

Afstudeeronderzoek 'Blue Revolution'

Eindrapport

Christiaan Kemper & Tomas Schalks

4-4-2014

Colofon

Auteurs

Tomas Schalks 0811590
Christiaan Kemper 0810335

Versie: 4.0

Datum: 04 april 2014
Status: Definitief Eindrapport
Omvang: 70 bladzijdes

Studenten/auteurs

Naam: Dhr. Tomas Schalks
Studentnummer: 0811590
Opleiding: Bouwkunde, Hogeschool Rotterdam
E-mail: Tomas.schalks@gmail.com
Tel: 06 42860561

Naam: Dhr. Christiaan Kemper
Studentnummer: 0810335
Opleiding: Bouwkunde, Hogeschool Rotterdam
E-mail: ckemper19@gmail.com
Tel: 06 81061096

Begeleider vanuit de opleiding:

Organisatie: Hogeschool Rotterdam
Begeleiding: Dhr. Peter Scheurwater
Afdeling: Bouwkunde
E-mail: p.w.scheurwater@hr.nl
Tel: 06 53195141



Begeleidster vanuit het bedrijf:

Organisatie: DeltaSync
Begeleiding: Mevr. Karina Czapiewska
Afdeling: Project ontwikkeling
E-mail: k.m.czapiewska@deltasync.nl
Tel: 015 2561872



Voorwoord

Dit eindrapport is geschreven in het kader van het afstudeertraject van de opleiding Bouwkunde aan Hogeschool Rotterdam. Wij hebben dit onderzoek gedaan in samenwerking met het stagebedrijf DeltaSync, te Delft en Hogeschool Rotterdam.

Een jaar geleden zijn wij de uitdaging aangegaan om zelf een onderzoek te formuleren over het project Blue Revolution in samenwerking met het stagebedrijf DeltaSync & Hogeschool Rotterdam. Er is gericht om een opdrachtingschrijving te formuleren dat toegevoegde waarde heeft voor het project Blue Revolution en daardoor voor het stagebedrijf DeltaSync.

Wij wilden een afstudeeronderzoek doen, dat aansloot op onze minors die gevolgd zijn in het 3^e jaar van de studie. Bij de minors “Vernieuw je stad” en “Transitie in de delta” stond project ontwikkeling op grote schaal centraal. Door de minor van Tomas en de stage in het 3^e jaar van Christiaan was er interesse ontwikkeld in drijvend bouwen. Deze interesse hebben wij terug laten komen in het kiezen van een afstudeeronderzoek.

Hierbij willen wij de kans benutten om de medewerkers van DeltaSync te bedanken voor de begeleiding en ons de mogelijkheid te geven om dit afstudeeronderzoek te kunnen uitvoeren binnen het bedrijf. In het bijzonder willen wij onze begeleidster vanuit het bedrijf, Karina Czapiewska en begeleider vanuit Hogeschool Rotterdam, Peter Scheurwater bedanken voor de handige feedback en begeleiding gedurende het afstudeertraject.

Verder willen wij alle professionals bedanken die wij telefonisch, per mail of persoonlijk hebben benaderd voor de tijd en moeite die ze in ons hebben gestoken van het beantwoorden van onze vragen en het meedenken over ons onderzoek.

Wij hopen dat er binnen het project een goed vervolg gegeven kan worden aan dit onderzoek en dat het in de toekomst gerealiseerd gaat worden. Om als één van de eerste bouwstenen van dit project te dienen was een mooie ervaring waarin wij veel hebben geleerd en mee kunnen nemen op de werkvloer.

Christiaan Kemper en Tomas Schalks,

Rotterdam, april 2014

Samenvatting

Dit afstudeeronderzoek is geschreven in opdracht van DeltaSync binnen het project Blue Revolution. Het idee van Blue Revolution is om door middel van drijvende stadsuitbreidingen in te spelen op het voorspelde ruimte tekort op de wereld voor wonen en landbouwgrond.

Deze drijvende stadsuitbreidingen zullen naast het verbreden van woonoppervlakte ook drijvende voedselvoorzieningen bevatten, biobrandstoffen produceren en afvalwater zuiveren. Dit gebeurt door middel van groenten-, vissen- en algenweek. Deze kweekmethoden vallen onder de term aquacultuur.

De drijvende stadsuitbreiding zal in verbinding staan met een deltastad. In de drijvende stadsuitbreiding kunnen reststromen, in de vorm van afvalwater van een deltastad door middel van aquacultuur omgezet worden in producten die weer door de bewoners van de drijvende stadsuitbreiding en de deltastad gebruikt kunnen worden. Hierdoor ontstaat er een synergie tussen de drijvende stadsuitbreiding en de deltastad.

Dit afstudeeronderzoek belicht de potentie van dit concept op kleine schaal. De Blue Revolution zal op den duur gehele stadsdelen beslaan, echter om de haalbaarheid te testen zal een proefproject op kleine schaal worden uitgewerkt. Dit onderzoek richt zich op het korte termijn concept.

Gedurende het onderzoek is er informatie geanalyseerd van de mogelijk toe te passen systemen in een Blue Revolution stadsuitbreiding. Er zijn, in samenwerking met DeltaSync, randvoorwaarden samengesteld waar een Blue Revolution stadsuitbreiding aan moet voldoen. Met behulp van deze randvoorwaarden zijn er verschillende systemen geanalyseerd.

Als hulp om de potentie te bepalen voor geïnteresseerden partijen, is er een rekenmodel ontwikkeld. Met dit rekenmodel

kan er op een willekeurige locatie worden ingezien hoeveel een willekeurige Blue Revolution uitwerking produceert en wat de uitwerking nodig heeft om deze productie te behalen. De gebruiker van het rekenmodel ziet na invulling van de hoeveelheid woningen en bewoners ook hoe groot de Blue Revolution uitwerking zal moeten zijn.

Om het onderzoek meer daadkracht te geven is het rekenmodel getest op een zelf ontworpen casus. De casus bestaat uit een kleine wijk van 10 woningen. De wijk zal ervoor dienen om een indruk te krijgen hoe de informatie die uit het rekenmodel en de keuzes voort vloeit, vertaald kan worden naar een ontwerp. De resultaten van de casus zijn vergeleken met de verwachtingen die DeltaSync heeft van een Blue Revolution uitwerking.

Het bepalen van de potentie van een casus is afhankelijk van de eisen die de opdrachtgever aan de casus stelt. Het bepalen of het in iemands ogen genoeg potentie heeft of niet, zal niet alleen met het rekenmodel bepaald kunnen worden. Het rekenmodel is een hulpmiddel voor de opdrachtgever om te zien wat de knelpunten en sterke punten zijn van een casus.

De conclusie van de casus is dat de benodigde input niet volledig kan worden gehaald uit reststromen van de deltastad. De resultaten van de casus wijken in dit afstudeeronderzoek af van de verwachtingen van DeltaSync. De casus lost, tegen verwachting in, weinig op van het CO₂ overschot in deltasteden en heeft een hoog energieverbruik. Vergeleken met de berekeningen van DeltaSync worden er minder algen, vissen en groenten geproduceerd.

De casus stelt daar wel tegenover dat er binnen de drijvende stadsuitbreiding de vissenconsumptie van de bewoners van de casus kan worden voorzien, het afvalwater van woningen op het land in de casus gezuiverd kan worden en dat de casus extra woonoppervlakte creëert.

Inhoudsopgave

Onderdeel:

Pagina:

1. Inleiding 5 t/m 14

1.1 Probleemomschrijving	6
1.2 Doelstellingen afstudeeronderzoek	8
1.3 Onderzoeksvraag & deelvragen	9
1.4 Onderzoeksomschrijving	9
1.5 Afbakening	10
1.6 Leeswijzer	12
1.7 Onderzoeksmethodiek	13

2. Theoretisch Kader 15 t/m 20

2.1 Inleiding	16
2.2 Blue Revolution	16
2.3 Woningen	18
2.4 Afvalwaterzuivering	18
2.5 Algenkweek	19
2.6 Vissen- en groentekweek	20

3. Analyse 21 t/m 33

3.1 Inleiding	22
3.2 Woningen	23
3.3 Afvalwaterzuivering	23
3.4 Algenkweek	25
3.5 Vissen- en groentekweek	27
3.6 Input Blue Revolution stadsuitbreiding	29
3.7 Klimaat aquacultuur	31
3.8 Output	32
3.9 Conclusie analyse	33

4. Rekenmodel 34 t/m 47

4.1 Inleiding	35
4.2 Rekenmodel onderdelen	38
4.3 Conclusie rekenmodel	47

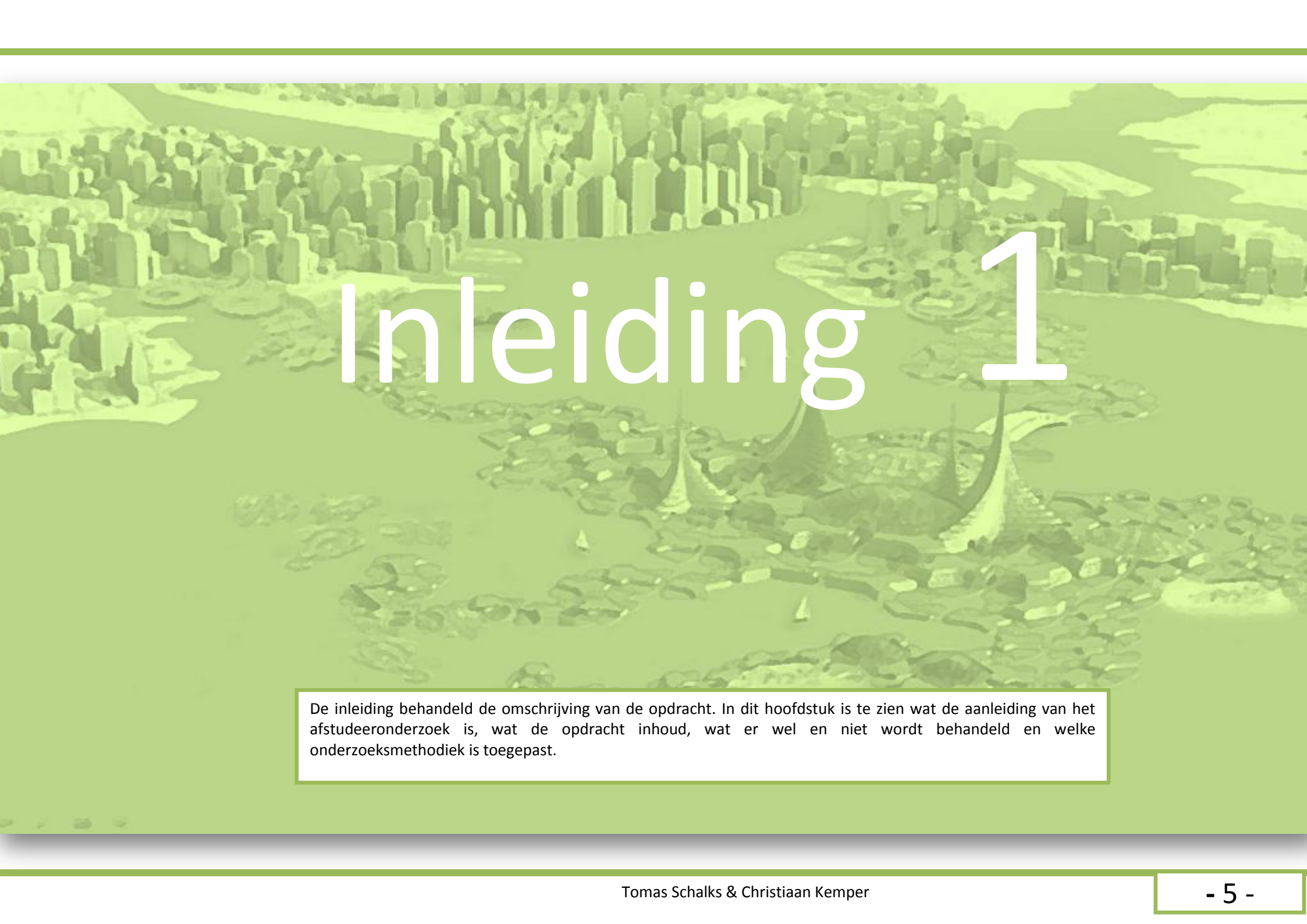
5. Casus 48 t/m 61

5.1 Inleiding	49
5.2 Randvoorwaarden casus	49
5.3 Verwachting casus	50
5.4 Casus resultaten rekenmodel	51
5.5 Ontwerpgerichte invulling casus	53
5.6 Visuele uitwerking	58
5.7 Vergelijking DeltaSync met resultaten casus	60
5.8 Conclusie casus	61

6. Conclusie 62 t/m 68

6.1 Beantwoording deelvragen	63
6.2 Beantwoording onderzoeksvraag	66
6.3 Aanbeveling	67

7. Bronnenlijst 69 t/m 70

An aerial, isometric-style illustration of a city with a large body of water in the foreground. The city is composed of numerous rectangular blocks of varying heights, representing buildings. The water is a deep blue, and several sailboats with white sails are visible on the water. The overall style is clean and modern, with a focus on geometric shapes and a cool color palette.

Inleiding 1

De inleiding behandelt de omschrijving van de opdracht. In dit hoofdstuk is te zien wat de aanleiding van het afstudeeronderzoek is, wat de opdracht inhoud, wat er wel en niet wordt behandeld en welke onderzoeksmethodiek is toegepast.

1.1 Probleemomschrijving

“Je kunt een probleem niet oplossen met de denkwijze die het heeft veroorzaakt.”

ALBERT EINSTEIN

De huidige voedselcrisis op de wereld – bijna 1 miljard mensen lijden nu al hongersnood en dit gaat alleen nog maar toenemen – laat zien dat de landbouwproductie moeite heeft groeiende bevolking en welvaart bij te benen. De productiviteit van de landbouw groeit nauwelijks meer, omdat de belangrijkste grondstoffen zoals, zoetwater, fosfaten en brandstoffen, steeds meer onder druk komen te staan. Deze gegevens komen voort uit een onderzoek gedaan door DeltaSync (DeltaSync, 2012).

De hoeveelheid landbouwgrond neemt af terwijl er steeds meer voedsel moet worden geproduceerd. Voor dit probleem zal er een oplossing voor moeten komen. Intensievere landbouw biedt weinig perspectief, omdat dit de kans op bodemerosie en zoetwaterschaarste vergroot. Zelfs als alle mogelijke maatregelen worden genomen om emissies te reduceren, landbouwproductie te intensiveren en consumptiepatronen te verduurzamen is er nog een ruimtetekort van circa 12 miljoen km² in 2050. (DeltaSync, 2012). 12 miljoen km² staat gelijk aan de oppervlakte van de Verenigde Staten en Mexico bij elkaar opgeteld.

Het wereldwijde ruimtetekort is een voorspeld probleem van grote omvang, waar ook grote oplossingen nodig voor zijn. Voedselschaarste is in de eerste plaats ruimte schaarste. Als er gekeken wordt naar mogelijke ruimtes die nog niet naar behoren gebruikt worden, zijn er vier die voor het probleem een oplossing kunnen brengen. De zee, woestijn, ruimte en daken van gebouwen.

Op dit moment zijn het gebruik van woestijn, ruimte en daken geen reële optie om de voedselschaarste op grote schaal te verminderen. De bevolking en voedselproductie deels op het water opvangen is op dit moment de optie waarbij het meeste oppervlak gewonnen kan worden ten behoeve van het voorspelde ruimte tekort. (Oceaansteden als oplossing voor de 21e eeuw, 2012)

Blue Revolution

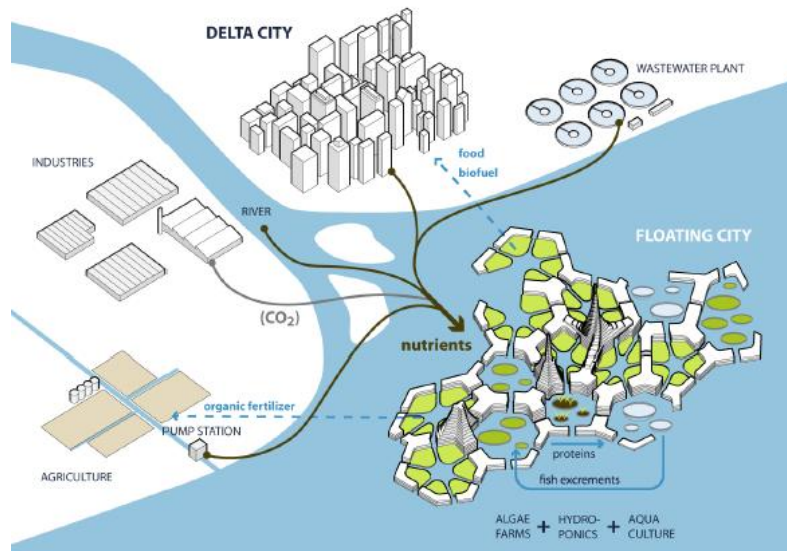
Een mogelijke oplossing voor dit ruimtetekort wordt door DeltaSync onderzocht in het project Blue Revolution. Het idee van het project is om het ruimtetekort op het water op te lossen in de vorm van drijvende stadsuitbreidingen van deltasteden.

In plaats van de drijvende stadsuitbreiding alleen te richten op het verbreden van woonoppervlakte in de stad, is het idee bij Blue Revolution om ook drijvende voedselvoorzieningen te integreren, biobrandstoffen te produceren en afvalwater te zuiveren. Dit gebeurt door middel van groenten-, vissen- en algenweek. Deze kweekmethoden vallen onder de term aquacultuur. Meer over aquacultuur is te lezen in hoofdstuk 2.

Het Blue Revolution concept bestaat uit een combinatie van woningen, systemen en stromen die nodig zijn om het concept draaiende te houden. De systemen bestaan uit afvalwaterzuivering en aquacultuur. De stromen zijn nodig om systemen en de woningen te voorzien van de benodigde input. In hoofdstuk 2, zal hier verder op ingegaan worden.

Een stadsuitbreiding van een deltastad op het water is momenteel een optie met meer voordelen dan een losstaande drijvende stad op zee. Drijvende stadsuitbreidingen kunnen efficiënt gebruik maken van het enorme overschot aan nutriënten en CO₂ die worden geloosd door huidige steden. Deze stromen zijn nodig om groentes, algen en vissen te produceren. Daarnaast speelt een drijvende stadsuitbreiding in op de toekomstig voorspelde

verstedelijking op de wereld, zoals te lezen is in het artikel van Goldschein en Johnson (2011).



Afbeelding 1 Illustratie wisselwerking deltastad en drijvende stadsuitbreiding:
Bron: DeltaSync

DeltaSync

DeltaSync is een ontwerp- en adviesbureau op het gebied van drijvende verstedelijking. Het bedrijf levert adviezen, ontwerpen en oplossingen voor deltagebieden en water vraagstukken, waarmee het de benodigde inkomsten genereert.

DeltaSync haalt uit het Blue Revolution momenteel nog geen winst. Wel wordt het concept geleidelijk aan verder uitgewerkt. Veel afstudeerders en stagiaires worden dan ook op dit project gezet.

Huidige situatie Blue Revolution

Het project Blue Revolution is nog in een fase waarin kennisontwikkeling een primaire rol speelt. DeltaSync heeft zich tot nu toe vooral gericht op het voorspelde landtekort probleem. Het idee van Blue Revolution is ontwikkeld, maar moet nog veel

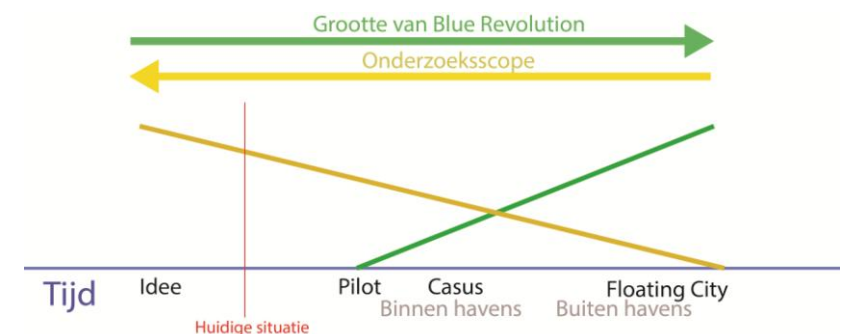
verder uitgewerkt worden. Blue Revolution is nu in een fase waarin de haalbaarheid van het initiatief wordt bepaald.

Er zijn door DeltaSync potentiële stakeholders en financiers benaderd voor dit project. Onder andere gemeente Rotterdam is geënthousiasmeerd en draagt graag haar steen bij.

Op afbeelding 2 is het verwachtingspatroon te zien van de onderzoeksscope van het project. Nu is de onderzoeksscope nog groot en moet er nog veel op een abstract niveau onderzocht worden. Daarnaast moet het uitwerken van Blue Revolution eerst op kleine schaal beginnen. In de loop der tijd zal de onderzoeksscope steeds kleiner worden en zal er meer diepgang in de onderzoeken komen.

Gewenste situatie

De uiteindelijk gewenste situatie van DeltaSync voor het project Blue Revolution is het realiseren van een drijvende stadsuitbreiding, die eigen voedsel genereert en gebruik maakt van reststromen van de deltastad. De drijvende stadsuitbreiding moet (deels) een oplossing worden voor het ruimte- en voedseltekort.



Afbeelding 2 Verwachtingspatroon scope/grootte Blue Revolution Bron: eigen afbeelding

1.2 Doelstellingen afstudeeronderzoek

De doelstellingen van het afstudeeronderzoek zijn:

- Meer informatiediepgang creëren voor Blue Revolution. (kennis ontwikkeling)

De onderzoeksscope van Blue Revolution is op dit moment nog groot en veel onderdelen worden globaal onderzocht. Het heeft meerwaarde om gedurende het afstudeeronderzoek dieper op het concept in te duiken. Een doelstelling van dit afstudeeronderzoek is om te onderzoeken hoe het Blue Revolution concept toegepast kan worden op kleine schaal.

Door aan te geven wat aanknopingspunten zijn voor het onderzoek, kan een effectief vervolg worden gegeven aan dit onderzoek.

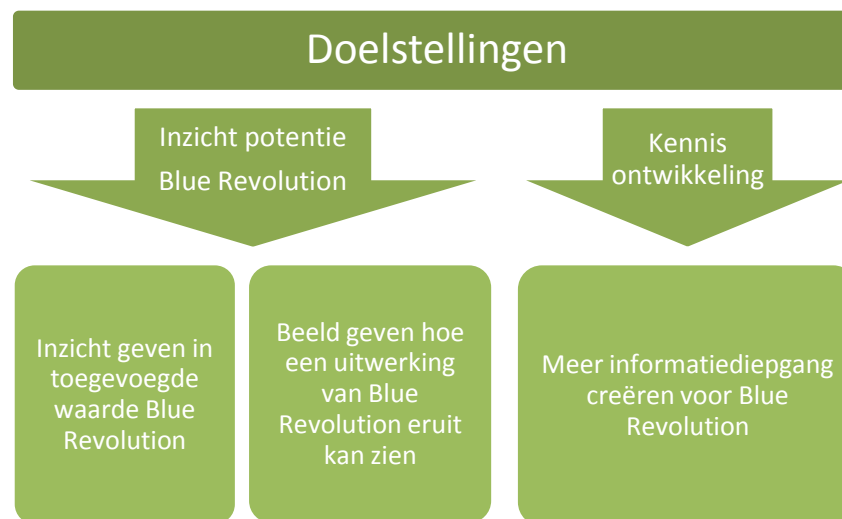
- Inzicht geven in toegevoegde waarde Blue Revolution. (inzicht potentie Blue Revolution)

Een doelstelling van dit afstudeeronderzoek is om geïnteresseerde partijen een beeld te geven wat de toegevoegde waarde is van een Blue Revolution uitwerking. Het doel is om een rekenmodel te ontwikkelen zodat men kan zien hoeveel een Blue Revolution uitwerking nodig heeft, oplevert en hoeveel ruimte het in beslag neemt.

- Beeld geven hoe een uitwerking van Blue Revolution eruit kan zien. (inzicht potentie Blue Revolution)

Blue Revolution is een project dat inspeelt op een toekomstig voorspeld probleem. Er is door DeltaSync een beeld geschetst hoe een dergelijke stadsuitbreiding eruit kan gaan zien.

Om de lezer een beeld te geven hoe een Blue Revolution er in de nabije toekomst uit kan zien, krijgt de lezer inzicht hoe het nu staat met de ontwikkelingen.



Schema 1 Schema met de doelstellingen van het afstudeeronderzoek
Bron: eigen schema

Vanuit de doelstellingen zijn er twee onderzoeksfuncties ontstaan voor dit afstudeeronderzoek.

Beschrijvend:

Gedurende dit afstudeeronderzoek zal het Blue Revolution project onder de loep genomen worden. Omdat het Blue Revolution project uit een nieuw concept bestaat, zal het concept in kaart worden gebracht voor de lezer.

Ontwerpend:

Er bestaat nog geen ontwerp waarin het Blue Revolution concept is uitgewerkt. Welke systemen er momenteel op de markt zijn, welke systemen gecombineerd kunnen worden en hoe het concept eruit gaat zien is nog niet specifiek uitgezocht. Een functie van dit afstudeeronderzoek is om deze punten wel in een ontwerp uit te werken.

1.3 Onderzoeksvraag & deelvragen

De onderzoeksvraag van dit afstudeeronderzoek komt voort uit de doelstellingen die aan dit afstudeeronderzoek zijn gesteld. Om aan het einde van het afstudeeronderzoek een goed antwoord te geven op de onderzoeksvraag, wordt de onderzoeksvraag opgedeeld in deelvragen die eerst uitgewerkt en beantwoord worden.

Onderzoeksvraag:

“Hoe kan er de potentie bepaalt worden van een kleinschalige uitwerking van Blue Revolution, als deze wordt toegepast in een Nederlandse situatie?”

Deelvragen:

1. *Uit welke componenten bestaat Blue Revolution?*
2. *Welke reststromen van een deltastad kunnen gebruikt worden in een Blue Revolution stadsuitbreiding?*
3. *Wat is de rol van het rekenmodel in een uitwerking van Blue Revolution?*
4. *Wat wordt er bedoeld met een kleinschalige uitwerking van Blue Revolution?*
5. *Is Rotterdam een geschikte locatie voor een Blue Revolution casus?*
6. *Op welke manier kunnen de resultaten van het rekenmodel vertaald worden tot een visuele uitwerking van de casus?*

1.4 Onderzoeksomschrijving

Om meer informatiediepgang te creëren over het Blue Revolution project, zal het Blue Revolution concept als eerste onder de loep worden genomen. Er zal onderzocht worden hoe ver de ontwikkelingen zijn van de componenten die worden toegepast in een Blue Revolution stadsuitbreiding. De componenten worden in hoofdstuk 2 ‘Theoretische kader’ toegelicht.

Om een lezer de potentie te laten bepalen van een willekeurige uitwerking van Blue Revolution, zal er tijdens het afstudeeronderzoek een rekenmodel ontwikkeld worden. Dit rekenmodel is het hoofdproduct van dit afstudeeronderzoek en heeft als doel om de gebruiker te helpen in het bepalen van de potentie van een Blue Revolution uitwerking.

Bij het rekenmodel, zal er eerst een aantal gegevens ingevuld moeten worden door de gebruiker om te bepalen wat de schaal is van de betreffende Blue Revolution uitwerking. Vervolgens zal het rekenmodel berekenen hoeveel de Blue Revolution uitwerking produceert, hoeveel ruimte het nodig heeft en wat overige benodigheden zijn om deze productie te behalen.

Om het rekenmodel te creëren zal er eerst uitgebreid onderzoek gedaan moeten worden naar het combineren van de verschillende componenten van het Blue Revolution concept. Er zal bepaald moeten worden hoe deze componenten gecombineerd worden in een Blue Revolution stadsuitbreiding. Deze combinatie vormt het kader van het rekenmodel.

Het rekenmodel zal geïmplementeerd worden op een zelf ontworpen casus. De casus zal op een kleine schaal worden uitgewerkt. De visie van DeltaSync op het project Blue Revolution, zal vergeleken worden met de resultaten van de casus. Verder is er een visuele uitwerking in 3d gemaakt. Door uitwerking van casus, wordt er een beeld gevormd hoe een Blue Revolution uitwerking eruit kan zien.

1.5 Afbakening

Om het project beheersbaar te houden wordt in dit hoofdstuk de afbakening beschreven. Er wordt hier per onderwerp besproken in hoeverre het onderzocht wordt. Onderwerpen die niet aan bod komen worden beschreven in de aanbeveling, hoofdstuk 6. Deze onderwerpen kunnen in vervolgstudies uitgewerkt worden.

- *Potentie*

In de onderzoeksvraag wordt de term 'potentie' gebruikt. Potentie is een breed begrip en kan verschillende factoren bevatten. In de van Dale wordt de betekenis van het woord potentie beschreven als 'vermogen'. Deze betekenis kan per persoon anders opgevat worden. Wanneer heeft een Blue Revolution uitwerking potentie?

Het doel van dit afstudeeronderzoek is niet het bepalen van de potentie van het Blue Revolution concept, maar om een hulpmiddel te bieden om de potentie te bepalen van een willekeurige Blue Revolution uitwerking.

- *Financiën*

De financiële haalbaarheid is vaak van groot belang bij het bepalen van de potentie van een drijvende stadsuitbreiding. Het is in dit afstudeeronderzoek een afwegingspunt, maar er zal niet onderzocht worden wat de meest financieel gunstige oplossing is. De nadruk ligt meer op toepasbaarheid van de mogelijkheden.

- *Kleine schaal*

In de onderzoeksvraag wordt gerefereerd naar een kleinschalige uitwerking. Dit komt voort uit de verwachte uitwerkingschaal (afbeelding 2). Door klein te beginnen kan naderhand opgeschaald worden.

- *Nederlandse situatie*

De geanalyseerde informatie en uitwerking van de casus zal gericht zijn op een Nederlandse situatie. Nederland is één van de

hoofdspelers op de wereld op het gebied van drijvend bouwen (Drift, 2011). Omdat Nederland een reële mogelijkheid is om een drijvende stadsuitbreiding toe te passen, is de scope op een Nederlandse situatie gericht.

- *Woningen en doelgroep*

Er zal onderzocht worden wat de benodigdheden en afvalstoffen van bewoners zijn. Deze gegevens zullen gebruikt worden voor de berekeningen in het rekenmodel.

Als uitgangswaarde zal er in dit onderzoek in eerste instantie van een doelgroep uit gegaan worden dat anno 2013 vraag heeft naar wonen op het water. Uit externe onderzoeken kan gehaald worden welke doelgroepen er geïnteresseerd zijn op dit moment naar het wonen op water.

Er zal niet diep ingegaan worden op een woning ontwerp. Tevens zal er geen strategie voor een Blue Revolution stadsuitbreiding onderzocht worden.

- *Waterzuivering*

Gedurende dit afstudeeronderzoek zal behandeld worden hoe het afvalwater van woningen in een stadsuitbreiding gezuiverd kan worden. Er wordt onderzocht hoeveel afvalwater bewoners verbruiken en zal er een systeem geadviseerd worden dat het effectief kan behandelen.

- *Aquacultuur*

Veel informatie over aquacultuur zal gehaald worden uit literatuur onderzoeken en van diverse professionals.

Omdat er kennis in het onderwerp ontbreekt (ook door het stagebedrijf DeltaSync) zal het aquacultuur gedeelte in het onderzoek tot op een bepaalde hoogte behandeld worden. Klimaatseisen en benodigdheden van aquacultuur zullen omschreven en mee gerekend worden.

- *Algenweek*

Algenweek kan voor verschillende doeleinden gebruikt worden, zoals biobrandstoffen, visvoer en grondstoffen voor de chemische industrie. In dit afstudeeronderzoek ligt de focus van de algen op het water zuiveren en op visserijvoedsel produceren. Deze doeleinden passen het beste in de onderzoeksscope van dit onderzoek, namelijk voedsel produceren voor de mens en water zuiveren van bewoners van een stadsuitbreiding.

De overige mogelijke doeleinden van algenweek worden verder niet besproken gedurende dit afstudeeronderzoek.

- *Rekenmodel*

In dit afstudeeronderzoek zal worden uitgelegd wat het doel is van het rekenmodel, hoe het gebruikt moet worden en waar het model uit voortvloeit.

- *Casus*

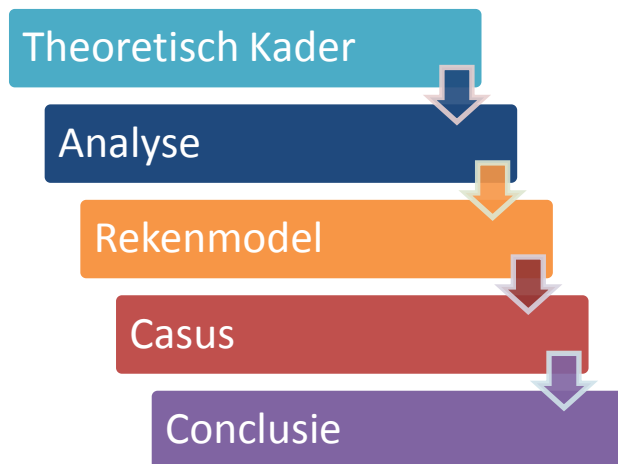
Het rekenmodel zal getest worden op een casus. De casus zal gebruik maken van de basis invulling in het rekenmodel. Met de resultaten van het rekenmodel zal er een visuele uitwerking gerealiseerd worden.

Er zal onderzocht worden wat voor toegevoegde waarde een casus kan hebben in een toegewezen locatie.

De visuele uitwerking van de casus, te zien op bladzijde 59, is bedoeld om het Blue Revolution concept te promoten. Bij het uitwerken van een Blue Revolution casus gedurende dit afstudeeronderzoek zal hier rekening mee gehouden worden. Het creëren voor een leefbaar klimaat van de bewoners is hierin een belangrijk punt.

1.6 Leeswijzer

Het rapport is in zes hoofdstukken opgedeeld. Elk hoofdstuk verschilt in de lay-out per kleur. De hoofdstukken, na de inleiding, staan hieronder met de bijbehorende kleur.



Theoretisch Kader

Het theoretisch kader dient om de lezer informatie te bieden dat nodig is voor het begrijpen van dit afstudeerrapport. In dit hoofdstuk wordt er een beeld gegeven wat de componenten van het Blue Revolution concept inhouden en hoe ver de ontwikkelingen zijn van deze componenten.

De deelvraag die gedurende dit hoofdstuk behandeld wordt is:

1. *Uit welke componenten bestaat Blue Revolution?*

Analyse

De informatie die in het theoretisch kader behandeld wordt, zal verder geanalyseerd worden. In dit hoofdstuk wordt het kader van het rekenmodel verder uitgewerkt.

De deelvraag die gedurende dit hoofdstuk behandeld wordt is:

2. *Welke reststromen van een deltastad kunnen gebruikt worden in een Blue Revolution stadsuitbreiding?*

Rekenmodel

In dit hoofdstuk van het rapport wordt er ingegaan op het product van het afstudeeronderzoek, het rekenmodel. In dit hoofdstuk is er toegelicht wat de rol is van het rekenmodel en hoe het gebruikt kan worden.

De deelvragen die gedurende dit hoofdstuk behandeld worden zijn:

3. *Wat is de rol van het rekenmodel in een uitwerking van Blue Revolution?*

Casus

In dit hoofdstuk wordt het rekenmodel geïmplementeerd in een casus. Zo kan de gebruiker van het rekenmodel zien hoe er met het product tot een ontwerp gekomen kan worden.

De deelvragen die gedurende dit hoofdstuk behandeld worden zijn:

4. *Wat wordt er bedoeld met een kleinschalige uitwerking van Blue Revolution?*
5. *Is Rotterdam een geschikte locatie voor een Blue Revolution casus?*
6. *Op welke manier kunnen de resultaten van het rekenmodel vertaald worden tot een visuele uitwerking van de casus?*

Conclusie

In het laatste hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de onderzoeksvraag. Alle deelvragen worden tevens beantwoord. Als laatste is er een aanbeveling gedaan over dit onderzoek.

1.7 Onderzoeksmethodiek

Theoretisch Kader

Het theoretisch kader heeft een beschrijvend onderzoeksfunctie. Het project Blue Revolution, ontwikkeld door DeltaSync, wordt onder de loep genomen. DeltaSync heeft zich, tot nu toe, vooral gericht op het onderzoeken van het voorspelde landtekort probleem. Daarnaast is er door DeltaSync onderzocht hoe dit probleem opgelost kan worden in de vorm van het Blue Revolution project.

Het theoretisch kader zal gedaan worden door middel van kwalitatief onderzoek. Dit wordt gedaan door interviews met professionals te houden en door middel van literatuurstudies. Op deze manier is het doel om het Blue Revolution concept te ontleden en per onderdeel dieper op in te duiken. Met deze kennis kan er gekeken worden welke onderdelen er in het afstudeeronderzoek geanalyseerd moeten worden.

Analyse

De analyse is een vervolg van het theoretisch kader. De onderdelen worden geanalyseerd en vertaald naar de rol in het rekenmodel. Het kader van het rekenmodel wordt met kwantitatief onderzoek gecreëerd. Harde cijfers geven aan of een optie effectiever is en zal meegenomen worden in het rekenmodel. Bij het verantwoorden van een keuze wordt er bij voorkeur meerdere bronnen opgezocht die het bevestigen.

Rekenmodel

Het rekenmodel hoofdstuk heeft een ontwerpende onderzoeksfunctie. Het rekenmodel bestaat door een kwantitatief onderzoek uit harde cijfers, die afkomstig zijn van literatuurstudies en/of empirisch onderzoek.

Casus

Het rekenmodel wordt in het casus hoofdstuk van dit afstudeerrapport getest op een zelf gecreëerde casus. Naast het testen van het rekenmodel, wordt er gekeken of de resultaten afwijken van de verwachtingen van DeltaSync op een Blue Revolution stadsuitbreiding. Daarnaast zal er aangetoond worden hoe er met de resultaten van een rekenmodel tot een ontwerp van een Blue Revolution uitwerking gekomen kan worden. De uitwerking van de casus geeft een voorbeeld hoe het toegepast kan worden en zal bestaan uit een subjectieve uitwerking.

Betrouwbaarheid bronnen

Voor zowel de kwantitatieve bronnen als de kwalitatieve bronnen wordt er zoveel mogelijk gebruik gemaakt van betrouwbare bronnen, beschreven volgens de APA (American Psychological Association) richtlijnen (Poelmans & Severijnen, 2013). Dit gaat vaak over bronnen die afkomstig zijn van instellingen als universiteiten, hogescholen en ministeries. Of auteurs die aan een van dit soort instellingen verbonden zijn. Voor de kwantitatieve bronnen worden er meerdere bronnen gebruikt, die voor betrouwbaarder resultaat zorgen.

Gebruikte bronnen

Gedurende het afstudeeronderzoek worden er tal van bronnen gebruikt, die in de bijlage worden beschreven. Er zijn echter een vijftal ‘hoofdbronnen’ die gedurende het afstudeeronderzoek gebruikt zijn. Deze zogenoemde ‘hoofdbronnen’ zijn betrouwbare bronnen die relevant zijn voor het onderzoek en binnen de afbakening van het onderzoek thuishoren.

1. DeltaSync (kwalitatief onderzoek)

Dit afstudeeronderzoek heeft een beschrijvend onderzoeksfunctie. Het project dat DeltaSync ontworpen heeft, wordt geanalyseerd en verder ontwikkeld. De informatie dat vanuit deze bron is gegeven dient als begin punt van het afstudeeronderzoek.

De resultaten van de casus, die afkomstig zijn van het rekenmodel, worden vergeleken met de visie van DeltaSync. Er zal geconcludeerd worden of deze resultaten in lijn liggen met de gestelde visie van DeltaSync voor het project Blue Revolution.

2. Interviews Professionals (kwalitatief onderzoek)

DeltaSync heeft een aantal stakeholders waarmee het samenwerkt bij het uitwerken van het Blue Revolution project. Dit gaat om bedrijven/instellingen die zich hebben gespecialiseerd in één van de onderdelen in het project. De volgende stakeholders worden benaderd voor een interview:

- Algae Food & Fuel (Arthur Kroon)
- Aquaponics (Jo Meerdink)
- Wageningen UR (University & Research centre) (Rouke Bosma)
- Waterschap Hollandse Delta (Charlotte van Erp Taalman Kip)

Naast deze stakeholders worden er ook een aantal andere instanties benaderd die een toegevoegde waarde kunnen geven in het afstudeeronderzoek. Deze instanties zijn:

- AlgaeCom (Monique Schoondorp)
- Algae Food & Fuel (Coen van de Gennep)
- DeSah (Nico Elzinga)
- Hogeschool Zeeland/ Sealab (Michiel Michels)
- Wageningen UR (University & Research centre) (Jan Willem de Vries)

De interviews zijn in bijlage 1 op bladzijde 64 te vinden.

3. Wageningen UR (University & Research centre) (kwalitatief & kwantitatief onderzoek)

De Wageningen UR (WUR) heeft zich gespecialiseerd in het kweken van algen. Het heeft een AlgaeParc opgericht waarin verschillende systemen met elkaar worden vergeleken. Voordat dit AlgaeParc gecreëerd is, zijn er veel onderzoeken gedaan op het gebied van algenkweek. Veel van deze bronnen worden gebruikt bij het kwalitatief onderzoek in het theoretisch kader en bij het kwantitatief onderzoek bij het maken van het rekenmodel.

4. Boek Aquaculture Production Systems (kwantitatief onderzoek)

Het boek Aquaculture Production Systems (Tidwell, 2012) vat verschillende studies op het gebied van aquacultuur samen. Dit boek is een betrouwbare bron en kan gebruikt worden als kwantitatief onderzoek voor het rekenmodel.

5. Project Noorderhoek (kwalitatief & kwantitatief onderzoek)

Voor het waterzuiveringonderdeel, wordt er het referentieproject Noorderhoek in Sneek geanalyseerd. Het project is uitgevoerd door DeSah.

Literatuurverwijzingen

In dit rapport worden de APA richtlijnen (Poelmans & Severijnen, 2013) gebruikt bij literatuurverwijzingen.



Theoretisch Kader

2

Het theoretisch kader biedt informatie die nodig is voor het begrijpen van dit afstudeeronderzoek. Door middel van literatuur onderzoeken en interviews worden de verschillende componenten van het Blue Revolution concept toegelicht. In de bijlage worden de onderwerpen uitgebreider behandeld.

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt er antwoord gegeven op de volgende deelvraag;

1. Uit welke componenten bestaat Blue Revolution?

In hoofdstuk 1 is te lezen wat het doel is van Blue Revolution en wat het globaal inhoud. In dit hoofdstuk wordt er dieper ingegaan op het project Blue Revolution. Tevens zal er in dit hoofdstuk het theoretisch kader worden besproken van dit afstudeeronderzoek.

2.2 Blue Revolution

Om het Blue Revolution concept overzichtelijk te behandelen, is het in drie delen verdeeld: (zie afbeelding 3)

1. Blue Revolution stadsuitbreiding;
2. Benodigde input;
3. Geproduceerde output.

De stadsuitbreiding heeft stromen/input nodig in de vorm van energie, CO₂ en warmte om te functioneren. De systemen van de stadsuitbreiding produceren daarin tegen weer een output, in de vorm van loosbaar water, vissen- en groenteproductie.

1. Blue Revolution stadsuitbreiding

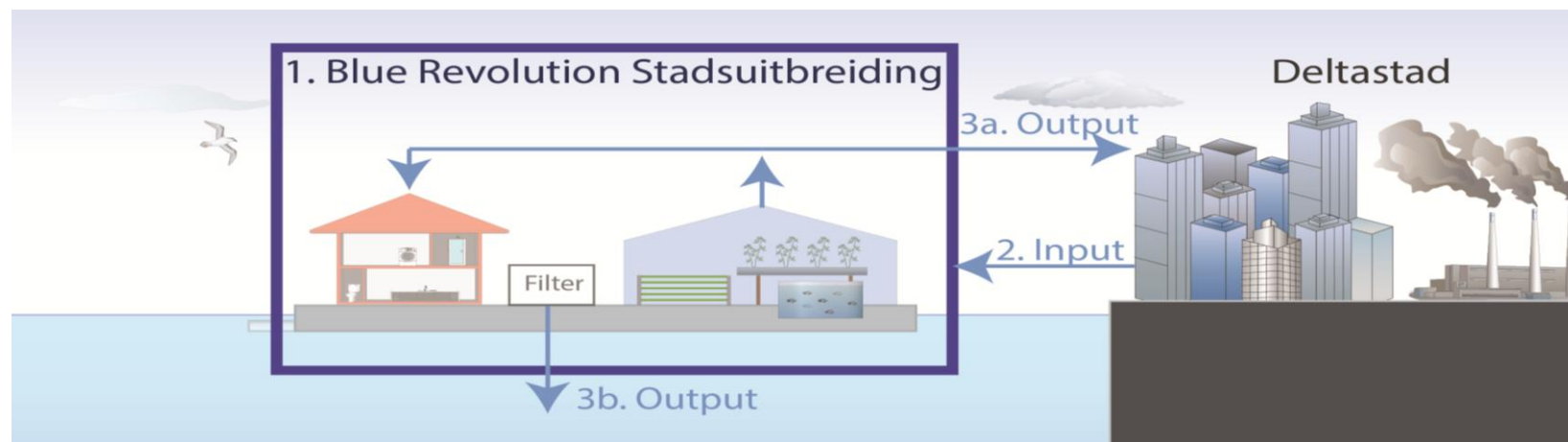
Een Blue Revolution stadsuitbreiding bestaat uit de volgende componenten en zullen gedurende dit hoofdstuk verder toegelicht worden:

- Woningen;
- Afvalwaterzuivering;
- Algenkweek;
- Vissen- & groentekweek;

De woningen en kweeksystemen zouden ook mogelijk los van elkaar op het water toegepast kunnen worden. Gedurende dit afstudeeronderzoek zal geanalyseerd worden in hoeverre de systemen gecombineerd moet worden om tot een synergie te komen.

2. Input

In de Blue Revolution stadsuitbreiding hebben de bewoners, de kweek- en de filtersystemen een input in de vorm van stromen nodig om te functioneren. Deze benodigde stromen kunnen op verschillende manieren ingevuld worden en worden verder toegelicht in hoofdstuk 3.6



Afbeelding 3 Overzicht onderverdeling Blue Revolution

Bron: eigen afbeelding

De visie van het Blue Revolution concept is, om de benodigde stromen zoveel mogelijk te laten bestaan uit reststromen van de deltastad. Als er input te kort komt, is het ideaalbeeld dat de tekort komende input zelf in de stadsuitbreiding opgewekt wordt. Dit ideaalbeeld zou ervoor zorgen dat de Blue Revolution stadsuitbreiding geen extra lasten geeft aan de deltastad. Zo kunnen de nutriëntenkringlopen van huidige steden gesloten worden.

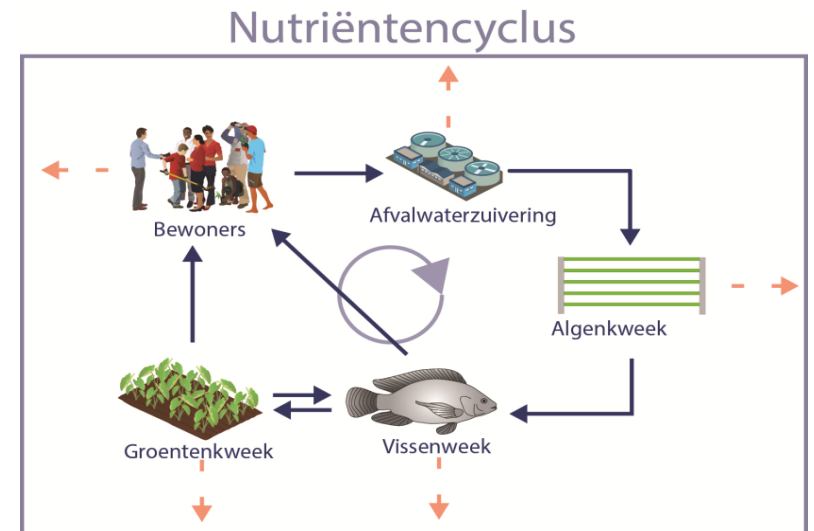
3. Output

De output van een Blue Revolution stadsuitbreiding zijn in twee delen te onderscheiden. Producten in de vorm van vissen en groenten (3a op afbeelding 3) en loosbaar water (3b). De input en output worden verder toegelicht in hoofdstuk 3.8 'output'.

Nutriëntencyclus

Blue Revolution draait om het effectief hergebruiken van nutriënten. Nutriënten zijn voedingsstoffen en bouwstenen voor mens, dier en plant. Bij Blue Revolution is voornamelijk fosfor erg belangrijk om te recycleren, omdat dit uit een uitputtelijke bron komt.

Op afbeelding 4 is te zien hoe de nutriëntenstromen lopen in het Blue Revolution concept. De oranje pijltjes geven het nutriëntenverlies aan per onderdeel.



Afbeelding 4 Nutriëntencyclus binnen focus afstudeeronderzoek

Bron: eigen afbeelding

De nutriëntencyclus gaat als volgt:

In het afvalwater van bewoners zitten nutriënten die effectief gebruikt kunnen worden in de Blue Revolution stadsuitbreiding. Dit afvalwater moet eerst goed gezuiverd worden. Een deel van het afvalwater kan gebruikt worden als kweekwater van de algen. Het overige deel van het afvalwater is, nadat het gefilterd is, loosbaar water geworden.

De algen absorberen de nutriënten uit het afvalwater. De algen hebben de nutriënten die in het gefilterde afvalwater zitten nodig om te groeien. De geoogste algen kunnen gebruikt worden als vissenvoedsel. De vissen scheiden stoffen uit die als voedingsstoffen voor het kweken van groente gebruikt kunnen worden. De vissen en groenten kunnen na loop van tijd geoogst worden en dienen als voedsel van de bewoners. Zo ontstaat er een cyclus van nutriënten. Wel gaat er bij elke stap een deel van de nutriënten verloren. Hierdoor is de nutriëntencyclus in een Blue Revolution stadsuitbreiding niet gesloten.

2.3 Woningen

Doelgroep

De doelgroep die gebruikt is gedurende dit afstudeeronderzoek is bepaald met behulp van het afstudeeronderzoek van Meijster & van Persie: “Maasheaven Doelgroep analyse” (2012). Een samenvatting van de doelgroep analyse is in de bijlage 1 blz.12 te vinden.

Drijvend bouwen

Drijvend bouwen is iets dat nog weinig wordt toegepast op de wereld. Drijvend bouwen is voor veel particulieren en bedrijven nog niet rendabel genoeg om toe te passen. Grote Nederlandse bouwbedrijven experimenteren echter wel met het bouwen van drijvende bouwwerken en veel Nederlandse ontwerp- en adviesbureaus specialiseren zich in deze markt.

Bouwregelgeving drijvend bouwen

Een groot struikelblok bij het drijvend bouwen, was dat de bouwregelgeving niet duidelijk omschreven was. In 2008 is een handreiking Drijvende woningen en de bouwregelgeving door de (voormalige) VROM-Inspectie gemaakt. Daarnaast is er ook de Nederlandse Technische Afspraak (2011) gemaakt door markt- en overheidspartijen. Het doel van het NTA is om een aantal afspraken en prestatiespecificaties tussen markt- en overheidspartijen vast te leggen over gesignaleerde knelpunten en onderwerpen van drijvend bouwen, die nu niet of onvoldoende door de bouwregelgeving worden geregeld. De regelgeving voor drijvend bouwen, laat zien dat de markt van drijvend bouwen stappen maakt.

Onderzoek drijflichamen

Gedurende dit afstudeeronderzoek zal er geen bouwtechnisch onderzoek gedaan worden met betrekking tot het drijflichamen. Er wordt uitgegaan dat bij een Blue Revolution stadsuitbreiding gebruik wordt gemaakt van een flexibel drijflichaam. In bijlage 1 blz.16 zijn verschillende drijflichaamsystemen geanalyseerd.

2.4 Afvalwaterzuivering

Een onderdeel van Blue Revolution is dat het afvalwater van de woningen in de stadsuitbreiding wordt gezuiverd, om zo de nutriënten her te gebruiken. Deze zuivering wordt decentrale waterzuivering genoemd. Met een decentrale waterzuivering in een Blue Revolution stadsuitbreiding worden de rioolwaterzuiveringsinstallaties van deltasteden niet extra belast.

Momenteel wordt er in Nederland grotendeels centraal gezuiverd. Dit houdt in dat het afvalwater van een groot gebied door middel van rioolleidingen naar een rioolwaterzuiveringsinstallatie gaat, waar het gezuiverd wordt.

Afvalwater zuiveren van het land

Het Blue Revolution concept is gericht op duurzaam hergebruik van nutriënten. Een uitgangspunt van het Blue Revolution concept is dat er naast het afvalwater van de stadsuitbreiding, ook een deel van het afvalwater van bewoners op het land zuivert. Het extra afvalwater zorgt voor ontlasting van de afvalwaterzuivering op het land en voor extra nutriënten in een stadsuitbreiding.

Extra afvalwater van het land halen kan niet op elke locatie. Het is heel lastig om bij bestaande woningen een systeem te ontwikkelen om het afvalwater van een aantal woningen los te koppelen van het gezamenlijke netwerk. Dit zal dan gericht moeten worden op nieuwbouw woningen of waterstromen van afvalwaterzuiveringsinstallatie (RWZI). Hoe er afvalwater van het land gehaald kan worden zal niet verder onderzocht worden tijdens dit afstudeeronderzoek.

Rol algen in afvalwaterzuiveringsproces

Gedurende dit afstudeeronderzoek zal er onderzocht worden in hoeverre algen een rol kunnen spelen in het afvalwaterzuiveringsproces. Algen worden tot nog toe weinig toegepast in een afvalwaterzuiveringsproces. Om de mogelijke rol van algen in een afvalwaterzuiveringsproces te onderzoeken, zal

er naast de informatie dat hierover is te vinden op internet, interviews met professionals gehouden worden.

Referentieproject decentrale waterzuivering

Een goed voorbeeld van decentrale waterzuivering is het project Noorderhoek in de nieuwbouwwijk in Sneek. In dit project is er ook onderzocht hoe grondstoffen hergebruikt kunnen worden. In een Blue Revolution stadsuitbreiding zullen de grondstoffen tevens worden hergebruikt. Tijdens dit afstudeeronderzoek wordt er geanalyseerd hoe er in dit project water wordt gezuiverd en wordt er gekeken of dit ook in een Blue Revolution project toegepast kan worden.

2.5 Algenkweek

Algen worden sinds een aantal jaar onderzocht om te kweken in een gecontroleerd systeem. Het kweken van algen toont veel potentie vanwege de snelle groei van algen. De kweekmethodes moeten echter nog behoorlijk in kosten dalen en nog effectiever zijn wil het rendabel genoeg zijn om het op grote commerciële schaal in Nederland toe te passen. (WUR, 2013)

De universiteit van Wageningen heeft sinds 2010 een buitenpark waarin algenkweeksystemen worden getest. Het zogenoemde AlgaePARC is het eerste centrum ter wereld dat op wetenschappelijke wijze onderzoek doet naar een rendabele inzet van algen. (WUR, 2013)

In het AlgaePARC vergelijken wetenschappers vier verschillende algenkweeksystemen met dezelfde soort alg en kweek omstandigheden. Dit zijn algenkweeksystemen die vaak worden toegepast op de markt. Tijdens dit afstudeeronderzoek zullen deze verschillende kweeksystemen verder onderzocht worden. Daarnaast zal ook de door DeltaSync voorgestelde kweekmethode OMEGA onderzocht worden.

In het AlgaePARC wordt er prominent onderzoek gedaan naar de werking van het kweekstelsel. Het verwerken van de alg tot een eindproduct wordt echter nog geen aandacht aan besteed.

Water zuiveren en visvoedsel produceren door middel van algen wordt los van elkaar al toegepast, maar deze twee functies zijn echter nog niet gecombineerd in een systeem. Tijdens dit afstudeeronderzoek zal onderzocht worden in hoeverre deze combinatie mogelijk is. Dit zal gedaan worden door internetbronnen te raadplegen en algenkwekers te interviewen.

2.6 Vissenweek & groentekweek

De groente- en vissenweek dienen als voedselproducent voor de bewoners in de Blue Revolution stadsuitbreiding. Binnen de vissen en groentekweek kunnen er verschillende soorten vissen en groentes gekweekt worden.

Vissenweek

De vissenteelt is ongeveer 30 jaar geleden komen opzetten. Het is een snelgroeiende voedselproductiesector en voorziet nu circa de halve wereld van vis voor menselijke consumptie (ministerie van LNV, 2004). Vissenteelt is vissen kweken in een gecontroleerd systeem. Hierdoor kan er efficiënter vis gekweekt worden en voorkomt men overbevissing.

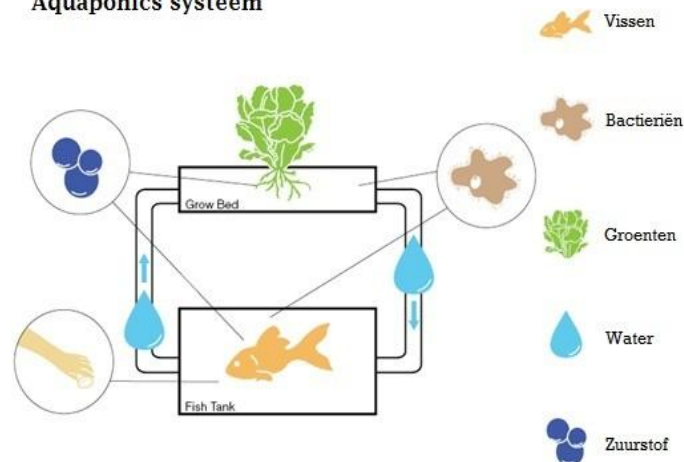
Groentekweek

Groentekweek op het water kan ook wel hydrocultuur genoemd worden. Hydrocultuur is het kweken van planten, waarbij er geen gebruik wordt gemaakt van een grondbodem. De wortels van de planten hangen in water waarin de voedingsstoffen voor de groenten zitten. groente kweken door middel van hydrocultuur is efficiënter dan traditionele groentekweek. (Tidwell, 2012)

Combinatie vissen- en groentekweek

In het Blue Revolution project is het idee dat vissenweek en groentekweek gecombineerd in een gesloten recirculatiesysteem toegepast worden. Dit systeem heet Aquaponics en sluit aan bij de visie van Blue Revolution, namelijk het hergebruiken van nutriënten. Op afbeelding 5 is te zien hoe het systeem werkt.

Aquaponics systeem



Afbeelding 5 Aquaponics systeem

Bron: urbanfarm

Water maakt een cyclus langs de vissen en de groenten. De uitscheidingsstoffen van de vissen worden gefilterd en door bacteriën omgezet in voedingsstoffen voor de planten. Het water met deze voedingsstoffen wordt gefilterd door de planten en aangevuld met voedingsstoffen voor de vissen. De vissen en groenten dienen uiteindelijk als voedselproducten voor de mens.

Aquaponics is een vrij nieuwe ontwikkeling en wordt op verschillende manieren toegepast op de wereld. Tijdens dit afstudeeronderzoek zullen er internetbronnen geraadpleegd worden om hier genoeg informatie uit te halen. Daarnaast wordt het in 2012 geschreven boek Aquaculture Production Systems; World Aquaculture Society (Tidwell, 2012) gebruikt. Dit boek beschrijft de recente markt van aquaponics.

An aerial, isometric-style illustration of a city with a large body of water in the foreground. The city is composed of numerous rectangular blocks of varying heights, representing buildings. The water is a deep blue, and several sailboats with white sails are visible on the water. The overall color palette is dominated by shades of blue and white.

Analyse 3

In hoofdstuk 3 is er samengevat, wat voor informatie er is geanalyseerd gedurende het afstudeeronderzoek. De informatie die is opgezocht, is bedoeld om dichterbij een antwoord te komen van de onderzoeksvraag. In dit hoofdstuk is er onderzocht hoe de componenten van Blue Revolution met elkaar gecombineerd kunnen worden in een Blue Revolution stadsuitbreiding. Verder is er het kader van het rekenmodel beschreven.

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt er antwoord gegeven op de volgende deelvraag;

2. *Welke reststromen van een deltastad kunnen gebruikt worden in een Blue Revolution stadsuitbreiding?*

In dit hoofdstuk wordt verder gegaan met het theoretisch kader die is gesteld in hoofdstuk 2. Naast het theoretisch kader, is er ook een kader gevormd voor het rekenmodel. Het Blue Revolution concept, waar het rekenmodel resultaten voor geeft, is omkaderd en toegelicht in dit hoofdstuk. Binnen dit kader van het Blue Revolution concept, kan de gebruiker van het rekenmodel het invullen naar eigen situatie.

Er wordt als het ware meer ingezoomd op de verschillende componenten van Blue Revolution.

De verschillende mogelijkheden van de invulling van de componenten zijn door middel van een kwalitatief onderzoek geanalyseerd. Bij het begin van dit afstudeeronderzoek zijn er in samenwerking met DeltaSync randvoorwaarden gesteld waar een Blue Revolution stadsuitbreiding aan moet voldoen. De componenten zijn aan de hand van de vastgestelde randvoorwaarden geanalyseerd.

Randvoorwaarden

De randvoorwaarden sluiten aan op het Blue Revolution concept en de afbakening van dit onderzoek.

- *Reële keuzes*

De financiële haalbaarheid is van groot belang bij het uitwerken van een drijvende stadsuitbreiding. Het is in dit rapport een afwegingspunt, maar er is niet onderzocht wat de meest financieel gunstige oplossing is. De nadruk ligt meer op toepasbaarheid van de mogelijkheden.

- *Bewezen & bestaande technieken*

Er zijn vele technieken onderzocht die nog in de kinderschoenen staan of nog niet in grote schaal zijn toegepast. Het is van belang dat de gekozen technieken in het rekenmodel betrouwbaar zijn om toe te passen. Een plan vol met ideeën waarvan niet zeker is hoe goed het gaat werken heeft minder draagkracht dan een plan met bewezen technieken. Om deze eis concreet te maken moet de gekozen techniek binnen 3 jaar toegepast kunnen worden.

- *Geheel jaar functioneel*

De Blue Revolution stadsuitbreiding moet het gehele jaar functioneel zijn. De bewoners van een Blue Revolution stadsuitbreiding moeten het gehele jaar een gecontroleerde waterzuivering en voedselproductie hebben. Een uitgangspunt is dat de stadsuitbreiding zo constant mogelijk functioneert. Dit uitgangspunt dient voor comfort van het leefklimaat en is gericht op de visie van de gewenste situatie van Blue Revolution.

3.2 Woningen

Van de bewoners is er onderzocht wat hun behoeftes zijn en wat de bruikbare afvalstoffen zijn die gebruikt kunnen worden.

Behoeftes bewoners

Het is van belang om in te spelen op de behoeftes van de bewoners van een drijvende stadsuitbreiding, om zo een gunstig leefklimaat te creëren. De behoeftes die gedurende dit afstudeeronderzoek worden onderzocht, zijn:

- Voedsel
- Elektriciteit
- Warmte
- Drinkwater

Gedurende dit afstudeeronderzoek wordt er niet onderzocht hoe overige nutsvoorzieningen, zoals internet en telefonie binnen de Blue Revolution stadsuitbreiding verzorgd kan worden. Deze voorzieningen komen uit de deltastad en dienen geen verder onderzoek.

Afvalstoffen bewoners

De bewoners produceren afvalstoffen. Een deel van deze afvalstoffen bezitten nutriënten die gebruikt kunnen worden in de Blue Revolution nutriëntencyclus. De bewoners produceren:

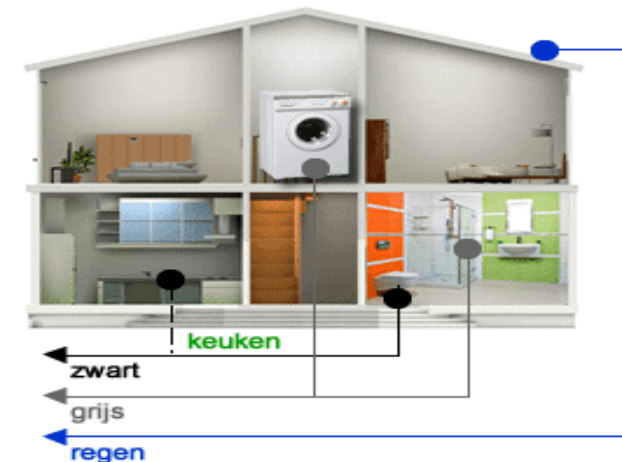
- Afvalwater (grijs- & zwartwater)
- GFT afval
- Overig afval

Een mogelijkheid is om bij de woning gebruik te maken van een vacuümtoilet en een vermaler in de gootsteen. De concentratie wordt hiermee nog beter. Tevens is het mogelijk om regenwater te gebruiken als grijswater. Op deze manier wordt er drinkwater bespaard. Deze duurzame maatregelen zijn opties in het rekenmodel.

3.3 Afvalwaterzuivering

Het afvalwater van de bewoners wordt in een Blue Revolution stadsuitbreiding decentraal gezuiverd, alvorens het gebruikt wordt als kweekwater voor de algenkweek.

Afvalwater van de bewoners is er, zoals bij project Noorderhoek, in zwart- en grijswater. Grijswater is licht verontreinigd water van bijvoorbeeld de douche of de wasmachine. Zwartwater komt uit het toilet en gootsteen. Op afbeelding 6 is het onderscheid tussen zwart- en grijs water te zien.



Afbeelding 6 Het verschil tussen grijs- en zwartwater

Bron: Waterschoon

Omdat we in een Blue Revolution stadsuitbreiding de nutriënten hergebruiken wordt het water gescheiden in grijs en zwart- water. Het scheiden van zwart- en grijswater is geïntegreerd in het rekenmodel.

De bruikbare nutriënten bevinden zich in het zwarte afvalwater en het GFT afval. De afvalstromen worden zo gefilterd dat de nutriënten er uit gehaald worden. Het grijze afvalwater wordt tot loosbaar water gezuiverd.

In dit afstudeeronderzoek wordt er vanuit gegaan dat overig afval buiten de stadsuitbreiding wordt verwerkt en wordt niet meegenomen in het rekenmodel.

Het gescheiden water kan via een natuurlijke manier, een mechanische manier en een combinatie hiervan gezuiverd worden.

Natuurlijke waterzuivering

Bij een natuurlijke waterzuivering wordt afvalwater door planten, zoals helofytenfilters, gezuiverd. De relatief lage energie- en aanschafkosten zorgen ervoor dat dit een interessante optie is om toe te passen. (Rietveld, z.j.) Tevens is de waterzuivering een groene buffer in de stadsuitbreiding.

Nadelen van natuurlijke waterzuivering zijn dat het veel ruimte nodig heeft en alleen laag verontreinigd water zuivert. (Vulto & Beltman, 2007). Zwart water is hierdoor niet goed te reinigen.

Mechanische waterzuivering

Mechanische waterzuivering is het zuiveren van water door middel van verschillende stappen met bacteriën en filters. Door middel van een chemische reactie blijven de nutriënten behouden. Vergeleken met de natuurlijke waterzuivering heeft mechanische waterzuivering minder ruimte nodig. Ook kan mechanische waterzuivering zwartwater zuiveren.

Nadelen van mechanische waterzuivering, vergeleken met natuurlijke waterzuivering, is dat zowel de energiekosten als de aanschafkosten een stuk hoger liggen (Vulto & Beltman, 2007).

Combinatie van beide

In het project Noorderhoek wordt er gebruik gemaakt van een combinatie van de natuurlijke zuivering met de mechanische zuivering. Het water wordt bij de woning gescheiden in zwart en grijs water. Het grijze water wordt gezuiverd door middel van

natuurlijke waterzuivering en het zwarte water door middel van mechanische zuivering.

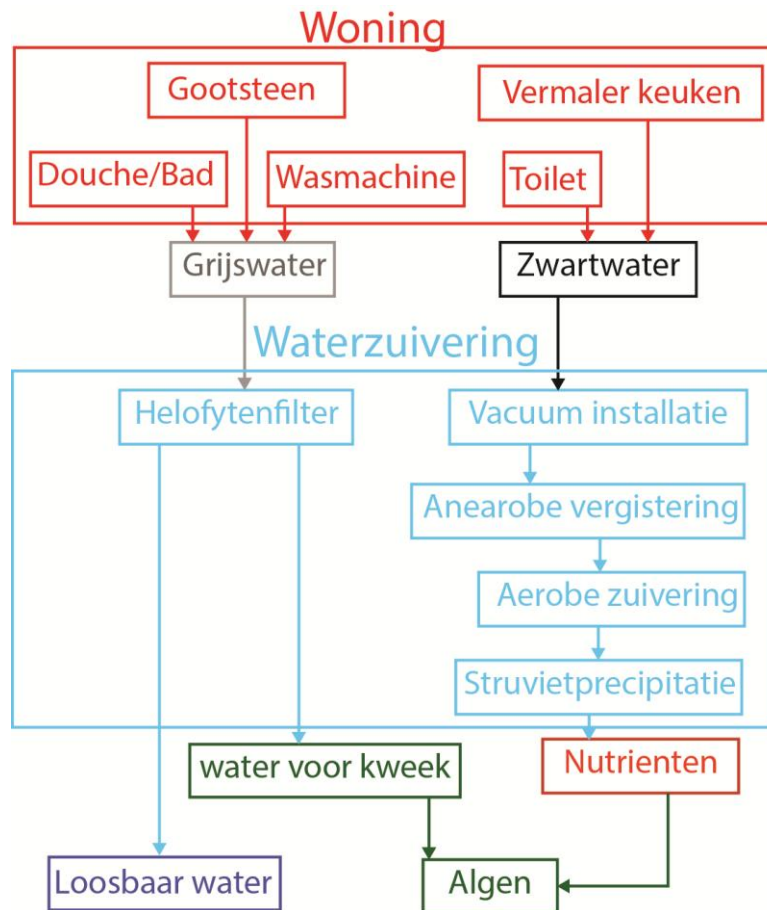
Met behulp van het project 'Noorderhoek' is er een afvalwaterzuivering schema (zie schema 3) gemaakt. In dit schema staat welke stappen er nodig zijn om het water decentraal te zuiveren. In de bijlage 1 blz.26 is het project 'Noorderhoek' uitgebreider behandeld.

Rol algen in waterzuivering

In dit onderzoek is er onderzocht hoe algen een rol kunnen spelen als waterzuiveraar. Uit diverse onderzoeken blijkt dat de algen niet de capaciteiten hebben om het gehele zuivering proces op zich te nemen. Eén van deze onderzoeken is gedaan door stoWa en is te lezen in het hoofdrapport 'Effluentpolishing met algen' (2011). Algen zuiveren nu alleen het effluent van een afvalwaterzuiveringsinstallatie.

Na interviews met Michiel Michels (Sea-lab), Monique Schoondorp (AlgaeCom), Arthur Kroon & Coen van de Gennep (Algae Food & Fuel) werd duidelijk dat het mogelijk is om afvalwater van bewoners te zuiveren en daarna te gebruiken als voedselbron voor algen en uiteindelijk vissen en groenten. Het water moet echter wel erg goed gefilterd worden om het te laten voldoen aan de eisen van de voedsel- en warenautoriteit. De interviews zijn in bijlage 1 te vinden.

Door de kleine rol die algen in een waterzuiveringproces en de strenge eisen van het zuiveren van zwart water, is het effectiever om de algenkweek alleen toe te passen met het doel om vissonvoedsel te produceren. In het rekenmodel hebben de algen alleen de rol als vissonvoer producent.



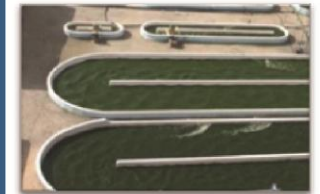
Schema 2 afvalwaterzuivering schema met algen.
Bron: eigen afbeelding

3.4 Algenkweek

De mogelijke algenkweekmethodes zijn tijdens dit afstudeeronderzoek geanalyseerd. Een plek met al deze algenkweekmethodes is het AlgaePARC in Wageningen. Na een bezoek aan het AlgaePARC en analyse van gerelateerde onderzoeken (Algencultuur op drainwater uit de glastuinbouw, 2009, Norsker, Barbosa, Vermuë en Wijffels, 2010), is er een balans van voor- en nadelen opgesteld per kweekmethode. Deze analyse dient om advies te geven bij het invullen van het rekenmodel. De opties zijn:

Raceway pond

Het raceway pond systeem bestaat uit ondiepe vijvers die in gescheiden banen liggen. Het water wordt in beweging gehouden door een schoppenrat. Dit systeem wordt een openkweekstelsel genoemd.



Afbeelding 7: Raceway Ponds
Bron: Algae-energy.co.uk

Voordelen:

- Lage investeringskosten

Nadelen:

- Niet productief per oppervlak
- Veel kweek risico's

Flatpanels

Flatpanels zijn langwerpige plastic zakken met daarin water en algen. Er zijn verschillende soorten en maten, zowel verticaal als horizontaal.



Afbeelding 8: Flat panels
Bron: Biosolarcells

Voordelen:

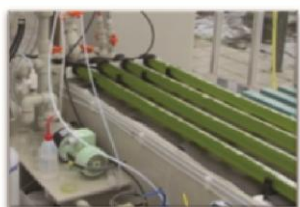
- Hoge productiviteit
- Laag waterverbruik

Nadelen:

- Hoge energiekosten
- Kan geen water zuiveren
- Moeilijk oogsten.

Horizontale fotobioreactor

Horizontale fotobioreactor is een gesloten systeem om algen in te kweken. Het bestaat uit horizontaal geplaatste buizen waarin water met voedingsstoffen in wordt rondgepompt.



Afbeelding 9: Horizontale fotobioreactor
bron: Eigen afbeelding

Voordelen:

- Het gehele jaar productie
- Constante kwaliteit

Nadelen:

- Hoge energiekosten
- Hoge aanschafkosten

Verticale fotobioreactor

Een verticale fotobioreactor wijkt af van een horizontale fotobioreactor, omdat de buizen verticaal gestapeld zijn. Dit maakt dit systeem effectiever in ruimteverbruik.



Afbeelding 10: Verticale fotobioreactor
bron: Eigen afbeelding

Voordelen:

- Het gehele jaar productie
- Constante kwaliteit
- Per m2 het productiefst

Nadelen:

- Hoge energiekosten
- Hoge aanschafkosten

Naast de kweekmethodes van het AlgaePARC is er op aanraden van DeltaSync ook het OMEGA systeem onderzocht. Het OMEGA systeem is een systeem dat ontwikkeld wordt door de NASA. Het is een vrij nieuwe kweekmethode waar nog veel onderzoek voor nodig is. In Amerika is er een klein pilot project van het OMEGA systeem gerealiseerd.
(<http://www.nasa.gov/centers/ames/research/OMEGA/>)

OMEGA systeem

Omega systeem is een systeem waarin flexibele waterzakken in het water worden gelegd. Het water in de waterzakken wordt rondgepompt door de golfslag. Verder onderzoek moet uitwijzen of het in de toekomst rendabel is.



Afbeelding 11: Omega Systeem
Bron: Algaeindustrt magazine

Voordelen:

- Geen energiekosten
- Gericht op grootschalig gebruik

Nadelen:

- Meer onderzoek nodig

Benodigheden algenkweek

Om te kunnen groeien hebben algen water, zonlicht en voedingsstoffen nodig. De belangrijkste voedingsstoffen voor algen zijn stikstof en fosfor. Elke soort alg heeft een ander klimaat nodig wil het op zijn productiefst werken. Na het oogsten van de alg, hangt verdere verwerking af van het te beoogde eindproduct.

De benodigde hoeveelheid nutriënten zijn verschillend per algensoort. De nutriënten die overblijven na de afvalwaterzuivering, dienen als de nutriënteninput voor de algenkweek en bepalen hoeveel algen er gekweekt kunnen worden.

Algen soorten

De algensoort die de gebruiker kiest moet in ieder geval aan de volgende criteria voldoen: De alg moet gebruikt kunnen worden als visvoedsel (juiste verhouding nutriënten). De alg moet een zoetwater alg zijn (afvalwater valt onder zoetwater).

3.5 Vissenkweek & groentekweek

De droge massa van de algen wordt gebruikt als visvoer voor het aquaponics systeem. Naast algenvisvoer is er ook een input van overig visvoer nodig om de nutriënten verhouding goed te houden (Schuilenburg, 2012).

Kweeksystemen vissenkweek

Bij vissenkweek is er een keuze voor een open vijver systeem of een gesloten recirculatiesysteem. Waar vroeger vooral gebruik werd gemaakt van open vijvers (buiten), wordt er tegenwoordig steeds meer gebruik gemaakt van gesloten recirculatiesystemen. In een recirculatiesysteem wordt het water constant gefilterd en gezuiverd waardoor het water vrijwel geheel opnieuw wordt gebruikt.

Open vijvers zijn momenteel in kosten voordeliger. Een groot nadeel is dat de teelt minder gecontroleerd is. De minder gecontroleerde teelt zorgt ervoor dat er niet het gehele jaar gekweekt wordt en dat er mogelijk problemen ontstaan met infecties. Dit is de reden waarom er in het rekenmodel wordt gekozen om een gecontroleerd gesloten systeem toe te passen.



Afbeelding 12 Gesloten recirculatiesysteem vissenkweek Bron: tolwatertechniek

Kweeksystemen groentekweek

Binnen het hydrocultuur zijn er drie kweeksystemen geanalyseerd die het meeste bij het aquaponics systeem worden toegepast:

- Nutrient Film Technique (NFT)

Bij het Nutrient Film Technique systeem wordt er gebruik gemaakt van groeibuizen waar de wortels in bungelen. In de buizen stroomt er water met voedingsstoffen voor de wortels.

- Deep Water Culture (DWC)

De wortels van de plant hangen in het Deep Water Culture systeem direct in de nutriëntenoplossing. De planten liggen op drijvend schuim vlotten die op het wateroppervlak drijven.

- Substraat Medium

Bij deze methode wordt er gebruik gemaakt van een substraat laag waar de wortels in bevestigd worden. Over de substraat laag wordt water gegooid die de planten opvangen. De substraat laag zorgt voor een zwaarder systeem dan de overige twee kweekmethode. Deze belasting is minder gunstig op een drijflichaam.

De Deep Water Culture is vanwege de geringe kosten op dit moment de meest gunstige methode om toe te passen in een aquaponics systeem. Daarom wordt het Deep Water Culture systeem in het rekenmodel toegepast.



Afbeelding 13 Groentekweek - DWC systeem Bron: archdaily

Keuze aquaponics systeem

Het aquaponics principe is bij veel systemen hetzelfde, er zijn echter wel verschillen in de kweeksystemen. In het rekenmodel wordt er gebruik gemaakt van een combinatie van een gesloten recirculatiesysteem voor de vissen en een Deep Water Culture systeem voor de groenten.

Aquaponics systemen bestaan vaak uit dezelfde onderdelen alleen de inrichting is het grootste verschil per systeem.

Het aquaponics systeem dat aansluit op de gekozen kweeksystemen is een UVI (University Virgin Islands) systeem. Dit is een systeem dat al is getest en geaccepteerd op de markt. Het UVI systeem bestaat naast de vissen- en groentekweek tanken uit:

- nabezinker (clarifier);
- ontgassingstank (degassing unit) ;
- filter;
- opvangbak (sump);
- pomp.

Het UVI aquaponics systeem past het beste bij de gekozen kweeksystemen en randvoorwaarden in dit afstudeeronderzoek en wordt daardoor toegepast in het rekenmodel.

Binnen het UVI Aquaponic systeem is er door onderzoekers een bepaalde verhouding vastgesteld tussen vissen- en groentekweek. (Tidwell, 2012). Deze verhouding wordt in het rekenmodel aangehouden en zorgt ervoor dat de nutriënten verhouding bij de groentekweek voldoen.

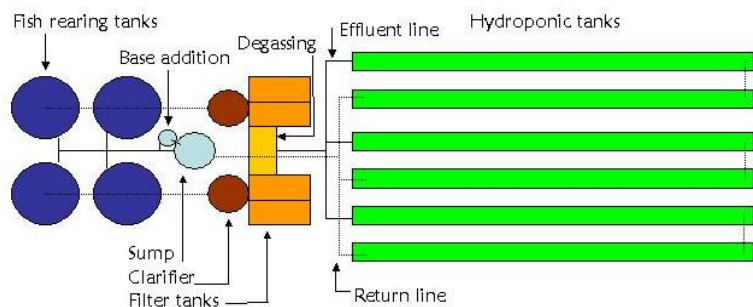
Benodigdheden aquaponics systeem

Om een aquaponics systeem te laten functioneren, heeft het een aantal benodigdheden. Zowel de vissen als groenten hebben een bepaald klimaat nodig, verschillend per soort.

Groentekweek heeft licht, genoeg ruimte en voldoende nutriëntenvoeding nodig om te functioneren. CO₂ toevoer kan de groentekweek stimuleren (Tidwell, 2012) en is aangeraden in het rekenmodel.

Om te groeien hebben vissen genoeg ruimte, juiste temperatuur en nutriëntenvoeding nodig. Licht is in tegenstelling tot groentekweek niet nodig en CO₂ toevoer is voor de vissen ongezond. (Tidwell, 2012).

The UVI Aquaponic System



Afbeelding 14 UVI Aquaponic systeem.

Bron: uvi.edu

3.6 Input Blue Revolution stadsuitbreiding

Er is onderzocht wat voor input een stadsuitbreiding nodig heeft om te functioneren. In deze deelparagraaf is te zien welke manieren er mogelijk zijn. De beste invulling is per locatie afhankelijk en is in het rekenmodel open gelaten, zodat de gebruiker van het rekenmodel het naar eigen wensen kan invullen.

3.6.1 Benodigde stromen

Een uitgangspunt van Blue Revolution is dat de Blue Revolution stadsuitbreiding zo min mogelijk gebruik maakt van fossiele bronnen. Door gebruik te maken van reststromen speelt de stadsuitbreiding hierop in.

De Blue Revolution stadsuitbreiding heeft de volgende stromen nodig om (effectief) te functioneren:

- CO₂
- Energie (elektriciteit)
- Energie (warmte)

3.6.2 CO₂

Om planten en algen te kunnen kweken is er CO₂ nodig. Bij het kweken van algen in een gesloten systeem is CO₂ nodig voor de groei van de algen (fotosynthese). Bij de planten heeft het een stimulerende werking op de groei. Mogelijkheden CO₂ toevoer:

Uit biomassa van de waterzuivering

Bij de vergisting van GFT-afval komt CO₂ vrij. Deze CO₂ kan opvangen en gebruikt worden. Het nadeel van dit proces is dat er met de vergisting nutriënten verloren gaan. Ook is het een techniek die nog in de kinderschoenen staat. Op dit moment is het nog niet rendabel.

Vanuit een bedrijf in de omgeving

Er zijn veel bedrijven die CO₂ uitstoten. Het CO₂ dat in rookgas zit kan met leidingen naar een drijvende stadsuitbreiding lopen.

Tegenwoordig gaat veel CO₂ van bedrijven de lucht in. Het voordeel van CO₂ uit de omgeving is dat het gebruikt maakt van afvalstoffen van een bedrijf, waardoor het een duurzame oplossing is.

De kosten om deze optie toe te passen voor een Blue Revolution stadsuitbreiding is per locatie verschillend. Het kan zo zijn dat het pas op grote schaal rendabel is om het toe te passen. Zo is het vervoeren van CO₂ door middel van buizen niet zonder risico en relatief erg duur.

Vanaf een warmtekrachtkoppeling unit (WKK)

Door gas te verbranden in een WKK unit komt er CO₂ vrij. Het gebruik van een WKK unit komt in de glastuinbouw erg vaak voor en is daarom een gemakkelijk toe te passen oplossing. De nadelen van een WKK is dat er fossiele brandstof verbrandt wordt voor de CO₂. (Powerhouse, z.j.).

Uit een CO₂ buffertank

CO₂ uit een tank is een simpele oplossing om CO₂ voor de kweeksystemen te gebruiken. De CO₂ wordt opgevangen en in buffertanks gestopt. De visie van DeltaSync is dat er zoveel mogelijk gebruik gemaakt wordt van reststromen van de deltatad. Bij deze optie wordt hier echter niet op ingespeeld.

3.6.3 Energie (elektriciteit)

Er is onderscheid gemaakt tussen het krijgen van energie in de vorm van elektriciteit en in de vorm van warmte. Mogelijkheden energie (elektriciteit) toevoer:

Gebruik van zonne-/windenergie

Het gebruik van zonne- en windenergie is een duurzame optie om energie op te wekken in de wijk. Er is minder elektriciteit nodig vanuit het land, waardoor een Blue Revolution stadsuitbreiding voor minder lasten zorgt voor een deltatad. De investeringskosten van duurzame energie zijn een stuk hoger als

er geen koppeling gemaakt wordt met het vaste land. Dit heeft te maken met de energie die in accu's moet worden opgeslagen.

Zo is de terugverdientijd van zonnepanelen rond de 7 jaar en van windenergie nog langer (www.zonnepanelen-info.nl, 2013). Precieze tijdsduur ligt aan subsidies die verkregen worden. De terugverdientijd van de zonnepanelen is zonder dat de energie zelf wordt opgeslagen. Als de energie zelf wordt opgeslagen dan is de terugverdientijd nog langer. De hoge kosten is een groot nadeel van deze optie.

Gasverbranding in een warmtekrachtkoppeling unit (WKK)

Door gas te verbranden in een WKK unit wordt er elektriciteit opgewekt. Het is een betrouwbare oplossing die erg flexibel is. Het nadeel is wel dat het niet duurzaam is (door gebruik van het fossiele brandstof aardgas) en dat de kosten vrij hoog zijn. (www.klimaatwebsite.be/klimaat, 2007)

Van het elektriciteitsnetwerk

De energie komt bij deze optie vanaf het elektriciteitsnet buiten de Blue Revolution stadsuitbreiding. Voordeel van koppeling met het elektriciteitsnet is dat er weinig investeringskosten zijn.

Nadeel van deze optie is dat het afhankelijk is van de locatie. Ook komt de energie meestal van fossiele bronnen, wat niet in lijn loopt met de visie van Blue Revolution.

3.6.4 Energie (verwarming en koeling)

De woningen en de kweeksystemen hebben een bepaald klimaat nodig dat door middel van warmte en/of koeling verzorgd zal moeten worden. Het kweekklimaat wordt bepaald door de keuze in toe te passen vis-, groenten- en algensoort. Mogelijkheden energie (verwarming en koeling):

Koude-warmte opslag (KWO) met warmtepomp

Warmte overschot die in de zomer wordt geproduceerd wordt opgeslagen en kan gebruikt worden voor in de winter. Deze optie gaat goed samen met het toepassen van een kas, omdat een kas veel warmte produceert in de zomer.

Een warmte pomp is op kleine schaal een dure optie, maar kan bij opschaling van de stadsuitbreiding wel rendabele mogelijkheid zijn. Een KWO met warmtepomp is niet op elke bodem of aquifer toepasbaar. Onderzoek naar de geschiktheid van een WKO met warmtepomp is in eerste instantie nodig. (www.vkpm.nl, z.j.)

Gasverbranding in een warmtekrachtkoppeling unit (WKK)

Gas verbranding in de woningen en (mogelijk een) kas is een gemakkelijke en beproefde oplossing. Door het gas te verstoken in een WKK-unit ontstaat er elektriciteit, warmte en CO₂ (Powerhouse, z.j.).

Restwarmte van bedrijf uit de omgeving

Het is mogelijk dat bedrijven uit de omgeving van een Blue Revolution stadsuitbreiding restwarmte hebben waar niets mee gedaan wordt. (Warmtekoudevoorziening 2030 / Gebouwde omgeving Rotterdam, 2013) Een mogelijkheid is om een Blue Revolution stadsuitbreiding aan te sluiten aan leidingen afkomstig van deze bedrijven.

Net zoals bij de CO₂ toevoer optie 'vanuit een bedrijf uit de omgeving', moet er voor restwarmte uit bedrijven ook goed onderzoek gedaan worden naar de locatie. Hierdoor is deze optie locatie afhankelijk.

3.7 Klimaat aquacultuur

De algen-, groente- en vissenkweek hebben zoals eerder vermeld een bepaald groeiklimaat nodig. Er zijn verschillende mogelijkheden om de benodigde stromen, die zorgen voor dit klimaat, op te vangen.

Het buiten kweken van algen en groenten is zeker mogelijk, maar is in Nederland geen realistische optie. Door het gebrek aan zonlicht, is het onmogelijk om het hele jaar constant te kweken en kan het niet aan de randvoorwaarden (het hele jaar functioneel) voldoen die aan het begin van dit hoofdstuk gesteld is.

Een overkapping zorgt voor een meer gecontroleerd systeem. Veel kweeksystemen in Nederland worden toegepast met een kasconstructie als overkapping. De kas kan in verschillende vormen en materialen worden toegepast. De kosten zijn relatief hoog, ongeveer 60 euro per m² zonder installaties (de la Faille et al., 2011). Een nadeel van een kas is dat er veel voorzieningen voor nodig zijn om een juist kweekklimaat te creëren (de la Faille et al., 2011)

Ook kan er binnen gekweekt worden, anders dan een kas. Door een gebrek aan zonlicht, is er meer kunstmatige verlichting nodig en liggen de kosten daardoor vrij hoog. Het gebruiken van een kas is duurzamer dan een gesloten overkapping, omdat er gebruik gemaakt kan worden van zonlicht.

Keuze opvangen stromen

Om de kweeksystemen het gehele jaar constant te laten functioneren, is er gekozen om in het rekenmodel een overkapping in de vorm van een kas voor de aquacultuur toe te passen.

Zonlicht is gratis en een duurzame oplossing om gewassen mee te kweken. Zonlicht zorgt echter niet voor constante resultaten.

Daarom wordt er aangeraden om een combinatie van zonlicht en kunstmatige verlichting toe te passen in de kas.

In bijlage 1 is een combinatieschema te vinden. In dit combinatie schema is te zien welke input stromen, beschreven in 3.6, met elkaar gecombineerd kunnen worden. Daarnaast is te zien welke input stromen gecombineerd kunnen worden met en zonder overkapping. Het combinatieschema is te zien bijlage: blz. 31.

3.8 Output

Zoals in hoofdstuk 2 ‘Theoretisch Kader’ wordt vermeld, bestaat de output van een Blue Revolution stadsuitbreiding uit losbaar water en uit producten in de vorm van vissen en groenten.

Loosbaar water

Het grijze water wordt doormiddel van natuurlijke waterzuivering gezuiverd. Dit water wordt deels gebruikt voor kweekwater van de algenkweek. Het overige water is genoegd gezuiverd en wordt geloosd worden in het omliggende water van de drijvende stadsuitbreiding.

Vis- en groenteproductie

In een BR stadsuitbreiding worden alleen vissen en groenten geproduceerd. Er wordt niet van de bewoners van een Blue Revolution stadsuitbreiding verwacht dat het voedselpatroon volledig uit vis en groenten bestaat. Overige voedsel behoeftigheden kunnen van het land geïmporteerd worden.

De vissen en groenten die in de Blue Revolution stadsuitbreiding geproduceerd worden, zijn in het rekenmodel in eerste instantie bedoeld voor de bewoners van de Blue Revolution stadsuitbreiding. Als er meer vissen en groenten geproduceerd wordt in de stadsuitbreiding dan dat er geconsumeerd wordt door de bewoners van de Blue Revolution stadsuitbreiding, dan kan dit geëxporteerd worden naar een deltastad. Dit staat in lijn met de Blue Revolution visie.

Om zo min mogelijk export te veroorzaken hebben de bewoners van de Blue Revolution stadsuitbreiding als eerste recht op de vissen en groenteproductie. Minder export betekend minder CO₂ uitstoot, wat een doel van een Blue Revolution stadsuitbreiding is.

Als er sprake is van overproductie door de Blue Revolution stadsuitbreiding, kunnen de producten van de overproductie geëxporteerd worden naar het land. Door het exporteren van vis

en groenten naar het land levert een Blue Revolution stadsuitbreiding een bijdrage aan het vaste land. Zo ontstaat er een vorm van synergie tussen het land en een Blue Revolution stadsuitbreiding.

Mogelijke vis- en groentesoorten

Om de mensen een gevarieerd vissen- en groentesoort aanbod te bieden, is het zeer gewenst dat er verschillende soorten vissen en groenten in het aquaponics systeem gekweekt worden.

De vissoorten die toegepast worden moeten geschikt zijn voor een aquaponics systeem, eetbaar voor de mens zijn (dit kan geleid worden uit de vraag naar de vissoorten op de markt) en moet algen kunnen eten. Dit zorgt ervoor dat de nutriënten in het systeem worden behouden.

In het aquaponics systeem kunnen alle soorten groenten gekweekt worden die boven de grond groeien. Het is bijvoorbeeld niet mogelijk om aardappelen en prei te kweken. Groenten die goed kweken zijn bijvoorbeeld sla soorten, klein fruit (bessen), kruiden en aardbeien. (John Adam, 2012)

Mogelijkheden van toe te passen vis- en groentesoorten zijn te vinden in bijlage 2: blz. 21.

3.9 Conclusie analyse

Kader van het rekenmodel

In dit hoofdstuk is er een kader geformuleerd voor het rekenmodel. Per systeem is er beschreven welke benodigdheden meegenomen worden in het rekenmodel en welke niet.

Het kader van het rekenmodel is op afbeelding 15 in een schema weergegeven. In dit schema is te zien wat de benodigdheden zijn per component, wat elk component produceert en wat de samenhang is tussen de verschillende componenten.

Het rekenmodel is als volgt samen te vatten:

Afvalwater scheiden in grijs- en zwartwater

Het afvalwater wordt in het rekenmodel gescheiden in grijs- en zwart water. Het gezuiverde grijsafvalwater wordt geloosd op het omliggende water van een Blue Revolution stadsuitbreiding. Het gezuiverde zwartwater wordt gebruikt als nutriëntenbron voor de algenkweek.

Rol algen

In het rekenmodel is de rol van de algen om visvoer te produceren. Door de kleine rol die algen in een waterzuiveringproces kunnen hebben en de strenge eisen van het zuiveren van zwart water, is het niet effectief om met de algenkweek ook water te zuiveren.

Vis- en groenteproductie

De vissen en groenten die geproduceerd worden in een Blue Revolution uitwerking zijn in het rekenmodel in eerste instantie bedoeld voor de bewoners van de Blue Revolution uitwerking. Bij overproductie zal dit naar het land geëxporteerd kunnen worden

UVI Aquaponics systeem

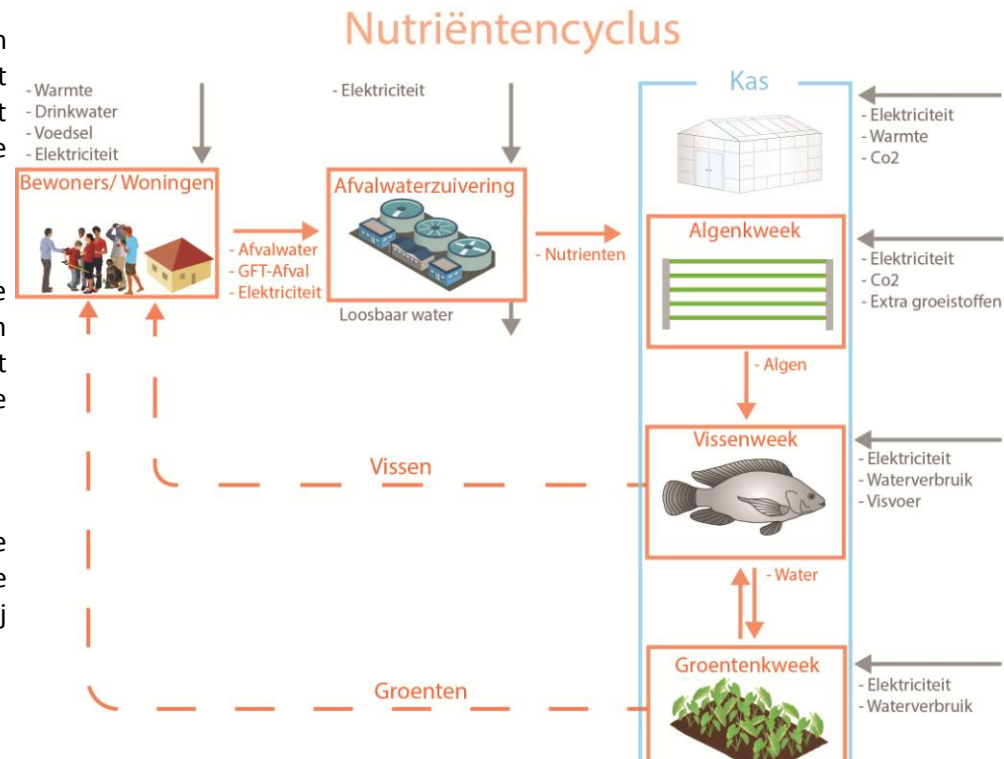
Een gesloten recirculatie systeem voor de vissenkweek zorgt voor een meer gecontroleerd systeem en wordt

daardoor toegepast in het rekenmodel. Dit in combinatie met een Deep Water Culture systeem voor de groentekweek.

De vis- en groentekweeksystemen worden in combinatie toegepast in een UVI aquaponics systeem in het rekenmodel.

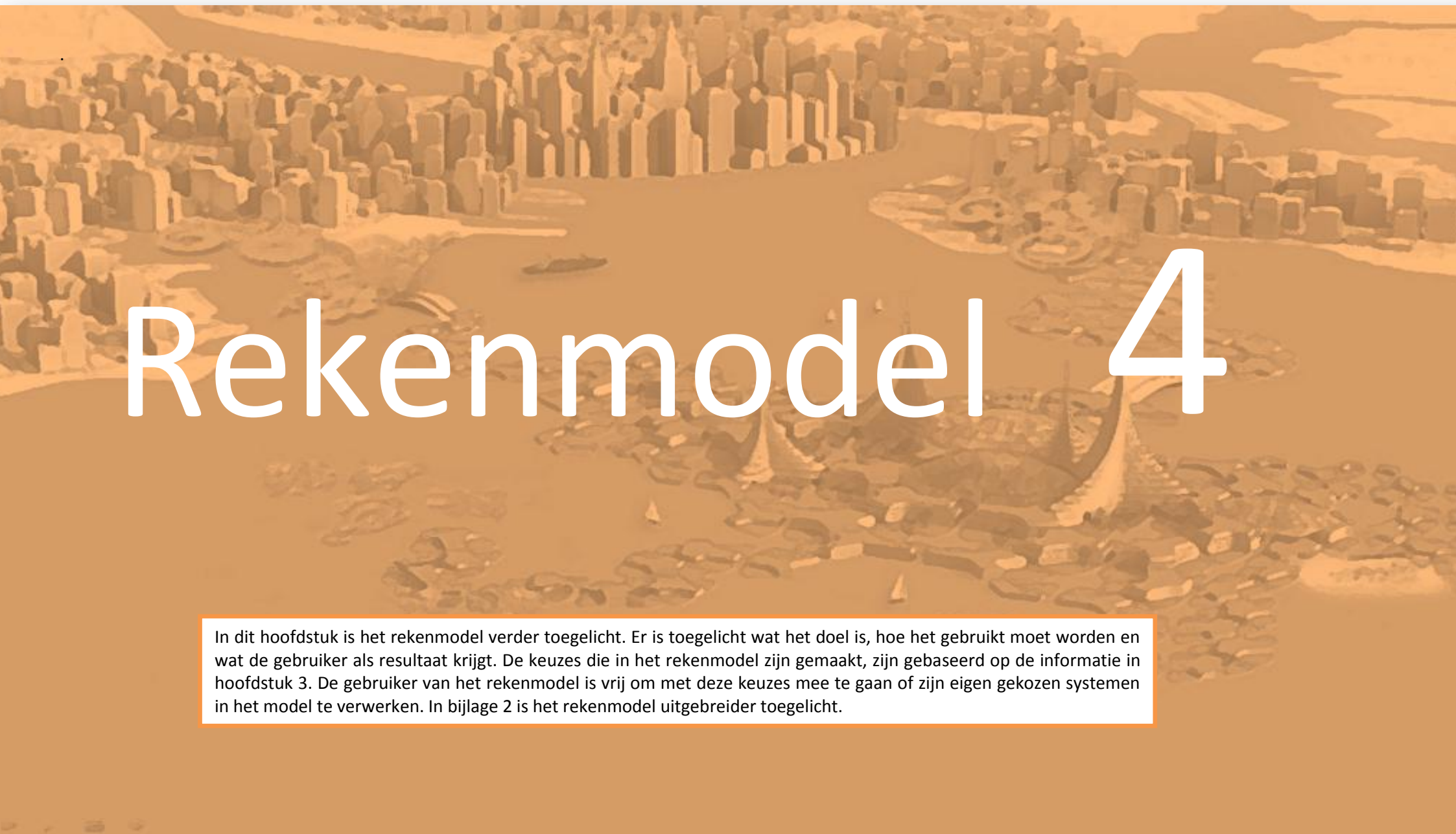
Kas

In het rekenmodel wordt er uitgegaan van het gebruiken van een kas waar de kweeksystemen met het juiste klimaat kunnen functioneren. Licht in de kas wordt gehaald uit een combinatie van zonlicht en kunstmatige verlichting.



Afbeelding 15 Kader van het rekenmodel

Bron: eigen afbeelding



Rekenmodel 4

In dit hoofdstuk is het rekenmodel verder toegelicht. Er is toegelicht wat het doel is, hoe het gebruikt moet worden en wat de gebruiker als resultaat krijgt. De keuzes die in het rekenmodel zijn gemaakt, zijn gebaseerd op de informatie in hoofdstuk 3. De gebruiker van het rekenmodel is vrij om met deze keuzes mee te gaan of zijn eigen gekozen systemen in het model te verwerken. In bijlage 2 is het rekenmodel uitgebreider toegelicht.

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt er antwoord gegeven op de volgende deelvraag;

3. *Wat is de rol van het rekenmodel in een uitwerking van Blue Revolution?*

In dit hoofdstuk is er het doel van het rekenmodel, de gebruikers van het rekenmodel en de werking van het rekenmodel beschreven. Vervolgens is elk onderdeel van het rekenmodel afzonderlijk toegelicht.

Doel rekenmodel

Het rekenmodel is gemaakt om een overzicht te geven van de grootte, productie en benodigdheden van een willekeurige Blue Revolution uitwerking/casus. Door het rekenmodel in te vullen krijgt de gebruiker van het rekenmodel een balans van de casus. Het is mogelijk om aanpassingen in het model te maken, zodat het voor meerdere plekken en scenario's toegepast kan worden.

Het rekenmodel kan toegepast worden tijdens de opstartfase van een Blue Revolution uitwerking. Uit het rekenmodel kunnen de volgende gegevens gehaald worden:

- Overzicht benodigde gebruiksoppervlakte van de gehele casus en van de verschillende onderdelen binnen de casus;
- Wat de input en output is van de casus op het gebied van energie, warmte, drinkwater, CO₂ en vis- en groentevoedsel;
- Benodigde hoeveelheid vissen, groente en algen in de casus om aan de productie te voldoen;

De laatste twee punten geven een balans aan van wat de casus produceert en wat het nodig heeft om aan deze productie te voldoen.

Gebruikers rekenmodel

Het rekenmodel is bedoeld voor mensen die geïnteresseerd zijn in het Blue Revolution concept en globaal willen weten hoe groot een Blue Revolution stadsuitbreiding is, wat het produceert en wat het nodig heeft om de productie te behalen. Dit kunnen verschillende partijen zijn, van project ontwikkelaars tot mensen die geïnteresseerd zijn in de potentie van het Blue Revolution concept.

Het kan zijn dat de gebruiker van het rekenmodel nog niet genoeg expertise heeft om te weten wat voor systemen het beste gebruikt kunnen worden in de betreffende casus. Voor deze gebruikers is er een basis invulling gegeven voor het rekenmodel. Het is aan de gebruiker van het rekenmodel om deze basis invulling te volgen.

De basis invulling is gebaseerd op de keuzes die zijn gemaakt in hoofdstuk 3 'Analyse'. Dit zijn keuzes die aansluiten bij de randvoorwaarden die bij het begin van hoofdstuk 3 zijn toegelicht. In dit hoofdstuk is per onderdeel toegelicht wat deze basis invulling van het rekenmodel inhoudt.

Werking van het rekenmodel

Het rekenmodel bestaat uit verschillende onderdelen die per tabblad verdeeld zijn. Elk onderdeel/tabblad heeft een eigen kleur in het rekenmodel. De gebruiker van het rekenmodel vult in het eerste tabblad een aantal gegevens in van de beoogde casus. Het rekenmodel rekent dan vervolgens uit hoe groot de casus zal worden, wat de casus produceert en wat de casus nodig heeft om aan deze productie te voldoen. Deze gegevens zijn het resultaat van het rekenmodel.

De gegevens die de gebruiker van het rekenmodel op het eerste tabblad moet invullen zijn noodzakelijk. Hier worden gegevens van de casus gevraagd die nodig zijn om een resultaat te berekenen.

De hoeveelheid aanpassingen die door de gebruiker van het rekenmodel gedaan kan worden is afhankelijk van de invulling die de gebruiker voor ogen heeft. De gegevens die aangepast kunnen worden door de gebruiker van het rekenmodel worden variabele gegevens genoemd.

Daarnaast zijn er een aantal duurzame/besparende maatregelen die de gebruiker kan aanvinken in het rekenmodel. Bij het aanvinken van deze besparende maatregelen zullen bepaalde variabele gegevens efficiënter worden.

Resultaat rekenmodel voor gebruiker

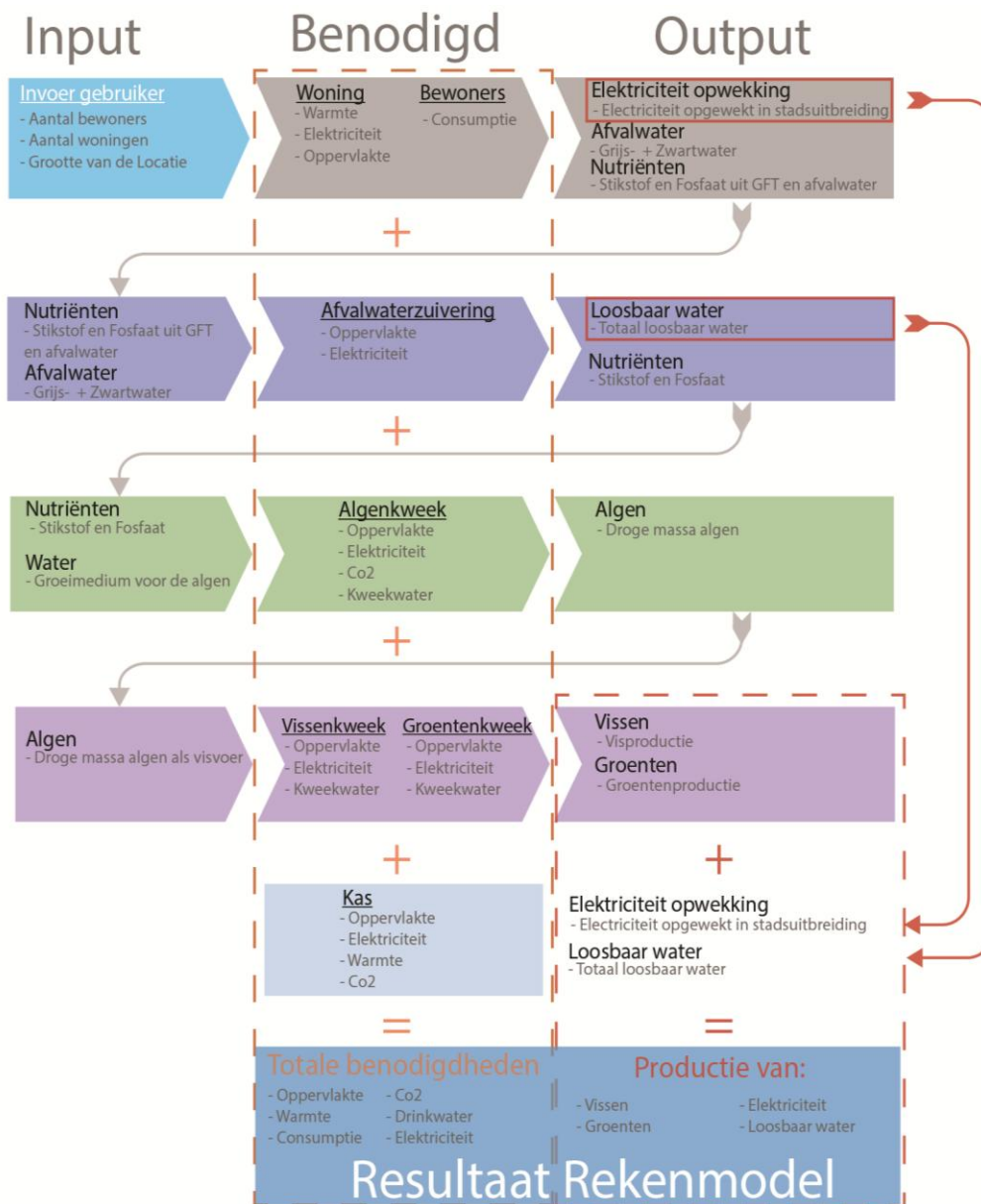
Op schema 3 is te zien wat de gehanteerde volgorde is in het rekenmodel en wat voor informatie de gebruiker uit het rekenmodel kan halen. Elk onderdeel heeft in het schema dezelfde kleur als in het rekenmodel.

Het schema begint bovenaan met de invoer van de gebruiker van het rekenmodel. Elk onderdeel produceert een bepaalde output en heeft benodigdheden nodig om deze output te bereiken.

De benodigdheden van elk onderdeel bij elkaar opgeteld, vormen de totale benodigdheden. De uiteindelijke productie, vissen en groenten, vormen samen met de elektriciteit die mogelijk in de casus zelf wordt opgewekt en het grijs water dat wordt omgezet in loosbaar water de totale productie van de casus.

De totale productie en benodigdheden van de casus vormen de balans van de casus. De balans is het resultaat van het rekenmodel.

Op de volgende pagina's wordt elk onderdeel van het rekenmodel gedetailleerd behandeld. Bij het eind van elk onderdeel is in een tabel de basis invulling weergegeven. In bijlage 2 is de verantwoording te vinden van de variabele gegevens, de basis invulling en de berekeningen in het rekenmodel.



Schema 3 Volgorde en resultaat rekenmodel

Bron: eigen afbeelding

Rekenmodel Blue-Revolution

Gebruik van het rekenmodel		Invoer gebruiker rekenmodel													
Het rekenmodel is gemaakt om een overzicht te geven van de diverse stromingen in onze casus Blue Revolution. Door het rekenmodel in te vullen krijg je een overzicht van deze stromingen. Ook is het mogelijk om nog enkele aanpassingen in het model te maken. Zodat het voor meerdere plekken/scenario's toegepast kan worden. Legenda <table border="1"> <tr> <td> </td> <td>Moet ingevuld worden door de gebruiker</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Al ingevuld kan mogelijk aangepast worden door gebruiker</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Uitkomst van potentiële output.</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Keuze voor duurzame/besparende maatregelen</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Positief eindresultaat</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Negatief eindresultaat</td> </tr> </table> <i>Rekenmodel Blue-Revolution v1.33</i>			Moet ingevuld worden door de gebruiker		Al ingevuld kan mogelijk aangepast worden door gebruiker		Uitkomst van potentiële output.		Keuze voor duurzame/besparende maatregelen		Positief eindresultaat		Negatief eindresultaat	Naam gebruiker:	
			Moet ingevuld worden door de gebruiker												
			Al ingevuld kan mogelijk aangepast worden door gebruiker												
			Uitkomst van potentiële output.												
			Keuze voor duurzame/besparende maatregelen												
	Positief eindresultaat														
	Negatief eindresultaat														
Naam bedrijf:															
Scenario:	Gemiddeld														
Locatie:															
Aantal woningen in de casus		Woningen													
Aantal aangesloten woningen buiten de casus		Woningen													
Aantal bewoners in de casus		Personen													
Aantal aangesloten inwoners buiten de casus		Personen													
Hoeveel m2 locatie		m2													
Hoeveel % voor BR van locatie		%													
Resultaat															
Stroming	Input	Casus	Output												
Ruimte			m2												
Elektriciteit			KwH/Jaar												
Afvalwater			Liter/Dag												
Drinkwater			Liter/Dag												
CO2			Ton/Jaar												
Warmte (Gas)			GJ/Jaar												
Vissen			Kg/Jaar												
Groenten			Kg/Jaar												

4.2 Rekenmodel onderdelen

Legenda

De verschillende gegevens en resultaten zijn in de lay-out van het rekenmodel als volgt vorm gegeven:

- De benodigde input, op het eerste tabblad te vinden, moet door de gebruiker van het rekenmodel ingevuld worden. De benodigde input heeft een rode omkadering.
- De groene omkadering geven de uitkomst van een potentiële output per onderdeel weer.
- De variabele gegevens zijn bij elk onderdeel te vinden. De variabele gegevens hebben een oranje omkadering en kan door de gebruiker aangepast worden om te voldoen aan eigen invulling.
- De duurzame en/of besparende maatregelen hebben een blauwe omkadering en kunnen door de gebruiker aangevinkt worden. Achter de blauwe omkadering is te zien wat de gevolgen van de maatregel is.
- De vakjes die niet omkadert zijn, dienen niet ingevuld/veranderd te worden.

Invoer rekenmodel gebruiker

De gebruiker van het rekenmodel moet de input in het eerste tabblad invullen. Deze gegevens zijn nodig om te berekenen wat de grootte en de stromenbalans zijn van de casus.

Scenario

Om het rekenmodel flexibeler te maken voor de gebruikers die zelf geen invulling voor ogen hebben, zijn er drie rekenmodellen met verschillende scenario's gecreëerd. Scenario: minimum, gemiddeld en maximum. Deze scenario's hebben een verschillende basis invulling.

De variabele gegevens in het scenario minimum zijn minder positief ingevuld dan bij het scenario gemiddeld en maximum. Dat kan zich bijvoorbeeld vertalen in PV-panelen die minder effectief

zijn in het minimum scenario en effectiever zijn in het maximum scenario.

In dit afstudeerrapport wordt alleen het gemiddeld scenario toegelicht. De verschillen tussen de scenario's is in bijlage 2 verder toegelicht.

Locatie

De gebruiker van het rekenmodel kan bij het eerste tabblad invullen hoe groot de locatie is en hoeveel % van de locatie vol mag liggen met het Blue Revolution casus (BR). Het rekenmodel rekent dan uit of de casus binnen dit gestelde oppervlak past. Dit is voor de gebruiker van het rekenmodel optioneel om in te vullen.

Aantal woningen/bewoners in de casus

Uiteraard moet de gebruiker van het rekenmodel invoeren hoeveel bewoners en woningen in de casus bevinden. Met deze gegevens als beginwaarde, kan er berekend worden hoe groot de casus zal zijn.

Aantal aangesloten woningen/bewoners buiten de casus

De gebruiker kan invullen hoeveel woningen van buiten de casus gekoppeld worden aan de casus. Dit is verder toegelicht in hoofdstuk 2 'Theoretisch Kader'. Het zorgt voor extra input van afvalwater/nutriënten.

Resultaat

Het resultaat toont een samenvatting van de balans van stromingen, productie en benodigde ruimte van de casus. Het geeft de gebruiker van het rekenmodel na invoering een snel overzicht wat de uitkomst is van het rekenmodel.

Het balans vakje wordt per stroming rood of groen. Groen geeft een positief balans weer en rood een negatief balans.

Woningen - Bewoners

Input				Zoveel nodig voor productie				Potentiele output			
Onderdeel	Hoeveelheid	Eenheid	Tijd	Onderdeel	Hoeveelheid	Eenheid	Tijd	Onderdeel	Hoeveelheid	Eenheid	Tijd
Aantal woningen in de casus	0	Woningen		warmte	0	m3 gas	per jaar	Elektriciteit PV-Panelen	0	KwH	per jaar
Aantal m2 voor zonnepanelen /woning	90	m2		Ruimte	0	m2					
Aantal inwoners in de casus	0	Personen		Consumptie Vis	0	Kg	per jaar	N nutriënten	0	Gr	per dag
Aantal inwoners buiten de casus	0	Personen		Consumptie Groenten	0	Kg	per jaar	P nutriënten	0	Gr	per dag
				Drinkwater woningen	0	Liter	per dag	Afvalwater van de casus	0	Liter	per dag
								Afvalwater buiten de casus	0	Liter	per dag
								Grijswater van de casus	72	Liter/p.p.	per dag
				Elektriciteit woningen	0	KwH	per jaar	Zwartwater van de casus	24	Liter/p.p.	per dag
								GFT afval	0,0	kg	per dag
Besparende/duurzame maatregelen											
						Ja = 1 en Nee = 0		Gevolg maatregel / hoeveelheid		Eenheid	Tijd
				Vacuum toilet casus		1		20%		water	per dag
				WTW douche / grijswater		1		300		m3 gas	per jaar
				Hergebruik regenwater voor 'drinkwater'		0		50%		water	per dag
				Extra isolatie en voorkomen koude bruggen		0		15%		m3 gas	per jaar
				Kleine besparende maatregelen in huis		0		10%		KwH	verbruik
				Elektriciteit opwekken in de casus		1		zie variabele gegevens			
Variabele Gegevens						Variabele Gegevens					
Vloeroppervlak per woning BG	100	m2		Gas per woning	1216,00	m3	per jaar	Soort: PV-Panelen			
Oppervlak per kavel	150	m2		Gas per woning na maatregelen	916,0	m3	per jaar	Zuid georiënteerd			
Aantal m2 platdak per woning	90	m2		Gas naar GJ (1m3 gas levert)	0,0351	GJ		Efficiency PV-panelen	16	%	
				Consumptie vis	3,54	Kg/p.p.	per jaar	Procent dakoppervlak voor paneel	80	%	
Zwartwater in de casus	30	Liter/p.p.	per dag	Consumptie groenten	45,6	Kg/p.p.	per jaar	Aantal W/m2 max op locatie	110	W/m2	
Grijswater in de casus	90	Liter/p.p.	per dag	Elektriciteit	3,14	KwH/p.p.	per dag	Aantal W/m2 PV-paneel	17,6	W/m2	
Afvalwater buiten de casus	120	Liter/p.p.	per dag	Elektriciteit na besparing	3,14	KwH/p.p.	per dag				
Drinkwater casus	96	Liter/p.p.	per dag								
Efficiency afvalwater binnen de casus	100	procent						Aantal N door toilet	5,75	Gr. p.p.	per dag
Efficiency afvalwater buiten de casus	84	procent		GFT afval	100	kg/p.p.	per jaar	Aantal P door toilet	1	Gr. p.p.	per dag
Drinkwater na besparing	96	Liter	per dag					N (stikstof) in GFT afval	8,5	Kg/ton	
Zwartwater	24	Liter	per dag					P (fosfaat) in GFT afval	1,6	Kg/ton	
Grijswater	72	Liter	per dag								

Input

Bij het tabblad woningen-bewoners wordt er berekend wat de woningen & bewoners op het gebied van warmte, ruimte, elektriciteit, drinkwater en vis- en groenteconsumptie nodig hebben en wat de woningen & bewoners produceren.

Zoveel nodig voor productie

Warmte (gas)

Elke woning heeft een gasverbruik dat voorzien moet worden. Dit benodigde hoeveelheid gas kan door de gebruiker van het rekenmodel worden ingevuld. Door middel van besparende maatregelen (zie tabblad woningen-bewoners) kan de warmtevraag verlaagd worden.

Ruimte

De gebruiker kan per woning invullen hoeveel vloeroppervlak en kaveloppervlak het heeft. Hiermee berekent het rekenmodel hoeveel ruimte er nodig is voor de woningen in de casus.

Consumptie vis en groenten

De gebruiker van het rekenmodel kan aangeven hoeveel vissen- en groenteconsumptie er per persoon gemiddeld nodig is.

Drinkwater woningen

Hier wordt het gemiddelde drinkwater per woning berekend. Als besparende maatregel kan er gekozen worden om gebruik te maken van een vacuüm toilet.

Elektriciteit woningen

De gebruiker van het rekenmodel kan hier het gemiddeld elektriciteitsgebruik van de gemiddelde woning aangeven.

Output

Elektriciteit PV-panelen

Door de gebruiker van het rekenmodel kan er gekozen worden om elektriciteit in de casus zelf op te laten wekken. Zo wordt er

een deel van de benodigde elektriciteit in de casus intern in de casus opgevangen. De gebruiker van het rekenmodel kan aangeven hoeveel procent dakoppervlak er beschikbaar wordt gesteld voor PV-panelen en hoe efficiënt deze PV-panelen zijn.

Afvalwater

Het rekenmodel rekent uit hoeveel zwart- en grijs afvalwater er in totaal in de casus geproduceerd wordt. Er is tevens berekend hoeveel N (stikstof) & P (fosfaat) nutriënten de bewoners leveren.

Keuzes van gebruikte systemen voor gebruikers van het rekenmodel zonder concrete invulling casus:

Onderdeel Keuze

Warmte	Warmte uit gas: Gemiddeld gasverbruik voor vrijstaande woning in Nederland
Ruimte	150m ² kaveloppervlak per woning
Consumptie	Gemiddelde consumptie huishouden
Drinkwater	Gemiddeld drinkwater verbruik huishouden
Elektriciteit	Gemiddeld elektriciteit verbruik huishouden
Elektriciteit opwekking	Elektriciteit wordt opgewekt door middel van PV-Panelen op de daken van de woningen in de casus.
GFT-Afval	Gemiddeld GFT afval per huishouden

Afvalwaterzuivering

Input				Zoveel nodig voor productie				Potentiële output			
Onderdeel	Hoeveelheid	Eenheid	Tijd	Onderdeel	Hoeveelheid	Eenheid	Tijd	Onderdeel	Hoeveelheid	Eenheid	Tijd
N nutriënten	0,00	Gr	per dag	Ruimte zwartwater zuivering	0	m2					
P nutriënten	0,00	Gr	per dag	Elektriciteit zwartwater zuivering	0	KwH	per jaar				
Afvalwater van de casus	0	Liter	per dag	Ruimte grijswater zuivering	0	m2		Effluent totaal de woningen	0	Liter	per dag
Afvalwater buiten de casus	0	Liter	per dag	Elektriciteit grijswater zuivering	0	KwH	per jaar	N nutriënten over	0,0	Gr	per dag
								P nutriënten over	0,0	Gr	per dag
Besparende/duurzame maatregelen											
Variabele gegevens											
				Ruimte grijswater zuivering	3,2	m2	p.p.				
				Elektriciteit grijswater zuivering	1,25	KwH/ m2	per jaar				
				Ruimte zwartwater zuivering	0,3	m2	p.p.				
				Elektriciteit zwartwater zuivering	1260	KwH / woning	per jaar				
				Stikstof (N) verlies waterzuivering	3,5	%					
				Fosfaat (P) verlies waterzuivering	25	%					

Input

Het grijs- en zwartwater van de woningen is de input voor de afvalwaterzuivering. De afvalwaterzuivering zorgt ervoor dat dit water genoeg gezuiverd wordt om tot loosbaar water of kweekwater voor de algen te vormen. De nutriënten die in het zwarte afvalwater zitten, dienen in het systeem behouden te worden.

Zoveel nodig voor productie

Ruimte waterzuivering, grijs- en zwartafvalwater

De ruimte die nodig is om het zwart- en grijsafvalwater te zuiveren wordt berekend.

Elektriciteit grijs- en zwartafvalwater

De hoeveelheid elektriciteit die benodigd is om het afvalwater te zuiveren.

Potentiële output

Nutriënten over voor algen kweek

Dit zijn de nutriënten die er na de waterzuivering overblijven. Er wordt een verschil gemaakt tussen stikstof (N) en fosfaat (P) nutriënten.

Keuzes van gebruikte systemen voor gebruikers van het rekenmodel zonder concrete invulling casus:

Onderdeel	Keuze
Water zuivering	Waterzuivering door middel van Desah project in Sneek bijlage 1 blz.:26 Grijswater = Natuurlijk (Helofyten filters) Zwartwater= Mechanisch

Algenkweek systeem	De algen worden gekweekt in een verticale fotobioreactor
Algensoort	Chlorella Vulgaris

Groenten-Vissen

Input				Zoveel nodig voor productie				Potentiele output			
Onderdeel	Hoeveelheid	Eenheid	Tijd	Onderdeel	Hoeveelheid	Eenheid		Onderdeel	Hoeveelheid	Eenheid	Tijd
Algen per dag voor voer	0,00	Kg DS	per dag	Totaal benodigd oppervlakte vistanken	9,42	m2		Vissen	0	Gr	per dag
Extra toevoeging visvoer	0,00	Kg Voer	per dag	Aantal kweektanks	12	stuks		Groenten	0	Gr	per dag
Totaal aantal visvoer efficiënt	0,00	Kg	per dag	Oppervlakte per tank	0,79	m2					
				Aantal vissen in het systeem	0	Vissen					
Gewenste oogst om de	2		weken	Benodigd water vissen	0	Liter		Vis per oogst	0,00	Kg	
				Benodigd oppervlakte groentenweek	0,0	m2					
Gebruikte groentesoort:	Sla			Aantal groeibedden	0	stuks					
Gebruikte vissoort:	Tilapia			Lengte per groeibed	0,00	m					
				Aantal groenten in het systeem	0	stuks					
				Benodigd water groente	0	Liter					
Besparend/duurzame maatregelen											
					Ja = 1	Nee = 0		Gevolg maatregel	Hoeveelheid	Eenheid	Tijd
				Biologische vissenkweek	0			25	vissen	m3	
Berekeningen				Variabele gegevens				Berekeningen			
				Benodigd visvoer	1,36	kg/vis per levencyclus		Groeibed diepte	20	cm	
				Feed Conversion Ratio (FCR)	1,7			Groeibed breedte	1,22	meter	
				Levencyclus vis (tilapia)	24	weken		Maximale groeibed lengte	4	meter	
				Gewicht vis volgroeid	800	gr					
				Overlevingspercentage	98,3%			Benodigde opp. Groentesoort	0,0625	m2	
								Kweektijd groentesoort	4	weken	
				Dichtheid vissen kweektank	77	vissen per m3		Oogst gewicht groentesoort	236	gram	
				Kweektank hoogte	1	meter					
				Minimale diameter tank	1	meter		Verhouding visvoedsel-groente	80	gram/1 m2	
				Maximale diameter tank	4	meter					
				Tank gevuld met water	60%	opgevuld		Overige benodigdheden aquaponics			
								Diameter Clarifier	1,8	meter	
				Aantal N in het visvoer nodig	60	gr per kg		Diameter Filter	1,8	meter	
				Aantal P in het visvoer nodig	12	gr per kg		Diameter Sump	1,8	meter	
				Aantal N in de algen	0	gr per kg					
				Aantal P in de algen	0	gr per kg		Efficiëntie vissen-groenten systeem	72,5%		

De gebruiker van het rekenmodel moet een keuze maken in de vissoort(en) en groentesoort(en) die gebruikt worden in de casus. Elke vis- en groentesoort heeft een ander kweekklimaat, ruimte en voedsel verhouding nodig.

Input

Algen voor voer

De droge massa van de algen wordt gebruikt als visvoer voor het aquaponics systeem. In het algen tabblad is er een nutriënten verhouding berekend wat er in de algen zitten die geproduceerd worden.

Extra visvoer

Naast algenvisvoer is er ook een input van overig visvoer nodig om de nutriënten verhouding goed te houden. Met de keuze van de vis kan er door de gebruiker van het rekenmodel ingevoerd worden wat de benodigde nutriënten verhouding (P/N) moet zijn voor de vissen. Het rekenmodel rekent dan uit hoeveel extra visvoer er nodig is om aan deze eis te voldoen.

Gewenste oogst om de

In het rekenmodel kan ingevuld worden hoe vaak de vissen geoogst dienen te worden. Met dit gegeven wordt er het minimale aantal vissen kweektanks bepaald.

Zoveel nodig voor productie

Aantal vissen in het systeem

De keuze voor toe te passen vissoort is van belang om te bepalen hoeveel vissen er in het systeem gekweekt kunnen worden met de beschikbare visvoerinput.

Totale benodigde oppervlakte/ruimte vissenkweek

Het rekenmodel rekent uit hoeveel vissen kweektanks er nodig zijn om de vissen binnen de juiste dichtheid te laten groeien. Daarnaast berekent het de totale oppervlakte en benodigde liters

water voor de vissen. De gebruiker kan aangeven hoe groot de vissen kweektanks maximaal of minimaal mogen zijn.

Aantal groente

Met de visvoerinput/groenteoppervlakte verhouding (Tidwell, 2012) wordt er bepaald hoeveel oppervlakte er nodig is voor de groentekweek

Benodigde oppervlakte/ruimte groentekweek

De totale benodigde oppervlakte voor de groentenkweek. Ook wordt er, net als bij de vissen kweektanks, de hoeveelheid en grootte van de groeibedden bepaald.

Potentiële output

Vissen

Het rekenmodel toont het aantal gram vis dat per dag gekweekt kan worden. Ook toont het aantal kilogram vis dat per aangegeven oogst gekweekt kan worden.

Groenten

Het aantal gram groente dat per dag geteeld kan worden.

Keuzes van gebruikte systemen voor gebruikers van het rekenmodel zonder concrete invulling casus:

Onderdeel	Keuze
Vissoort	Tilapia
Groentesoort	Sla
Kweekmethode	UVI-Aquaponics systeem
Vissenkweek methode	Gesloten vissenkweek
Groentekweek methode	Deep water culture (groeibedden)
Oogsttijd	Om de 2 weken

Kas

Input				Zoveel nodig voor productie				Potentiële output			
Onderdeel	Hoeveelheid	Eenheid	Tijd	Onderdeel	Hoeveelheid	Eenheid	Tijd	Onderdeel	Hoeveelheid	Eenheid	Tijd
Aantal m2 aan kas oppervlak	0	m2		Zonlicht opvang.	0	W/m2	per jaar	Warmte	0	GJ	per jaar
- hoeveel minimaal nodig	0	m2		Co2 gebruik	0	Ton	per jaar	Elektriciteit	0	Kwh	per jaar
				Warmte	0	GJ	per jaar				
				Elektriciteit	0	Kwh	per jaar				
Besparende/duurzame maatregelen											
						Ja = 1	Nee = 0	Gevolg maatregel	Hoeveelheid	Eenheid	Tijd
				Diffuus licht		1		5%	Extra	kweek	
				Energie ontwikkelen in de kas		0		15	Kwh	m2	jaar
				Warmte kas gebruik voor de woningen?		0		0,36	GJ	m2	jaar
Variabele gegevens											
				Co2 nodig (1000 p.p.m.)	61,32	Kg/m2	per jaar	Extra ruimte voor bezoekers/werknemers	100	m2	
				Koeling ontwikkeling kas	850	MJ/m2	per jaar	Extra ruimte voor algenkweek	100%	%	
				Warmteverbruik kas	1021	MJ/m2	per jaar	Extra ruimte voor vissenkweek	25%	%	
				Benodigde elektriciteit	155	Kwh/m2	per jaar	Extra ruimte voor groentenkweek	50%	%	
								Extra ruimte waterzuivering	50%	%	

Input

Ruimte

De input voor de kas is de hoeveelheid benodigde ruimte voor de kweeksystemen. De gebruiker van het rekenmodel kan aangeven wat het minimale oppervlakte moet zijn van de kas.

Zoveel nodig voor productie

Zonlicht opvang

Hoeveel potentiële zonlicht opvang heeft de kas.

CO₂ gebruik

Voor een beter kweekklimaat van de groente is er verhoogd CO₂ in de kas aanwezig.

Warmte

Energie die nodig is om de kas op te warmen en te koelen.

Elektriciteit

Extra elektriciteit die benodigd is in de kas.

Potentiële output

Warmte & elektriciteit

In de zomer kan er door de kas veel warmte geproduceerd worden. Er kan eventueel elektriciteit worden opgewekt in de kas. Dit gaat door middel van het daglichtkas concept.

Keuzes van gebruikte systemen voor gebruikers van het rekenmodel zonder concrete invulling casus:

Onderdeel Keuze

Kassoort	Gegevens gemiddelde kas in Nederland
----------	--------------------------------------

Overzicht keuzes basisinvulling

Onderdeel	Keuze
Warmte	Warmte uit gas: Gemiddeld gasverbruik voor vrijstaande woning in Nederland
Ruimte	150m2 kaveloppervlak per woning
Consumptie	Gemiddelde consumptie huishouden
Drinkwater	Gemiddeld drinkwater verbruik huishouden
Elektriciteit	Gemiddeld elektriciteit verbruik huishouden
Elektriciteit opwekking	Elektriciteit wordt opgewekt door middel van PV-Panelen
GFT-Afval	Gemiddeld GFT afval per huishouden
Water zuivering	Waterzuivering door middel van Desah project in Sneek bijlage 1 blz.:26
	Grijswater = Natuurlijk (Helofyten)
	Zwartwater= Mechanisch
Algenkweek systeem	De algen worden gekweekt in een horizontale fotobioreactor
Algensoort	Chlorella Vulgaris
Vissoort	Tilapia
Groentesoort	Sla
Kweekmethode	UVI-Aquaponics systeem
Vissenkweek methode	Gesloten vissenkweek
Groentekweek methode	Deep water culture (groeibedden)
Oogsttijd	Om de 2 weken
Kassoort	Gegevens gemiddelde kas in Nederland

De keuzes zijn gemaakt op basis van het literatuuronderzoek. De verantwoording van de keuzes zijn te vinden in bijlage 2.

4.3 Conclusie Rekenmodel

Kritische massa Blue Revolution stadsuitbreiding

Na het ontwikkelen van het rekenmodel is er onderzocht of er met behulp van het rekenmodel een kritische massa gevonden kan worden voor een Blue Revolution stadsuitbreiding, een minimale schaalgrootte van een Blue Revolution uitwerking als het ware.

De kritische massa van een Blue Revolution uitwerking is afhankelijk van de eisen die worden gesteld. In dit afstudeeronderzoek zal er hierdoor een advies worden gegeven voor minimale schaalgrootte van een Blue Revolution uitwerking. Vaak heeft de kritische massa te maken met financiën. Omdat dit aspect niet in het rekenmodel is geïntegreerd, zal de kritische massa op een ander aspect gebaseerd moeten worden.

Het rekenmodel geeft als resultaat een balans weer op de volgende onderdelen: ruimte, elektriciteit, afvalwater, drinkwater, CO₂, warmte, vissen- en groentenproductie. Deze onderdelen zijn allemaal lineair. Het ene onderdeel heeft echter een beginwaarde bij het toepassen van 1 woning en vermeerderd met een bepaald percentage bij het toepassen van meer woningen. Andere onderdelen geven een verdubbeling aan bij het verdubbelen van de hoeveelheid woningen. Dit heeft te maken met de minimale benodigdheden die een systeem of onderdeel vereist.

Om te bepalen welk onderdeel van belang is bij het bepalen van de kritische massa, is het rekenmodel verschillende keren ingevuld met de basis invulling. Er is geanalyseerd wat de verschillen zijn per onderdeel als er verschillende hoeveelheid woningen wordt ingevuld.

Advies is om de kritische massa te baseren op het elektriciteitsgebruik in de Blue Revolution stadsuitbreiding. Voor de overige onderdelen is het niet mogelijk om een nulpunt te

creëren. Als beginwaarde heeft de elektriciteitsproductie een negatieve uitkomst, de Blue Revolution stadsuitbreiding heeft elektriciteit nodig in plaats van dat het dit produceert. Dit zal een grote last worden bij het toepassen van een Blue Revolution stadsuitbreiding met enkele woningen.

Bij het toevoegen van meer woningen wordt dit verschil steeds kleiner en op een gegeven moment positief. De Blue Revolution stadsuitbreiding heeft dan een overproductie van elektriciteit. Dit komt door de toepassing van PV-panelen op het dak van een woning. Een extra woning geeft extra ruimte op het dak voor elektriciteitsproductie.

Om het elektriciteitsprobleem te ontwijken, wordt er als advies gegeven om de kritische massa van een Blue Revolution stadsuitbreiding te baseren op het punt dat de stadsuitbreiding elektriciteit produceert. De toegevoegde waarde van een Blue Revolution stadsuitbreiding zal meer worden, als het minder afhankelijk is van de input afkomstig van het land. Een positief elektriciteitsbalans is hierbij een bijpassend streven.

Met de basis invulling is er een positief elektriciteitsbalans vanaf 14 woningen. Des te meer woningen er worden toegepast in de Blue Revolution stadsuitbreiding, des te meer elektriciteit er door de stadsuitbreiding wordt opgewekt.

Rol van het rekenmodel

Het bepalen van de potentie van een casus is afhankelijk van de eisen die de opdrachtgever aan de casus stelt. Het bepalen of het in iemands ogen genoeg potentie heeft of niet, zal niet alleen met het rekenmodel bepaald kunnen worden. Het rekenmodel is een hulpmiddel voor de opdrachtgever om te zien wat de knelpunten en sterke punten zijn van een casus.



Casus 5

In dit hoofdstuk is het rekenmodel getest op een zelf gecreëerde casus. De resultaten van het rekenmodel zijn vervolgens vergeleken met de verwachtingen die door DeltaSync zijn gesteld aan een Blue Revolution stadsuitbreiding. Verder kan men zien hoe er met de resultaten van het rekenmodel een globaal ontwerp gemaakt kan worden. De casus is uitgewerkt tot een ontwerp zodat men beeld krijgt van hoe het Blue Revolution concept er op kleine schaal uit kan gaan zien. Het afstudeeronderzoek is de eerste uitwerking van de casus en kan met vervolgstudies uitgroeien tot een plan dat daadwerkelijk gerealiseerd kan worden.

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is het rekenmodel toegepast op een casus in de Rijnhaven in Rotterdam en wordt er antwoord gegeven op de volgende deelvragen;

4. *Wat wordt er bedoeld met een kleinschalige uitwerking van Blue Revolution?*
5. *Is Rotterdam een geschikte locatie voor een Blue Revolution casus?*
6. *Op welke manier kunnen de resultaten van het rekenmodel vertaald worden tot een visuele uitwerking van de casus?*

In dit hoofdstuk zijn er randvoorwaarden gesteld waar de casus aan moet voldoen. Met deze randvoorwaarden, is het rekenmodel ingevuld. De resultaten die uit het rekenmodel komen zijn geanalyseerd.

Met de resultaten van het rekenmodel en de gestelde visie van het leefklimaat van de casus, kunnen er ontwerpgerichte keuzes gemaakt worden voor de casus. Deze ontwerp gerichte keuzes zullen vertaald worden naar een visuele uitwerking. Zie schema 4 voor het stappenplan dat toegepast wordt in dit hoofdstuk.



Schema 4 Stappen casus Bron: eigen afbeelding

5.2 Randvoorwaarden casus

De randvoorwaarden die aan de casus worden gesteld komen voort uit de randvoorwaarden die eerder in dit afstudeeronderzoek zijn gesteld. Dit zijn de randvoorwaarden die in samenwerking met DeltaSync aan een Blue Revolution stadsuitbreiding worden gesteld (hoofdstuk 3.1). Daarnaast wordt er gebruik gemaakt van de basis invulling van het rekenmodel. Deze basis invulling is behandeld in hoofdstuk 4.

De uitwerking van deze casus geeft een beeld hoe het rekenmodel gebruikt kan worden en hoe er met de resultaten tot een ontwerp kan komen. Er wordt hier niet nagestreefd naar de meest rendabele invulling van de casus, maar een invulling die aansluit op de gestelde randvoorwaarden.

Schaal Blue Revolution casus / aantal woningen

In de onderzoeksvraag staat de term "Kleinschalige uitwerking van Blue Revolution". Omdat het rekenmodel niet op financiën is gericht is het niet mogelijk om een ondergrens te bepalen voor een Blue Revolution casus. Door kennistekort is het tevens niet mogelijk om een rendabele schaal te voorspellen voor de casus. Er is gekozen om de casus te laten bestaan uit 10 woningen.

In dit onderzoek zal er onderzocht worden wat de potentie is van de casus met een schaalgrootte van 10 woningen. In vervolgstudies zal er onderzocht kunnen worden bij hoeveel woningen het plan pas reëel is. Dit kan gedaan worden met behulp van het rekenmodel.

Bewoners

Voor de bewoners wordt er gekozen voor de gemiddelde bewonerssamenstelling van Nederland. Dit is 2,2 bewoners per woning (CBS, 2013)

Uit de doelgroepanalyse van het afstudeeronderzoek van Pieter Meinster & Ivo van Persie staat niet vermeld wat de minimale

vloeroppervlakte eis van de doelgroep is. Omdat de doelgroep voor anno 2013 financieel een relatief 'hoger inkomen' heeft (gemiddeld besteedbare inkomen rond de €3.500/maand) is er een voor de woningen een oppervlakte gekozen van 100 m², bestaande uit twee verdiepingen. Met daarbij vijftig vierkante meter oppervlakte om de woning heen.

Locatie

De casus zal worden geplaatst in Rotterdam. Er zijn verschillende redenen om de casus in Rotterdam te plaatsen. Rotterdam heeft een aantal problemen waar de casus op in kan spelen: In bijlage 1 blz 36 is de locatie keuze verder toegelicht.

Rotterdam is gekozen als locatie, omdat de casus in kan spelen op een aantal tekorten en overschotten van de stad. Rotterdam heeft een groot CO₂ overschot (Rotmans, 2014), de casus kan hier gebruik van maken om zo de benodigde CO₂ input van de casus te voorzien. Er is onderzocht in welke mate de casus dit probleem kan oplossen.

Andere overschotten van Rotterdam, waar gebruik van gemaakt kan worden, zijn:

- *Afvalwater:* Er is een overschot aan afvalwater bij de rioolwaterzuiveringsinstallatie in Rotterdam.
- *Ruimte:* In de komende jaren komt er veel ruimte vrij in de Stadshavens van Rotterdam.
- *Warmte:* Vanuit de havens in Rotterdam is er veel restwarmte over.

- Relatie land & water

De stadsuitbreiding zal naast eigen productie ook een aantal afvalstromen voor rekening kunnen nemen van de deltastad. Met de rekenmodelresultaten van de casus is er onderzocht of dit mogelijk is op de gekozen locatie voor de casus.

Door Deltasync is er een verhouding van 1 op 4 voor berekend. (1 waterwoning kan zorgen voor zuivering vuilwater van 4 landwoningen). In de casus is deze verhouding tevens aangehouden. Deze verhouding zorgt er voor dat er 10 drijvende woningen en 40 land woningen aangesloten zijn. Door de verhouding aan te houden kunnen de rekenmodelresultaten van de casus vergeleken worden met de onderzoeken van DeltaSync.

Invoer model:

Onderwerp	Invoer
Aantal woning in de casus	10
Aantal bewoners van de casus	22
Aantal woningen buiten de casus	40
Aantal aangesloten bewoners buiten de casus	88
Locatie	Rotterdamse Stadshaven

5.3 Verwachting casus

De verwachtingen van deze casus komen voort uit onderzoek en de visie van DeltaSync op het Blue Revolution project. Meer informatie is te vinden in bijlage 1 bladzijde 36.

De verwachting van DeltaSync voor Blue Revolution:

- 1 bewoner van Blue Revolution heeft 500 m² ter beschikking.
- Een persoon levert aan Blue Revolution 3,4 Kg aan nutriënten per jaar.
- Per persoon wordt er voor 0,23 Kg aan algen per dag gekweekt.
- Van deze algen wordt per persoon voor 0,46 Kg aan groenten en 0,069 Kg aan vissen gekweekt.

5.4 Casus resultaten rekenmodel

De randvoorwaarden zijn gebruikt om het rekenmodel in te vullen. Hieronder zijn de resultaten te zien.

De uitkomsten van het rekenmodel voor de casus zijn een benadering van de realiteit:

Ruimte

De casus bestaat volgens het rekenmodel uit circa 3.019 m². Als er nog extra ruimte wordt toegevoegd voor parken of tussen de woningen zelf kan dit nog oplopen.

Van die 3.019 m² is er 1500 m² nodig voor de woningen in de casus, 1051 m² voor de kas en 385 m² voor de afvalwaterzuivering nodig.

Elektriciteit

Er is ruim 320 duizend KWh per jaar nodig om de casus draaiende te houden. De casus verzorgt hiervan ca. 111 duizend KWh waardoor er nog 209 duizend KWh per jaar van het elektriciteitsnet moet afkomen. Van de totale elektriciteit vraag van de casus hebben de algenkweek systeem met 69 duizend KWh/jaar, de afvalwaterzuivering met 63 duizend KWh/jaar en de kas met 163 duizend KWh/jaar een groot gedeelte hiervan.

Afvalwater

Met de casus kan er volgens het rekenmodel 12.672 liter afvalwater per dag behandeld worden. Hiervan komt 10.560 liter van buiten de casus en 2.112 van binnen de casus.

Drinkwater

De casus heeft 2.112 liter drinkwater per dag nodig. Dit moet van buiten de casus geïmporteerd worden. procent Een aantal procent van dit drinkwater kan vervolgens naar de kweeksystemen.

CO₂

Er wordt ongeveer 68 ton CO₂ per jaar verbruikt om de kweeksystemen te stimuleren. Ter vergelijking dat is de gemiddelde uitstoot van 2 personen in Rotterdam.

Warmte

Om de kas en de woningen te verwarmen is er energie nodig om dat te doen. Dit bedraagt 2.287 GJ per jaar. Hiervan wordt 1.966 GJ door de kas gebruikt.

Vissen

De casus kan met het afvalwater dat er binnen komt 852 Kg Tilapia vis per jaar kweken. Dit zal voldoende zijn voor alle mensen die afvalwater leveren.

Groenten

De casus kan met het afvalwater ongeveer 5.016 Kg groente per jaar kweken. Dit staat voor 78% van de totale consumptie van de casus.

Na het invullen van het rekenmodel kunnen er voorzichtig conclusies worden getrokken over de potentie van de wijk. Hieronder de belangrijkste bevindingen en conclusies:

- Productiviteit heeft geen invloed op de omvang van de kas. Het aantal fosfaat (P) en stikstof (N) opname van de algen zorgen daar voornamelijk voor.
- CO₂ gebruik blijft gelijk. Van de reststromen van de deltatad kan er maar een heel klein deel opgelost worden door de casus. Wel bespaart men CO₂ door zelf groenten en vissen te verbouwen, eigen energie op te wekken en zelf het water te zuiveren.
- Het elektriciteitsverbruik van de kas en de algenkweek is erg hoog. Namelijk 163 duizend en 69 duizend KWh per jaar.
- Alleen energie opwekken met zonnepanelen op het dak van de woningen is te weinig voor de wijk. Er kunnen nog extra zonnepanelen (drijvend) bij geplaatst worden of andere energiebronnen te gebruiken zoals wind en water.

- De verhouding tussen de producten en het aantal mensen ligt aan de visconsumptie. Bij hoge visconsumptie (4 keer in de week 200 gram vis) en hoge groenteconsumptie (7 keer in de week 200 gram) is de verhouding vissen/groenten bij gemiddelde efficiëntie 1 op 4,5.

De tabel hieronder geeft de uitkomst van de stromen voor het scenario 'gemiddeld'. Wat de invulling van het rekenmodel is te lezen in bijlage 2 rekenmodel.

Resultaat					
Stroming	Input	Casus	Output	Balans	Eenheid
Ruimte	4.200	3.019	-	3.019	m2
Elektriciteit	320.473	111.007	-	-209.466	KwH/Jaar
Afvalwater	10.560	2.112	-	12.672	Liter/Dag
Drinkwater	2.112	-	-	-2.112	Liter/Dag
CO2	68	-	-	-68	Ton/Jaar
Warmte (Gas)	2.287	-	-	2.287	GJ/Jaar
Vissen	389	-	1.241	852	Kg/Jaar
Groenten	5.016	-	3.618	-1.398	Kg/Jaar

5.5 Ontwerpgerichte invulling casus

Met de kennis over de benodigde oppervlaktes moeten er ontwerpgerichte keuzes gemaakt worden om tot een uitwerking van de casus te komen. De keuzes zijn in dit hoofdstuk te zien.

5.5.1 Visie leefklimaat

Er is een visie vastgesteld, waarin wordt aangegeven wat de sociale eisen en uitgangspunten zijn van de casus, op het gebied van leefklimaat. De ontwerpgerichte keuzes die gemaakt zijn, sluiten het best aan op de sociale eisen/visie die door de ontwerper van de casus gesteld wordt.

De visie van deze casus is als volgt:

Voorbeeldfunctie

De casus zal bij realisatie één van de eerste drijvende community in Nederland zijn. De casus heeft daardoor een voorbeeldfunctie, wat te zien moet zijn in het ontwerp. Een voorwaarde is, dat de casus een aantrekkelijk leefklimaat voor de bewoners zal hebben.

Opschalinggericht

De casus kan worden gezien als het project Blue Revolution in het klein. Een doel van de casus is dat het op een gegeven moment opgeschaald kan worden naar een stadsuitbreiding. Bij het ontwerpen van de casus, zal hier rekening mee gehouden worden.

Flexibel ontwerp

De casus moet nu gebouwd kunnen worden. De casus moet flexibel ontworpen worden, waardoor het op meerdere locaties toe te passen is. Bij succes van het project moet het opgeschaald/uitgebreid kunnen worden.

Doelgroep casus

De doelgroep die gebruikt is gedurende dit afstudeeronderzoek, is bepaald met behulp van het afstudeeronderzoek van Pieter

Meinster & Ivo van Persie: "Maasheaven Doelgroep analyse". Meer informatie is te vinden in bijlage 1 blz: 12.

De doelgroep waarop gericht zijn bewoners, met een relatief 'hoger inkomen'. Bewoners die bereid zijn om extra te betalen voor duurzame groente en vissen. De bewoners moeten uiteraard op het water willen wonen. De bewoners kunnen worden samengevat als actieve particulieren die op zoek zijn naar een stukje rustiek in de stad.

Rol bewoners

Uitgangspunt is dat de bewoners wel de lusten en geen lasten van de kas hebben. Bewoners zijn pionieren van de drijvende casus. De bewoners zullen helpen in de kas en mede verantwoordelijk zijn. De kas zal ook toegankelijk zijn voor mensen van buiten de drijvende wijk.

Leefklimaat bewoners

Een goed leefklimaat vereist recreatiegroen in de wijk. Het recreatiegroen zal niet geïntegreerd worden in de kas. In de kas zal er een kweekklimaat zijn. Dit kweekklimaat zorgt voor de benodigde temperatuur, luchtvochtigheid en CO₂ hoeveelheid in de kas. Dit kweekklimaat is daardoor niet prettig als recreatieruimte.

Financiën

In de afbakening van dit onderzoek is er aangegeven dat financiën wel wordt meegenomen, maar niet goed wordt onderzocht gedurende dit onderzoek. Ook bij de casus zal hier rekening mee gehouden worden.

5.5.2. Combinatie kas & woning

De kas kan op een aantal manieren gecombineerd worden met de woningen. Uit analyse van kaswoning project 'de Zonneterp' blijken er vier mogelijkheden te zijn. Meer over het project de Zonneterp is te vinden in bijlage 1 bladzijde 39.

In dit onderzoek is ervan uit gegaan dat alle aquacultuur kweeksystemen in dezelfde kas worden geplaatst. Zo zijn de kweeksystemen makkelijker te reguleren. De keuzes worden geanalyseerd op de volgende punten: omsluiting, uitbreidingsmogelijkheid, overlast, efficiëntie kweek en bewoners integratie.

Mogelijkheid 1: Woning en kas zijn niet met elkaar verbonden

Voordelen	Nadelen
+ Gemakkelijk uit te breiden	- Meer warmte verlies
+ Kan op meerdere platformen gemaakt worden	- Bijkomende kosten door leidingen
+ Bewoners ervaren minder overlast van de kas: CO ₂ , licht	

Mogelijkheid 2: Woning en kas zijn met elkaar verbonden

Voordelen	Nadelen
+ Gemakkelijk overdracht van warmte	- Niet op meerdere platformen te plaatsen
+ Bewoners worden gemakkelijk betrokken bij de kas	- Overlast van CO ₂ , licht
+ Mogelijkheid tot uitbreiden	

Mogelijkheid 3: De kas wordt omringd door woningen.

Voordelen	Nadelen
+ Makkelijke warmte overdracht	- Moeilijk uit te breiden
+ Gemakkelijk als patio te gebruiken	- Woningen kunnen het zonlicht blokkeren

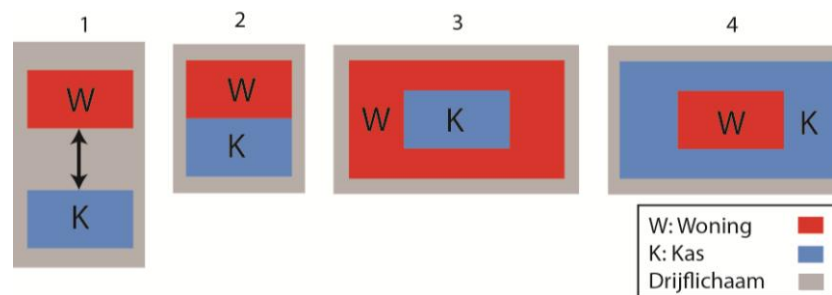
Mogelijkheid 4: De woningen wordt door de kas omringd.

Voordelen	Nadelen
+ Kas dient als schil voor de woning	- Kan in de zomer te warm worden
+ Makkelijke warmte overdracht	- Geen zonlicht toetreding

Van de vier mogelijkheden gaat de voorkeur uit naar de optie waarbij de woning en kas niet met elkaar verbonden zijn (mogelijkheid 1).

Grote voordelen van deze optie zijn:

- Kas kan zo geplaatst worden zodat het niet zorgt voor overlast van de bewoners.
- Het geeft de casus de mogelijkheid om uit te breiden. Er kunnen extra platformen met kas of woningen bij worden geplaatst of drijflichamen kan groter gemaakt worden.



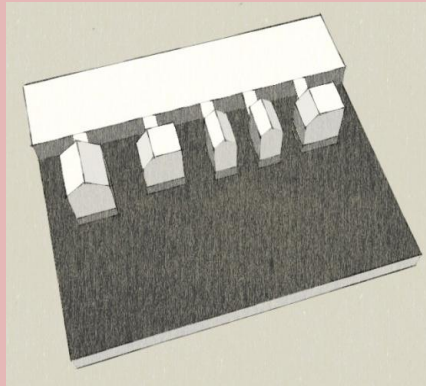
Afbeelding 16 Mogelijkheden combinatie kas & woning Bron: eigen afbeelding

5.5.3 Vorm casus

Om de vorm van een drijvende stadsuitbreiding te bepalen, zal er eerst voor een model gekozen moeten worden. Hieronder zijn de mogelijk toe te passen modellen toegelicht en beoordeeld op ruimte verbruik, overlast, opschaling en ruimte voor recreatie. In bijlage 1 is dit verder toegelicht.

Kademodel

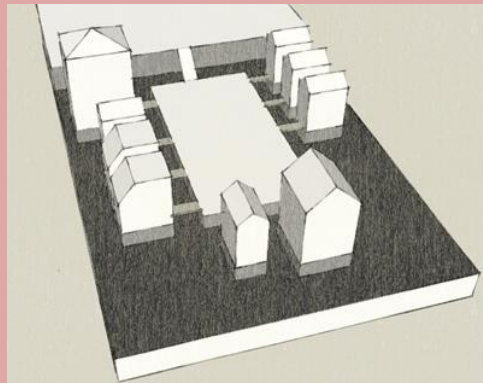
Drijvend bouwwerk dat direct met de wal verbonden is door een (loop)brug. Het kademodel is vooral gericht op een kleine hoeveelheid drijvende woningen. Dit is geen geschikte optie op het gebied van opschaling en valt hierdoor bijvoorbeeld al af.



Afbeelding 17 Kademodel Bron: eigen afbeelding

Pleinmodel

Drijvende bouwwerken gesitueerd om een al dan niet drijvend plein.



Afbeelding 18 Pleinmodel Bron: eigen afbeelding

Voordelen:

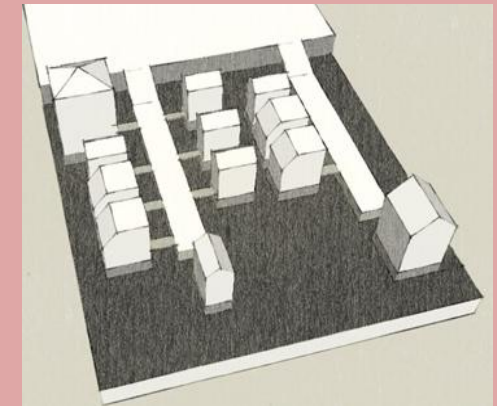
- + flexibel voor opschaling;
- + model gericht op sociale cohesie.

Nadelen:

- plein geschikt voor recreatie, kas vanwege overlast op ander drijflichaam.

Steigermodel

Drijvende bouwwerken onderling en aan de wal verbonden door een steigerstructuur en loopbruggen



Afbeelding 19 Steigermodel Bron: eigen afbeelding

Voordelen:

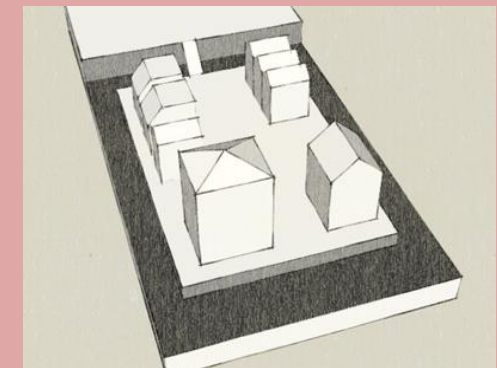
- + effectief met ruimte en hoeveelheid drijflichaam.

Nadelen:

- statische indeling;
- recreatie heeft hier minder grote rol.

Eilandmodel

Groot drijvend platform dat deels is bebouwd.



Afbeelding 20 Eilandmodel Bron: eigen afbeelding

Voordelen:

- + flexibel voor opschaling;
- + weinig bruggen in het ontwerp;
- + model gericht op sociale cohesie.

Nadelen:

- eiland geschikt voor recreatie, kas vanwege overlast op ander drijflichaam.

Vervorming drijflichaam bij modellen

Van de verschillende modellen is er naast onderzoek naar ruimte verbruik en leefklimaat ook onderzocht wat de vervormingen van de drijflichamen zijn. Bij het ontwerpen van een drijvende wijk is het van belang dat er zoveel mogelijk bij de bovenbouw ingespeeld wordt op stabiliteit en gelijke belastingen. Dit voorkomt vervormingen die in het drijflichaam moeten worden opgevangen.

Dit onderzoek is in samenwerking gedaan met een mede stagiair van DeltaSync Shio Whey. Het constructie programma, STAAD Pro is gebruikt om de drijvende platformen te analyseren op vervorming. Meer informatie over de invoer voor de berekeningen is te vinden in de bijlage 1: blz. 55

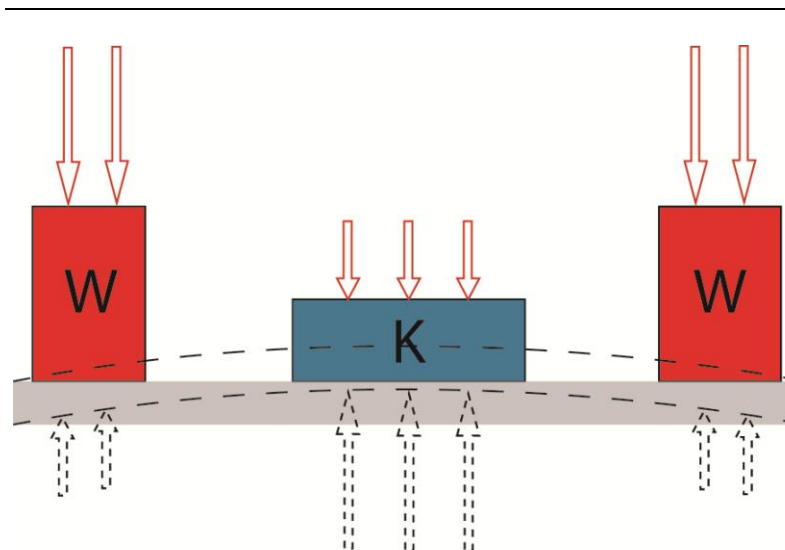
Met de uitkomst uit het rekenmodel is er een conceptindeling gemaakt voor kweeksystemen in de kas. De indeling diende om een beeld te krijgen wat de oppervlaktes zijn per onderdeel om vervolgens belastingen aan te linken.

Door de kleine waterbakken (1 meter hoog) is de belasting van de aquacultuur een stuk lager dan de woningen. Voor de huizen is een houtskeletbouw constructie woning, bestaande uit twee verdiepingen, ingevoerd. De woningen hebben een oppervlakte van 100 m².

De belastingen zijn in verschillende indelingen geplaatst. Alle indelingen met de belasting berekeningen zijn te vinden in de bijlage 1: blz. 54. Als er gekeken wordt naar de resultaten, is te zien dat het aquaponics gedeelte relatief veel minder belasting veroorzaakt in vergelijking met de woningen. De woningen zijn qua belasting gezien, de kritieke factor.

Een ander punt dat geconcludeerd kan worden, is dat symmetrie van belang is bij het ontwerp. Een drijflichaam moet in balans zijn, zodat er geen vervormingen en scheefstand ontstaat. Op

afbeelding 21 is de vervorming die optreed te zien. De vervorming is overdreven weergegeven, om het principe duidelijk te maken.



Afbeelding 21 Optredende vervorming drijflichaam

Bron: eigen afbeelding

Door de verschillen in gewicht is het qua materiaal gebruik een handigere optie om de kas met aquacultuur op een ander drijvend platform te plaatsen, dan de woningen. Hierdoor kan er voor de aquacultuur een drijflichaam gekozen worden dat minder belasting hoeft te dragen en dat daardoor uit minder materiaal bestaat.

Conclusie combinatie kas & woning

Met de conclusie van het hoofdstuk 5.3.2 'Combinatie kas & woning', en vanwege effectief materiaal gebruik, is ervoor gekozen om de kas met de kweeksystemen en de woningen op een ander drijflichaam te plaatsen.

Het steigermodel is niet gekozen voor deze kleine casus. De hoofdredenen zijn, statische indeling bij opschaling en kleine rol van gemeenschappelijke recreatieruimte.

Als het plein- of eilandmodel toegepast wordt, moet er de vervormingverschillen bij de woningen en recreatieruimte worden opgelost. Dit kan gedaan worden door een ballast toe te passen op het drijflichaam.

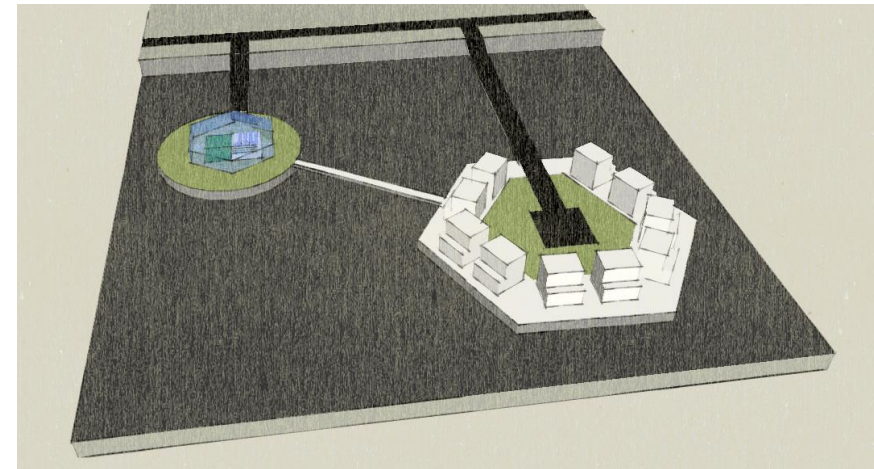
Er is gekozen om dit op te lossen door een asfalt laag in het midden te plaatsen voor parkeerplaatsen. Dit zorgt, naast dat het een oplossing geeft aan het vervormingsprobleem, voor toegankelijkheid van de casus.

Een eis die in het NTA 8111 wordt gesteld, is dat een (brandweer)toegang van een drijvend bouwwerk tot op 40 meter afstand benaderbaar voor een blusvoertuig moet zijn. Door het drijflichaam toegankelijkheid te maken voor blusvoertuigen, kan de wijk mogelijk uitgebreid worden.

Het middenstuk van het eilandmodel kan naast de ballast van het asfalt ook worden opgevuld met recreatie/groenvoorzieningen, wat ten goede komt voor het leefklimaat van de bewoners. Dit plan kan beter uitgevoerd worden bij een eilandmodel dan een pleinmodel. Dit komt omdat bij pleinmodel verbuigingen zijn aan de zijkant, die bij het eilandmodel worden opgelost door de extra belastingen van de woningen. Naast de vervormingredenen worden er tevens minder bruggen gebruikt bij het eilandmodel, wat financieel erg gunstig is.

Conclusie keuze vorm casus

In de casus is er gekozen voor een eilandmodel met twee verschillende platformen voor aquacultuur en de woningen. Het ontwerp is flexibel voor opschaling en houdt recreatie met wonen en aquacultuur gescheiden, zie afbeelding 22.

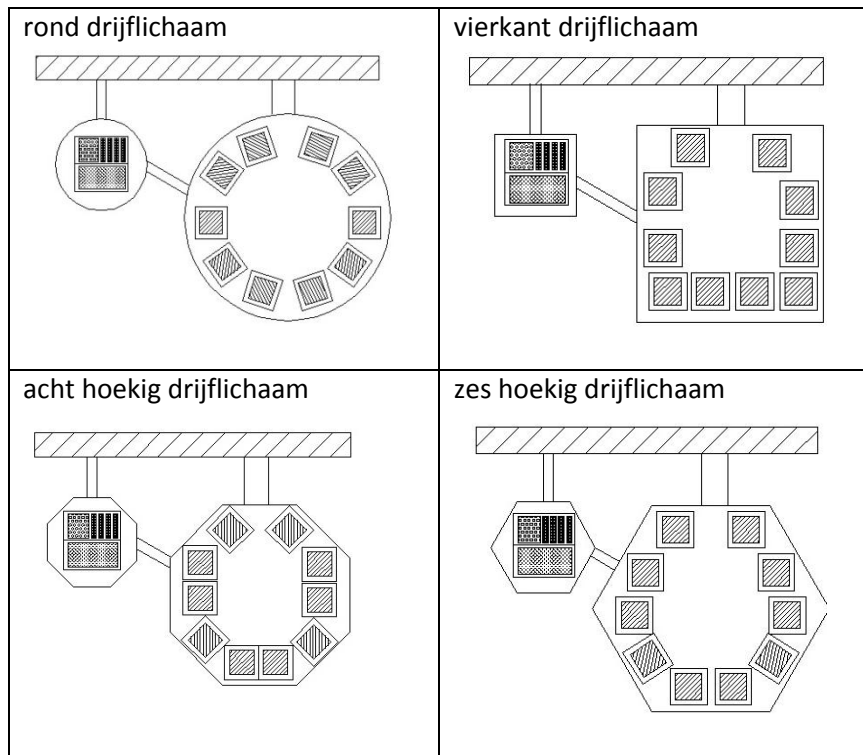


Afbeelding 22 Gekozen model casus, uitgewerkt in Google Sketchup
Bron: eigen afbeelding

Een nadeel van dit ontwerp, is dat de afstand tussen de woningen en de kas niet te groot mag zijn. Dit is nadelig als er gebruik gemaakt wil worden van restwarmte van de kas. Als dit een lange afstand moet afleggen, moet er gebruik gemaakt worden van een groot buizennetwerk.

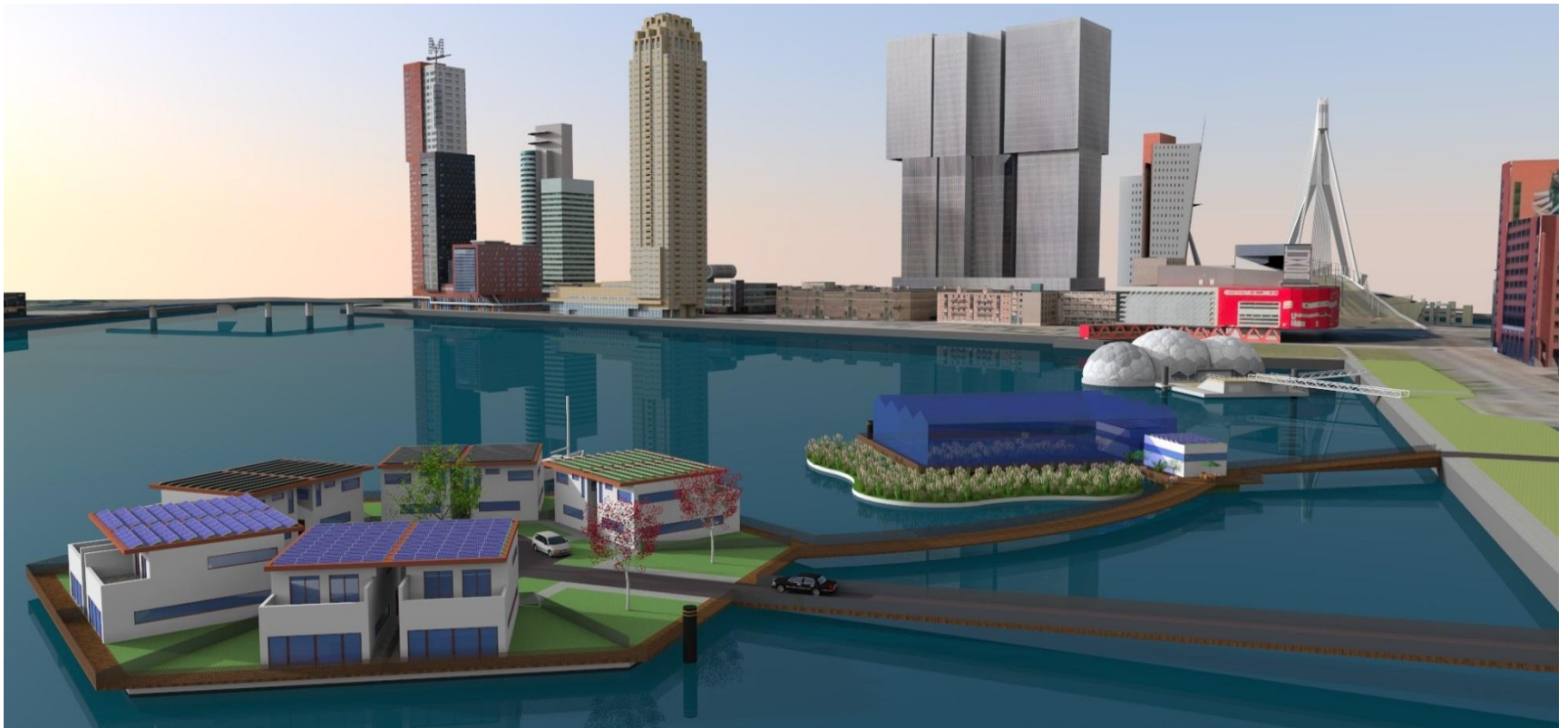
5.6 Visuele uitwerking

Om tot een visuele uitwerking te komen, is er een keuze gemaakt voor de vorm van de drijflichamen. Omdat er wordt uitgegaan van een flexibel drijflichaam, zijn er veel vormen mogelijk. De vormen zijn in deze casus beoordeeld op mogelijkheid om uit te breiden en flexibiliteit in inrichting. Voor de casus zijn er de volgende vormen mogelijk:



Afbeelding 23 Mogelijke vormen drijflichamen Bron: eigen afbeeldingen

Voor de visuele uitwerking is er gekozen om de zes hoekige vorm toe te passen. Dit is het meest effectief in ruimte verbruik en zorgt voor veel uitzicht voor de bewoners. Verder is er door de vorm gemakkelijk om op te schalen.



5.7 Vergelijking DeltaSync met resultaten casus

Tijdens het uitwerken van de casus is er gekeken naar de visie van DeltaSync. Er is onderzocht of de verwachting van DeltaSync van een Blue Revolution casus in lijn ligt met het resultaat van de casus. In deze deelparagraaf wordt de visie van DeltaSync vergeleken met het resultaat van de casus:

Hergebruiken van Reststromen

Het ideaalbeeld van DeltaSync is om een Blue Revolution stadsuitbreiding zoveel mogelijk te laten bestaan uit reststromen van een deltatad.

- **CO₂:** De casus kan inspelen om het overschot aan CO₂ te gebruiken voor het kweken van algen en groente. Van het CO₂ overschot van Rotterdam kan er maar een heel klein deel opgelost worden door de casus. Er wordt ongeveer 68 ton CO₂ per jaar verbruikt om de kweeksystemen te stimuleren. Ter vergelijking dat is de gemiddelde uitstoot van 2 personen in Rotterdam.
- **Warmte:** Vanuit de havens in Rotterdam komt er veel restwarmte. Op afbeelding 24 is de warmteleiding met restwarmte vanuit de havens van Rotterdam te zien. De casus kan aan deze warmteleiding aangesloten worden. Het gebruik maken van restwarmte van havens is erg afhankelijk van de locatie en kan bij veel casus uitwerkingen geen gebruik van gemaakt worden.



Afbeelding 24 Warmteleiding restwarmte Rotterdam
nieuwe warmteweg

Bron: de

- **Energie:** Energie opwekken zal nog het grootste probleem veroorzaken bij het creëren van een Blue Revolution casus. Er is circa 320 duizend KWh per jaar nodig om de casus draaiende te houden. Door op de daken van woningen in de casus PV-panelen te plaatsen, verzorgt de casus hiervan 111 duizend KWh per jaar. Zelfs dan is er nog 209 duizend KWh per jaar nodig wat van het elektriciteitsnet moet afkomen. Dit is een fors tekort voor een casus van 10 woningen.
- **Afvalwater:** Door afvalwater te zuiveren van de woningen in eigen casus en dat van woningen buiten de casus zijn er meer nutriënten beschikbaar in de casus. Dit houdt in dat de casus meer kan produceren op het gebied van groente en vissen. Een ander voordeel is dat rioolwaterzuiveringsinstallatie in Rotterdam, dat al aan haar capaciteiten zit, niet verder wordt belast. De afvalwaterzuivering kan bij opschaling goed gebruikt worden als drijvende waterzuivering voor de Rotterdamse stadshavens.

Ruimteverbruik

Een van de punten die gedurende dit afstudeeronderzoek onderzocht is, is hoe het aquacultuur en de woningen het beste gecombineerd konden worden. De resultaten van het rekenmodel laten zien dat ruim 1500 m² nodig is voor de woningen, 1051 m² nodig is voor de kas en 385 m² voor de afvalwaterzuivering. Een groot deel van de afvalwaterzuivering bestaat uit helofytenfilters, wat als een groene buffer kan functioneren. Als dit vergeleken wordt met de normale bebouwingsdichtheid is er erg veel ruimte nodig per bewoner.

Deltasync gaat uit van 500 m² benodigde ruimte per bewoner. Het resultaat van de casus van dit afstudeeronderzoek laat zien dat

een bewoner circa 350 m² nodig heeft. Het ruimteverbruik in de casus is voordeliger dan volgens de voorspelling van DeltaSync.

Aquacultuur & woning combinatie

Hoe aquacultuur en woningen gecombineerd worden ligt vooral aan de eisen van de opdrachtgever. In de casus van het afstudeeronderzoek zijn de twee onderdelen, naast de nutriënten overdracht, los van elkaar toegepast. Er is gekozen om het leefklimaat en het kweekklimaat op te splitsen. Zo kan er ook bespaard worden op materiaal van drijflichaam (zie deelparagraaf 5.4.3).

De link tussen aquacultuur en de woningen is de nutriënten overdracht. De opdrachtgever zal zelf een keuze moeten maken in de fysieke combinatie van aquacultuur en de woningen, met behulp van de visie van de casus.

Productie Blue Revolution stadsuitbreiding

Verwacht wordt dat een Blue Revolution stadsuitbreiding vissen en groenten produceert voor de bewoners van stadsuitbreiding en bewoners van een deltastad.

- *Vissen:* De casus kan met het afvalwater 1.241 Kg Tilapia per jaar kweken. Omgerekend is dit per bewoner 0,031 Kg per dag. Vergeleken met de 0,069 Kg per persoon van Deltasync is dit een groot verschil. Dit zal ruim voldoende zijn voor alle mensen die afvalwater leveren, waardoor de casus een marginale voedingsbron voor de stad vormt.
- *Groenten:* De casus kan met het afvalwater ongeveer 3.618 Kg produceren in een jaar. Dit is 0,09 Kg per persoon per dag. Dit is een groot verschil met de berekening van DeltaSync, die 0,46 Kg per persoon per dag bedraagt. De groenteproductie in de casus staat voor 78 % van de totale consumptie van de bewoners van de casus. De casus kan de groenteconsumptie van de eigen bewoners niet geheel zelf produceren.

5.8 Conclusie casus

De benodigde input kan niet volledig worden gehaald uit reststromen van de deltastad in combinatie met elektriciteit zelf opwekken in de casus. De Blue Revolution casus zal nog een input in de vorm van de stromen: energie, groente, warmte en CO₂ van het land nodig hebben om te functioneren.

De resultaten van een Blue Revolution casus wijken in dit afstudeeronderzoek af van de verwachtingen van DeltaSync. De casus lost, tegen verwachting in, weinig op van het CO₂ overschot in deltasteden en heeft een hoog energieverbruik. Vergeleken met de berekeningen van DeltaSync worden er minder algen, vissen en groenten geproduceerd.

De casus stelt daar wel tegenover dat er binnen de drijvende stadsuitbreiding de vissenconsumptie van de bewoners van de casus kan worden voorzien, het afvalwater van woningen op het land in de casus gezuiverd kan worden en dat de casus extra woonoppervlakte creëert.

De locatie van een Blue Revolution casus is erg van belang. De potentie van de casus kan erg groeien als het aangesloten kan worden met restwarmte en CO₂ leidingen.

Advies na invulling casus

Advies is om meer woningen in de casus toe te voegen. Door meer woningen in de casus toe te passen met PV-panelen op het dak, kan het elektriciteitstekort van de casus minder worden. Zo is de casus minder afhankelijk van benodigde input van het land. De verhouding 1 casus woning op 4 aangesloten landwoningen die zorgen voor extra nutriënteninput zal dan veranderen.

Als de verhouding wordt behouden bij het opschalen van het aantal casus woningen, zal er ook weer meer elektriciteit nodig zijn om de extra nutriënten te zuiveren. Dit zal ervoor zorgen dat de elektriciteitsbalans van de casus nog negatiever zal worden.

Conclusie 6

In dit hoofdstuk wordt er antwoord gegeven op de deelvragen en onderzoeksvraag. Ook is er een aanbeveling gegeven voor het vervolg van het onderzoek.

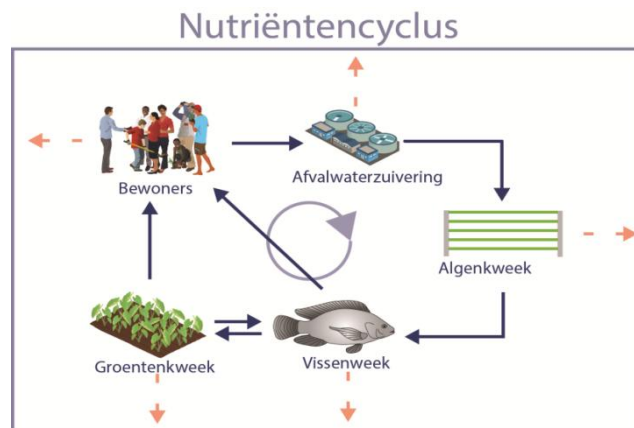
6.1 Beantwoording deelvragen

De deelvragen die gedurende het afstudeeronderzoek zijn behandeld zijn:

1. *Uit welke componenten bestaat Blue Revolution?*
2. *Welke reststromen van een deltastad kunnen gebruikt worden in een Blue Revolution stadsuitbreiding?*
3. *Wat is de rol van het rekenmodel in een uitwerking van Blue Revolution?*
4. *Wat wordt er bedoeld met een kleinschalige uitwerking van Blue Revolution?*
5. *Is Rotterdam een geschikte locatie voor een Blue Revolution casus?*
6. *Op welke manier kunnen de resultaten van het rekenmodel vertaald worden tot een visuele uitwerking van de casus?*

1. Uit welke componenten bestaat Blue Revolution?

Blue Revolution bestaat uit een aantal componenten, de samenstelling van deze onderdelen zorgen ervoor dat de doelstelling wordt gehaald om een drijvende stadsuitbreiding te maken dat zelf water zuivert en vissen en groente produceert. De verbinding tussen de componenten is de nutriëntenstroom. Hier onder is een schema van de cyclus te zien.



- Bewoners

De bewoners leveren afvalstoffen waar nutriënten in zitten, die kunnen gebruikt worden in een Blue Revolution stadsuitbreiding. De bewoners krijgen daar groenten en vissen, voor consumptie, voor terug. De bewoners hebben ook ander voedsel nodig, dit wordt niet door Blue Revolution geproduceerd. Naast de vissen en groenten

- Afvalwaterzuivering

De afvalwaterzuivering is een belangrijke stap in de cyclus. De nutriënten worden uit het afvalwater gehaald en het afvalwater wordt gezuiverd tot loosbaar water.

Het afvalwater van de bewoners wordt decentraal in de stadsuitbreiding gezuiverd. Het is mogelijk om van het land nog extra afvalwater te zuiveren in de drijvende stadsuitbreiding. Zo hoeft het land minder water te zuiveren en kan de drijvende stadsuitbreiding gebruik maken van meer nutriënten.

- Kweeksystemen

De kweeksystemen bestaan uit algen-, vissen en groentekweek en kan gezien worden als het onderdeel in Blue Revolution dat voedsel produceert. Alle kweek elementen vereisen een bepaald klimaat om optimaal te werken.

- Input stadsuitbreiding

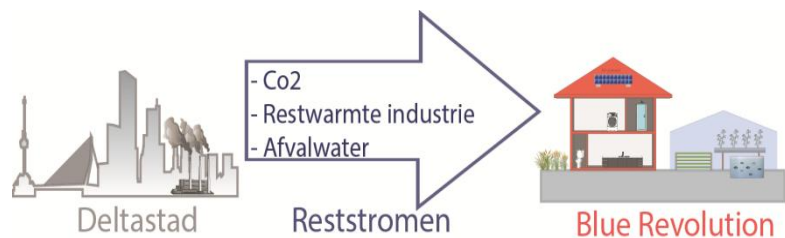
De stadsuitbreiding heeft door de woningen en aquacultuur een bepaalde input nodig. De kweeksystemen profiteren van een CO₂ toevoer en hebben net als de woningen warmte en energie nodig. Deze stromen kunnen (deels) zelf in de stadsuitbreiding geproduceerd worden als uit de deltastad gehaald worden.

2. Welke reststromen van een deltastad kunnen gebruikt worden in een Blue Revolution stadsuitbreiding?

In een ideale situatie hebben de stadsuitbreiding en de deltastad een perfecte synergie. De drijvende stadsuitbreiding maakt gebruik van de lasten van een deltastad en geeft daar weer productie in de vorm van vissen en groente voor terug.

De reststromen van de deltastad zijn voor de deltastad een last en voor de stadsuitbreiding een toegevoegde waarde. In de praktijk ligt het echter aan de locatie hoeveel reststromen gebruikt worden.

De reststromen, die op dit moment gebruikt kunnen worden door Blue Revolution stadsuitbreiding zijn hieronder in een schema te zien.



Afbeelding 25 Reststromen die gebruikt kunnen worden in een Blue Revolution stadsuitbreiding Bron: eigen afbeelding

3. Wat is de rol van het rekenmodel in een uitwerking van Blue Revolution?

Het bepalen van de potentie van een casus is afhankelijk van de eisen die de opdrachtgever aan de casus stelt. Het bepalen of het in iemands ogen genoeg potentie heeft of niet, zal niet alleen met het rekenmodel bepaald kunnen worden. Het rekenmodel is een hulpmiddel voor de opdrachtgever om te zien wat de knelpunten en sterke punten zijn van een casus.

Het rekenmodel is gemaakt om een overzicht te geven van de grootte en diverse stromen in een willekeurige uitwerking/casus van het Blue Revolution concept. Het is mogelijk om nog enkele aanpassingen in het model te maken, zodat het op meerdere plekken en scenario's toegepast kan worden.

Uit het rekenmodel kunnen de volgende gegevens gehaald worden:

- Overzicht benodigde gebruiksoppervlakte van gehele casus en van verschillende onderdelen;
- Wat de input en output is van de wijk op het gebied van energie, warmte, vis- en groentevoedsel, drinkwater en CO₂;
- Benodigde hoeveelheid vissen, groente en algen in het systeem;
- Wat de stromen zijn binnen de casus.

4. Wat wordt er bedoeld met een kleinschalige uitwerking van Blue Revolution?

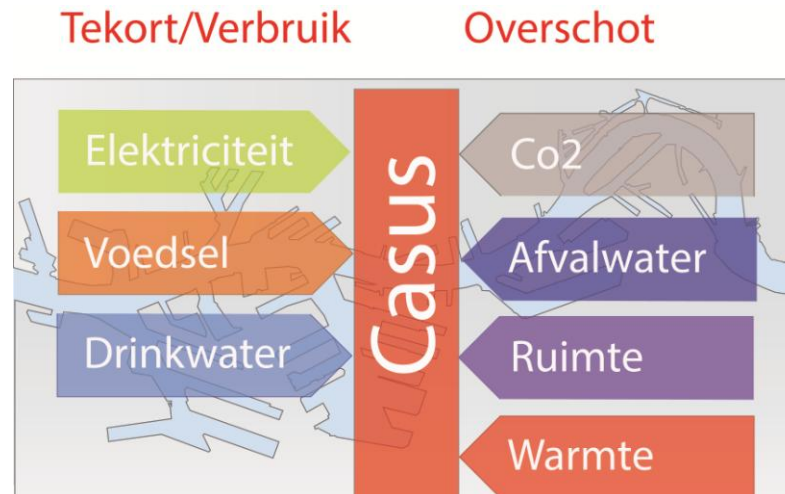
In de onderzoeksvraag staat de term "Kleinschalige uitwerking van Blue Revolution". Dit doelt op de schaal waarop de casus van dit afstudeeronderzoek wordt uitgewerkt. Door het ontbreken van kennis is het niet mogelijk om een ondergrens of een rendabele schaalgrootte te bepalen.

In plaats van de ondergrens te berekenen, is er voor gekozen om uit te gaan van een vast aantal woningen. Er is gekozen om de casus te laten bestaan uit 10 woningen. Tijdens dit afstudeeronderzoek is er gekeken hoeveel potentie een Blue Revolution casus van 10 woningen heeft.

5. Is Rotterdam een geschikte locatie voor een Blue Revolution casus?

Rotterdam is een zeer geschikte locatie voor een Blue Revolution casus. Er komt momenteel veel ruimte vrij voor 'floating communities' in de stadshavens. Ook is er aan de ene kant een overschot aan CO₂, afvalwater, ruimte en warmte in de stad. En

aan de andere kant een oplopend verbruik van elektriciteit, voedsel en drinkwater. Op afbeelding 26 wordt het tekort/verbruik van de casus en overschot van Rotterdam aangegeven.



Afbeelding 26 Overzicht tekorten & overschotten Rotterdam m.b.t. casus
Bron: eigen afbeelding

Nadat de vorm is bepaald, kunnen er schetsontwerpen worden gemaakt en zal er naderhand een visuele uitwerking van de casus geproduceerd worden. De visuele uitwerking zal bij de visie van Deltasync en stadshavens passen.

6. Op welke manier kunnen de resultaten van het rekenmodel vertaald worden tot een visuele uitwerking van de casus?

Uit het rekenmodel komen de gegevens die nodig zijn bij het uitwerken van de casus. De resultaten van het rekenmodel geven de minimale afmetingen van de casus in totaal en van de verschillende systemen in de casus.

Met alle oppervlaktes die als resultaat uit het rekenmodel komen, wordt het vertaald naar een ontwerp. De vorm van de wijk zal bepaald moeten worden. Esthetische waarde kan erg bepalend zijn in het kiezen van een vorm/model om toe te passen. De keuze hoe de kas en woning worden gecombineerd telt ook mee.

6.2 Beantwoording onderzoeksvraag

Met de beantwoording van de deelvragen kan er antwoord worden gegeven op de hoofdvraag van dit onderzoek.

Onderzoeksvraag:

“HOE KAN ER DE POTENTIE BEPAALT WORDEN VAN EEN KLEINSCHALIGE UITWERKING VAN BLUE REVOLUTION, ALS DEZE WORDT TOEGEPAST IN EEN NEDERLANDSE SITUATIE?”

Om de potentie te bepalen van een kleinschalige uitwerking van Blue Revolution moeten een aantal stappen gemaakt worden. Allereerst is de potentie per opdrachtgever anders. De opdrachtgever bepaalt wat hij of zij belangrijk acht van de Blue Revolution uitwerking.

Vervolgens bepaalt de opdrachtgever de invulling van het Blue Revolution concept. Het gaat hierbij om de kweeksystemen, de producten, stromingeninput en de combinatie met de deltastad. In hoofdstuk 3 zijn deze geanalyseerd.

Als de invulling van de Blue Revolution casus is bepaald kan de opdrachtgever het rekenmodel invullen. Het rekenmodel geeft als resultaat een overzicht van de productie van de Blue Revolution uitwerking en wat er nodig is om deze productie te halen.

De opdrachtgever heeft dan een overzicht waar de Blue Revolution uitwerking uit bestaat, wat het oplevert en wat het nodig heeft om te functioneren. Met deze gegevens kan de opdrachtgever bepalen of de Blue Revolution uitwerking potentie heeft. Vervolgens kunnen er wijzigingen gemaakt worden in de invulling van het rekenmodel om het gewenste resultaat te boeken.

6.3 Aanbeveling

Rekenmodel:

Het resultaat van het rekenmodel geeft een goed inzicht in de productie en behoeften van een Blue Revolution uitwerking. Toch moet er ook kritisch gekeken worden naar het model. Er zijn een aantal punten die nog aangepast kunnen worden om zo een nog realistischer rekenmodel te creëren.

Ook toepasbaar voor andere plaatsen op de wereld.

De informatie dat geanalyseerd is gericht op een Nederlandse situatie. Om het concept toe te passen in een ander deel van de wereld zullen er verschillen zijn in het kader van het rekenmodel. Er zullen bijvoorbeeld verschillen zijn in de consumptie vis & groenten van de bewoners en zoninput.

Afspiegeling van bewoners blue Revolution.

Voor dit rekenmodel zijn er gegevens gebruikt van de consumptie en productie van een gemiddelde bewoner in Nederland. Er moet onderzocht worden of dit ook een afspiegeling is van een bewoner van Blue Revolution. Het is niet verwonderlijk dat bewoners van Blue Revolution een hogere visconsumptie hebben.

Lineaire verbanden

Het rekenmodel bestaat uit veel lineaire verbanden. Er zal onderzocht moeten worden of dit bij opschaling van een casus ook zo werkt.

Meer keuzes

Het rekenmodel bevat enkele besparende maatregelen die aangevinkt kunnen worden door de gebruiker van het rekenmodel. Het rekenmodel kan meer opties bevatten op het gebied van besparende maatregelen. Zo kan de gebruiker van het rekenmodel nog beter invullen naar eigen situatie.

Financiën

De financiën van een Blue Revolution casus zijn niet meegenomen in het rekenmodel. Door dit wel erin toe te voegen, zal het rekenmodel nog meer informatie kunnen bieden aan een opdrachtgever.

Visuele uitwerking

De visuele uitwerking, op pagina 60 en bijlage 3, hebben een paar verbeterpunten die in de praktijk aangepast dienen te worden. Namelijk:

- De plaatsing van de helofytenfilters.
- De 2- onder 1 kap woningen hebben aan een gevel geen daglicht toetreding.
- De oriëntatie van de zonnepanelen op het dak van de woningen.

6.3.2 Aanbeveling Casus

Om de casus te realiseren zal het eerst nog verder uitgewerkt moeten worden. Hierbij een aantal onderzoeken die nog gedaan moeten worden voor realisatie van de casus:

Schaalgrootte

Gedurende dit afstudeeronderzoek is er een 10 woning tellende casus uitgewerkt. Om het rekenmodel en het Blue Revolution concept goed te testen, wordt er geadviseerd om het op meerdere schaalgroottes te testen.

Stedenbouwkundig

Tijdens dit afstudeeronderzoek is er niet onderzocht hoe een Blue Revolution stadsuitbreiding stedenbouwkundig uitgewerkt zou moeten worden. Er zullen mogelijk nog extra voorzieningen nodig zijn om het leefklimaat op een niveau te houden, dat comfortabel is voor de bewoners van de stadsuitbreiding.

Bouwkundig

Om tot een volledig uitgewerkt ontwerp te komen van een Blue Revolution stadsuitbreiding, moet er verder onderzocht worden wat voor materialen en bouwmethoden er gebruikt zullen worden.

Richten op 14 woningen ipv. 10 woningen

In de conclusie van hoofdstuk 4 is er bepaald dat de kritische massa is, als er gekeken wordt naar een positief elektriciteitsbalans. Dit gaat om 14 woningen. Het kan van waarde zijn om een casus minimaal uit 14 woningen te laten bestaan.

Bestuurlijk

Als het Blue Revolution concept verder is, is het belangrijk om te onderzoeken wat voor strategie er gebruikt moet gaan worden voor de wijk. Er moet gekeken worden naar de kansen van het concept en hoe het beste past binnen de gestelde kaders van de gemeente.

Bewoners

Tijdens dit afstudeeronderzoek is doelgroepanalyse gebruikt van een ander afstudeeronderzoek. Deze doelgroepanalyse is gericht op een drijvende wijk zonder aquacultuur en dergelijke.

Er zal daarnaast nog een afzonderlijk doelgroepanalyse gedaan moeten worden naar mogelijke bewoners voor een Blue Revolution concept.

Kweek technisch

Een punt waarin veel vooruitgang is te boeken is het kweek gedeelte. Door innovaties, gericht onderzoek en samenwerking met professionals te doen kunnen de systemen efficiënter worden benut. Veel kweeksystemen worden steeds effectiever en rendabeler.

Locatie

Er is bij de casus gekozen voor de Rijnhaven als locatie. Blue Revolution is echter een oplossing voor een wereldwijd probleem en zal op meerdere locaties toegepast moeten worden. Er kan nog verder gekeken worden welke locaties, het beste, geschikt zijn.

7 Bronnenlijst:

Literatuurverwijzingen:

- Adam J. (2012). Aquaponic Farming and Plants Production. Geraadpleegd op <http://www.aquaponicssystems.net/aquaponics-systems-plants/aquaponic-farming-and-food-production>
- de la Faille L., Cirkel J., Cornelissen D., de Gelder A., 't Hart H., van Kampen W., Minnema P., Olieman F., Poppen J., Ruigrok J., Sinnema B., Snel P. (2011). Vooronderzoek Floating Roses. TNO
- DeltaSync (2012). Blue Revolution. Geraadpleegd op http://www.deltasync.nl/deltasync/index.php?id=33&L=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=193&tx_ttnews%5BbackPid%5D=29&cHash=2cc3b4a2b984c5a5e6e854660dfac3ba
- DRIFT (2011). Drijvende wijk. Geraadpleegd op <http://www.drift.eur.nl/?p=201>
- Gezamenlijke ambitieverklaring (2013). *Een duurzame warmtekoudevoorziening voor de Rotterdamse gebouwde omgeving in 2030*. Geraadpleegd op [http://www.ijsselmonde.nl/Clusters/Stadsontwikkeling/Dokument%202013/010Duurzaam/Warmtekoudevoorziening%202030-%20t-ambitieverklaring-met%20titeltje.pdf](http://www.ijsselmonde.nl/Clusters/Stadsontwikkeling/Document%202013/010Duurzaam/Warmtekoudevoorziening%202030-%20t-ambitieverklaring-met%20titeltje.pdf)
- Goldscheine E., Johnson R. (2011). THE WORLD IN 2100: Ten Billion People, No Oil And Not Enough Food. Geraadpleegd op <http://www.businessinsider.com/10-trends-we-can-expect-to-see-in-the-year-2100-2011-10>
- Graaf, R. de (2012). Oceaansteden als oplossing voor de 21e eeuw. DeltaSync.
- Meinster P., Persie I. van, (2012). Maasheaven Doelgroep analyse. Rotterdam: Auteur.
- Ministerie van LNV (2004). VISKWEEK IN NEDERLAND. Auteur
- Norsker, Barbosa, Vermuë, Wijffels (2010). Microalgal Production Bijlage: Design basis for photobioreactors. WUR
- Powerhouse (z.j.). Hoe werkt een WKK?. Auteur.
- Rietland (z.j.). WAT IS EEN RIETVELD OF HELOFYTFILTER?. Geraadpleegd op <http://www.rietland.com/informatie-rietveld-helofytenfilter/wat-is-een-rietveld-eigenschappen>
- Rotmans J. (2014). Het CO2-dilemma van Rotterdam. Geraadpleegd op <http://www.europoortkringen.nl/?p=2744>
- Schuilenburg B. (2012). Nutri-hof een concept voor geïntegreerde aquacultuur. InnovatieNetwerk, Regionale Samenwerkingsprogramma Noord-Veluwe.
- Stichting H2Organic en Imares (2009). Algencultuur op drainwater uit de glastuinbouw. Auteur.
- StoWa (2011). EFFLUENTPOLISHING MET ALGEN HOOFDRAPPORT. STOWA.
- Tidwell J. (2012). Aquaculture Production Systems. Wiley-Blackwell.
- Vulto V.C., Beltman W.H.J. (2007). Overzicht van zuiveringsmethoden voor reststromen met bestrijdingsmiddelen. Geraadpleegd op http://toppslife.org/toppslife/sites/default/files/Rapport%20zuiveringstechnieken%205233323-2_0.pdf
- WUR (2013). AlgaePARC maakt algenteelt rendabel. Geraadpleegd op <http://www.wageningenur.nl/nl/show/AlgaePARC-maakt-algenteelt-rendabel.htm>

Afbeeldingen:

1. Illustratie wisselwerking deltastad en drijvende stadsuitbreiding:
Bron: DeltaSync
2. Verwachtingspatroon scope/grootte Blue Revolution
Bron: eigen afbeelding
3. Overzicht onderverdeling Blue Revolution
Bron: eigen afbeelding
4. Nutriëntencyclus binnen focus afstudeeronderzoek
Bron: eigen afbeelding
5. Aquaponics systeem,
Bron: <http://www.urbanfarm.ie/aquaponics.html>
6. Verschil tussen grijs en zwart water
Bron: http://www.waterschoon.nl/images/huis_waterstromen.png
7. Raceway Ponds
Bron: <http://algae-energy.co.uk>
8. Flat panels
Bron: <http://www.biosolarcells.nl>
9. Horizontale fotobioreactor
Bron: eigen afbeelding
10. Verticale fotobioreactor
Bron: eigen afbeelding
11. Omega Systeem
Bron: <http://www.algaeindustrymagazine.com>
12. Gesloten recirculatiesysteem vissenkweek
Bron: <http://www.tolwatertechniek.nl/Aquacultuur>
13. Groentekweek
Bron: <http://www.archdaily.com>
14. UVI kweekstelsel
Bron: <http://www.uvi.edu/files/images/Other%20Photos/AES/Aquaculture/Aquaponics/AquaponicSystemDrawing.jpg>
15. Kader van het rekemodel
Bron: eigen afbeelding

16. Mogelijkheden combinatie kas & woning
Bron: eigen afbeelding
17. Kademodel
Bron: eigen afbeelding
18. Pleinmodel
Bron: eigen afbeelding
19. Steigermodel
Bron: eigen afbeelding
20. Eilandmodel
Bron: eigen afbeelding
21. Optredende vervorming drijflichaam
Bron: eigen afbeelding
22. Gekozen model casus, uitgewerkt in Google Sketchup
Bron: eigen afbeelding
23. Mogelijke vormen drijflichamen
Bron: eigen afbeeldingen
24. Warmteleiding restwarmte Rotterdam
Bron: de nieuwe warmteweg
25. Reststromen die gebruikt kunnen worden in een Blue Revolution stadsuitbreiding
Bron: eigen afbeelding
26. Overzicht tekorten & overschotten Rotterdam m.b.t. casus
Bron: eigen afbeelding

Schema's:

1. Schema met de doelstellingen van het afstudeeronderzoek
Bron: eigen afbeelding
2. Afvalwaterzuivering schema met algen.
Bron: eigen afbeelding
3. Volgorde en resultaat rekenmodel
Bron: eigen afbeelding
4. Stappen casus
Bron: eigen afbeelding