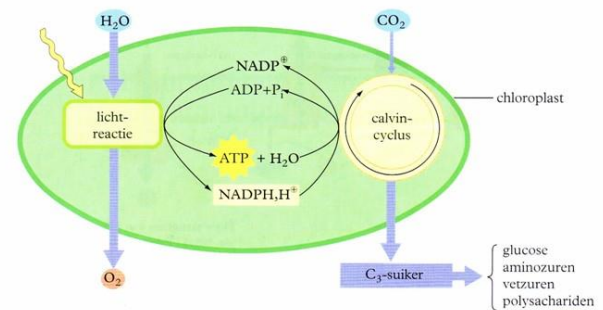
¹⁸ Denitrificatie: Het proces waarbij nitraat onder anaerobe omstandigheden door anaerobe bacteriën wordt omgezet in zuurstof en stikstofgas.

Fotosynthese bij waterplanten

Planten zijn zelfvoorzienend. Lichtenergie dat miljoenen kilometers, eens vanaf de zon, naar het aardoppervlak gekomen is in de vorm van fotonen wordt in de vele chloroplasten in de groene gedeelten van planten, samen met koolstofdioxide en water, omgezet tot chemische-energie en opgeslagen in de vorm van glucose. Dit maakt planten foto-autotroof. Het gevormde glucose kan de plant gebruiken als voedingsstof, maar ook als grondstof voor voortgezette assimilatie¹⁹.

De omzetting van lichtenergie naar chemische-energie in glucose vergt vele stappen, welke gecategoriseerd kunnen worden in twee processen binnen de fotosynthese:

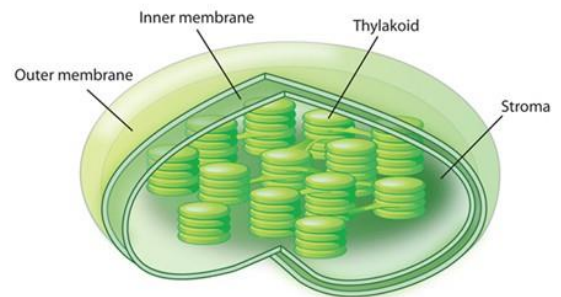
- De lichtreactie
- De Calvincyclus



*Afbeelding 2:
Enkele chloroplast, waarin de fotosynthese schematisch is weergegeven. Tevens zijn de input en output aangegeven.*

De lichtreactie is het eerste complexe proces waarbij lichtenergie wordt omgezet naar chemische-energie. Hierbij speelt het organel de chloroplast een significante rol. Deze chloroplasten zijn aanwezig in de groene delen van de plant met vooral de nadruk op de bladeren, waarbij de aanwezigheid van het pigment chlorofyl de groene kleur veroorzaakt.

In het stroma van de chloroplast liggen de thylakoïden, deze liggen in stapels dicht op elkaar, de grana. In het membraan van de thylakoïden vindt de eigenlijke lichtreactie plaats. Dit alles begint bij de fotosystemen I en II waarin het pigment gelokaliseerd is. Onder invloed van fotonen worden de elektronen in het pigment van fotosysteem II in aangeslagen toestand gebracht. Deze aangeslagen elektronen zijn energetisch en geven hun energie af aan eiwitten in het membraan van de thylakoïden. Door de verkregen energie, kunnen de eiwitten actief protonen binnen de thylakoïden transporter²⁰. Doordat er een concentratiegradiënt²¹ is ontstaan



de twee membranen; het stroma en een thylakoid.

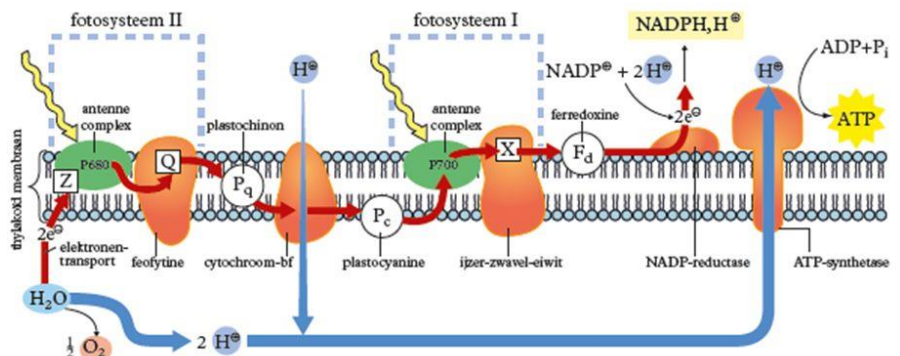
¹⁹ Voortgezette assimilatie: Het omzetten van producten van assimilatie in complexere organische moleculen.

²⁰ Actief transport: Transport waarbij energie moet worden gebruikt om het transport plaats te laten vinden.

²¹ Concentratiegradiënt: Een verschil in concentratie waardoor door diffusie arbeid verricht kan worden.

zal er een passieve stroom protonen²² naar buiten optreden, de protonen doen dit langs ATP-synthetase. Dit eiwit neemt een deel van de energie van de protonen op en verwerkt deze in de binding van ADP²³ met anorganisch fosfaat²⁴, waardoor ATP²⁵ ontstaat.

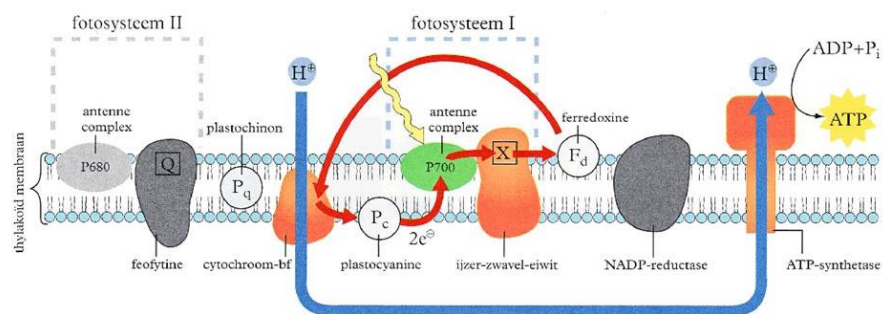
De elektronen, die deel van hun energie hebben afgegeven aan eiwitten in het thylakoïdmembraan, gaan nu langs fotosysteem I, waar deze opnieuw energetisch gemaakt worden door fotonen. De wederom energetische elektronen gaan via het thylakoïdmembraan naar NADP-reductase, waardoor NADPH, H⁺ gevormd wordt. Deze membraanreacties zijn de non-cyclische fotofosforylering. Omdat dit proces non-cyclisch is, zullen de elektronen die aangeslagen zijn in fotosysteem II moeten worden aangevuld, dit gebeurt doordat water splitst en hierbij elektronen afgeeft aan het pigment van fotosysteem II. Dit is ook de stap waarbij zuurstof al 'bijproduct' ontstaat.



Afbeelding 4:
Non-cyclische fotofosforylering in het thylakoïdmembraan.

Samen vormen ATP en NADPH, H⁺ de grondstoffen voor de Calvincyclus. Echter vormen deze stoffen niet in de correcte verhouding, waarin ze gebruikt worden. Er vormt zich relatief te weinig ATP. Dit potentiële probleem wordt opgelost door een serie van andere membraanreacties, de cyclische fotofosforylering.

Zoals de naam al suggereert, is dit proces een cyclisch proces. Dit houdt in dat alle elektronen die aangeslagen worden, uiteindelijk terug komen en hergebruikt worden. De cyclische fotofosforylering is, van de twee mogelijke routes, het minst complex. Alleen fotosysteem I en



²² Protonen: Waterstofkernen.

²³ ADP: Adenosinedifosfaat; reactieproduct van de splitsing van ATP in ADP en anorganisch fosfaat. Dit zijn tevens de grondstoffen waaruit weer ATP gevormd kan worden.

²⁴ Anorganisch fosfaat: Een fosfaatgroep die niet deel is van een organisch molecuul.

²⁵ ATP: Adosinetrifosfaat; energiedrager in het lichaam. Bij splitsing hiervan komt energie vrij, dat voor celprocessen gebruikt kan worden.

ATP-synthetase zijn in gebruik en water is geen vereiste. Elektronen in het pigment van fotosysteem I worden aangeslagen en geven vervolgens hun energie af aan eiwitten die actief protonen in het thylakoïd pompen. Het ontstane concentratiegradiënt aan protonen gaat langs ATP-synthetase en neemt een deel van de energie van de protonen op en verwerkt deze in de binding van ADP met anorganisch fosfaat, waardoor ATP ontstaat. De aangeslagen elektronen keren nu terug naar fotosysteem I, waardoor het niet nodig is dat water splitst.

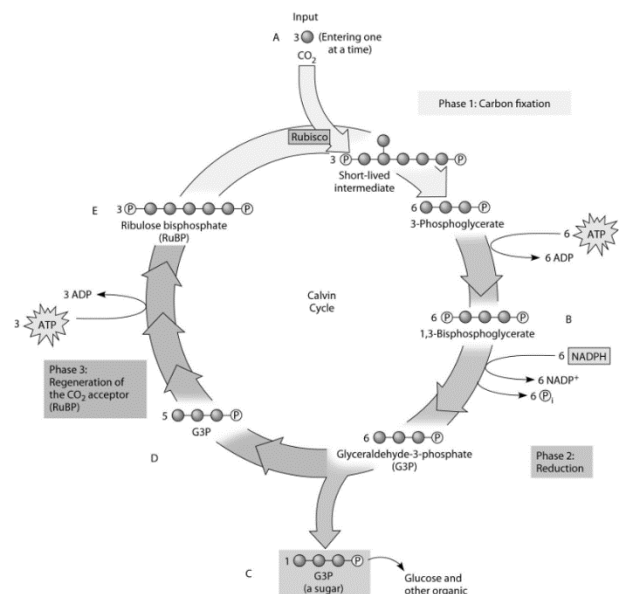
Met het extra gevormde ATP uit de cyclische fotofosforylering en de ATP en NADPH, H⁺ uit de non-cyclische fotofosforylering, zijn de grondstoffen voor de Calvencyclus in de juiste verhouding aanwezig.

De Calvencyclus wordt ook wel de donkerreactie genoemd. Deze naam is alleen toegepast omdat voor deze serie van reacties licht niet direct nodig is, echter is voor de grondstoffen van de donkerreactie de lichtreactie vereist, welke uiteraard wel licht nodig heeft. Indirect heeft de donkerreactie dus licht nodig.

De Calvencyclus is het tweede complexe proces waarbij de chemische-energie wordt opgeslagen in de vorm van, uiteindelijk, glucose. Dit proces vindt plaats in het stroma van de chloroplast. Hierbij wordt koolstofdioxide opgenomen vanuit het externe milieu en wordt met behulp van het enzym rubisco omgezet met ribulose-1,5-difosfaat tot een andere koolwaterstof. Hierna worden de producten uit de lichtreactie, ATP en NADPH, H⁺, gebruikt om verdere omzettingen plaats te laten vinden. ATP wordt hierbij gebruikt als energiebron en NADPH, H⁺ als reductor.

Na reacties met ATP en NADPH, H⁺ is er glycerinaldehyde-3-fosfaat gevormd. Hiervan verlaat een relatief klein deel de cyclus en vormen twee moleculen uiteindelijk glucose. Het overige deel van de gevormde glycerinaldehyde-3-fosfaat verlaat de cyclus niet, maar ondergaat verdere reacties tot ribulose-1,5-difosfaat, waardoor de cyclus compleet is. De gevormde ADP en NADP⁺ gaan terug naar de thylakoïden waar ze weer kunnen deelnemen aan de lichtreactie.

Qua verloop van fotosynthesereacties is er geen verschil in landplanten en waterplanten. Het enige verschil dat kan worden gemaakt, is het externe milieu waaruit de plant zijn grondstoffen haalt. Zo wordt bij landplanten koolstofdioxide uit de lucht en water uit de grond gehaald, echter waterplanten halen water en koolstofdioxide uit hun waterige omgeving.



Afbeelding 6:
Schematische weergave van de Calvencyclus

Groei van kroos

Planten kunnen zich zowel geslachtelijk als ongeslachtelijk voortplanten. Kroos kan zich op beide manieren voortplanten, waarbij het kroos zich vooral ongeslachtelijk voortplant. Dit ongeslachtelijk voortplanten wordt ook wel asexuele of vegetatieve reproductie genoemd, aangezien er geen seksuele interactie aan vooraf hoeft te gaan. De nakomelingen zijn dus afkomstig van één oudercel, waardoor er geen recombinatie²⁶ van DNA kan plaatsvinden. Door dit gegeven zijn de nakomelingen genetisch gelijk aan de oudercel, klonering.

Bij het vermeerderen van kroos ontstaat uit één diploïde²⁷ cel, twee diploïde cellen zonder dat hier een andere cel aan te pas komt. Dit leidt tot de conclusie dat de cellen van kroos zich vermeerderen doormiddel van mitose. In het kroos bevinden zich veel ongedifferentieerde²⁸ cellen. Deze cellen hebben geen specifieke functie in het kroos en kunnen onbeperkt delen.

De mitose is opgedeeld in zes fasen:

- Interfase
- Profase
- Metafase
- Anafase
- Telofase
- Cytokinese



*Afbeelding 7:
De verschillende fasen van mitose, waarbij de cel achter een volgend de profase,
metafase, anafase en telofase doorloopt.*

De interfase is de standaardfase van de cel, waarin de cel zijn normale functie uitvoert. Ook bereidt de cel zich in deze fase voor op de te komen deling, door het DNA te repliceren.

²⁶ Recombinatie: De herschikking van allelen in het DNA.

²⁷ Diploïde: Benaming voor het feit dat in een celkern chromosomen als paren voorkomen.

²⁸ Ongedifferentieerde: Nog niet gespecialiseerde cellen.

In de profase beginnen de chromosomen met spiraliseren. Het kernmembraan en de kernlichamen fragmenteren en verdwijnen. Ook gaan de centrosomen²⁹ uiteen.

Daarop volgt de metafase, waarin de spoelfiguur³⁰ van microtubuli³¹ zich vormt. De chromosomen zijn nu volledig gespiraliseerd en liggen op het equatoriaal vlak³².

De punten waar de chromosomen aan elkaar vastzaten, de centromeren, worden in de anafase uit elkaar getrokken, waardoor er twee losse groepen ontstaan.

De afronding van de deling vindt plaats in de telofase. Hierin keert de cel langzaam weer terug naar zijn oorspronkelijke vorm. De spoelfiguur verdwijnt, de chromosomen despiraliseren en er ontstaan twee nucleï met kernmembraan.

De mitose wordt volledig afgesloten wanneer er een tussenschot wordt gevormd. Deze celplaat verdeelt de inhoud van de cel zo, dat in elk van de twee dochtercellen evenveel cytoplasma en nucleus aanwezig is. Deze twee ontstane dochtercellen bevinden zich weer in de interfase, totdat ze groot genoeg zijn om weer mitose te kunnen uitvoeren.

²⁹ Centrosomen: Onderdeel van de cel dat betrokken is bij de celdeling. Vanuit het centrosoom ontstaat in de celkern tijdens de celdeling een netwerk van vezels.

³⁰ Spoelfiguur: Het netwerk van draden, die bestaan uit de microtubuli

³¹ Microtubuli: Holle eiwitbuisjes in eukaryote cellen, die trekdraden vormen voor de chromosomen.

³² Equatoriaal vlak: Vlak dat in een zich delende cel loodrecht staat op de as tussen de beide polen en waarin zich op een bepaald moment van de kerndeling de chromosomen bevinden.

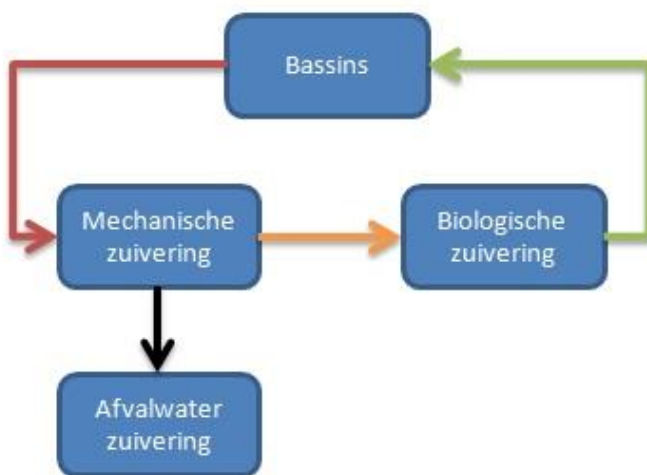
Waterzuivering

Biologisch filter

Waterzuivering in de viskweek vindt plaats met een mechanisch filter³³, gevolgd door een biologisch filter³⁴. Hierbij filtert het mechanische filter met fijn filtermateriaal vaste deeltjes uit het water. Het gezuiverde water wordt daarna over een biologisch filter geleid. In dit filter wordt ammonium, NH_4^+ , door nitrificerende bacteriën omgezet in nitriet, NO_2^- , en vervolgens in nitraat, NO_3^- . Dit proces verbruikt naast ammonium ook zuurstof. Met het omzetten van ammonium in nitriet wordt voorkomen dat ammonium te hoge concentraties bereikt en bij een pH³⁵ verhoging eventueel dodelijke concentraties ammoniak in het water kan veroorzaken. Omdat ook nitriet bij lage concentraties giftig is, moet dit worden omgezet in het vrijwel onschadelijke nitraat. Deze stof is pas bij zeer hoge concentraties schadelijk en kan dus gerecirculeerd worden naar de bassins met vissen.

Naast het feit dat het gevormde nitraat vrijwel onschadelijk is, kan dit ook aan het water onttrokken worden door denitrificerende bacteriën. Deze anaerobe bacteriën, die ook in het filter aanwezig zijn, zetten het nitraat dan om in stikstofgas en zuurstof. Deze stoffen verlaten het water, waardoor het nitraat dus verdwijnt uit het water.

Aangezien zowel de nitrificerende bacteriën als de kweekvis zuurstof nodig hebben, moet dit in voldoende mate aanwezig zijn in het water. Dit betekent dat er zuurstof moet worden toegevoegd aan het water, wat veel energie kost. Koolstofdioxide, dat bij het proces ontstaat, moet deels worden onttrokken aan het water, zodat de pH binnen de juiste waarden blijft. Ook ontstaat er bij dit proces geen bruikbare biomassa.



Afbeelding 8:
Schematische weergave van de waterzuivering bij vis kweek.

³³ Mechanisch filter: Een filter dat op basis van deeltjesgrootte vervuilingen als organisch materiaal en zand uit het water filtert.

³⁴ Biologisch filter: Een filter dat met behulp van bacteriën schadelijke stoffen aan het water onttrekt.

³⁵ pH: De $-\log$ van de concentratie oxoniumionen (H_3O^+). Dit geeft een beeld van de zuurtegraad van het water. Hierbij is een pH van onder 7 zuur en boven de 7 basisch.

Kroos

Bij waterzuivering door kroos zal het water, evenals bij zuivering met een biologisch filter, door een mechanisch filter moeten worden geleid om vaste deeltjes te verwijderen. De vervolgstappen zijn echter anders. Wanneer het water dat nitriet, nitraat en ammonium bevat in een bassin met kroos komt, zal het kroos deze ionen opnemen als voedingsstof. Ook produceert kroos, een groene plant, zuurstof. Dit is aanzienlijk meer dan er wordt geproduceerd bij de denitrificatie in een biologisch filter. Hierdoor hoeft er slechts weinig tot geen zuurstof te worden toegevoegd. Voor dit proces wordt koolstofdioxide verbruikt en niet toegevoegd aan het water, waardoor dit niet onttrokken hoeft te worden. Dit proces waarbij koolstofdioxide verbruikt wordt en zuurstof gevormd wordt, heet fotosynthese. Deze fotosynthese vindt echter alleen overdag plaats onder de invloed van zonlicht.

Naast deze voordelen, ontstaat er ook bruikbare biomassa bij waterzuivering door kroos. Het kroos dat zich vermenigvuldigt kan geoogst worden. De gewonnen biomassa kan dan worden verwerkt tot visvoer.

Kroos als visvoer

Eén van de voordelen van kroos is, naast dat het stikstofverbindingen uit het water zuivert, dat het bruikbare biomassa produceert. Deze biomassa kan vervolgens gebruikt worden als visvoer, in plaats van commercieel visvoer te gebruiken. Dit commercieel visvoer bestaat uit vismeel, dat geproduceerd wordt uit vis die niet voor menselijke consumptie gevangen wordt (bijvangst). Hierdoor komt uit viskweek toch nog een aanzienlijke druk op de visstand in de oceanen voort. Het gebruik van kroos als visvoer kan deze druk dus verminderen of zelfs wegnemen.

Kroos als plant is uitermate geschikt als visvoer door het hoge eiwitgehalte. 20 tot 50 procent van het drooggewicht³⁶ van kroos bestaat namelijk uit eiwit. Hierdoor krijgen vissen genoeg voedingsstoffen binnen voor de opbouw van spiermassa, wat vervolgens gegeten kan worden door de mens. Naast het feit dat kroos eiwitrijk is, wordt het door verschillende vissoorten, zoals tilapia, goed omgezet in lichaamsgewicht. Voor elke kilogram aan biomassa toename van tilapia is 1,9 tot 3,3 kilogram droog kroos nodig.³⁷

De massa droog kroos die uit een hoeveelheid nat kroos verkregen kan worden is echter wel klein. Zo'n 5% van het gewicht dat kroos heeft als het in het water ligt, is daadwerkelijk drooggewicht. Hierdoor kost het veel energie om het kroos te verwerken tot bijvoorbeeld brokken voor veeteelt. Dit hoeft bij het kroos dat voor viskweek gebruikt wordt echter niet gedaan te worden. Het kroos kan zonder gedroogd te worden aan de vissen gevoerd worden.

Hoewel vismeel een aanzienlijk hoger percentage eiwitten kan bevatten, tot wel 80% puur eiwit, wordt niet alles hiervan opgenomen door de vis, doordat het te snel door het verteringsstelsel van de vis passeert. Dit komt doordat het vismeel zeer fijn is. Kroos, wat veel grover is, passeert langzamer en er zal dus meer van het beschikbare eiwit opgenomen worden door de vis.

Soort voer	Omzetting naar vis-biomassa (afhankelijk van de vissoort)
Droog kroos	1,9 - 3,3 kg /kg vis
Bijvangst verwerkt tot vismeel	1,5 - 4,0 kg/kg vis

Tabel 1:

Twee verschillende soorten visvoer en de bijhorende omzetting naar biomassa vis.³⁷

³⁶ Drooggewicht: Het gewicht van biomassa waaraan al het vocht onttrokken is.

³⁷ Naar het onderzoek: 'Naar nieuwe ketens voor het benutten van eendenkroos'

Zoals in de tabel weergegeven, is er ongeveer evenveel en soms zelfs minder gewicht aan droog kroos nodig dan dat er vismeel gevoerd moet worden om dezelfde biomassatoename te realiseren. Ook hieruit blijkt dus dat kroos uitstekend functioneert als visvoer.

Het enige nadeel van kroos als visvoer is dat vis die gekweekt is met plantaardig voedsel vaak minder gezonde vetten en eiwitten bevat dan vis die gekweekt is op dierlijk voer. Dit verschil is echter klein en de vis zal dus nog steeds ruimschoots gezonder zijn dan bijvoorbeeld vlees.



*Afbeelding 9:
Het traditionele visvoer, vismeel (links), naast gedroogd kroos (rechts).*

Chemische eigenschappen

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van bepaalde chemische stoffen. Dit zijn de stoffen:

- Natriumnitraat ($NaNO_3$)
- Natriumnitriet ($NaNO_2$)
- Ammoniumchloride (NH_4Cl)

Zoals te zien is zijn de gebruikte stoffen zouten. Zout bevat zowel een metaalion als een niet-metaalion. Hierbij zijn de metaalionen voor dit onderzoek niet van belang. De niet-metaalionen bevatten essentiële chemische componenten voor het kroos om zich te vermeerderen; het kroos gebruikt de stikstofgroep van de ionen namelijk als bouwstof voor eiwitten.

Om de niet-metaalionen uit de zouten te isoleren, worden oplossingen hiervan gemaakt. Dit gebeurt via de volgende reacties:

- $NaNO_3(s) \rightarrow Na^+(aq) + NO_3^-(aq)$
- $NaNO_2(s) \rightarrow Na^+(aq) + NO_2^-(aq)$
- $NH_4Cl(s) \rightarrow Cl^-(aq) + NH_4^+(aq)$

Nu de ionen niet meer aan elkaar gebonden zijn, maar in water zijn opgelost, is het mogelijk voor het kroos om de stikstofhoudende componenten op te nemen.

Natriumnitraat ($NaNO_3$)

Het zout natriumnitraat komt vrijwel niet voor in de natuur, echter kan het wel synthetisch worden gemaakt. natriumnitraat komt voor in vaste en gekorrelde/poederige toestand, heeft een witte kleur, is geurloos en heeft een bittere en zoutachtige smaak. Het karakteristieke CAS-nummer³⁸ van natriumnitraat is: 7631-99-4.

De stof is echter niet ongevaarlijk, vandaar zijn de nodige H-zinnen³⁹ en P-zinnen⁴⁰ weergegeven in de onderstaande tabel.

³⁸ CAS-nummer: Staat voor Chemical Abstracts Service, dit is een unieke nummer voor chemische elementen en componenten om deze te kunnen identificeren.

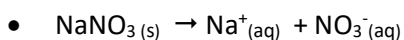
³⁹ H-zinnen: Hazard, geeft gevaarlijke eigenschappen omtrent de stof aan.

⁴⁰ P-zinnen: Precaution, geeft voorzorgsmaatregelen omtrent de stof aan.

H-zinnen	EUH-zinnen	P-zinnen
H272 : Kan brand bevorderen; oxiderend	geen	P220 : Van kleding /.../ brandbare stoffen verwijderd houden/bewaren
H302 : Schadelijk bij inslikken		P261 : Inademing van stof/rook/gas/nevel/damp/spuitnevel vermijden
H315 : Veroorzaakt huidirritatie		P305 : BIJ CONTACT MET DE OGEN: P338, P351
H319 : Veroorzaakt ernstige oogirritatie		P338 : Contactlezen verwijderen, indien mogelijk. Blijven spoelen
H335 : Kan irritatie van de luchtwegen veroorzaken		P351 : Voorzichtig afspoelen met water gedurende een aantal minuten

Natriumnitrat in water

Wanneer natriumnitrat wordt opgelost treedt de volgende reactie op:

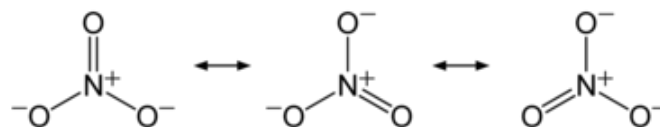


Hierbij ontstaan positieve natriumionen ($\text{Na}^+(\text{aq})$) en negatieve nitraationen ($\text{NO}_3^-(\text{aq})$). Van deze ionen kan voor dit onderzoek het natriumion als niet relevant worden beschouwd. De nitraationen worden als relevant beschouwd, omdat deze essentiële chemische componenten bevatten voor het kroos om zich te vermeerderen. Dit zal dus als voedingsstof worden opgenomen door het kroos.

De concentratie natriumionen zal dus redelijk constant blijven gedurende de experimenten. Echter zal de concentratie nitraationen aanzienlijk dalen.

Om een duidelijker beeld te krijgen van de nitraationen, wordt gekeken naar de structuurformule hiervan. Echter zoals de meeste moleculen en samengestelde ionen weergegeven kunnen worden in één structuurformule, en daarbij ook één Lewisstructuur⁴¹, kan dit bij het nitraation niet. Het nitraation heeft drie grensstructuren⁴² nodig om beschreven te kunnen worden. Dit heeft te maken met het verschijnsel mesomerie⁴³.

Doordat er een gedelokaliseerd elektron aanwezig is het nitraation, kan de dubbele binding telkens overspringen naar een andere positie. Waarbij de meeste elektronen behoren tot een specifiek atoom, doet het gedelokaliseerde elektron dit niet. Het



Afbeelding 10:
Lewisstructuur van een nitraation, waarbij de overgangen tussen de grensstructuren zijn weergegeven.

⁴¹ Lewisstructuur: Komt overeen met de structuurformule, echter wordt er ook rekening gehouden met vrije elektronenparen.

⁴² Grensstructuren: Een van de structuren waardoor een molecuul of samengesteld ion wordt weergegeven die niet door een Lewisstructuur weergegeven kan worden.

⁴³ Mesomerie: Een manier om de elektronenconfiguratie van bepaalde moleculen en samengestelde ionen te beschrijven, ook wel chemische resonantie.

gedelokaliseerde elektron behoort tot het gehele ion en dus niet specifiek tot één covalente binding⁴⁴. Hierdoor kan de dubbele binding dus telkens overspringen naar een andere positie.

In dit specifieke onderzoek, wordt gekeken naar stofopname door kroos met het oog op viskweek en de waterzuivering hiervan. Er wordt gewerkt met de tilapia's. Gezien de H-zinnen en de P-zinnen, is nitraat tot een hoge concentratie niet schadelijk voor de kweekvissen. Er wordt dan ook met een maximale waarde van 150 mg/L gewerkt.

Natriumnitriet

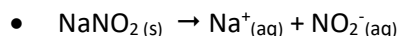
Het zout natriumnitriet komt vrijwel niet voor in de natuur, echter kan het wel synthetisch worden gemaakt. natriumnitriet komt voor in vaste en poederige toestand, heeft een witte/gelige kleur, is geurloos en heeft een licht zoutachtige smaak. Het karakteristieke CAS-nummer van natriumnitriet is: 6732-00-0.

De stof is echter niet ongevaarlijk, vandaar zijn de nodige H-zinnen en P-zinnen weergegeven in de onderstaande tabel.

H-zinnen	EUH-zinnen	P-zinnen
H272 : Kan brand bevorderen; oxiderend	geen	P220 : Van kleding /.../ brandbare stoffen verwijderd houden/bewaren
H301 : Giftig bij inslikken		P273 : Voorkom lozing in het milieu
H400 : Zeer giftig voor in het water levende organismen		P301 : Na inslikken: P310
		P310 : Onmiddellijk een antigifcentrum of arts raadplegen

Natriumnitriet in water

Wanneer natriumnitriet wordt opgelost treedt de volgende reactie op:



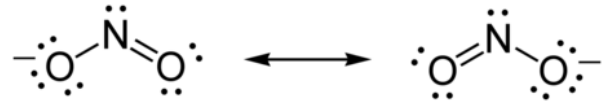
Hierbij ontstaan positieve natriumionen ($\text{Na}^+_{(aq)}$) en negatieve nitrietionen ($\text{NO}_2^-_{(aq)}$). Van deze ionen kan voor dit onderzoek het natriumion als niet relevant worden beschouwd. De nitrietionen worden als relevant beschouwd, omdat deze essentiële chemische componenten bevatten voor het kroos om zich te vermeerderen. Dit zal dus als voedingsstof worden opgenomen door het kroos.

De concentratie natriumionen zal dus redelijk constant blijven gedurende de experimenten. Echter zal de concentratie nitrietionen aanzienlijk dalen.

⁴⁴ Covalente binding: Een binding tussen atomen, waarbij de atomen gemeenschappelijke elektronenparen hebben.

Om een duidelijker beeld te krijgen van de nitrietionen, wordt gekeken naar de structuurformule hiervan. Echter zoals de meeste moleculen en samengestelde ionen weergegeven kunnen worden in één structuurformule, en daarbij ook één Lewisstructuur, kan dit bij het nitrietion niet. Het nitrietion heeft twee grensstructuren nodig om beschreven te kunnen worden. Dit heeft te maken met het verschijnsel mesomerie.

Doordat er een gedelokaliseerd elektron aanwezig is het nitrietion, kan de dubbele binding telkens overspringen naar een andere positie. Waarbij de meeste elektronen behoren tot een specifiek atoom, doet het gedelokaliseerde elektron dit niet. Het gedelokaliseerde elektron behoort tot het gehele ion en dus niet specifiek tot één covalente binding. Hierdoor kan de dubbele binding dus telkens overspringen naar een andere positie.



*Afbeelding 11:
Lewisstructuur van een nitrietion, waarbij de overgangen
tussen de grensstructuren zijn weergegeven.*

In dit specifieke onderzoek, wordt gekeken naar stofopname door kroos met het oog op viskweek en de waterzuivering hiervan. Er wordt gewerkt met de tilapiavis. Gezien de H-zinnen en de P-zinnen, waarbij H400 en P273 stellen dat nitriet zeer giftig is voor in het water levende organismen en schadelijk is voor het milieu, wordt er in vergelijking met het minder giftige nitraat met een aanzienlijk lagere concentratie gewerkt. Omdat een lage concentratie nitriet al giftig zal zijn voor de tilapia wordt er dan ook gewerkt met een maximale waarde van 2,0 mg/L.

Ammoniumchloride

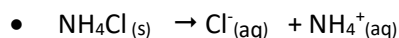
Het zout ammoniumchloride komt vrijwel niet voor in de natuur, echter kan het wel synthetisch worden gemaakt. ammoniumchloride komt voor in een vaste kristallijnpoeder⁴⁵ toestand, heeft een witte kleur, is lichtelijk geurloos en heeft een zoutachtige smaak. Het karakteristieke CAS-nummer van Natriumnitriet is: 12125-02-9.

De stof is echter niet ongevaarlijk, vandaar zijn de nodige H-zinnen en P-zinnen weergegeven in de onderstaande tabel.

H-zinnen	EUH-zinnen	P-zinnen
H302 : Schadelijk bij inslikken	geen	P273 : Voorkom lozing in het milieu
H319 : Veroorzaakt ernstige oogirritatie		P305 : BIJ CONTACT MET DE OGEN: P338, P351
H411 : Giftig voor in het water levende organismen, met langdurige gevolgen		P338 : Contactlezen verwijderen, indien mogelijk. Blijven spoelen
		P351 : Voorzichtig afspoelen met water gedurende een aantal minuten

Ammoniumchloride in water

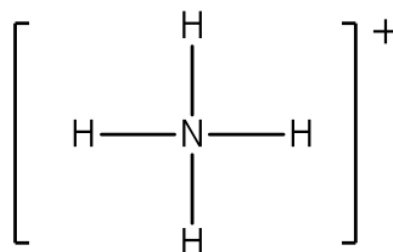
Wanneer ammoniumchloride wordt opgelost treedt de volgende reactie op:



Hierbij ontstaan negatieve chloride-ionen ($\text{Cl}^-_{(aq)}$) en positieve ammoniumionen ($\text{NH}_4^+_{(aq)}$). Van deze ionen kan voor dit onderzoek het chloride-ion als niet relevant worden beschouwd. De ammoniumionen worden als relevant beschouwd, omdat deze essentiële chemische componenten bevatten voor het kroos om zich te vermeerderen. Dit zal dus als voedingsstof worden opgenomen door het kroos.

De concentratie chloride-ionen zal dus redelijk constant blijven gedurende de experimenten. Echter zal de concentratie ammoniumionen aanzienlijk dalen.

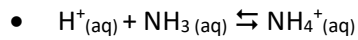
Ammonium is het geconjugeerde zuur van ammoniak. Samen vormen ammonium en ammoniak dus een geconjugeerd zuur-basepaar. De verhouding van concentraties van ammonium en ammoniak is afhankelijk van de pH van de oplossing waarin de deeltjes zich bevinden. Wanneer de pH lager dan zeven is, en dus enigszins zuur is, zal er veel aan ammonium zijn in verhouding tot ammoniak. Een hogere pH heeft relatief meer ammoniak tot gevolg.



Afbeelding 12:
Lewisstructuur van een ammonium ion.

⁴⁵ Kristallijn poeder: Een poeder dat bestaat uit kristallen die geordend zijn in een kristalrooster.

Dit is te verklaren uit het feit dat ammonium een H^+ -ion kan afgeven. Wanneer er dus een basisch milieu heerst, zal dit ook daadwerkelijk gebeuren. In een zuur milieu geldt dat ammoniak een H^+ -ion kan opnemen en zo ammonium vormt. Dit valt op te maken uit de volgende evenwichtsreactie:



Hoewel ammonium en ammoniak veel op elkaar lijken qua formules, zijn de eigenschappen van deze stoffen toch zeer verschillend. Zo is ammoniak in lage concentratie al giftig, terwijl ammonium pas bij hogere concentratie giftig is.

In dit specifieke onderzoek, wordt gekeken naar stofopname door kroos met het oog op viskweek en de waterzuivering hiervan. Er wordt gewerkt met de tilapia. Gezien de H-zinnen en de P-zinnen, waarbij H411 en P273 stellen dat ammoniak zeer giftig is met langdurige gevolgen voor in het water levende organismen en schadelijk is voor het milieu, wordt er in vergelijking met het minder giftige nitraat met een aanzienlijk lagere concentratie gewerkt. Omdat een lage concentratie ammoniak al giftig zal zijn voor de tilapia wordt er dan ook gewerkt met een maximale waarde van 15 mg/L.

Materiaal en methode

Verkennd onderzoek 1

Materialen:

- Maatkolven
- Volumepipetten
- Maatbekers
- Nitriet oplossing van bekende concentratie
- Nitraat oplossing van bekende concentratie
- ammonium/ammoniak oplossing van bekende concentratie
- Nitriet aquariumtest van Tetra
- Nitraat aquariumtest van Tetra
- Ammonium/ammoniak aquariumtest van Tetra
- Colorimeter

Methode:

Er worden drie aparte oplossingen van nitriet, nitraat en ammonium/ammoniak met bekende concentraties binnen het gewenste meetbereik gemaakt. Met elk van de gemaakte oplossingen wordt de bijbehorende aquariumtest uitgevoerd. Na enige tijd is de oplossing verkleurd. De extinctie kan gemeten worden door deze verkleurde oplossing in een colorimeter te plaatsen. Nu is de extinctie en de bijhorende concentratie bekend.

Door deze stappen met verschillende bekende concentraties te herhalen, valt een ijklijn op te stellen waarin de extinctie is uitgezet tegen de concentratie nitriet, nitraat of ammonium/ammoniak.

Verkennd onderzoek 2

Materialen:

- Maatkolven
- Nitriet oplossing van bekende concentratie
- Nitraat oplossing van bekende concentratie
- ammonium/ammoniak oplossing van bekende concentratie
- Pasteurpipetten
- Demiwater
- 3 Waterbakken
- Groeikas met verlichting
- Ongeveer 120 gram (uitlekgewicht) kroos per bak
- Nitriet aquariumtest van Tetra
- Nitraat aquariumtest van Tetra
- Ammonium/ammoniak aquariumtest van Tetra
- (Zelf opgestelde) ijklijnen van nitriet, nitraat en ammonium/ammoniak
- Colorimeter
- Weegschaal

Methode:

Er worden drie bakken met demiwater gevuld. Deze bakken worden als A, B en C gelabeld. Aan bak A wordt nitrietoplossing toegevoegd, zodat de concentratie in het water op 15 milligram per liter komt. Aan bak B wordt nitraatoplossing toegevoegd, zodat de concentratie op 50 milligram per liter komt. Aan bak C wordt ammonium/ammoniakoplossing toegevoegd, zodat de concentratie op 15 milligram per liter komt. Het kroos lekt gedurende 15 minuten uit en per bak wordt ongeveer 120 gram uitlekgewicht aan kroos toegevoegd, zodat het oppervlak van het water in de bakken net niet geheel afgedekt wordt door het kroos. Hierna worden de bakken gedurende 48 uur in de groeikas gezet met de verlichting aan. Gedurende de 48 uur van het experiment worden de concentraties in het water van de bakken A, B en C meerdere keren bepaald. Dit wordt gedaan door een kleine hoeveelheid water uit elke bak te pipeteren en elk van deze monsters in een apart meetcuve te plaatsen. Vervolgens kunnen de aquariumtesten uitgevoerd worden. Na enige tijd zijn de oplossingen verkleurd. De extinctie kan gemeten worden door deze verkleurde oplossingen in een colorimeter te plaatsen. Met de extinctie kan je nu de concentratie op dit tijdstip bepalen uit de ijklijn. Na verscheidene keren de concentraties gemeten te hebben valt de verandering in concentratie nitriet, nitraat en ammonium/ammoniak af te lezen. Na het experiment wordt nogmaals het uitlekgewicht van het kroos na 15 minuten bepaald, om het verschil in biomassa in kaart te brengen.

Onderzoek 1

Materialen:

- Maatkolven
- Nitriet aquariumtest van Tetra
- Nitraat aquariumtest van Tetra
- Ammonium/ammoniak aquariumtest van Tetra
- Nitriet oplossing van bekende concentratie
- Nitraat oplossing van bekende concentratie
- Ammonium/ammoniak oplossing van bekende concentratie
- Pasteurpipetten
- Colorimeter
- Waterbakken
- Groeikas met verlichting
- Ca. 400 gram (uitlekgewicht) kroos

Methode:

Er worden drie bakken met demiwater gevuld. Deze bakken worden A, B en C gelabeld. Aan bak A wordt nitrietoplossing, nitraatoplossing en ammonium/ammoniakoplossing toegevoegd, zodat de concentraties van de stoffen op 20-25 milligram per liter nitriet, 350-400 milligram per liter nitraat en 16-18 milligram per liter ammonium/ammoniak komen.

Aan bak B wordt nitrietoplossing, nitraatoplossing en ammonium/ammoniakoplossing toegevoegd, zodat de concentraties van de stoffen op 10-15 milligram per liter nitriet, 150-200 milligram per liter nitraat en 9-11 milligram per liter ammonium/ammoniak komen.

Aan bak C wordt nitrietoplossing, nitraatoplossing en ammonium/ammoniakoplossing toegevoegd, zodat de concentraties van de stoffen op 5-10 milligram per liter nitriet, 90-110 milligram per liter nitraat en 5-6 milligram per liter ammonium/ammoniak komen.

Ongeveer 125 gram uitlekgewicht kroos wordt nu toegevoegd aan elke bak. Vervolgens worden de bakken gedurende minimaal 48 uur in de groeikas onder belichting geplaatst. Elke 3 uur, indien mogelijk, worden de concentraties van de stoffen gemeten. Tenslotte wordt na de 48 uur het uitlekgewicht van het kroos gewogen.

Onderzoek 2

Materialen:

- Maatkolven
- Nitriet aquariumtest van Tetra
- Nitraat aquariumtest van Tetra
- Ammonium/ammoniak aquariumtest van Tetra
- Nitriet oplossing van bekende concentratie
- Nitraat oplossing van bekende concentratie
- Ammonium/ammoniak oplossing van bekende concentratie
- Pasteurpipetten
- Colorimeter
- Waterbakken
- Groeikas met verlichting
- Ca. 400 gram (uitlekgewicht) kroos

Methode:

Er worden drie bakken met demiwater gevuld. Deze bakken worden A, B en C gelabeld. Aan bak A wordt nitrietoplossing, nitraatoplossing en ammonium/ammoniakoplossing toegevoegd, zodat de concentraties van de stoffen op 13-15 milligram per liter nitriet, 140-160 milligram per liter nitraat en 5-7 milligram per liter ammonium/ammoniak komen.

Aan bak B wordt nitrietoplossing, nitraatoplossing en ammonium/ammoniakoplossing toegevoegd, zodat de concentraties van de stoffen op 13-15 milligram per liter nitriet, 100-120 milligram per liter nitraat en 5-7 milligram per liter ammonium/ammoniak komen.

Aan bak C wordt nitrietoplossing, nitraatoplossing en ammonium/ammoniakoplossing toegevoegd, zodat de concentraties van de stoffen op 13-15 milligram per liter nitriet, 140-160 milligram per liter nitraat en 12-14 milligram per liter ammonium/ammoniak komen.

Ongeveer 125 gram uitlekgewicht kroos wordt nu toegevoegd aan elke bak. Vervolgens worden de bakken gedurende minimaal 48 uur in de groeikas onder belichting geplaatst. Elke 3 uur, indien mogelijk, worden de concentraties van de stoffen gemeten. Tenslotte wordt na de 48 uur het uitlekgewicht van het kroos gewogen.

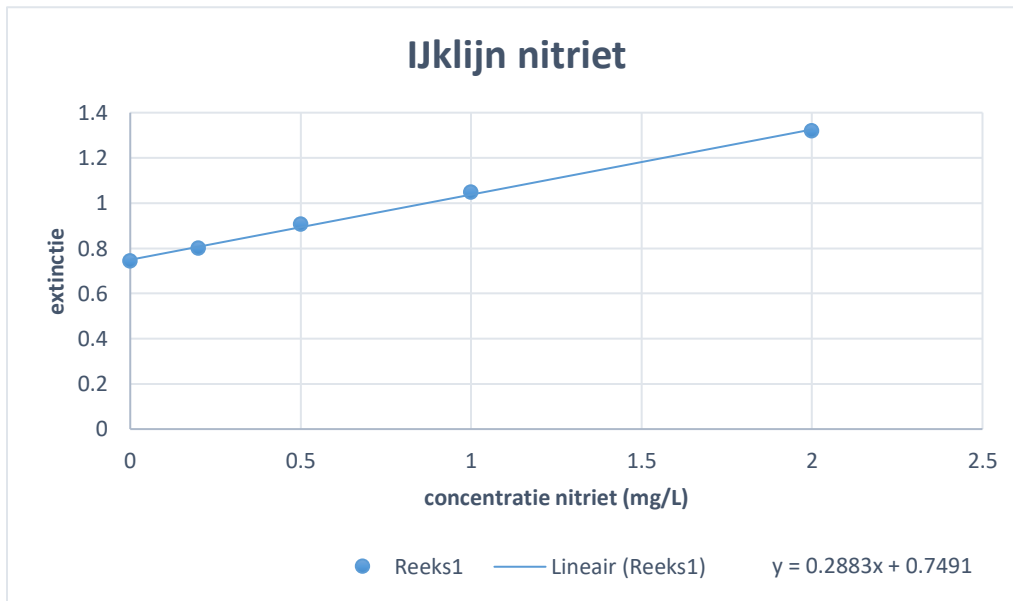
Resultaten

Verkennend onderzoek

Concentratie nitriet (mg/L)	Extinctie
0,0	0,743
0,2	0,798
0,5	0,906
1,0	1,046
2,0	1,319

Tabel 2:

De extinctie, verkregen van een colorimeter met golflengte 430 nanometer, van bekende concentraties nitriet in milligram per liter.



Grafiek 1:

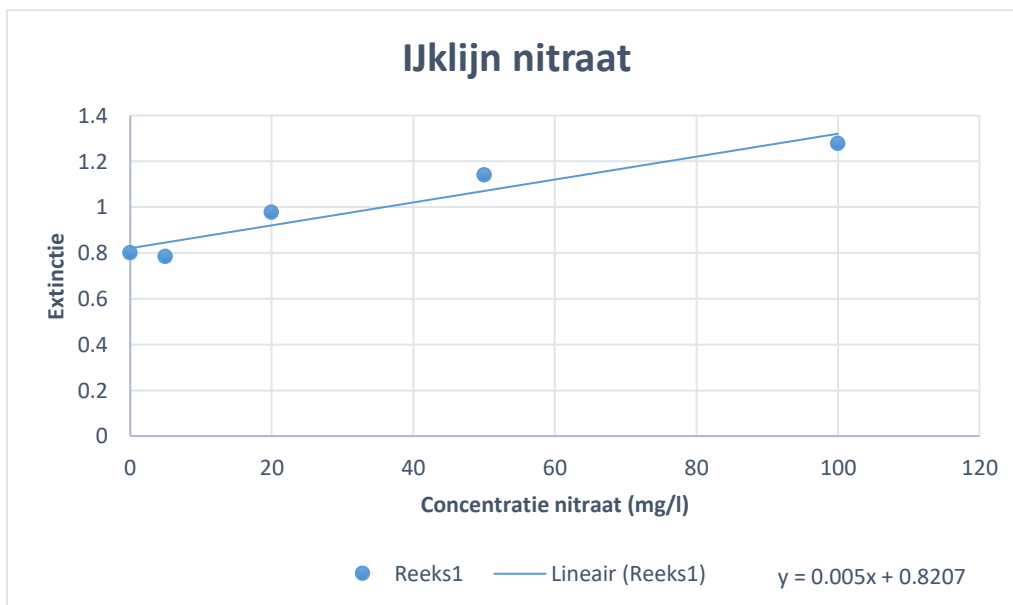
De ijkljn van nitriet bepaald met Tetra nitriet druppelvloeistof test. Hierbij is de extinctie, gemeten met een colorimeter bij golflengte 430 nanometer, uitgezet tegen de concentratie nitriet in milligram per liter. De waarden waarmee grafiek 1 gemaakt is, zijn verkregen uit tabel 2 en hier is vervolgens een lineaire trendlijn bij gemaakt. De formule bij van deze ijkljn is: $y=0,2883x + 0,7491$

De ijkljn raakt de y-as anders dan in de oorsprong van de grafiek. Dit wordt veroorzaakt doordat de ijkljn fotospectrometrisch bepaald is met een colorimeter en hierbij gebruik gemaakt is van druppelvloeistof. Doordat er altijd druppelvloeistof wordt toegevoegd, heeft het water immers altijd een gele kleur, ook al is hier geen nitriet in aanwezig.

Concentratie nitraat (mg/L)	Extinctie
0,0	0,800
5,0	0,783
20	0,978
50	1,140
100	1,278

Tabel 3:

De extinctie, verkregen van een colorimeter met golflengte 430 nanometer, van bekende concentraties nitraat in milligram per liter.



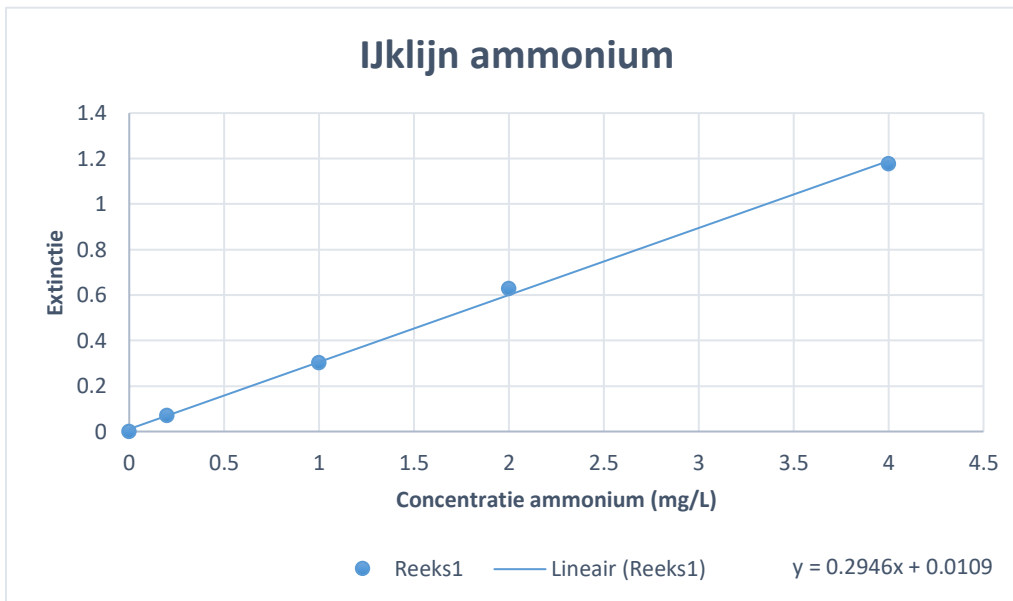
Grafiek 2:

De ijklijn van nitraat bepaald met Tetra nitraat druppelvloeistof test. Hierbij is de extinctie, gemeten met een colorimeter met golflengte 430 nanometer, uitgezet tegen de concentratie nitraat in milligram per liter. De waarden waarmee grafiek 2 gemaakt is, zijn verkregen uit tabel 3 en hier is vervolgens een lineaire trendlijn bij gemaakt. De formule van deze ijklijn is: $y = 0,005x + 0,8207$

De ijklijn raakt de y-as anders dan in de oorsprong van de grafiek. Dit wordt veroorzaakt doordat de ijklijn fotospectrometrisch bepaald is met een colorimeter en hierbij gebruik gemaakt is van druppelvloeistof. Doordat er altijd druppelvloeistof wordt toegevoegd, heeft het water immers altijd een gele kleur, ook al is hier geen nitraat in aanwezig.

Concentratie ammonium (mg/L)	Extinctie
0,0	0,000
0,2	0,069
1,0	0,302
2,0	0,629
4,0	1,176

Tabel 4:
De extinctie, verkregen van een colorimeter met golflengte 635 nanometer, van bekende concentraties ammonium in milligram per liter.



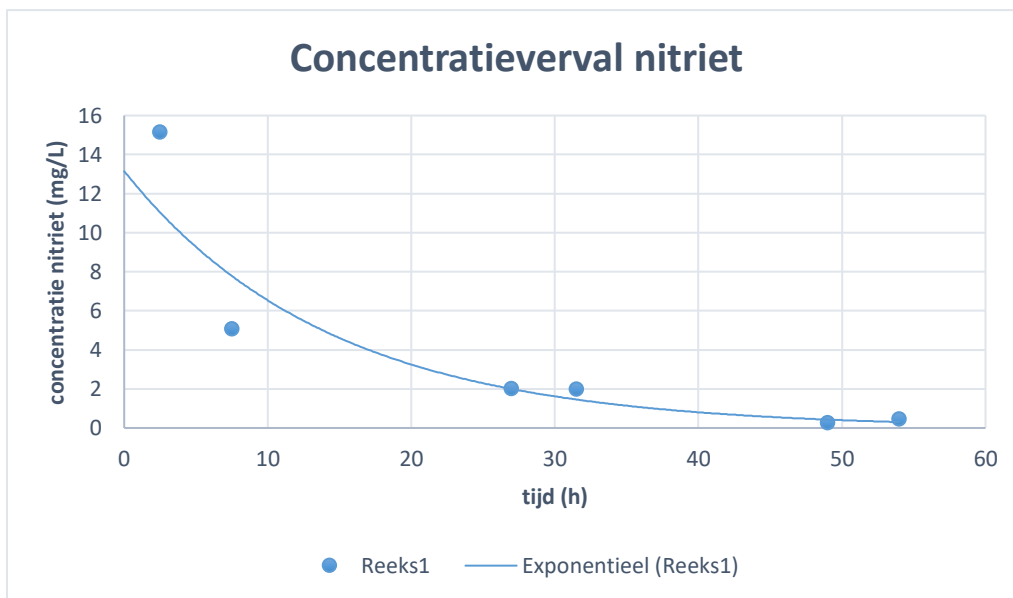
Grafiek 3:
De ijklijn van ammonium bepaald met Tetra ammonium druppelvloeistof test. Hierbij is de extinctie, gemeten met een colorimeter met golflengte 635 nanometer, uitgezet tegen de concentratie ammonium in milligram per liter. De waarden waarmee grafiek 3 gemaakt is, zijn verkregen uit tabel 4 en hier is vervolgens een lineaire trendlijn bij gemaakt. De formule van deze ijklijn is: $y = 0,2946x + 0,0109$
De ijklijn is bepaald aan de hand van extincties. Deze zijn gemeten met een colorimeter met golflengte 635 nanometer. Deze golflengte komt overeen met rood licht en dit betekent dat een gele vloeistof geen extinctie veroorzaakt. Wanneer er geen ammonium aanwezig is in het water, kleurt dit geel door de Tetra ammonium druppelvloeistof test en dit veroorzaakt dus geen extinctie. Theoretisch zou de ijklijn van ammonium dus door de oorsprong van de grafiek moeten lopen. Omdat de waarden van de ijklijn echter in de praktijk gemeten zijn en hier vervolgens een trendlijn is bij gemaakt, wijkt de ijklijn lichtelijk af van de oorsprong met 0,0109.

Tijd (h)	Concentratie nitriet (mg/L)
2,5	15,14
7,5	5,06
27	1,99
31,5	1,96
49	0,24
54	0,45

Tabel 5:
De concentratie nitriet in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 430 nanometer en Tetra nitriet druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.

Originele biomassa	Uiteindelijke biomassa	Absolute toename biomassa	Procentuele toename biomassa
110,7	209,4	98,7	89,2%

Tabel 6:
Het uitlekgewicht van de originele biomassa van het kroos dat is toegevoegd in een bak met nitriet. Na een tijdsbestek van 54 uur is het uitlekgewicht van de uiteindelijke biomassa van het kroos weergegeven. Daarnaast is de absolute en de procentuele toename in biomassa kroos omschreven.



Grafiek 4:
Het concentratieverval van nitriet bepaald met Tetra nitriet druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie nitriet in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 4 gemaakt is, zijn uitgeschreven in tabel 5 en hier is vervolgens een exponentiële trendlijn bij gemaakt, om het concentratieverval goed weer te geven.

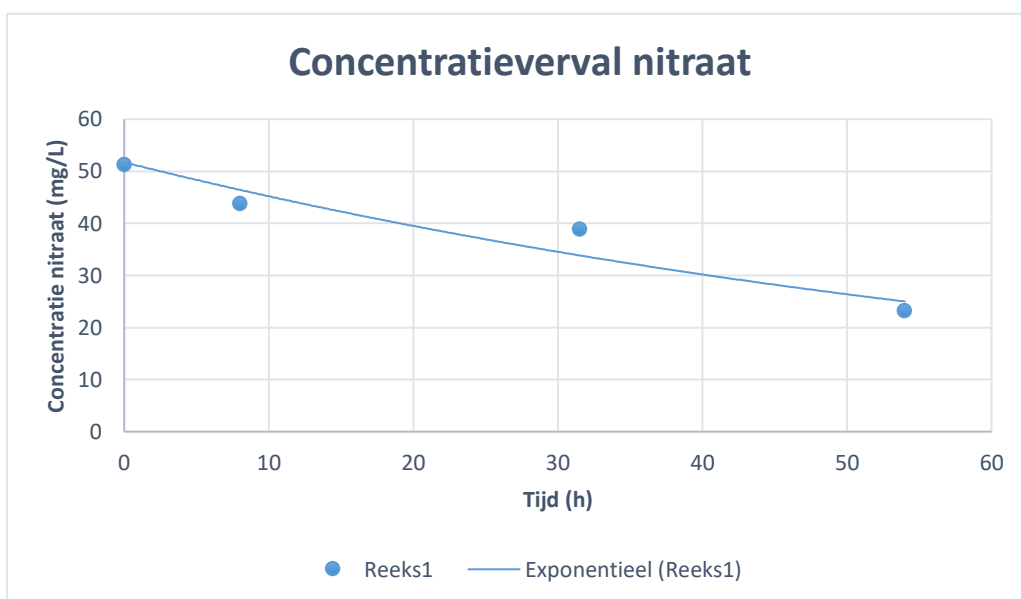
Door het verval in concentratie nitriet valt uit grafiek 4 en tabel 5 op te maken dat het kroos nitriet opneemt uit zijn aquatisch milieu. Wanneer er wordt gekeken naar tabel 6, ziet men dat er een significante toename geweest is in de biomassa van het kroos over een tijdsperiode van 54 uur. De absolute toename in biomassa kroos omvat zo een 98,7 gram. Als men deze twee resultaten combineert kan de conclusie worden getrokken dat het kroos nitriet onttrekt uit zijn aquatisch milieu en dit gebruikt als voedingsstof.

Tijd (h)	Concentratie nitraat (mg/L)
0	51,26
8	43,86
31,5	38,86
54	23,26

Tabel 7:
De concentratie nitraat in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 430 nanometer en Tetra nitraat druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.

Originele biomassa	Uiteindelijke biomassa	Absolute toename biomassa	Procentuele toename biomassa
112,1	159,4	47,3	42,2%

Tabel 8:
Het uitlekgewicht van de originele biomassa van het kroos dat is toegevoegd in een bak met nitraat. Na een tijdsbestek van 54 uur is het uitlekgewicht van de uiteindelijke biomassa van het kroos weergegeven. Daarnaast is de absolute en de procentuele toename in biomassa kroos omschreven.



Grafiek 5:
Het concentratieverval van nitraat bepaald met Tetra nitraat druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie nitraat in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 5 gemaakt is, zijn verkregen uit tabel 7 en hier is vervolgens een exponentiële trendlijn bij gemaakt, om het concentratieverval goed weer te geven.

Door het verval in concentratie nitraat valt uit grafiek 5 en tabel 7 op te maken dat het kroos nitraat opneemt uit zijn aquatisch milieu. Wanneer er wordt gekeken naar tabel 8, ziet men dat er een significante toename geweest is in de biomassa van het kroos over een tijdsperiode van 54 uur. De absolute toename in kroos omvat zo een 47,3 gram. Als men deze twee resultaten combineert kan de conclusie worden getrokken dat het kroos nitraat onttrekt uit zijn aquatisch milieu en dit gebruikt als voedingsstof.

Tijd (h)	Concentratie nitraat (mg/L)
0	14,89
2,5	
5	
8	

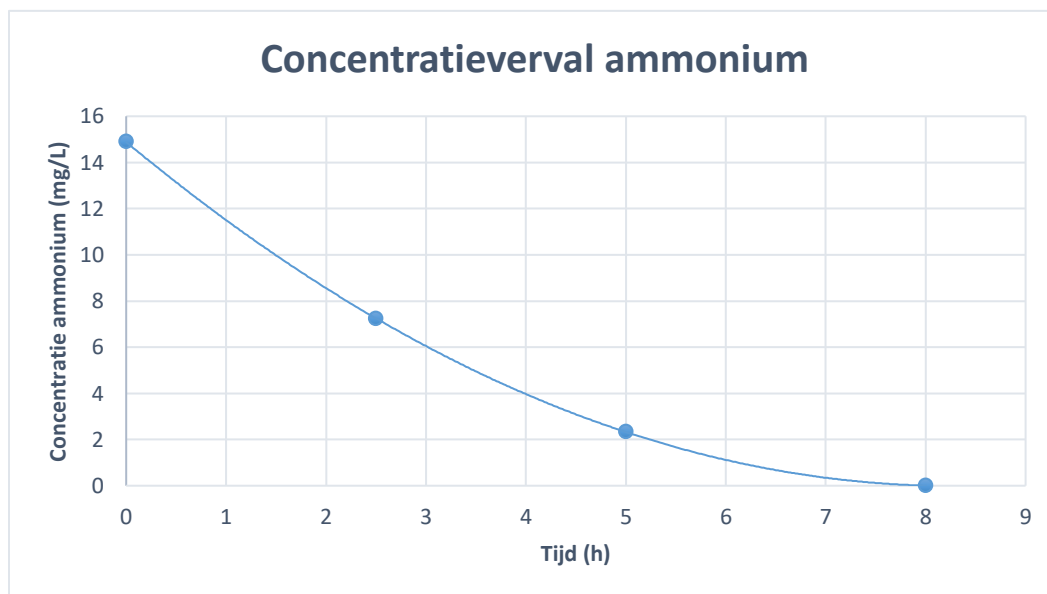
Tabel 9:

De concentratie ammonium in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 635 nanometer en Tetra ammonium druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.

Originele biomassa	Uiteindelijke biomassa	Absolute toename biomassa	Procentuele toename biomassa
117,1	209,4	92,3	78,8%

Tabel 10:

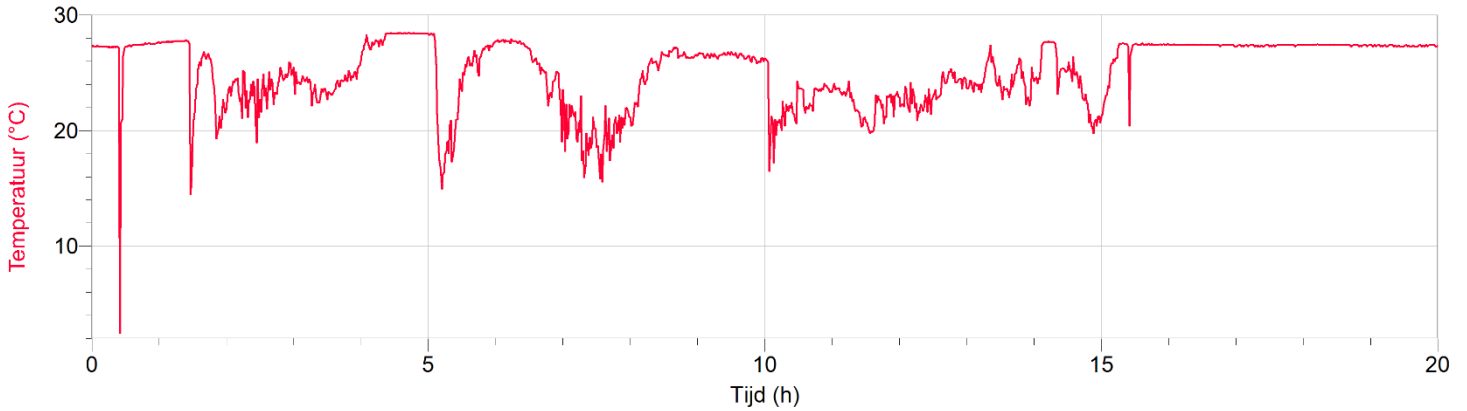
Het uitlekgewicht van de originele biomassa van het kroos dat is toegevoegd in een bak met ammonium. Na een tijdsbestek van 54 uur is het uitlekgewicht van de uiteindelijke biomassa van het kroos weergegeven. Daarnaast is de absolute en de procentuele toename in biomassa kroos omschreven.



Grafiek 6:

Het concentratieverval van ammonium bepaald met Tetra ammonium druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie ammonium in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 6 gemaakt is, zijn verkregen uit tabel 9 en hier is vervolgens een exponentiële trendlijn bij gemaakt, om het concentratieverval goed weer te geven.

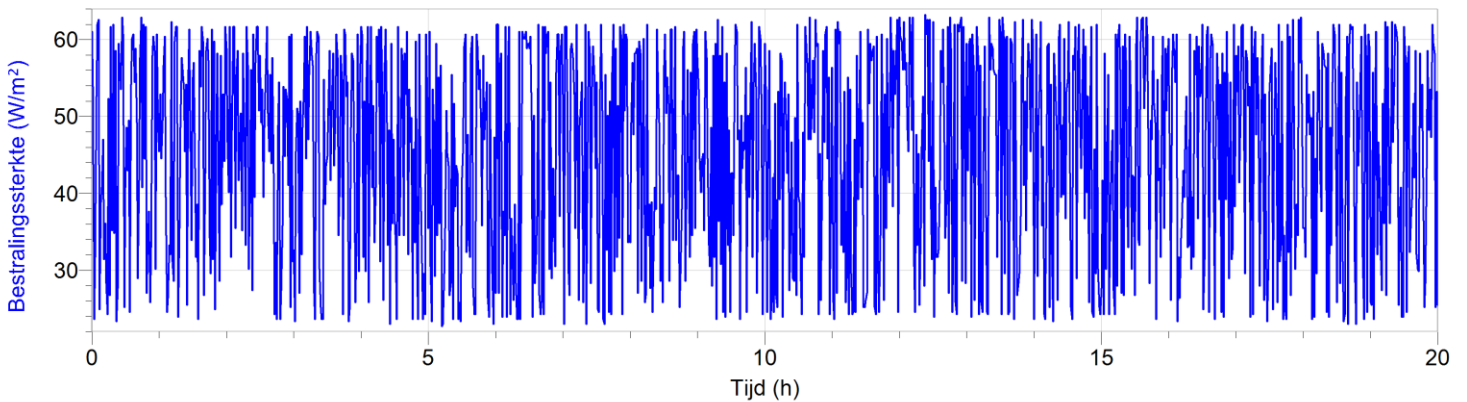
Door het verval in concentratie ammonium valt uit grafiek 4 en tabel 9 op te maken dat het kroos ammonium opneemt uit zijn aquatisch milieu. Wanneer er wordt gekeken naar tabel 10, ziet men dat er een significante toename geweest is in de biomassa van het kroos over een tijdsperiode van 54 uur. De absolute toename in kroos omvat zo een 92,3 gram. Als men deze twee resultaten combineert kan de conclusie worden getrokken dat het kroos ammonium onttrekt uit zijn aquatisch milieu en dit gebruikt als voedingsstof.



Grafiek 7:

De temperatuur in de bakken met kroos met behulp van een thermometer sensor via Labquest. Hierbij is de temperatuur in graden Celsius uitgezet tegen de tijd in uren.

In grafiek 7 is te zien dat de temperatuur, in graden Celsius, enigszins fluctueert. Deze variatie in temperatuur ligt echter grotendeels binnen het gebied waarin kroos kan leven en zich zonder problemen kan vermeerderen. De gemiddelde temperatuur in de kweekkast is circa 27 graden Celsius, dit ligt dicht in de buurt bij de optimumtemperatuur van het kroos: 29 graden Celsius.



Grafiek 8:

De stralingsintensiteit op de bakken met kroos gemeten met behulp van een pyranometer via Labquest. Hierbij is de bestralingssterkte in watt per vierkante meter uitgezet tegen de tijd in uren. De bestralingssterkte fluctueert hevig, omdat de lampen die hier stralen een frequentie van 55 Hertz hebben. Aangezien ook de meter met een bepaalde frequentie meet wordt zowel de straling wanneer de lamp op zijn felst is, als de straling wanneer de lamp nagloeit gemeten.

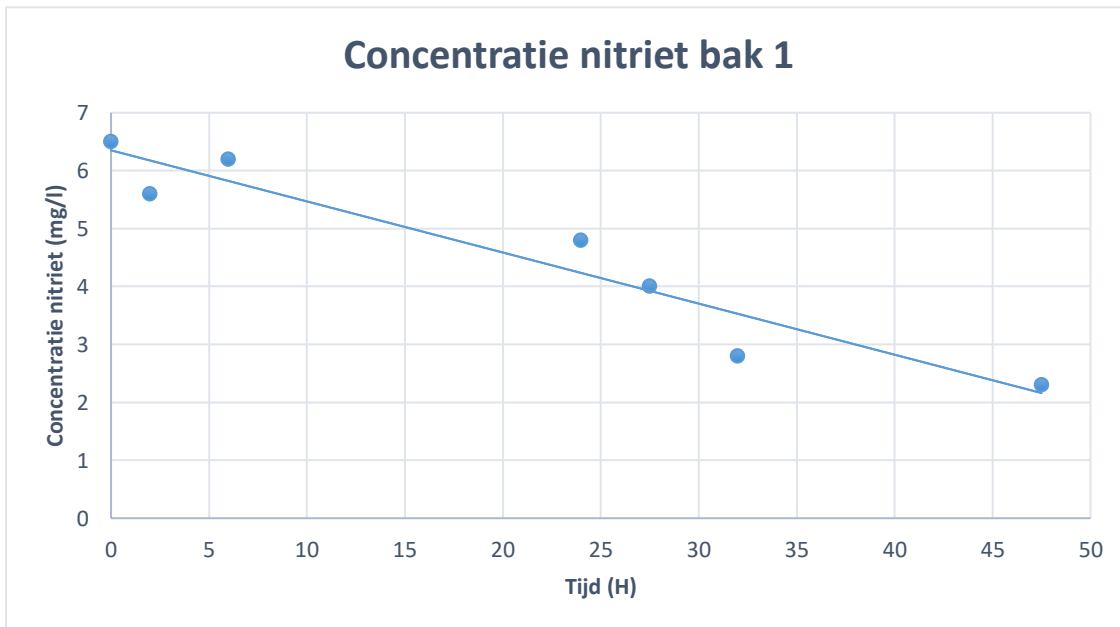
In grafiek 8 is te zien hoeveel straling de groeilampen uitzenden op de bakken met kroos. Wanneer de resultaten uit tabellen 6, 8 en 10 gecombineerd worden, kan men concluderen dat er, bij zowel de bak met nitriet, de bak met nitraat als de bak met ammonium/ammoniak, een significante toename in biomassa is geweest van het kroos. De toename in biomassa van een plant kan niet verlopen zonder fotosynthese. Aangezien licht één van de belangrijkste elementen is om de lichtreactie en indirect ook de Calvencyclus op gang te krijgen, is te concluderen dat de bestralingssterkte van de lampen op de bakken voldoende is dat er fotosynthese kan plaatsvinden en het kroos zich zo kan vermeerderen.

Uit het feit dat het kroos zich vermeerdert en er weinig sterfte optreedt, is te concluderen dat de omstandigheden in de groeikas geschikt zijn voor de groei van kroos.

Gericht onderzoek

Tijd (h)	Concentratie nitriet (mg/L)
0	6,5
2	5,6
6	6,2
24	4,8
27,5	4,0
32	2,8
47,5	2,3

Tabel 11:
De concentratie nitriet in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 430 nanometer en Tetra nitriet druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.

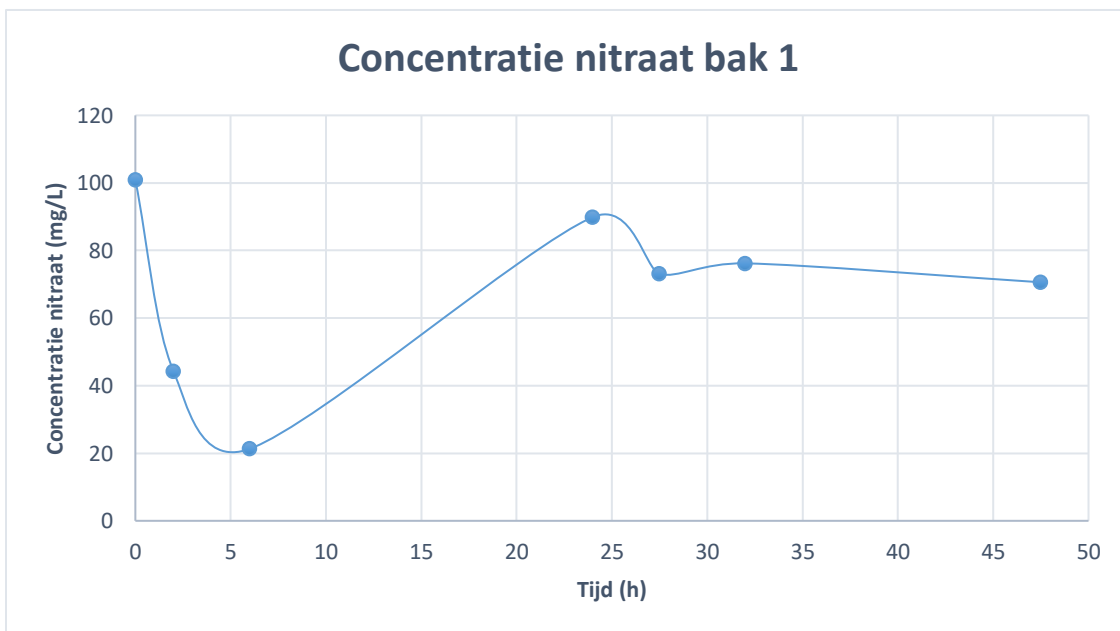


Grafiek 9:
Het concentratieverval van nitriet bepaald met Tetra nitriet druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie nitriet in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 9 gemaakt is, zijn uitgeschreven in tabel 11 en hier is vervolgens een lineaire trendlijn bij gemaakt, om het concentratieverval goed weer te geven.

Tijd (H)	Concentratie nitraat (mg/L)
0	100,9
2	44,3
6	21,3
24	89,9
27,5	73,1
32	76,2
47,5	70,6

Tabel 12:

De concentratie nitraat in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 430 nanometer en Tetra nitraat druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.



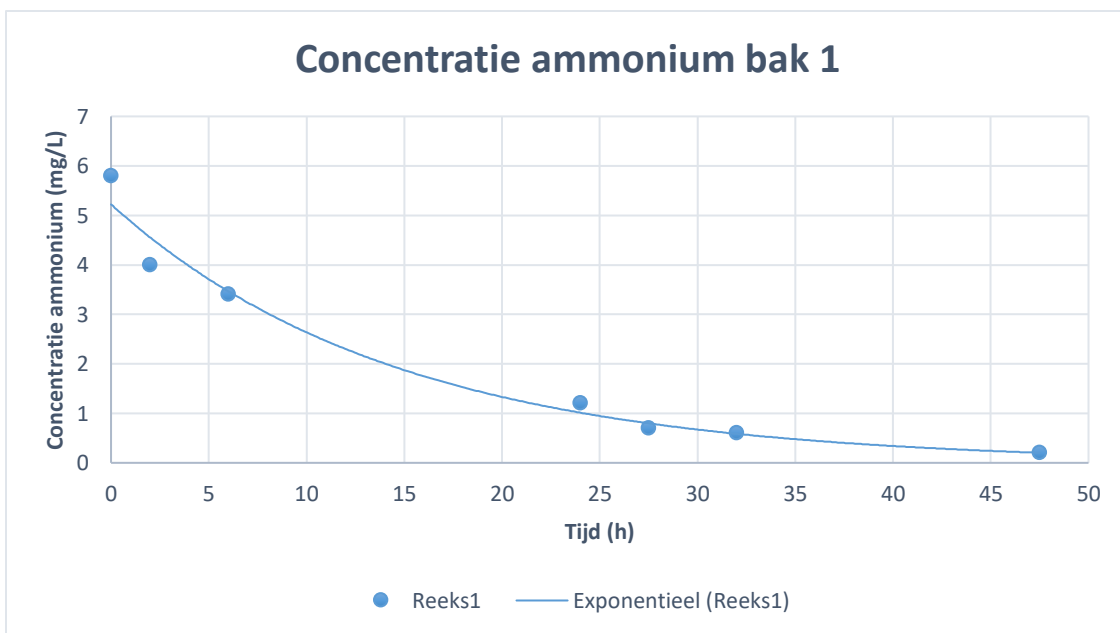
Grafiek 10:

Het concentratieverval van nitraat bepaald met Tetra nitraat druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie nitraat in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 10 gemaakt is, zijn verkregen uit tabel 12 en hier is vervolgens een vloeiende lijn doorheen getrokken, om het concentratieverval goed weer te geven.

Tijd (h)	Concentratie ammonium (mg/L)
0	5,8
2	4,0
6	3,4
24	1,2
27,5	0,7
32	0,6
47,5	0,2

Tabel 13:

De concentratie ammonium in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 635 nanometer en Tetra ammonium druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.



Grafiek 11:

Het concentratieverval van ammonium bepaald met Tetra ammonium druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie ammonium in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 11 gemaakt is, zijn verkregen uit tabel 13 en hier is vervolgens een exponentiële trendlijn bij gemaakt, om het concentratieverval goed weer te geven.

Originele biomassa	Uiteindelijke biomassa	Absolute toename biomassa	Procentuele toename biomassa
115,7	201,3	85,6	74,0%

Tabel 14:

Het uitlekgewicht van de originele biomassa van het kroos dat is toegevoegd in een bak met nitriet, nitraat en ammonium/ammoniak. Na een tijdsbestek van 47,5 uur is het uitlekgewicht van de uiteindelijke biomassa van het kroos weergegeven. Daarnaast is de absolute en de procentuele toename in biomassa kroos omschreven.

Bak	Biomassatoename/m ²	Nitrietopname/m ²	Nitraatopname/m ²	Ammoniumopname/m ²
1	356,7 g	63,00 mg	454,50 mg	84,00 mg

Tabel 15:

De biomassatoename van het kroos en concentratie nitriet, nitraat en ammonium dat is opgenomen door het kroos in bak 1 per vierkante meter.

Stof	Opname (mg/m ² /h gemiddelde van 1 ^e 10 uur)
Nitriet	1,05
Ammonium	3,75

Tabel 16:

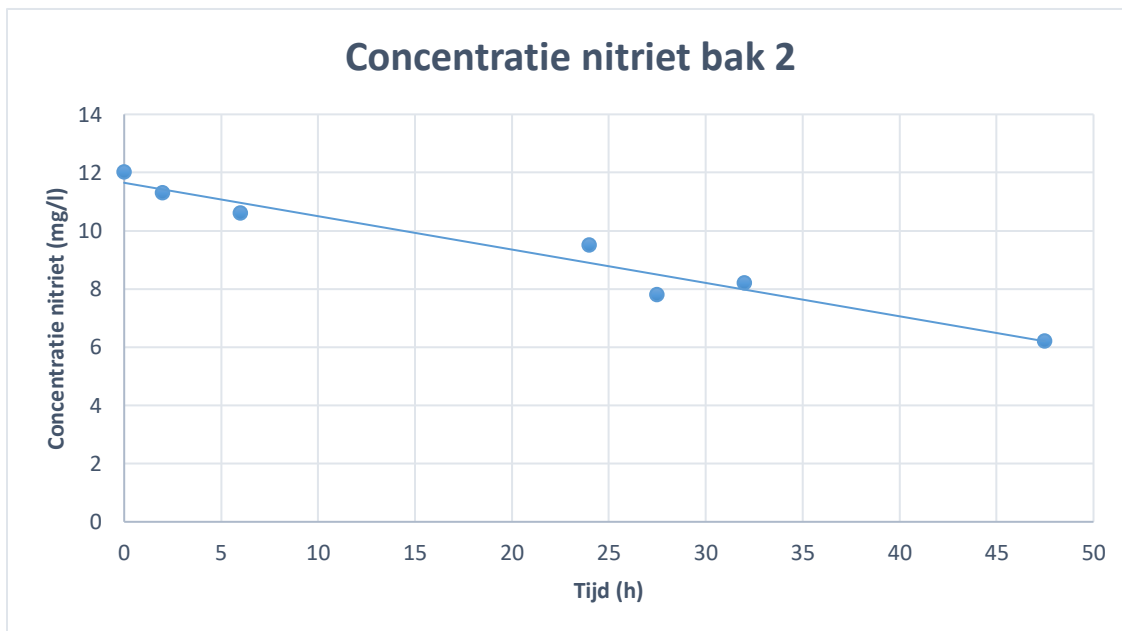
De stofopname van nitriet, nitraat en ammonium in bak 1 in milligram per vierkante meter per uur van de eerste tien uur. Nitraat is niet opgenomen in deze tabel vanwege de fluctuerende waarden en omdat de stof zelfs in grote hoeveelheid niet gevaarlijk is.

De concentraties nitriet, nitraat en ammonium, weergegeven in de grafieken 9, 10 en 11 zijn allen afkomstig uit dezelfde bak. In deze bak is gedurende 48 uur een combinatie-experiment uitgevoerd met constante bestralingssterkte van de groeilampen. Voor en na dit combinatie-experiment is ook het uitlekgewicht van de biomassa van het kroos bepaald. De oppervlakte van de bak is 0,24 vierkante meter en de inhoud is 3,6 liter.

Tijd (h)	Concentratie nitret (mg/L)
0	12,0
2	11,3
6	10,6
24	9,5
27,5	7,8
32	8,2
47,5	6,2

Tabel 17:

De concentratie nitriet in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 430 nanometer en Tetra nitriet druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.



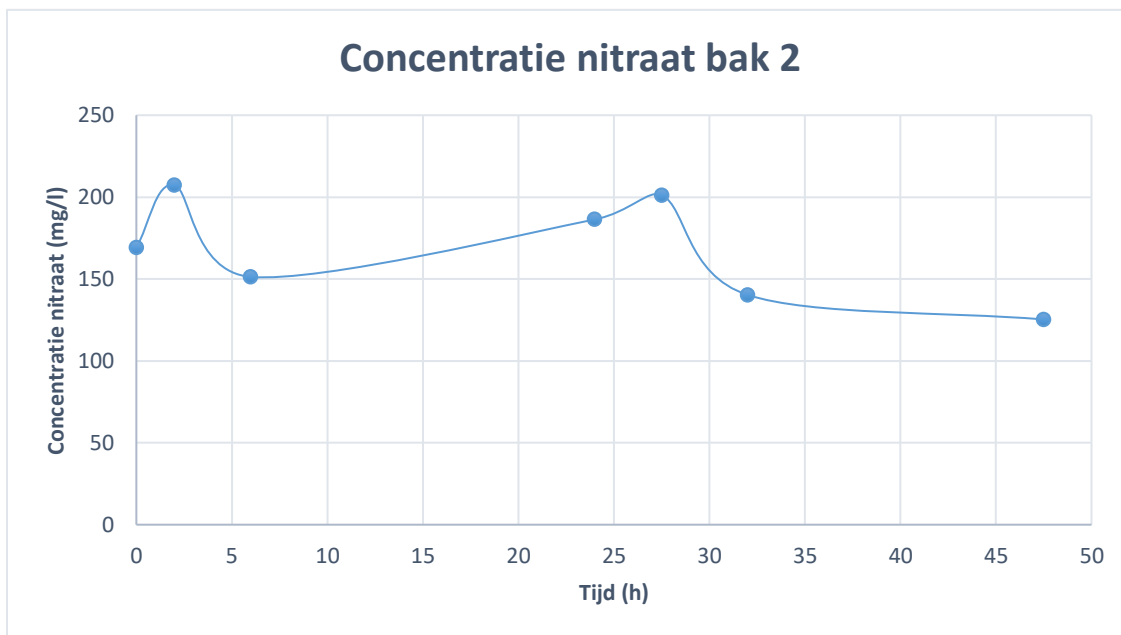
Grafiek 12:

Het concentratieverval van nitriet bepaald met Tetra nitriet druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie nitriet in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 12 gemaakt is, zijn uitgeschreven in tabel 17 en hier is vervolgens een lineaire trendlijn bij gemaakt, om het concentratieverval goed weer te geven.

Tijd (h)	Concentratie nitraat (mg/L)
0	169,3
2	207,3
6	151,3
24	186,4
27,5	201,3
32	140,3
47,5	125,3

Tabel 18:

De concentratie nitraat in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 430 nanometer en Tetra nitraat druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.



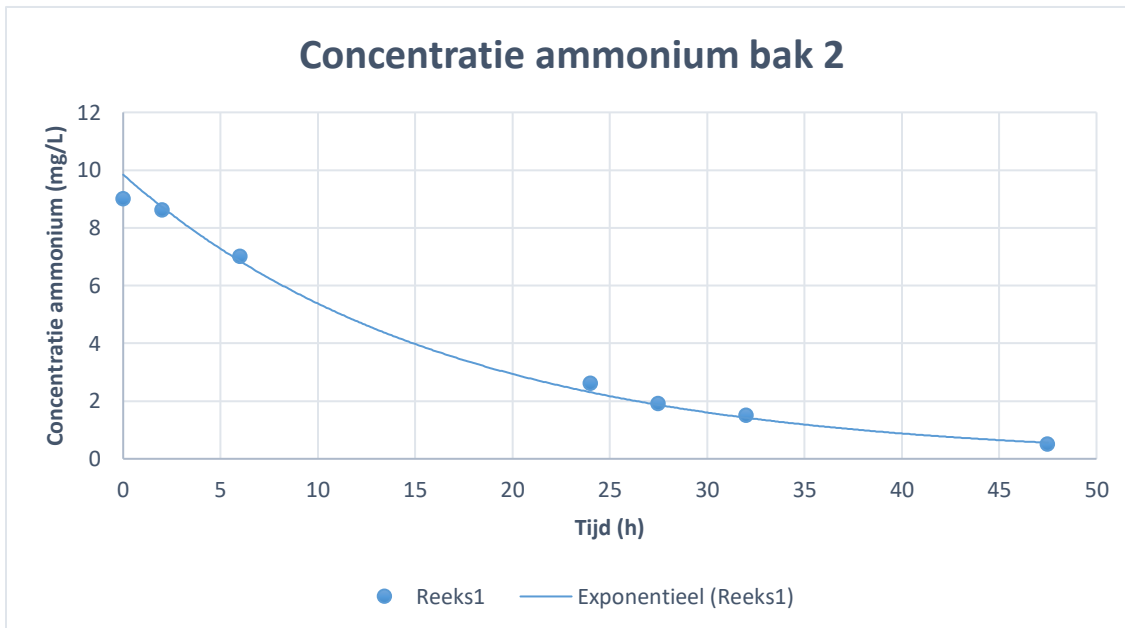
Grafiek 13:

Het concentratieverval van nitraat bepaald met Tetra nitraat druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie nitraat in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 13 gemaakt is, zijn verkregen uit tabel 18 en hier is vervolgens een vloeiende lijn doorheen getrokken, om het concentratieverval goed weer te geven.

Tijd (h)	Concentratie ammonium (mg/L)
0	9,0
2	8,6
6	7,0
24	2,6
27,5	1,9
32	1,5
47,5	0,5

Tabel 19:

De concentratie ammonium in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 635 nanometer en Tetra ammonium druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.



Grafiek 14:

Het concentratieverval van ammonium bepaald met Tetra ammonium druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie ammonium in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 14 gemaakt is, zijn verkregen uit tabel 19 en hier is vervolgens een exponentiële trendlijn bij gemaakt, om het concentratieverval goed weer te geven.

Originele biomassa	Uiteindelijke biomassa	Absolute toename biomassa	Procentuele toename biomassa
117,4	214,4	97,0	82,6%

Tabel 20:

Het uitlekgewicht van de originele biomassa van het kroos dat is toegevoegd in een bak met nitriet, nitraat en ammonium/ammoniak. Na een tijdsbestek van 47,5 uur is het uitlekgewicht van de uiteindelijke biomassa van het kroos weergegeven. Daarnaast is de absolute en de procentuele toename in biomassa kroos omschreven.

Bak	Biomassatoename/m ²	Nitrietopname/m ²	Nitraatopname/m ²	Ammoniumopname/m ²
2	404,17 g	87,00 mg	660,00 mg	127,50 mg

Tabel 21:

De biomassatoename van het kroos en concentratie nitriet, nitraat en ammonium dat is opgenomen door het kroos in bak 2 per vierkante meter.

Stof	Opname (mg/m ² /h gemiddelde van 1 ^e 10 uur)
Nitriet	1,95
Ammonium	6,60

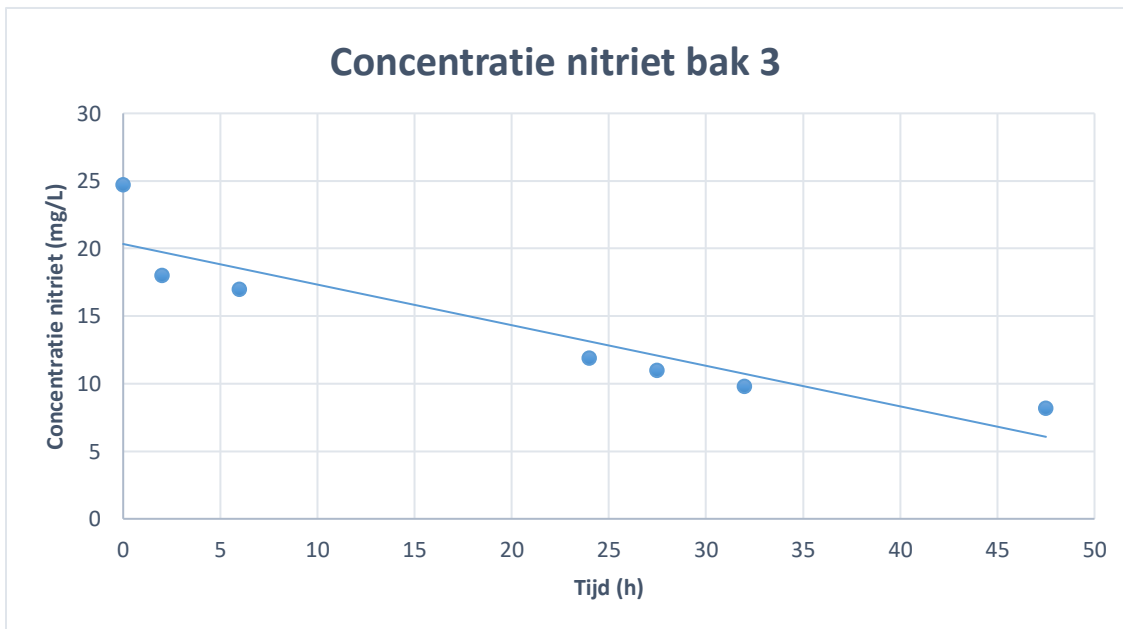
Tabel 22:

De stofopname van nitriet, nitraat en ammonium in bak 2 in milligram per vierkante meter per uur van de eerste tien uur. Nitraat is niet opgenomen in deze tabel vanwege de fluctuerende waarden en omdat de stof zelfs in grote hoeveelheid niet gevaarlijk is.

De concentraties nitriet, nitraat en ammonium, weergegeven in de grafieken 12, 13 en 14 zijn allen afkomstig uit dezelfde bak. In deze bak is gedurende 48 uur een combinatie-experiment uitgevoerd met constante bestralingssterkte van de groeilampen. Voor en na dit combinatie-experiment is ook het uitlekgewicht van de biomassa van het kroos bepaald. De oppervlakte van de bak is 0,24 vierkante meter en de inhoud is 3,6 liter.

Tijd (h)	Concentratie nitrite (mg/L)
0	24,7
2	18,0
6	17,0
24	11,9
27,5	11,0
32	9,8
47,5	8,2

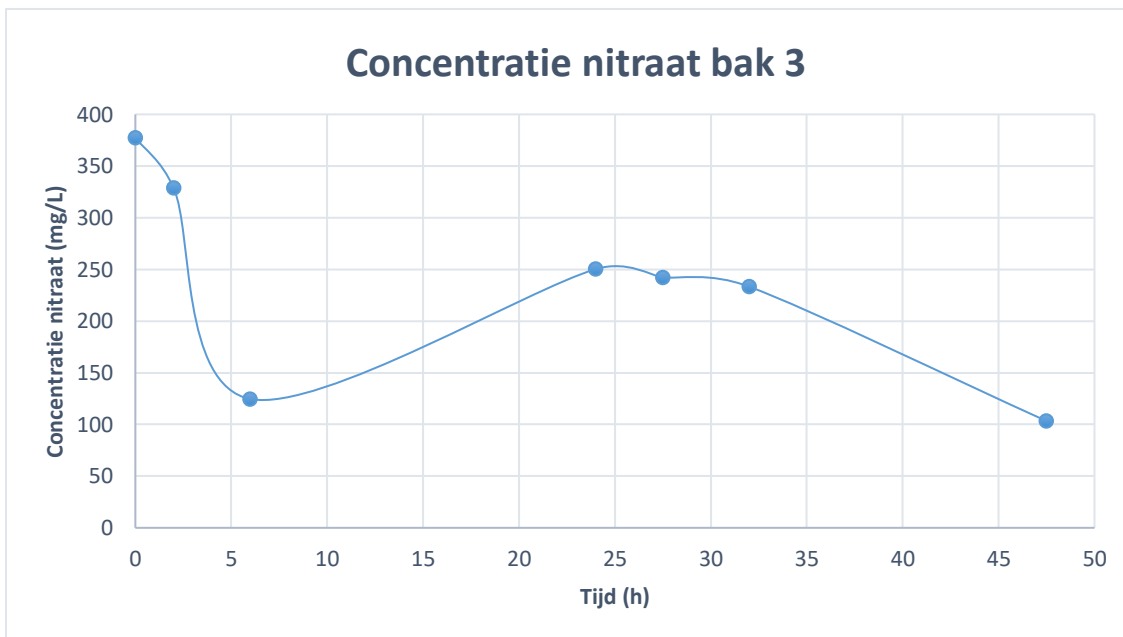
Tabel 23:
De concentratie nitriet in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 430 nanometer en Tetra nitriet druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.



Grafiek 15:
Het concentratieverval van nitriet bepaald met Tetra nitriet druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie nitriet in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 15 gemaakt is, zijn uitgeschreven in tabel 23 en hier is vervolgens een lineaire trendlijn bij gemaakt, om het concentratieverval goed weer te geven.

Tijd (h)	Concentratie nitraat (mg/L)
0	377,3
2	328,6
6	124,6
24	250,3
27,5	242,3
32	233,3
47,5	103,3

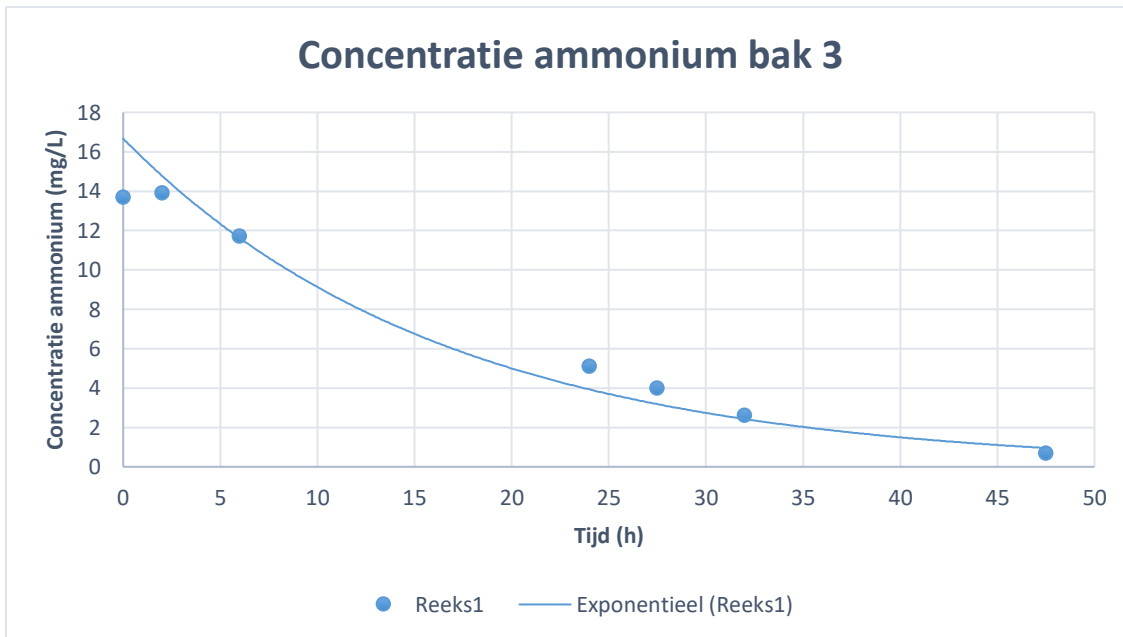
Tabel 24:
De concentratie nitraat in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 430 nanometer en Tetra nitraat druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.



Grafiek 16:
Het concentratieverval van nitraat bepaald met Tetra nitraat druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie nitraat in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 16 gemaakt is, zijn verkregen uit tabel 24 en hier is vervolgens een vloeiende lijn doorheen getrokken, om het concentratieverval goed weer te geven.

Tijd (h)	Concentratie ammonium (mg/L)
0	13,7
2	13,9
6	11,7
24	5,1
27,5	4,0
32	2,6
47,5	0,7

Tabel 25:
De concentratie ammonium in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 635 nanometer en Tetra ammonium druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.



Grafiek 17:
Het concentratieverval van ammonium bepaald met Tetra ammonium druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie ammonium in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 17 gemaakt is, zijn verkregen uit tabel 25 en hier is vervolgens een exponentiële trendlijn bij gemaakt, om het concentratieverval goed weer te geven.

Originele biomassa	Uiteindelijke biomassa	Absolute toename biomassa	Procentuele toename biomassa
120,3	186,9	66,6	55,4%

Tabel 26:

Het uitlekgewicht van de originele biomassa van het kroos dat is toegevoegd in een bak met nitriet, nitraat en ammonium/ammoniak. Na een tijdsbestek van 47,5 uur is het uitlekgewicht van de uiteindelijke biomassa van het kroos weergegeven. Daarnaast is de absolute en de procentuele toename in biomassa kroos omschreven.

Bak	Biomassatoename/m ²	Nitrietopname/m ²	Nitraatopname/m ²	Ammoniumopname/m ²
3	277,5 g	246,70 mg	4110,00 mg	195,00 mg

Tabel 27:

De biomassatoename van het kroos en concentratie nitriet, nitraat en ammonium dat is opgenomen door het kroos in bak 3 per vierkante meter.

Stof	Opname (mg/m ² /h gemiddelde van 1 ^e 10 uur)
Nitriet	4,65
Ammonium	7,35

Tabel 28:

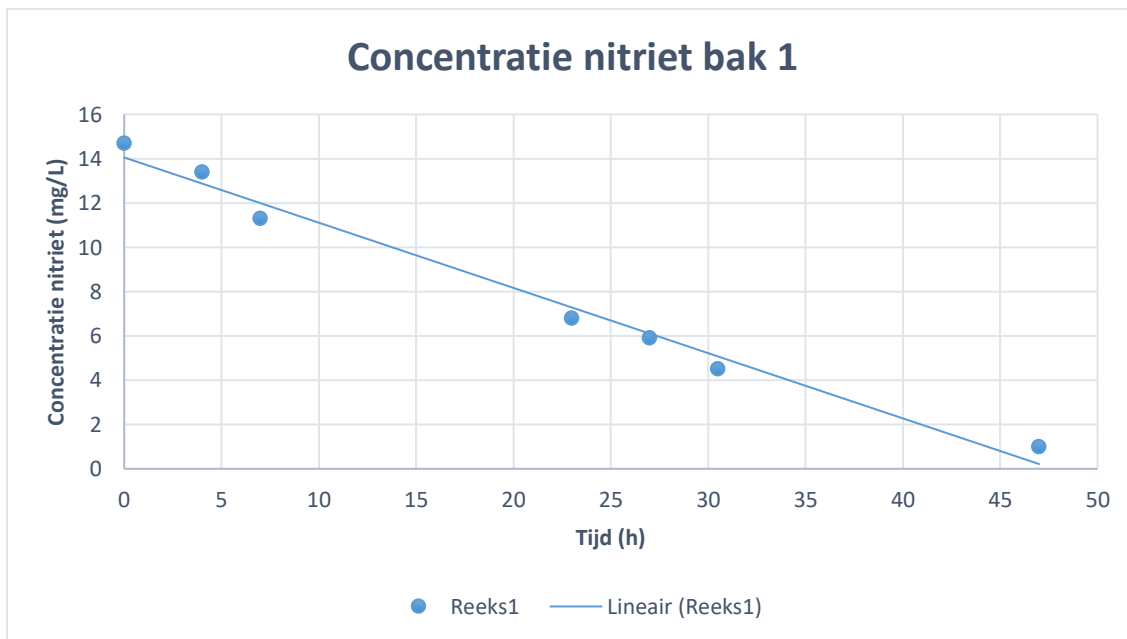
De stofopname van nitriet, nitraat en ammonium in bak 3 in milligram per vierkante meter per uur van de eerste tien uur. Nitraat is niet opgenomen in deze tabel vanwege de fluctuerende waarden en omdat de stof zelfs in grote hoeveelheid niet gevaarlijk is.

De concentraties nitriet, nitraat en ammonium, weergegeven in de grafieken 15, 16 en 17 zijn allen afkomstig uit dezelfde bak. In deze bak is gedurende 48 uur een combinatie-experiment uitgevoerd met constante bestralingssterkte van de groeilampen. Voor en na dit combinatie-experiment is ook het uitlekgewicht van de biomassa van het kroos bepaald. De oppervlakte van de bak is 0,24 vierkante meter en de inhoud is 3,6 liter.

Tijd (h)	Concentratie nitriet (mg/L)
0	14,7
4	13,4
7	11,3
23	6,8
27	5,9
30,5	4,5
47	1,0

Tabel 29:

De concentratie nitriet in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 430 nanometer en Tetra nitriet druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.

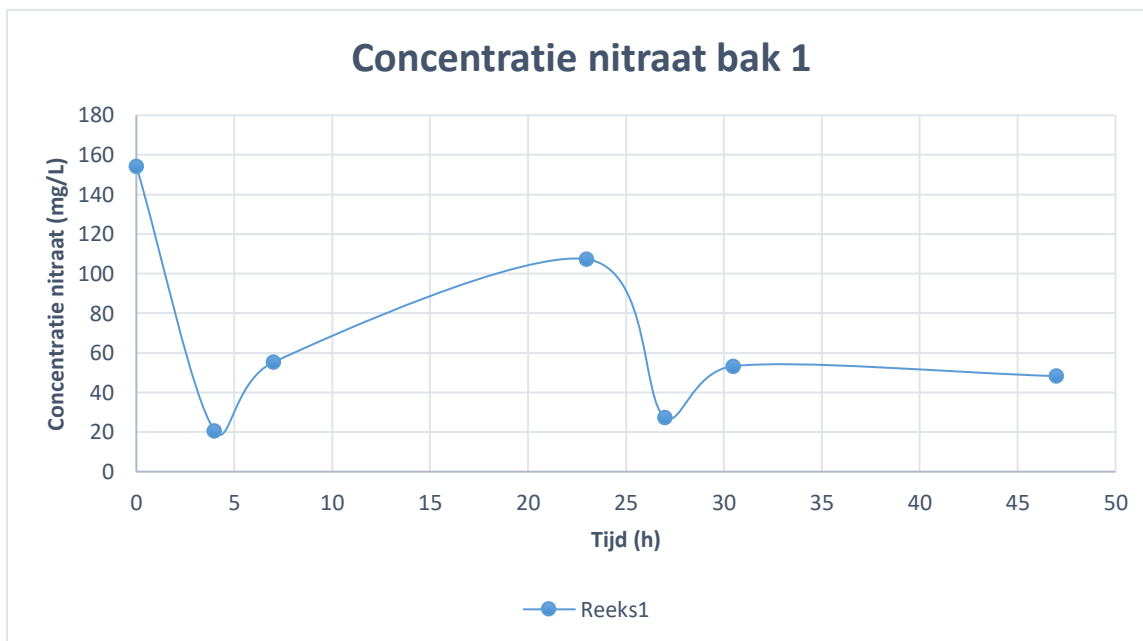


Grafiek 18:

Het concentratieverval van nitriet bepaald met Tetra nitriet druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie nitriet in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 18 gemaakt is, zijn uitgeschreven in tabel 29 en hier is vervolgens een lineaire trendlijn bij gemaakt, om het concentratieverval goed weer te geven.

Tijd (h)	Concentratie nitraat (mg/L)
0	154,3
4	20,6
7	55,3
23	107,3
27	27,3
30,5	53,3
47	48,3

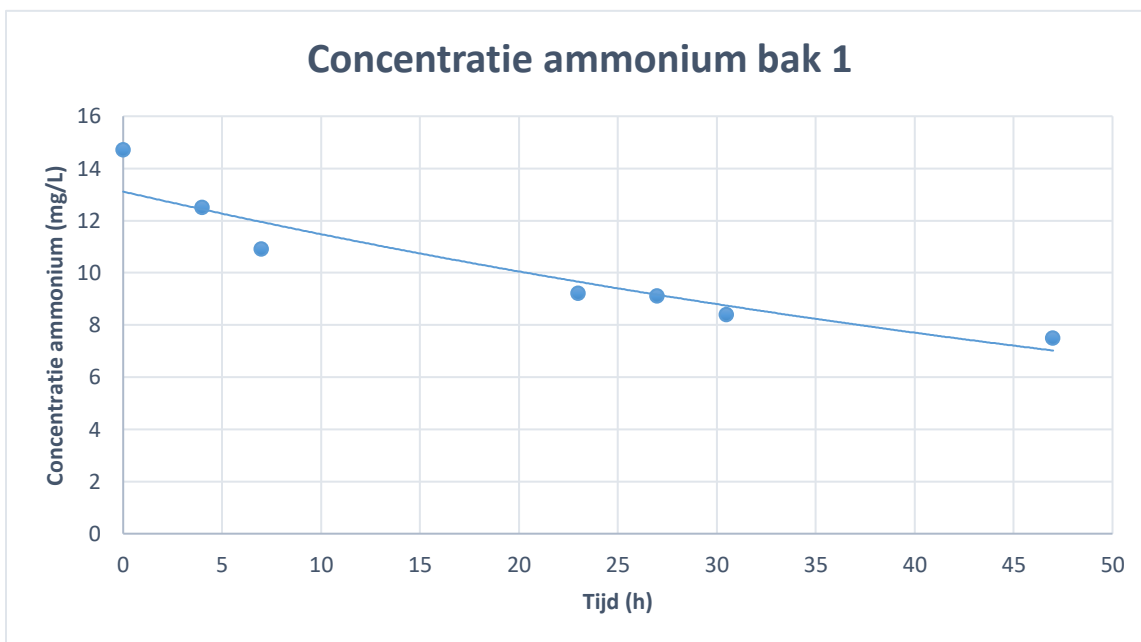
Tabel 30:
De concentratie nitraat in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 430 nanometer en Tetra nitraat druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.



Grafiek 19:
Het concentratieverval van nitraat bepaald met Tetra nitraat druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie nitraat in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 19 gemaakt is, zijn verkregen uit tabel 30 en hier is vervolgens een vloeiende lijn doorheen getrokken, om het concentratieverval goed weer te geven.

Tijd (h)	Concentratie ammonium (mg/L)
0	14,7
4	12,5
7	10,9
23	9,2
27	9,1
30,5	8,4
47	7,5

Tabel 31:
De concentratie ammonium in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 635 nanometer en Tetra ammonium druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.



Grafiek 20:
Het concentratieverval van ammonium bepaald met Tetra ammonium druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie ammonium in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 20 gemaakt is, zijn verkregen uit tabel 31 en hier is vervolgens een trendlijn bij gemaakt, om het concentratieverval goed weer te geven.

Originele biomassa	Uiteindelijke biomassa	Absolute toename biomassa	Procentuele toename biomassa
91,7	124,0	32,3	35,2%

Tabel 32:

Het uitlekgewicht van de originele biomassa van het kroos dat is toegevoegd in een bak met nitriet, nitraat en ammonium/ammoniak. Na een tijdsbestek van 47 uur is het uitlekgewicht van de uiteindelijke biomassa van het kroos weergegeven. Daarnaast is de absolute en de procentuele toename in biomassa kroos omschreven.

Bak	Biomassatoename/m2	Nitrietopname/m2	Nitraatopname/m2	Ammoniumopname/m2
1	134,6 g	205,50 mg	1590,00 mg	108,00 mg

Tabel 33:

De biomassatoename van het kroos en concentratie nitriet, nitraat en ammonium dat is opgenomen door het kroos in bak 1 per vierkante meter.

Stof	Opname (mg/m ² /h gemiddelde van 1 ^e 10 uur)
Nitriet	4,51
Ammonium	2,25

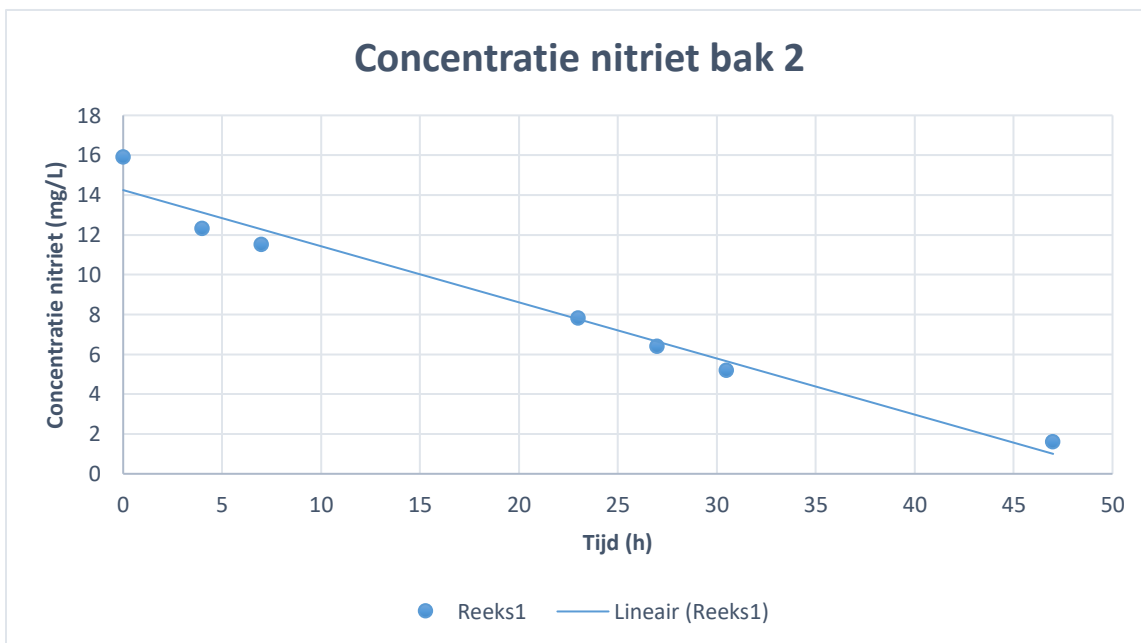
Tabel 34:

De stofopname van nitriet, nitraat en ammonium in bak 1 in milligram per vierkante meter per uur van de eerste tien uur. Nitraat is niet opgenomen in deze tabel vanwege de fluctuerende waarden en omdat de stof zelfs in grote hoeveelheid niet gevaarlijk is.

De concentraties nitriet, nitraat en ammonium, weergegeven in de grafieken 18, 19 en 20 zijn allen afkomstig uit dezelfde bak. In deze bak is gedurende 48 uur een tweede combinatie-experiment uitgevoerd met constante bestralingssterkte van de groeilampen. Voor en na dit combinatie-experiment is ook het uitlekgewicht van de biomassa van het kroos bepaald. De oppervlakte van de bak is 0,24 vierkante meter en de inhoud is 3,6 liter.

Tijd (h)	Concentratie nitriet (mg/L)
0	15,9
4	12,3
7	11,5
23	7,8
27	6,4
30,5	5,2
47	1,6

Tabel 35:
De concentratie nitriet in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 430 nanometer en Tetra nitriet druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.

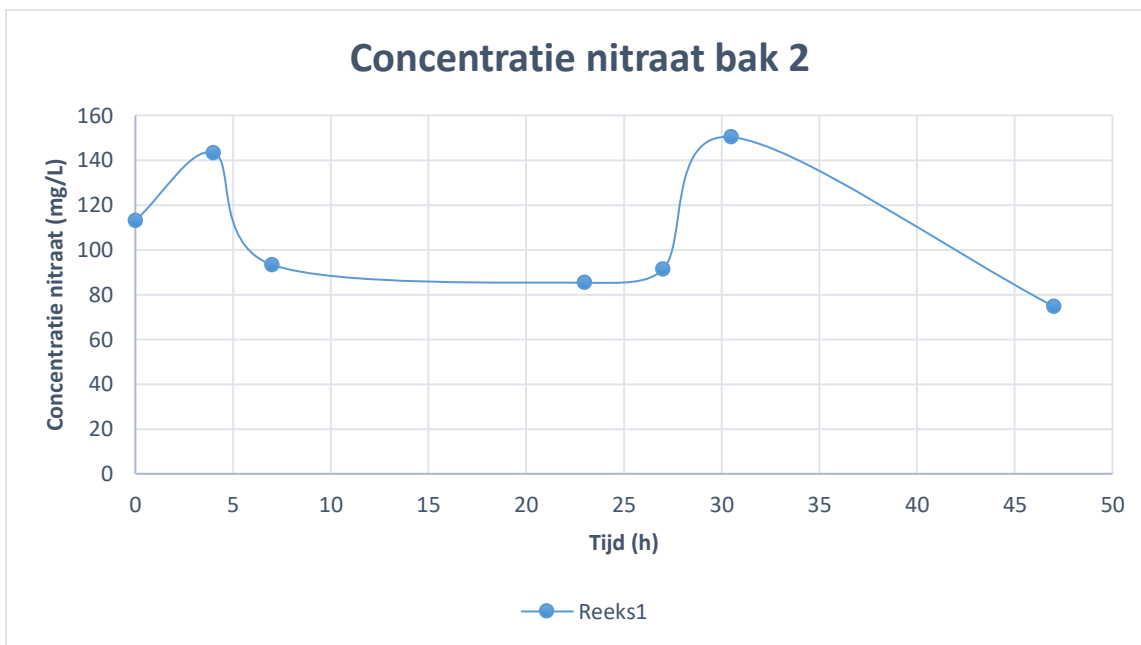


Grafiek 21:
Het concentratieverval van nitriet bepaald met Tetra nitriet druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie nitriet in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 21 gemaakt is, zijn uitgeschreven in tabel 35 en hier is vervolgens een lineaire trendlijn bij gemaakt, om het concentratieverval goed weer te geven.

Tijd (h)	Concentratie nitraat (mg/L)
0	113,1
4	143,3
7	93,3
23	85,3
27	91,3
30,5	150,3
47	74,7

Tabel 36:

De concentratie nitraat in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 430 nanometer en Tetra nitraat druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.



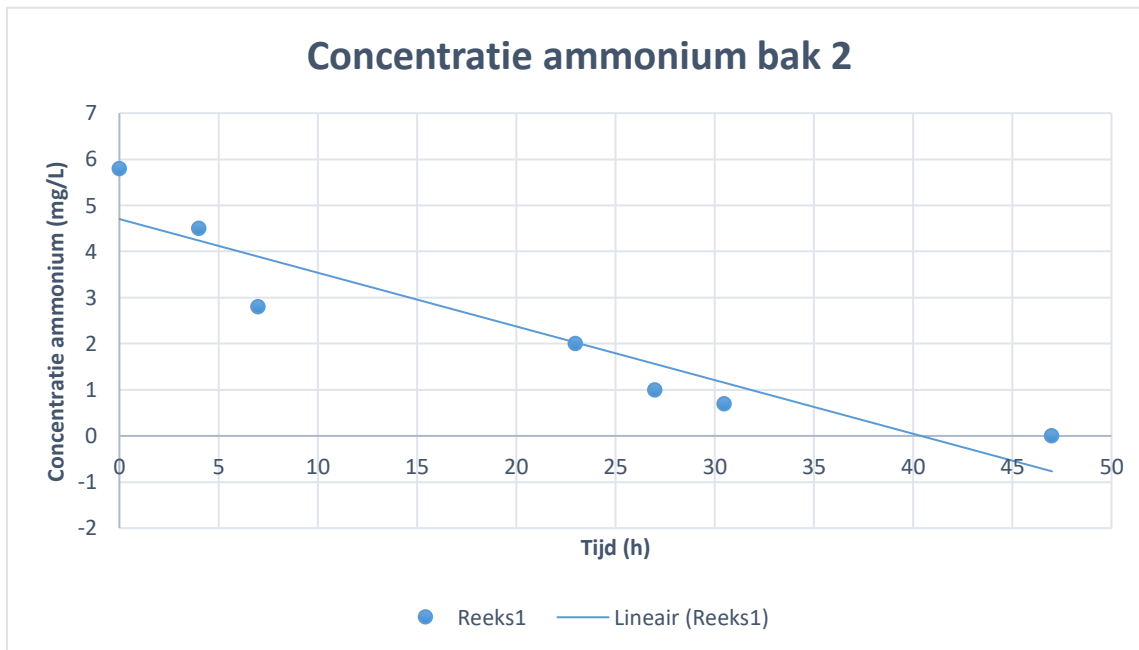
Grafiek 22:

Het concentratieverval van nitraat bepaald met Tetra nitraat druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie nitraat in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 22 gemaakt is, zijn verkregen uit tabel 36 en hier is vervolgens een vloeiende lijn doorheen getrokken, om het concentratieverval goed weer te geven.

Tijd (h)	Concentratie ammonium (mg/L)
0	5,8
4	4,5
7	2,8
23	2,0
27	1,0
30,5	0,7
47	0,0

Tabel 37:

De concentratie ammonium in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 635 nanometer en Tetra ammonium druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.



Grafiek 23:

Het concentratieverval van ammonium bepaald met Tetra ammonium druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie ammonium in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 23 gemaakt is, zijn verkregen uit tabel 37 en hier is vervolgens een trendlijn bij gemaakt, om het concentratieverval goed weer te geven.

Originele biomassa	Uiteindelijke biomassa	Absolute toename biomassa	Procentuele toename biomassa
93,3	122,8	29,5	31,6%

Tabel 38:

Het uitlekgewicht van de originele biomassa van het kroos dat is toegevoegd in een bak met nitriet, nitraat en ammonium/ammoniak. Na een tijdsbestek van 47 uur is het uitlekgewicht van de uiteindelijke biomassa van het kroos weergegeven. Daarnaast is de absolute en de procentuele toename in biomassa kroos omschreven.

Bak	Biomassatoename/m ²	Nitrietopname/m ²	Nitraatopname/m ²	Ammoniumopname/m ²
2	122,9 g	214,50 mg	576,00 mg	87,04 mg

Tabel 39:

De biomassatoename van het kroos en concentratie nitriet, nitraat en ammonium dat is opgenomen door het kroos in bak 2 per vierkante meter.

Stof	Opname (mg/m ² /h gemiddelde van 1 ^e 10 uur)
Nitriet	3,75
Ammonium	3,30

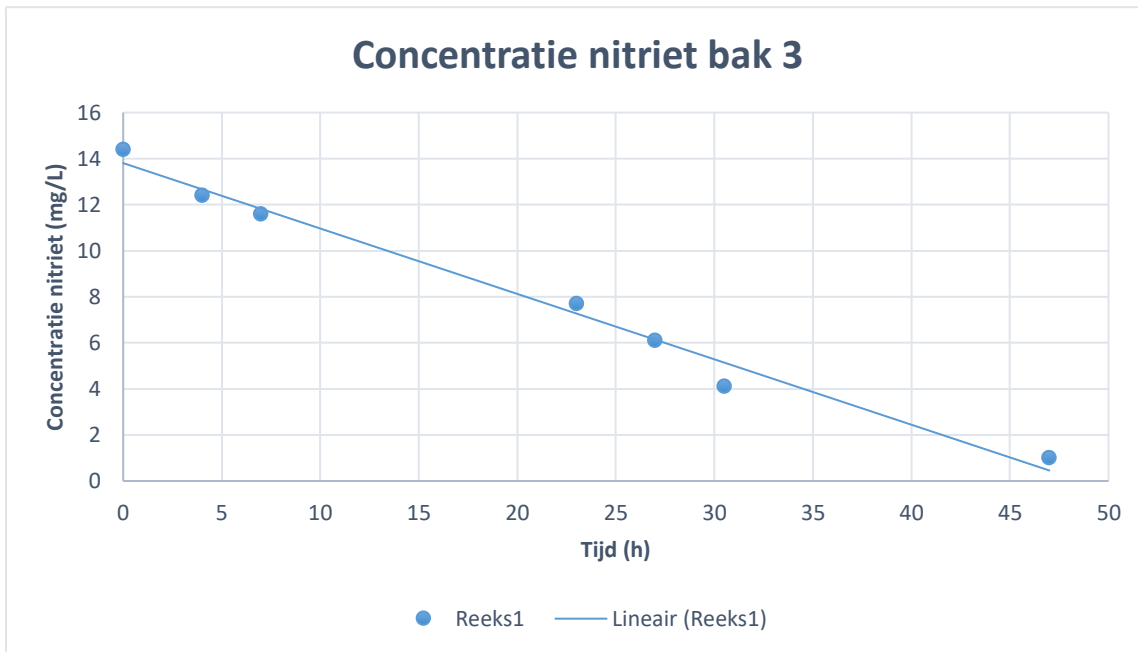
Tabel 40:

De stofopname van nitriet, nitraat en ammonium in bak 2 in milligram per vierkante meter per uur van de eerste tien uur. Nitraat is niet opgenomen in deze tabel vanwege de fluctuerende waarden en omdat de stof zelfs in grote hoeveelheid niet gevaarlijk is.

De concentraties nitriet, nitraat en ammonium, weergegeven in de grafieken 21, 22 en 23 zijn allen afkomstig uit dezelfde bak. In deze bak is gedurende 48 uur een tweede combinatie-experiment uitgevoerd met constante bestralingssterkte van de groeilampen. Voor en na dit combinatie-experiment is ook het uitlekgewicht van de biomassa van het kroos bepaald. De oppervlakte van de bak is 0,24 vierkante meter en de inhoud is 3,6 liter.

Tijd (h)	Concentratie nitriet (mg/L)
0	14,4
4	12,4
7	11,6
23	7,7
27	6,1
30,5	4,1
47	1,0

Tabel 41:
De concentratie nitriet in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 430 nanometer en Tetra nitriet druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.

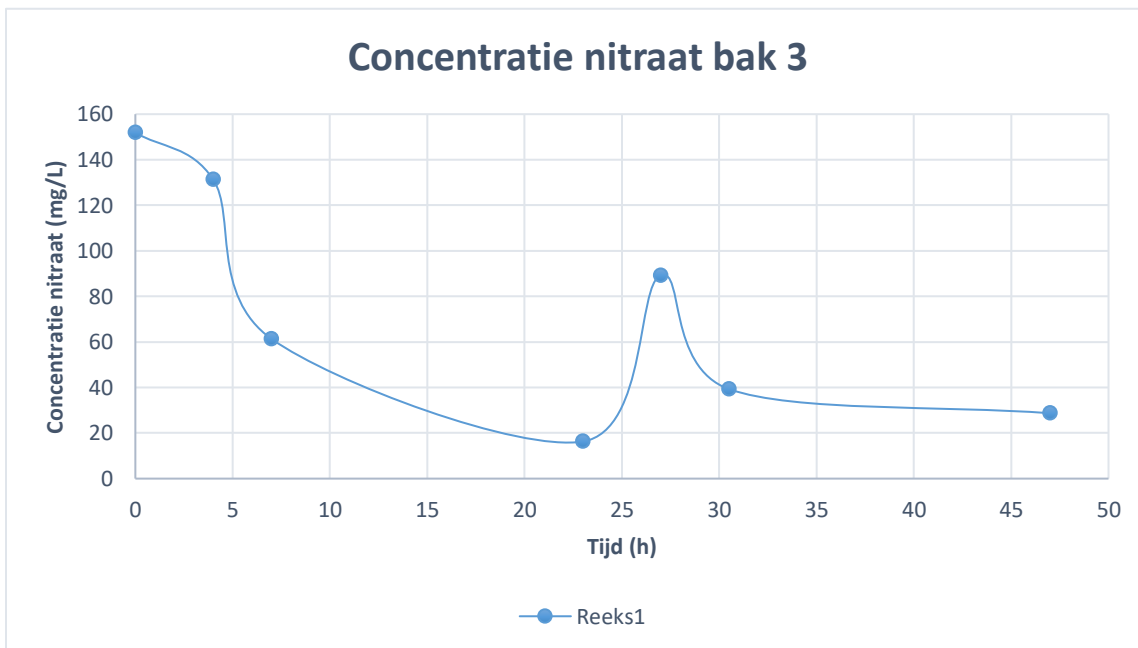


Grafiek 24:
Het concentratieverval van nitriet bepaald met Tetra nitriet druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie nitriet in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 24 gemaakt is, zijn uitgeschreven in tabel 41 en hier is vervolgens een lineaire trendlijn bij gemaakt, om het concentratieverval goed weer te geven.

Tijd (h)	Concentratie nitraat (mg/L)
0	151,9
4	131,3
7	61,3
23	16,3
27	89,3
30,5	39,3
47	28,7

Tabel 42:

De concentratie nitraat in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 430 nanometer en Tetra nitraat druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.

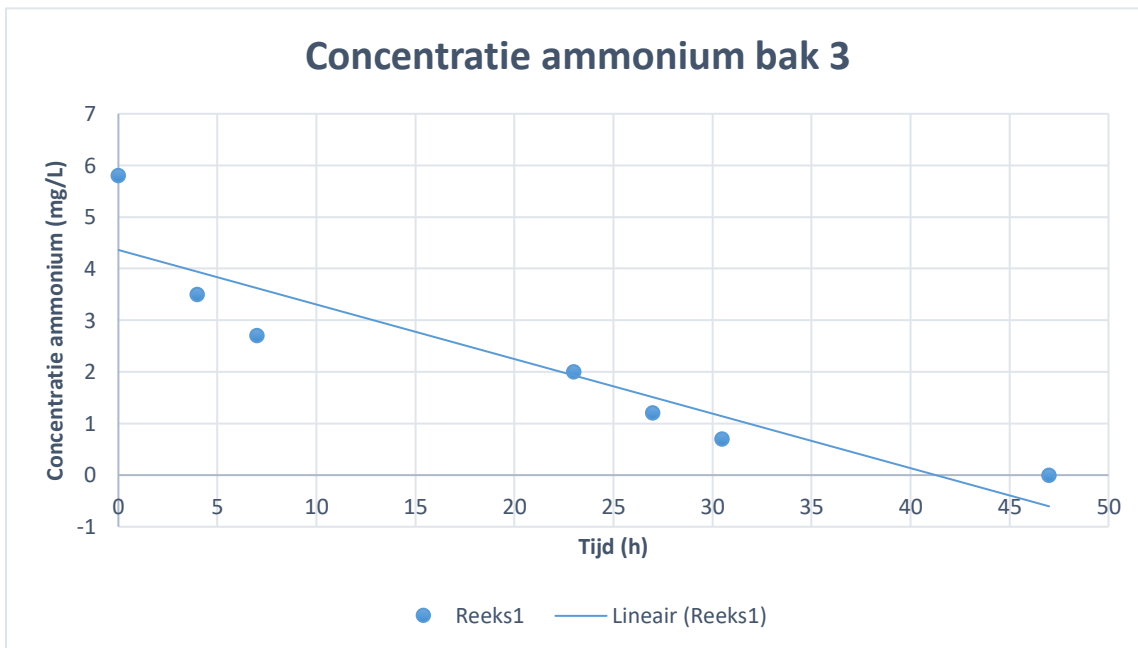


Grafiek 25:

Het concentratieverval van nitraat bepaald met Tetra nitraat druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie nitraat in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 25 gemaakt is, zijn verkregen uit tabel 42 en hier is vervolgens een vloeiende lijn doorheen getrokken, om het concentratieverval goed weer te geven.

Tijd (h)	Concentratie ammonium (mg/L)
0	5,8
4	3,5
7	2,7
23	2,0
27	1,2
30,5	0,7
47	0,0

Tabel 43:
De concentratie ammonium in milligram per liter, gemeten via een colorimeter met golflengte 635 nanometer en Tetra ammonium druppelvloeistof test, met de bijhorende tijd in uren.



Grafiek 26:
Het concentratieverval van ammonium bepaald met Tetra ammonium druppelvloeistof test. Hierbij is de concentratie ammonium in milligram per liter uitgezet tegen de tijd in uren. De waarden waarmee grafiek 26 gemaakt is, zijn verkregen uit tabel 43 en hier is vervolgens een trendlijn bij gemaakt, om het concentratieverval goed weer te geven.

Originele biomassa	Uiteindelijke biomassa	Absolute toename biomassa	Procentuele toename biomassa
90,7	143,5	52,8	58,2%

Tabel 44:

Het uitlekgewicht van de originele biomassa van het kroos dat is toegevoegd in een bak met nitriet, nitraat en ammonium/ammoniak. Na een tijdsbestek van 47 uur is het uitlekgewicht van de uiteindelijke biomassa van het kroos weergegeven. Daarnaast is de absolute en de procentuele toename in biomassa kroos omschreven.

Bak	Biomassatoename/m ²	Nitrietopname/m ²	Nitraatopname/m ²	Ammoniumopname/m ²
3	220 g	201,00 mg	1848,00 mg	87,04 mg

Tabel 45:

De biomassatoename van het kroos en concentratie nitriet, nitraat en ammonium dat is opgenomen door het kroos in bak 3 per vierkante meter.

Stof	Opname (mg/m ² /h gemiddelde van 1 ^e 10 uur)
Nitriet	5,07
Ammonium	1,80

Tabel 46:

De stofopname van nitriet, nitraat en ammonium in bak 3 in milligram per vierkante meter per uur van de eerste tien uur. Nitraat is niet opgenomen in deze tabel vanwege de fluctuerende waarden en omdat de stof zelfs in grote hoeveelheid niet gevaarlijk is.

De concentraties nitriet, nitraat en ammonium, weergegeven in de grafieken 24, 25 en 26 zijn allen afkomstig uit dezelfde bak. In deze bak is gedurende 48 uur een tweede combinatie-experiment uitgevoerd met constante bestralingssterkte van de groeilampen. Voor en na dit combinatie-experiment is ook het uitlekgewicht van de biomassa van het kroos bepaald. De oppervlakte van de bak is 0,24 vierkante meter en de inhoud is 3,6 liter.

Conclusie

Uit het verkennend onderzoek, waarbij het kroos op alleen ammonium, nitriet of nitraat groeit, is gebleken dat de gebruikte kroossoort, Lemna minor, op een monocultuur kan groeien. Het is dus zo dat het eendenkroos in ieder geval zo'n 48 uur kan overleven en groeien in een aquatisch milieu waar slechts nitraat, nitriet of ammonium aanwezig is, naast de aanwezige Cl^- -ionen in het geval van een ammoniumoplossing en Na^+ -ionen in het geval van de nitraat- en nitrietoplossingen.

Ook blijkt dat bij een monocultuur, dus wanneer er slechts een van de onderzochte stoffen aanwezig is in het water, deze sneller wordt opgenomen dan bij een multicultuur. Bij de multicultuur vindt van elke stof opname plaats, alleen is deze opname minder dan de opname van diezelfde stof in een monocultuur opstelling.

Uit de resultaten die uit de proeven zijn gekomen blijkt dat wanneer zowel nitriet, nitraat als ammonium aanwezig zijn in het water waarin Lemna minor groeit, ammonium de voorkeur heeft. Ammonium wordt namelijk tot bij extreem lage concentraties opgenomen, ondanks dat er van zowel nitriet als van nitraat aanzienlijk meer aanwezig is in het water. In het geval van nitraat gaat dit zelfs over 50 tot 100 keer zo veel nitraat als ammonium.

De opgestelde onderzoeksvraag kan aan de hand van de gevonden gegevens dan ook beantwoord worden. Het antwoord op onze onderzoeksvraag: 'In hoeverre heeft eendenkroos een voorkeur voor bepaalde stoffen uit afvalwater afkomstig uit de viskweek?' luidt dan ook als volgt: Eendenkroos van het de soort Lemna minor heeft een uitgesproken voorkeur voor de opname van ammonium uit het aquatisch milieu. Deze voorkeur is zo sterk dat het ammonium dat aanwezig is in het aquatisch milieu vrijwel geheel opgebruikt wordt binnen 48 uur. Dit terwijl zowel nitriet als nitraat, twee andere bekende voedingsstoffen voor Lemna minor, in overvloed aanwezig zijn. Zelfs bij een meer dan 50 keer zo grote concentratie nitraat als ammonium blijft de ammoniumopname door gaan, terwijl de nitraatopname slechts langzaam verloopt. De nitrietopname is gestaag, maar extreem langzaam vergeleken met die van de andere twee stoffen en lijkt dus niet erg beïnvloed te worden door de aanwezigheid van andere stoffen.

Onze hypothese, die als volgt luidde: 'Wij verwachten, op grond van de beschikbare theorie en onderzoeken, dat ammonium duidelijk de voorkeur van het eendenkroos zal hebben en dat slechts bij extreem hoge concentraties nitraat en nitriet in verhouding tot ammonium deze voorkeur zal omslaan.' Klopte dus gedeeltelijk. Uit het onderzoek is namelijk gebleken dat ammonium wel degelijk de voorkeur heeft van het eendenkroos wanneer het gaat om voedingsstofopname. Het is echter zo dat de voorkeur toch bij ammonium blijft liggen, zelfs wanneer er een extreem verschil in concentratie is tussen ammonium en nitriet en nitraat. In de tests is de concentratie nitraat vaak wel meer dan 50 keer zo hoog geweest als die van ammonium, maar de voorkeur bleef toch bij ammonium. Ook nitriet, wat vrijwel altijd in hogere mate aanwezig was dan ammonium, werd slechts langzaam opgenomen. Het lijkt er dus op dat er geen verhouding van concentraties is tussen ammonium en nitriet of tussen ammonium en nitraat, waarbij de voorkeur van eendenkroos anders is dan voor ammonium. Dit omslagpunt zal dus waarschijnlijk liggen bij het punt waarop ammonium niet meer aanwezig is in het aquatisch milieu. Wanneer het ammonium geheel opgebruikt is, zal Lemna minor dus pas omschakelen naar een andere voedingsbron; nitraat of nitriet.

Discussie

Dit onderzoek heeft enkele opmerkelijke resultaten opgeleverd, waardoor men nu beter inzicht krijgt in een meer duurzaam en milieuvriendelijke vorm van viskweek met betrekking tot het concentratieverval van nitriet, nitraat en ammonium door opname hiervan door kroos.

Hoewel het onderzoek, voor zover haalbaar was, nauwkeurig is uitgevoerd, zullen er bij de metingen wel degelijk inconsistenties geweest zijn. Hierdoor zullen de daadwerkelijke concentraties afwijken van de meetresultaten. Dit echter niet in dergelijke mate dat de resultaten onbruikbaar zijn voor dit onderzoek. Enkele discutabele punten zijn:

Net als elke plant heeft ook kroos ruimte nodig. Dit ten eerste zodat het genoeg zonlicht kan opvangen voor fotosynthese. Ten tweede ook zodat de voedingsstofopname en afvalstofafgifte niet belemmerd worden. Wordt het kroosdek in de kweekbak te dicht, dan heeft dit als gevolg dat een deel van de kroosplanten te weinig tot geen licht kan opvangen waardoor onvoldoende aan fotosynthese gedaan kan worden. Ook kan dit kroos, dat onder andere kroosplanten ligt, niet goed zijn afvalstoffen aan het externe milieu kwijt. De kroosplanten die aan de bovenkant van het kroosdek liggen, hebben wel de mogelijkheid om voldoende licht op te vangen voor fotosynthese en kunnen hun afvalstoffen ook goed kwijt aan het externe milieu. Het is echter zo dat kroos geen lange wortels heeft. Hierdoor kan het bovenliggend kroos door een te dikke laag kroos onder zicht te hebben onvoldoende voedingsstoffen uit het water opnemen doordat de wortels slechts deels of niet in contact staan met het water. Door al deze oorzaken kan kroossterfte optreden. Dit heeft een negatief effect op zowel de stofopname als de toename in biomassa van het kroos. Afgestorven kroos is ook bron voor productie van ammonium.

De toename van biomassa van het kroos wordt bepaald aan de hand van het uitlekgewicht. Doordat er een aanzienlijke hoeveelheid water mee wordt gewogen, ook na een kwartier uitlekken, is de daadwerkelijke massa van het kroos niet exact te bepalen. Echter, door elke keer met ongeveer dezelfde hoeveelheid water te wegen, kan er wel een goede indicatie gegeven worden van de biomassatoename van het kroos. Deze bepaling kan alsnog redelijk afwijken van de daadwerkelijke toename doordat er niet elke keer dezelfde hoeveelheid water weglekt. Er is dus een redelijke foutmarge aanwezig bij deze manier van bepaling van de biomassa toename. Ook is het zo dat een grotere hoeveelheid uit te lekken kroos meer water vasthoudt dan een kleinere hoeveelheid. Dit zou ook kunnen leiden tot een verschil in gewicht.

De metingen die verricht moeten worden voor dit onderzoek kan mogelijk processen in de bakken beïnvloeden. Om de concentratie van de stoffen te kunnen meten, wordt water uit de bakken gehaald met behulp van een pipet. Hierbij kunnen zich twee problemen voordoen. Ten eerste wordt het kroosdek in de bakken verstoord, wat een eventuele invloed kan hebben op de vermeerdering van het kroos en de afvalstofopname. Ten tweede wordt er water onttrokken aan de bakken met kroos, waardoor de concentraties mogelijk veranderen.

Aquariumtesten zijn tot op bepaald niveau nauwkeurig. De aquariumtesten waarvan gebruik is gemaakt in dit onderzoek worden allen gedaan door druppelvloeistof(fen) toe te voegen aan een bepaalde concentratie van de te meten stof. Een probleem wat hierbij mogelijk kan optreden is dat niet elke druppel dezelfde druppelgrootte heeft en men zo dus verschillende hoeveelheden van de druppelvloeistof(fen) toevoegt. Hierdoor kunnen er zich in de ene cuvet meer complexen vormen dan in de andere, wat kan leiden tot een verkeerde fotospectrometrische bepaling van de concentratie. Ook, bij de bepaling van de nitraatconcentratie, moet er een vaste stof in poedervorm, welke fungeert als katalysator, worden toegevoegd. Deze vaste stof wordt in een 'schepje' toegevoegd. Doordat men niet elke keer een exacte hoeveelheid schept, kan dit eveneens leiden tot een foutieve fotospectrometrische bepaling van de concentratie.

Het milieu in de kweekkast is niet geheel constant. Zo kan het voorkomen dat er een lichtelijke temperatuurverschuiving plaatsvindt, door bijvoorbeeld de wisselwerking van het weer en de verwarming in het gebouw. Ook, voor het verschaffen van metingen, moet de kweekkast een aantal keren per dag geopend worden om zo het water in de bakken te kunnen testen. Deze variatie in temperatuur kan een kleine invloed hebben op de vermeerdering van het kroos.

Door de beperkte luchtstroming in de kweekkast, is het mogelijk dat er een mindere toestroom van koolstofdioxide beschikbaar is voor het kroos. Aangezien koolstofdioxide een belangrijke stof voor de fotosynthese is, kan een beperkte toestroom hiervan een negatief effect hebben op de vermeerdering van het kroos betekenen.

Gedurende het verkennend onderzoek zijn, gezien de omstandigheden, larven aangetroffen in de bakken met kroos. Na verder onderzoek is gebleken dat deze larven afkomstig zijn van de mot. Het is een mogelijkheid dat de larven het kroos als voedingsstof gebruiken, wat interfereert met de toename in biomassa en de stofopname door het kroos. Aangezien het kroos bij het gericht onderzoek grondig is schoon gespoeld met water, is het aantal larven hierin sterk afgenomen, maar vooralsnog ontbreken deze niet volledig.

De piek in de concentratie van nitraat die duidelijk aanwezig is, kan het gevolg zijn van de verstoring van het dag nacht ritme van het kroos. De piek valt namelijk steeds op ongeveer 24 uur na het beginnen van de proef. Het kan dus zo zijn dat de 24-uurs belichting het ritme van het kroos verstoort, waardoor het een deel van tot al het opgenomen nitraat weer uitstoot naar het aquatisch milieu.

Daarnaast kan het ook zo zijn dat het eendenkroos niet al het opgenomen nitraat gebruikt, waardoor het een overschot aan nitraat krijgt en dit eens vervolgens uitscheidt. Ook hierdoor daalt de nitraatconcentratie eerst, waarna deze snel weer stijgt.

Bij het gericht onderzoek is de biomassatoename van het kroos significant minder dan de waargenomen toename in biomassa bij het verkennend onderzoek. Dit kan te maken hebben met het feit dat er gedurende dit onderzoek steeds gewerkt is met hetzelfde kroos en zo de kwaliteit van dit kroos achteruit is gegaan. Doordat de combinatie-experimenten in het gericht onderzoek later zijn uitgevoerd is het mogelijk dat de kwaliteit van het kroos invloed heeft gehad op de vermeerdering ervan.

Bronnenlijst

Websites⁴⁶

- <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2008.02751.x/full>
Geraadpleegd op: 11-11-2016
- http://www.stowa.nl/upload/publicatie2014/STOWA%202014%2014_v2%20webversie.pdf
Geraadpleegd op: 11-11-2016
- http://betavak-nlt.nl/downloads/v109/v109_brandstof_vh_leven_lIn_versie1.1_20101020.doc/
Geraadpleegd op: 11-11-2016
- www.scheikundeinbedrijf.nl/.../Artikel%20%20bij%20stikstofcyclus.do...
Geraadpleegd op: 11-11-2016
- <http://edepot.wur.nl/59>
Geraadpleegd op: 11-11-2016
- <http://www.lenntech.nl/stikstof-cyclus.htm>
Geraadpleegd op: 11-11-2016
- file:///C:/Users/guus/Downloads/effluentpolishing_met_kroos_deelrapport_2_laboratoriumexperimenten.pdf
Geraadpleegd op: 21-11-2016
- <http://edepot.wur.nl/50828>
Geraadpleegd op: 21-11-2016
- <http://edepot.wur.nl/222958>
Geraadpleegd op: 21-11-2016
- <http://www.bioniers.nl/downloads/Otte%20&%20Van%20Hoorn%202014%20-%20Kroos%20effectieve%20zuiveraar%20effluent.pdf>
Geraadpleegd op: 21-11-2016
- <http://www.grovisco.eu/over-het-kweken/>
Geraadpleegd op: 21-11-2016
- <http://www.milieufocus.nl/factsheets/n/nitrificatiedenitrificatie.html>
Geraadpleegd op: 21-11-2016

⁴⁶ De vermelde websites zijn gerangschikt op datum

- <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9927271>
Geraadpleegd op: 29-11-2016
- <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9927272>
Geraadpleegd op: 29-11-2016
- <https://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9927431>
Geraadpleegd op: 29-11-2016
- <http://www.voedingscentrum.nl/encyclopedie/vis.aspx>
Geraadpleefd op: 30-11-2016
- http://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/001/458/300/RUG01-001458300_2011_0001_AC.pdf
Geraadpleegd op: 30-11-2016
- <https://www.examenblad.nl/examendocument/2016/cse-2/biologie-vwo/opgaven/2016/f=/VW-1018-a-16-2-o.pdf>
Geraadpleegd op: 22-12-2016
- https://www.theaquariumwiki.com/Plants_and_Biological_Filtration
Geraadpleegd op: 20-02-2017

Literatuur

- Campbell Biology second edition - The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc.
- BiNaS zesde editie - Noordhoff Uitgevers Groningen
- Veiligheidsinformatiemap sectie scheikunde (MSDS datasheets stoffen 1)
- Nectar derde editie biologie - Noordhoff Uitgevers bv
- Chemie overal vierde editie - Noordhoff Uitgevers

Afbeeldingen⁴⁷

- Wikimedia commons
- BiNaS tabel 69A
- Campbell Biology second edition
- BiNaS tabel 69B-2
- BiNaS tabel 69B-3
- Campbell Biology second edition

⁴⁷ De vermelde afbeeldingen zijn gerangschikt op de volgorde in welke deze voorkomen in dit PWS

- Campbell Biology second edition
- Grovisco.eu
- *Quality-flavours.nl (links), Duckweedgardening.com (rechts)*
- Wikipedia.com/nitrate
- Wikipedia.com/Lewis structure
- Shodor.org/unchem/basic/lewis/

Bijlagen

Bijlage 1: Begrippenlijst

Inleiding

- Biodiversiteit: De graad van verscheidenheid aan levensvormen.
- Aquatisch milieu: het milieu in het water.
- Overbevissing: Het verschijnsel dat men meer vis vangt dan er door natuurlijke aanwas bij komt.
- Paaibestand: Het aantal dieren die voor nakomelingen kunnen zorgen.
- Visstand: De mate waarin een bepaalde soort vis in een bepaald gebied voorkomt.
- Voedselweb: meerdere voedselketens die gemeenschappelijke schakels hebben.
- Bassin: Grote bak waarin water kan worden opgeslagen.

Stikstofcyclus

- aminozuren: Organische moleculen die zowel een carboxyl groep (COOH) als een amide groep (NH₂) hebben met verschillende volgordes en aantallen andere atomen eraan gekoppeld. Dit zijn de bouwstenen voor eiwitten.
- DNA: Moleculen waarop de genetische informatie van een organisme is vastgelegd.
- Ammoniumfixatie: Het vastleggen van stikstof in ammoniak of ammonium.
- Aerobe bacteriën: Bacteriën die van zuurstof afhankelijk zijn en dit dus ook gebruiken.
- Nitrosomonas bacterie: Bacterie die stikstofdioxide omzet in nitriet.
- Nitrobacter bacterie: Bacterie die nitriet omzet in nitraat.
- Organisch molecuul: Een molecuul dat enkel gevormd wordt door organismen. Deze moleculen bestaan vaak uit veel atomen en kunnen complexe structuren hebben. Ook zijn de moleculen doorgaans energierijk.
- Niet-autotroof organisme: Een organisme dat niet in staat is zijn eigen voedingsstoffen te produceren en daar dus andere organismen voor moet consumeren.
- Urobacteriën: Bacteriën die van ureum ammoniak maken.
- Ammonificatie: Het omzetten van ureum en andere stikstofhoudende organische stoffen in ammoniak en vervolgens in ammonium.
- Denitrificatie: Het proces waarbij nitraat onder anaerobe omstandigheden door anaerobe bacteriën wordt omgezet in zuurstof en stikstofgas.

Fotosynthese bij waterplanten

- Voortgezette assimilatie: Het omzetten van producten van assimilatie in complexere organische moleculen.
- Actief transport: Transport waarbij energie moet worden gebruikt om het transport plaats te laten vinden.
- Concentratiegradiënt: Een verschil in concentratie waardoor door diffusie arbeid verricht kan worden.
- Protonen: Waterstofkernen.
- ADP: Adenosinedifosfaat; reactieproduct van de splitsing van ATP in ADP en anorganisch fosfaat. Dit zijn tevens de grondstoffen waaruit weer ATP gevormd kan worden.
- Anorganisch fosfaat: Een fosfaatgroep die niet deel is van een organisch molecuul.
- ATP: Adenosinetrifosfaat; energiedrager in het lichaam. Bij splitsing hiervan komt energie vrij, dat voor celprocessen gebruikt kan worden.

Groei van kroos

- Recombinatie: De herschikking van allelen in het DNA.
- Diploïde: Benaming voor het feit dat in een celkern chromosomen als paren voorkomen.
- Ongedifferentieerde: Nog niet gespecialiseerde cellen.
- Centrosomen: Onderdeel van de cel dat betrokken is bij de celdeling. Vanuit het centrosoom ontstaat in de celkern tijdens de celdeling een netwerk van vezels.
- Spoelfiguur: Het netwerk van draden, die bestaan uit de microtubuli.
- Microtubuli: Holle eiwitbuisjes in eukaryote cellen, die trekdraden vormen voor de chromosomen.
- Equatoriaal vlak: Vlak dat in een zich delende cel loodrecht staat op de as tussen de beide polen en waarin zich op een bepaald moment van de kerndeling de chromosomen bevinden.

Waterzuivering

- Mechanisch filter: Een filter dat op basis van deeltjesgrootte vervuilingen als organisch materiaal en zand uit het water filtert.
- Biologisch filter: Een filter dat met behulp van bacteriën schadelijke stoffen aan het water onttrekt.
- pH: De $-\log$ van de concentratie oxoniumionen (H_3O^+). Dit geeft een beeld van de zuurtegraad van het water. Hierbij is een pH van onder 7 zuur en boven de 7 basisch.

Kroos als visvoer

- Drooggewicht: Het gewicht van biomassa waaraan al het vocht onttrokken is

Chemische eigenschappen

- CAS-nummer: Staat voor Chemical Abstracts Service, dit is een unieke nummer voor chemische elementen en componenten om deze te kunnen identificeren.
- H-zinnen: Hazard, geeft gevaarlijke eigenschappen omtrent de stof aan.
- P-zinnen: Precaution, geeft voorzorgsmaatregelen omtrent de stof aan.
- Lewisstructuur: Komt overeen met de structuurformule, echter wordt er ook rekening gehouden met vrije elektronenparen.
- Grensstructuren: Een van de structuren waardoor een molecuul of samengesteld ion wordt weergegeven die niet door een Lewisstructuur weergegeven kan worden.
- Mesomerie: Een manier om de elektronenconfiguratie van bepaalde moleculen en samengestelde ionen te beschrijven, ook wel chemische resonantie.
- Covalente binding: Een binding tussen atomen, waarbij de atomen gemeenschappelijke elektronenparen hebben.
- Kristallijn poeder: Een poeder dat bestaat uit kristallen die geordend zijn in een kristalrooster.

Onderzoek

- Uitlekgewicht: Het gewicht in gram dat gemeten is na 15 minuten ongeroerd uitlekken in een zeef.

Bijlage 2: Logboek

Datum	Tijd	Handeling	Resultaat
08-09-2016	12.30 / 13.25	<p>Overleg sectie natuurkunde met dhr. Haseth en Broers</p> <ul style="list-style-type: none"> Gezamenlijk besluit om te participeren aan het onderzoek van dhr. Haseth 	<ul style="list-style-type: none"> Uiteindelijk idee in grote lijnen
11-09-2016	12.10 / 12.50	<ul style="list-style-type: none"> Verdere uitwerking onderwerp 	<ul style="list-style-type: none"> Potentiële experimenten voor te onderzoeken doeleinden
16-09-2016	10.00 / 10.20 14.42 / 15.20	<ul style="list-style-type: none"> Overleg sectie scheikunde met dhr. Civil en Heemstra Betrouwbare bronnen gevonden via Google Scholar 	<ul style="list-style-type: none"> Natriumnitrat is aanwezig; natriumnitriet en ammoniak moeten worden besteld Plan van Aanpak is voltooid
21-09-2016	9.20 / 15.05	<ul style="list-style-type: none"> Overleg sectie Natuurkunde i.v.m. gebruik LabQuest en benodigde stoffen Overleg sectie Biologie met dhr. Glebbeek i.v.m. gebruik kweekkast Gewerkt aan de opstelling en de hieruit voortgekomen problemen 	<ul style="list-style-type: none"> Benodigde stoffen zijn besteld Opstelling uitgewerkt Opstelling voltooid
29-09-2016	9.20 / 15.30	<ul style="list-style-type: none"> Installatie Logger Pro 3 Pre-experimenten i.v.m. omstandigheden Kroos handmatig filteren 	<ul style="list-style-type: none"> Eerste impressie pre-resultaten Programma's Labquest en Logger Pro 3 eigen gemaakt
30-09-2016	12.10 / 12.25	<ul style="list-style-type: none"> Verkrijgen eerste langdurige data, over periode van 20 uur 	<ul style="list-style-type: none"> Confirmatie van afhankelijke variabelen 'Wild kroos' niet geschikt voor onderzoek
07-10-2016	12.10 / 13.15 15.05 / 15.30	<ul style="list-style-type: none"> Dood kroos wegspoelen en bakken schoongemaakt Plan van aanpak i.v.m. verdunningsreeksen en fotospectrometrie Achtergrond informatie zoeken om metingen te kunnen verrichten 	<ul style="list-style-type: none"> Zowel Natriumnitriet, Natriumnitrat en Ammoniumchloride zijn aangekomen Verschillende mogelijkheden om te meten zijn aanwezig

Datum	Tijd	Handeling	Resultaat
10-10-2016	8.45 / 9.20	<ul style="list-style-type: none"> Opslag bak met doodkroos schoongemaakt 	<ul style="list-style-type: none"> Kweekkast is schoon
11-10-2016	8.50 / 9.20 11.20 / 12.10 15.05 / 15.40	<ul style="list-style-type: none"> Kwalitatief goed kroos verkregen Bakken gelabeld Berekening hoeveelheid voedingsstof voor pre-experiment Pre-experiment opdat bepaald wordt of kroos in deze omstandigheden kan vermenigvuldigen 	<ul style="list-style-type: none">
12-11-2016	14.15 / 14.30	<ul style="list-style-type: none"> Theoretisch deel besproken 	<ul style="list-style-type: none">
13-11-2016	8.30 / 15.05	<ul style="list-style-type: none"> Verdiept in theorie achter onderzoek 	<ul style="list-style-type: none"> Deelonderwerpen 'Fotosynthese', 'Groei' en 'Stikstofcyclus' zijn af
14-11-2016	10.10 / 10.30	<ul style="list-style-type: none"> Overleg sectie scheikunde 	<ul style="list-style-type: none"> Glaswerk voor te maken oplossingen is beschikbaar
15-11-2016	8.30 / 15.05	<ul style="list-style-type: none"> Oplossingen gemaakt Bakken schoongemaakt Theorie geschreven 	<ul style="list-style-type: none"> Alle benodigdheden voor experiment zijn compleet Deelonderwerp 'Chemische eigenschappen' is gedeeltelijk af
21-11-2016	9.20 / 15.05 17.00 / 19.40	<ul style="list-style-type: none"> Theorie geschreven Verdiept in praktisch uitvoeren experimenten Duidelijke en schematische afbeeldingen zoeken 	<ul style="list-style-type: none"> Deelonderwerpen 'Chemische eigenschappen' en 'Waterzuivering' zijn af Duidelijke schematische weergave naast tekst

Datum	Tijd	Handeling	Resultaat
29-11-2016	10.30 / 12.10 17.15 / 19.30	<ul style="list-style-type: none"> • Kroos verkregen voor experimenten • Overleg sectie natuurkunde i.v.m. experimenten • Theorie geschreven • Bronnenlijst bijwerken • Voorwoord opstellen • Inleiding in grote lijnen opgesteld 	<ul style="list-style-type: none"> • Duidelijkheid over uitvoering experimenten • Deelonderwerp 'Kroos als visvoer' af • Voorwoord is gedeeltelijk af
30-11-2016	13.15 / 16.00 17.15 / 18.00 21.05 / 22.00	<ul style="list-style-type: none"> • Verdunningen maken nitriet voor ijklijn • Inleiding schrijven 	<ul style="list-style-type: none"> • Ijklijn opgesteld van nitriet • Verkennend onderzoek af • Inleiding gedeeltelijk af
01-12-2016	19.25 / 21.05	<ul style="list-style-type: none"> • Inleiding schrijven • Begrippenlijst bijwerken 	<ul style="list-style-type: none"> • Inleiding voorlopig af
04-12-2016	13.35 / 15.40	<ul style="list-style-type: none"> • Kroos opgehaald 	<ul style="list-style-type: none"> • Voldoende kroos voor experimenten aanwezig
05-12-2016	08.00 / 09.25 11.00 / 12.30 16.00 / 18.05	<ul style="list-style-type: none"> • Sensoren kalibreren • Metingen verrichten 	<ul style="list-style-type: none"> • Eerste metingen zijn gedaan
06-12-2016	11.00 / 12.10 15.40 / 17.00 20.15 / 22.30	<ul style="list-style-type: none"> • Malfunctie sensoren proberen te verhelpen • Verdere metingen gedaan • Voorwoord schrijven • Inhoudsopgave schrijven 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensoren blijken defect • Voorwoord is af • Inhoudsopgave is voorlopig af
07-12-2016	10.10 / 11.00 14.15 / 16.40	<ul style="list-style-type: none"> • Experimenten afmaken 	<ul style="list-style-type: none"> • Verkennend onderzoek voorlopig af
13-12-2016	15.05 / 16.30	<ul style="list-style-type: none"> • Verdunningen maken ammonium voor ijklijn 	<ul style="list-style-type: none"> • Ammoniumtest is defect

Datum	Tijd	Handeling	Resultaat
14-12-2016	08.00 / 09.30 10.10 / 11.05 14.15 / 16.45	<ul style="list-style-type: none"> • Meten 	<ul style="list-style-type: none"> • Metingen verricht
15-12-2016	08.30 / 09. 20 12.10 / 12.35 15.05 / 17.45 21.30 / 22.20	<ul style="list-style-type: none"> • Meten • Gegevens verwerken 	<ul style="list-style-type: none"> • Metingen verricht • Eerste tabellen en grafieken zijn gemaakt
16-12-2016	08.00 / 09.20 18.00 / 18.35 21.00 / 21.20	<ul style="list-style-type: none"> • Meten • Discussie bijwerken 	<ul style="list-style-type: none"> • Metingen verricht • Discussie gedeeltelijk af
19-12-2016	08.20 / 09.40 11.15 / 12.10 15.55 / 17. 20 21.05 / 22.45	<ul style="list-style-type: none"> • Meten • Discussie bijwerken • Begrippenlijst bijwerken • Voetnoten maken 	<ul style="list-style-type: none"> • Metingen verricht • Discussie is af
20-12-2016	08.15 / 08.45 11.15 / 12.20 15.05 / 16.30 19.30 / 23.15	<ul style="list-style-type: none"> • Meten • Begrippenlijst bijwerken • Voetnoten maken 	<ul style="list-style-type: none"> • Metingen verricht
21-12-2016	08.30 / 9.20 10.10 / 12.10 14.15 / 17.30	<ul style="list-style-type: none"> • Meten 	<ul style="list-style-type: none"> • Metingen verricht
22-12-2016	16.00 / 18.35	<ul style="list-style-type: none"> • Bronnenlijst bijwerken • Verkennend onderzoek verder schrijven • Materialen en methoden schrijven 	<ul style="list-style-type: none"> • Verkennend onderzoek is af • Materialen en methoden is gedeeltelijk af

Datum	Tijd	Handeling	Resultaat
27-12-2016	14.00 / 16.30	<ul style="list-style-type: none"> Bronnenlijst bijwerken Gericht onderzoek verder schrijven 	<ul style="list-style-type: none"> Bronnenlijst is af Gericht onderzoek is voor zover af Kladversie PWS is af
27-01-2017	19.00 / 20.00	<ul style="list-style-type: none"> Aanpassen profielwerkstuk met toegestuurde feedback 	<ul style="list-style-type: none"> Profielwerkstuk aangepast
04-02-2017	17.30 / 18.30	<ul style="list-style-type: none"> Schrijven profielwerkstuk presentatie 	<ul style="list-style-type: none"> Profielwerkstuk presentatie is gedeeltelijk af
05-02-2017	13.00 / 14.00	<ul style="list-style-type: none"> Schrijven profielwerkstuk presentatie PowerPoint presentatie maken 	<ul style="list-style-type: none"> Profielwerkstuk presentatie is af PowerPoint presentatie is af
08-02-2017	13.00 / 13.45	<ul style="list-style-type: none"> Overleg/advies profielwerkstuk presentatie 	<ul style="list-style-type: none"> Kleine details in de presentatie verwerkt
10-02-2017	15.30 / 15.45	<ul style="list-style-type: none"> Profielwerkstuk presentatie 	<ul style="list-style-type: none"> n.v.t.
19-02-2017	16.00 / 18.15	<ul style="list-style-type: none"> Aanpassen profielwerkstuk met toegestuurde feedback 	<ul style="list-style-type: none"> Profielwerkstuk aangepast
20-02-2017	11.30 / 13.00	<ul style="list-style-type: none"> Resultaten en conclusie afgewerkt 	<ul style="list-style-type: none"> Profielwerkstuk aangepast
28-02-2017	20.00 / 21.30	<ul style="list-style-type: none"> Aanpassen profielwerkstuk met toegestuurde feedback 	<ul style="list-style-type: none"> Profielwerkstuk aangepast
01-03-2017	21.00 / 22.00	<ul style="list-style-type: none"> Verfijning verslag 	<ul style="list-style-type: none"> Profielwerkstuk aangepast is af

Totaal aantal uren gewerkt aan PWS (gezamenlijk)

Ongeveer 96 uur

