

A network diagram consisting of various sized circles connected by thin lines, set against a blue background. The circles are arranged in a non-uniform, interconnected pattern, with some larger circles and some smaller ones. The lines connect the circles, creating a web-like structure.

KWR 2022.049 | April 2022

Circulair Waterconcept Nieuwegein City West

Samenwerkingspartners



Nieuwegein



HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN



Rapport

Circulair Waterconcept Nieuwegein City West

KWR 2022.049 | April 2022

Opdrachtnummer

403249

Projectmanager

Joep van den Broeke

Opdrachtgever

TKI Topsector Water & Maritiem

Auteur(s)

Joep van den Broeke, Marcel Paalman, Henk Krajenbrink, Teun van Dooren, Maria Lousada Ferreira (KWR), Wilrik Kok, Mary McGregor, Hamid Mojab (Field Factors), Sybrand Metz (Desah), Laurens van Miltenburg, Claudia Agudela-Vera, Marco van Hedel (Gemeente Nieuwegein)

Kwaliteitsborger(s)

Emile Cornelissen, Sija Stofberg, Kees van Leeuwen

Verantwoording

Deze activiteit is gefinancierd door het ministerie van Economische Zaken en Klimaat met PPS-financiering uit de Toeslag voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) en uit bijdrages van de samenwerkingspartners.

Keywords

stedelijk waterconcept, hergebruik, groene daken, circulariteit, ondergrondse waterberging, ASR, decentrale zuivering

Jaar van publicatie
2022

Meer informatie
dr. Joep van den Broeke
T +31 30 60 69 658
E joep.van.den.broeke@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR

April 2022 ©

Alle rechten voorbehouden aan KWR. Niets uit deze uitgave mag - zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier.

Samenvatting

Water in de stad is onmisbaar. Burgers hebben water nodig voor consumptie en persoonlijke hygiëne. Maar ook draagt de aanwezigheid van water en groen bij aan het welbevinden van de mens in de stad. Voor stedelijk groen (plantsoen, groene daken) is ook water nodig, in het bijzonder in droge perioden. Door de dichte bebouwing en het hoge percentage verhard oppervlak zijn steden kwetsbaar voor de effecten van klimaatverandering: wateroverlast door piekbuien, hittestress en droogte spelen daarbij een rol. De gemeente Nieuwegein gaat de komende jaren de binnenstad (her)ontwikkelen en heeft daarbij de ambitie om de meest duurzame binnenstad van Nederland te worden. Er worden in de binnenstad (Nieuwegein City) ca. 1650 woningen gerealiseerd en daarbij is een belangrijke opgave het inpassen van 'water' en in het verlengde hiervan 'groen' op een manier die bijdraagt aan het realiseren van deze duurzaamheidsambitie. Vanwege de centrale rol van water is in het TKI-project Water Circulair Nieuwegein een samenwerking gestart tussen alle relevante waterketenpartners en inhoudelijk experts om vanaf het vroegste stadium in het proces van de gebiedsontwikkeling, concept en praktijk op elkaar af te stemmen. Betrokken zijn de partners: Gemeente Nieuwegein, Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden (HDSR), Vitens, Provincie Utrecht, Mitros, Bridges, Fresch Real Estate, KWR Water Research Institute, Field Factors, Rietland, Desah en Drain Products Europe. Gezamenlijk hebben zij een waterconcept bestaande uit drie oplossingen ontwikkeld, en daarvoor drie toepassingsscenario's voor het plangebied opgesteld, welke in dit rapport worden beschreven.

De doestellingen voor het waterconcept zijn drieledig: het voorkomen van wateroverlast tijdens piekbuien, het reduceren van hittestress en het verhogen van de belevingswaarde door het implementeren van een (blauw)groene omgeving, en het reduceren van het drinkwatergebruik in het gebied door het gebruik van hemelwater en hergebruik van afvalwater om in de waterbehoefte te voorzien.

De eerste oplossing (blauw) richt zich op het opvangen, vasthouden en gebruiken van hemelwater. Hierbij wordt ingezet op het gebruik van blauwgroene daken en hoge buffercapaciteit in het openbare gebied waarmee piekbuien opgevangen kunnen worden zonder dat er wateroverlast ontstaat, en waarmee tegelijkertijd water wordt vastgehouden voor opslag en hergebruik. Het opgevangen water wordt op natuurlijk wijze gezuiverd en in een ondergrondse waterberging opgeslagen. Vanuit de berging kan het water voor gebruik voor irrigatie van groen en toiletspoeling worden ingezet.

In de oplossing voor lichtgrijs water wordt het douche- en badwater uit de twee bouwblokken die als eerste worden ontwikkeld gescheiden en via een natuurlijke zuivering behandeld. Dit maakt het water geschikt voor opslag in de ondergrondse waterberging, en daarmee wordt de hoeveelheid water voor (her)gebruik meer dan verdubbeld.

In de oplossing voor grijs+zwart water wordt decentrale behandeling van al het afvalwater uit de later te ontwikkelen bouwblokken beschreven. In dit verregaande scenario wordt grijs afvalwater in een actief slib reactor en zwart water in een vergister behandeld, gevolgd door nazuivering middels nanofiltratie. Naast gezuiverd water wordt hierbij biogas en warmte geproduceerd. Om het proces zo efficiënt mogelijk te laten verlopen worden vacuümtoiletten toegepast in de woningen.

Vervolgens zijn op basis van deze oplossingen de scenario's +, ++ en +++ beschreven. In scenario+ wordt de oplossing Blauw in het gehele plangebied gerealiseerd. Hierdoor wordt wateroverlast tijdens piekbuien voorkomen, en wordt voldoende water beschikbaar gemaakt om de gehele vraag voor openbaar en particulier groen te voorzien en om het merendeel van het water voor toiletspoeling te leveren. Ook levert dit scenario via de gecreëerde blauw-groen infrastructuur een bijdrage aan het tegengaan van hittestress en het verhogen van de

belevingswaarde van het plangebied. In scenario++ wordt hieraan de implementatie van de oplossing voor lichtgrijs water toegevoegd. Hierdoor wordt de potentiële besparing van drinkwater verder vergroot doordat capaciteit wordt gecreëerd om al het spoelwater voor de toiletten te leveren en ontstaat er ruimte voor verdere laagwaardige toepassingen. Als voorbeeld kan hier gedacht worden aan water voor wasmachines. Het laatste scenario +++ is ingrijpender omdat het naast voorzieningen voor waterzuivering in de openbare ruimte ook aangepaste binneninstallaties, in de vorm van vacuümtoiletten en keukenvermalers voor GFT vraagt. Door deze oplossing wordt via decentrale afvalwaterzuivering binnen het plangebied naast een aanvullend volume water ook energie (biogas en warmte) geproduceerd en vermindert de hoeveelheid af te voeren GFT. Er is momenteel geen bestemming voor het op deze wijze geproduceerde water. De betrokken waterketenpartners, Gemeente Nieuwegein, HDSR en Vitens, hebben echter interesse getoond in het verkennen van de kansen voor decentrale sanitatie en de mogelijkheid om het geproduceerde water via een aanvullende decentrale zuivering tot drinkwaterkwaliteit op te werken.

De uitgevoerde studie heeft geresulteerd in een waterconcept. Alvorens dit in de praktijk geïmplementeerd kan worden, dienen nog een aantal zaken verder geconcretiseerd te worden. De belangrijkste punten zijn het uitvoeren van (geo)hydrologisch onderzoek ten behoeve van het ontwerp van de ondergrondse waterberging, het uitwerken van de technische en gezondheidstechnische risico's, het uitwerken van onderhoud en beheer. Omdat de ontwikkelde concepten en de beschreven scenario's zijn gebaseerd op voorlopige informatie over de ontwikkelingen in het plangebied dient bij groen licht op één of meerdere van de concepten uit dit concept een definitief ontwerp opgesteld te worden waarin ook integratie plaatsvindt met de geplande infrastructuur (o.a. groen, energie en verkeer).

Inhoud

Samenvatting	4
Inhoud	6
Verklarende woordenlijst en definities	7
1 Inleiding	8
1.1 Aanleiding	8
1.2 Doelstelling	8
1.3 Samenwerkingsverband	9
1.4 Leeswijzer	9
2 Stedelijk Waterconcept	10
3 Plangebied en Wateropgaven	14
3.1 Het plangebied	14
3.2 Waterstromen in het plangebied	16
3.3 Uitgangspunten ontwikkeling stedelijk waterconcept	19
4 Design voor Nieuwegein City West	21
4.1 Watervraag	21
4.2 Oplossingen voor opvangen, zuiveren en opslag	22
4.2.1 Ondergrondse waterberging	22
4.2.2 Blauw	24
4.2.3 Lichtgrijs	27
4.2.4 Grijs + Zwart	29
4.3 Scenario's	33
4.3.1 Scenario +	34
4.3.2 Scenario ++	37
4.3.3 Scenario +++	39
4.3.4 Vergelijk van de scenario's	41
5 Conclusies en vervolgstappen	43
6 Bronnen	46
Bijlagen	
I Kentallen en randvoorwaarden plangebied	48
II Grafische samenvatting Ruimtelijk Concept Circulair Water	51
III Ondergrondse Waterberging City Nieuwegein	92
IV Decentrale sanitatie – concept studie Nieuwegein City West	125
V Bijlage - Concepten	146

Verklarende woordenlijst en definities

Verklarende woordenlijst

DIT	drainage – irrigatie - transport
GFT	groen-, fruit- en tuinafval
HDSR	Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden
HWA	Hemelwaterafvoer
OLAND	Oxygen-Limited Autotrophic Nitrification-Denitrification
OWB	ondergrondse waterberging
PVE	programma van eisen
RZWI	rioolwaterzuiveringsinstallatie
TKI	Topconsortium voor Kennis en Innovatie
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket
WKO	warmte-koude opslag

Definities

In dit rapport worden de volgende definities gebruikt:

- Zwart water: het afvalwater afkomstig uit toiletten.
- Grijs water: het overige afvalwater, dit heeft een lagere vervuilingsgraad dan zwart water
- Lichtgrijs water: alleen de minst vervuilde stromen afkomstig uit bad en douche.

- Hemelwater: water uit neerslag zoals regen, sneeuw en hagel
- Grondwater: het water dat zich tussen de vaste deeltjes in de ondergrond (zand, klei, silt, veen, leem) bevindt. Deze ruimten tussen bodemdeeltjes heten poriën. Wanneer poriën zijn gevuld met water, heet dit grondwater. Het hoogste niveau van het grondwater wordt de grondwaterspiegel genoemd. Boven de grondwaterspiegel komt ook water voor. Op deze diepte zijn echter niet alle poriën gevuld met water, dit water heet bodemvocht.
- Drinkwater: water dat voldoet aan de eisen die de waterleidingwet hieraan stelt en dat geschikt is voor menselijke consumptie. Drinkwater wordt geleverd door een drinkwaterbedrijf. In het plangebied Nieuwegein is Vitens het drinkwaterbedrijf verantwoordelijk voor de levering van drinkwater.

- Laagwaardige toepassing: water gebruikt voor beregening openbaar en particulier groen en toiletspoeling
- Hoogwaardige toepassing: water gebruikt voor menselijke consumptie en toepassingen die met consumptie of hygiëne te maken hebben, zoals douche, bad, keuken. Voor hoogwaardige toepassing dient drinkwater gebruikt te worden.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Water in de stad is onmisbaar. Burgers hebben water nodig voor consumptie en persoonlijke hygiëne. Maar ook draagt de aanwezigheid van water en groen bij aan het welbevinden van de mens in de stad. Voor stedelijk groen (plantsoen, groene daken) is ook water nodig, in het bijzonder in droge perioden. Door de dichte bebouwing en het hoge percentage verhard oppervlak zijn steden kwetsbaar voor de effecten van klimaatverandering: wateroverlast door piekbuien, hittestress en droogte spelen daarbij een rol. Daarnaast worden steden geconfronteerd met een groei van hun inwoneraantal en de daaraan gekoppelde bouwopgave. Zeker in binnensteden zorgt dit voor verdere verdichting van de bebouwing. Dit resulteert in toenemende druk op het water en groen in de stad. Dit terwijl waterelementen en groen juist een belangrijke rol te vervullen hebben in een klimaatrobuuste duurzame en leefbare stedelijke omgeving.

De gemeente Nieuwegein gaat de komende jaren de binnenstad (her)ontwikkelen. Daarbij heeft de gemeenteraad de ambitie uitgesproken (Koersdocument 2017) om de meest duurzame binnenstad van Nederland te willen worden. Er worden in de binnenstad (Nieuwegein City) ca. 1650 woningen gerealiseerd. Een belangrijke vraag is hoe 'water' en in het verlengde hiervan 'groen' kunnen bijdragen aan het realiseren van deze duurzaamheidsambitie.

De duurzame, circulaire, gebiedsontwikkeling zoals voorzien in Nieuwegein, sluit aan bij verschillende initiatieven in binnen- en buitenland waarbij hergebruik van water en grondstoffen en het sluiten van kringlopen wordt vormgegeven. Voorbeelden van dergelijke ontwikkelingen zijn Superlocal (Kerkrade), Brainport Smart District (Helmond), Noorderhoek (Sneek), Vliegkamp Valkenburg (Katwijk), Schoonschip (Amsterdam). Het specifieke geval van Nieuwegein is uniek doordat de ontwikkeling, waarbij een integratie van groen, water en energie wordt nagestreefd, plaatsvindt in een hoogstedelijke omgeving waar ruimte schaars is en er gewerkt dient te worden binnen de bestaande kaders van aanwezige bebouwing en infrastructuur. Er is geen pasklaar recept voor deze opgave.

1.2 Doelstelling

Het watersysteem in de stad is over het algemeen vrij 'lineair' ingericht. Regenwater wordt snel afgevoerd om wateroverlast te beperken. Het drinkwater wordt eenmalig gebruikt, waarna het als één verontreinigde afvalwaterstroom wordt afgevoerd naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI). Bij het ontwerp van een nieuw stedelijk gebied wordt water vaak (te) laat meegenomen in het proces, waardoor er kansen worden gemist. Het TKI-project *Water Circulair Nieuwegein* beoogt het ontwikkelen van een nieuwe werkwijze die water in de stedelijke ontwikkeling als integraal onderdeel meeneemt bij het designproces. Hierin worden de mogelijkheden om watervraag (groen, beperking hittestress, huishoudelijk gebruik) en aanbod (regenwater, drinkwater) te matchen door onder andere waterberging op verschillende niveaus (dak, straat, ondergrond) en waterhergebruik (regenwater, grijs, zwart) door lokale zuivering en berging, onderzocht. De doelstelling is om op basis hiervan, in een interactief proces met de relevante stakeholders en technologiebedrijven, verschillende waterscenario's voor Nieuwegein City te ontwikkelen.

1.3 Samenwerkingsverband

Omdat de in dit project ontwikkelde scenario's een stap zijn in de daadwerkelijke herontwikkeling van de binnenstad van Nieuwegein, zijn alle ketenpartners aangesloten in dit project. Dit opdat vanaf het vroegste stadium concept en praktijk op elkaar afgestemd kunnen worden, en ook de ideeën en wensen van deze partijen rondom een duurzaam watersysteem meegenomen kunnen worden.

De verantwoordelijkheid voor ontwerp, realisatie en beheer van de (stedelijke) waterketen ligt niet bij één specifieke partij. De gemeente speelt een belangrijke rol doordat ze richtinggevend is in de gebiedsontwikkeling en de ambities die hierin gerealiseerd dienen te worden. De gemeente schept daarmee de kaders en randvoorwaarden. Voor de vertaling van de visie op de gebiedsontwikkeling zijn projectontwikkelaars cruciaal omdat zij, samen met bouwbedrijven, zorg dragen voor de realisatie van de nieuwbouw en infrastructuur in het gebied.

Daarnaast heeft de gemeente uitvoerende taken op het gebied van water, zoals de afvoer van afvalwater, hemelwater en overtollig grondwater, voor zover dat afkomstig is van openbaar terrein en van particulier terrein. De ontwikkeling van scenario's voor een duurzame waterhuishouding in hoogstedelijk gebied raakt mogelijk ook aan taken en bevoegdheden van andere partijen (drinkwaterbedrijf, waterschap, provincie) omdat de waterketen lokaal (deels) anders ingericht zou kunnen worden.

Het consortium bestaande uit de Gemeente Nieuwegein, Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden (HDSR) en de Provincie Utrecht, KWR en de bij de gebiedsontwikkeling betrokken projectontwikkelaars Mitros, Bridges en Fresch Real Estate, is verder aangevuld met bedrijven met praktijkervaring rondom elementen die in een duurzaam waterconcept belangrijke bouwstenen vormen: regenwatermanagement, waterberging, zuivering regenwater, (decentrale) zuivering van grijs en zwart water. De betrokken technologieleveranciers zijn Field Factors, Rietland, Desah en Drain Products Europe.

Gedurende het project is ook drinkwaterbedrijf Vitens aangesloten bij het project voor de ontwikkeling van het waterconcept voor Nieuwegein City, waarmee alle spelers in de waterketen vertegenwoordigd zijn.

1.4 Leeswijzer

In dit rapport zijn de belangrijkste bevindingen uit het TKI-project Water Circulair Nieuwegein beschreven. Hoofdstuk 2 beschrijft de scope en belangrijkste concepten van de stedelijke watercyclus. In hoofdstuk 3 worden de karakteristieken en uitgangspunten voor de onderzochte casus Nieuwegein City beschreven. In hoofdstuk 4 worden verschillende toepasbare concepten geschetst en hoe deze op het plangebied toegepast kunnen worden. Het rapport wordt afgesloten met conclusies en aanbevelingen (hoofdstuk 5). Daarnaast zijn in aparte bijlagen onderliggende informatie en studies beschikbaar gemaakt. Deze omvatten kentallen en randvoorwaarden voor het plangebied (bijlage I), het ruimtelijke concept circulair water (bijlage II), ondergrondse waterberging City Nieuwegein (bijlage III), decentrale zuivering van grijs en zwart water (bijlage IV), concepten en definities (bijlage V).

2 Stedelijk Waterconcept

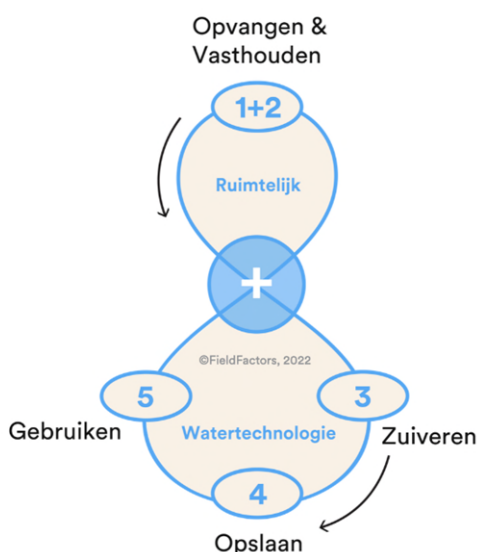
Voor het nemen van duurzame en klimaat-adaptieve maatregelen in stedelijk gebied is water een belangrijke component. Enerzijds kunnen door klimaatverandering perioden voorkomen van veel water (intense buien). Voorkómen moet worden dat dit resulteert in wateroverlast. Anderzijds kan in de zomer sprake zijn van watertekort, wat resulteert in te weinig water voor openbaar groen, groene daken en tuinen en kan bijdragen aan hittestress. De zomer van 2018 resulteerde bijvoorbeeld in een hoger drinkwatergebruik (140%) ten opzichte van een normaal jaar, onder andere omdat meer water nodig was om tuinen te besproeien, zwembaden te vullen en te douchen.

In Nederland valt gedurende het gehele jaar voldoende neerslag om te voldoen aan de jaarlijkse watervraag voor stedelijk groen en eventuele waterelementen. Een water- en energiebalans die is opgesteld voor City Nieuwegein (van der Roest et al, 2019) bevestigt dit. Wel is er een mismatch in de watervraag en aanbod in de tijd. Zo is de vraag naar water hoog in de zomerperiode, terwijl in de winterperiode meestal sprake is van een overschot. Om deze mismatch in tijd te overbruggen moet het 'teveel' aan water worden opgeslagen om in perioden van 'te kort' te voorzien.

In duurzaam stedelijk waterbeheer wordt ingezet op het realiseren van deze balans. Centraal hierin staat het opvangen, vasthouden en opslaan van regenwater, wat daardoor beschikbaar wordt voor gebruik. Maar er zijn nog aanvullende waterstromen die in aanmerking komen voor hergebruik en andere potentiële toepassingen voor dit hergebruikte water dan alleen de groenvoorziening. Hieronder worden de belangrijkste elementen en concepten geïntroduceerd die in het vervolg van deze studie zijn gebruikt.

Verkleinen van de stedelijke watercyclus

Centraal staat het concept van het verkleinen van de watercyclus, waarbij zoveel mogelijk water in het gebied blijft om watervraag en aanbod te matchen en waarbij zoveel mogelijk water verantwoord wordt hergebruikt. In het stedelijke watercyclus lemniscaat (Figuur 2-1) onderscheiden we vijf elementaire functies: opvangen, vasthouden, zuiveren, opslaan en (her)gebruiken.



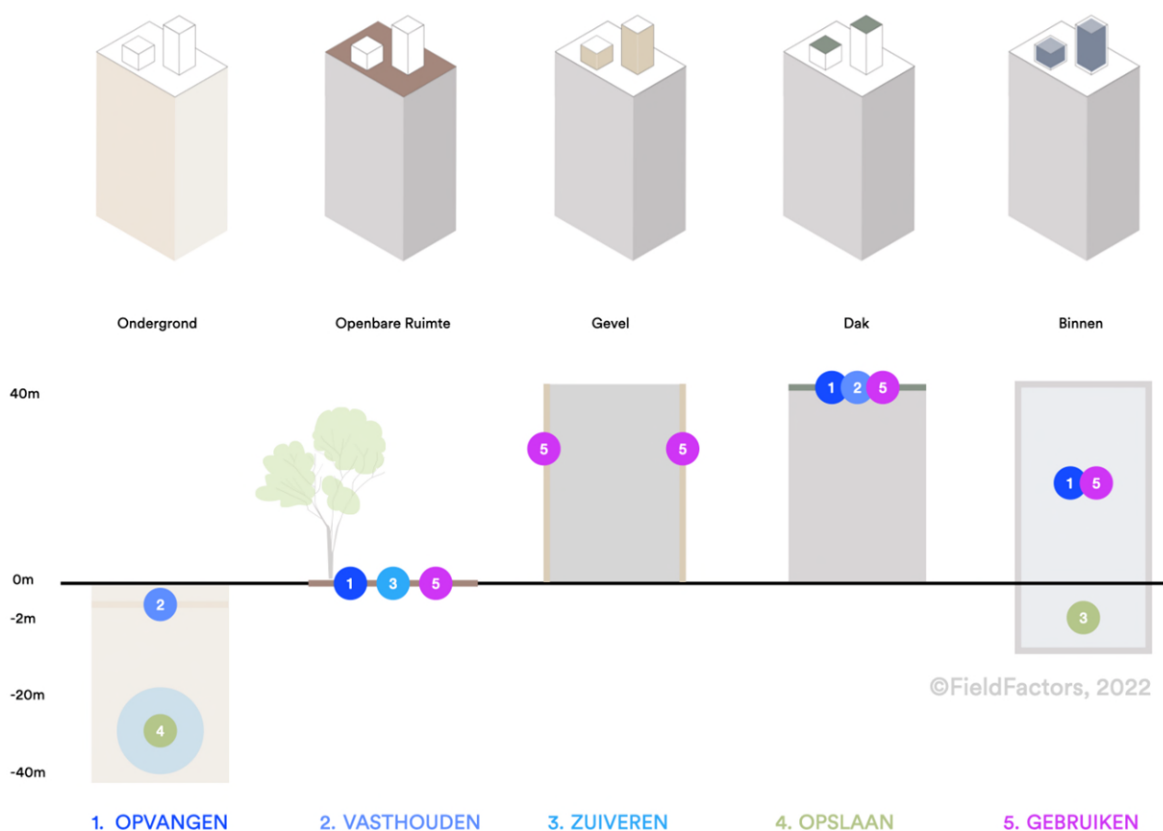
Figuur 2-1. Het stedelijke watercyclus lemniscaat.

In dit concept gaan we bij opvangen uit van het zoveel mogelijk scheiden van stromen van verschillende kwaliteit bij de bron. Hierbij wordt naast hemelwater (Blauw water) ook gekeken naar hergebruik van afvalwaterstromen uit huishoudens. Daarin worden onderscheiden:

- Zwart water: het afvalwater afkomstig uit toiletten.
- Grijs water: het overige afvalwater, dit heeft een lagere vervuilingsgraad dan zwart water
- Lichtgrijs water: alleen de minst vervuilde stromen afkomstig uit bad en douche.

Het scheiden van vervuilde en minder vervuilde afvalstromen maakt het mogelijk om doelgerichter te zuiveren en vergroot de mogelijkheden van gedeeltelijk lokaal hergebruik. Door gezuiverd hemelwater en/of afvalwater in te zetten als vervanger van drinkwater voor laagwaardige toepassingen (zoals toiletspoeling) kan een reductie van het drinkwatergebruik worden bereikt.

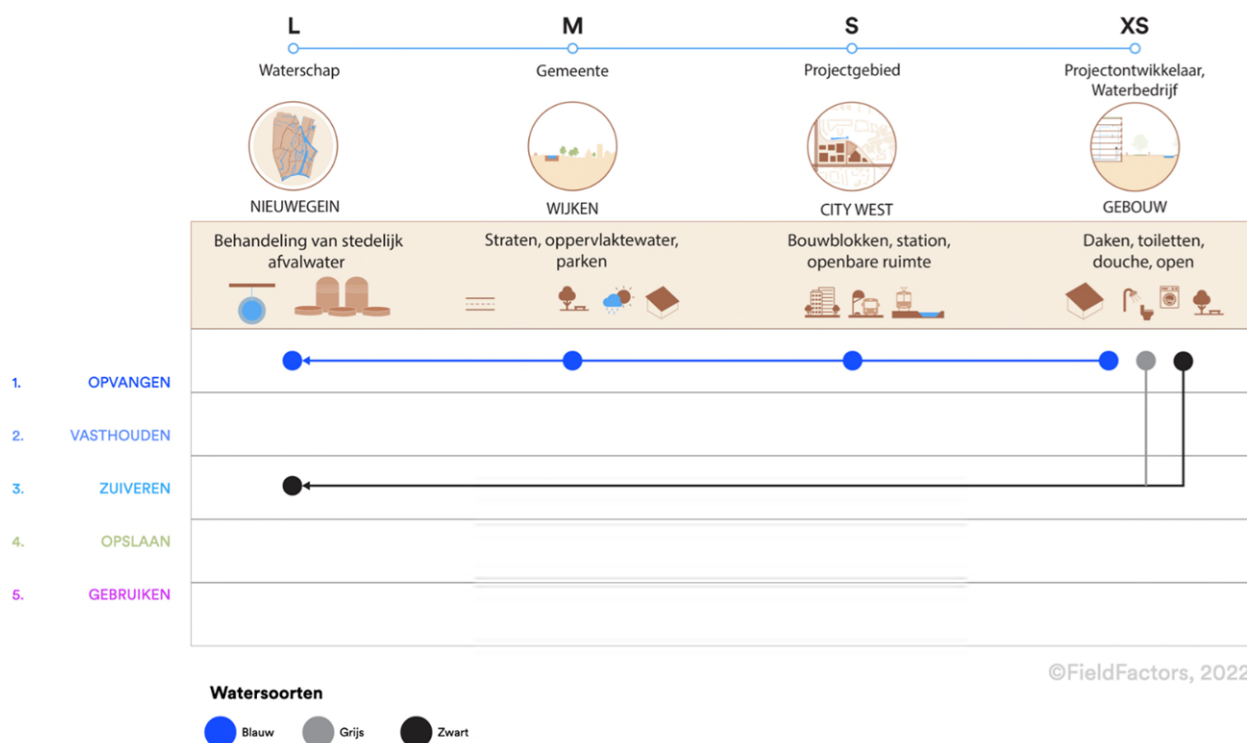
In Figuur 2-2 zijn de functies uit de stedelijke watercyclus lemniscaat weergegeven in de ruimtelijke domeinen die ter beschikking staan in de hoogstedelijke omgeving. Technologische oplossingen maar ook natuurlijke oplossingen-, bijvoorbeeld voor opvangen, vasthouden, zuivering en/of hergebruik dienen in deze domeinen ingepast te worden. Daarbij wordt zoveel mogelijk gestreefd naar groene ruimtelijke oplossingen die de kwaliteit van het klimaat in de stad (verkoeling, hoge waardering) vergroten.



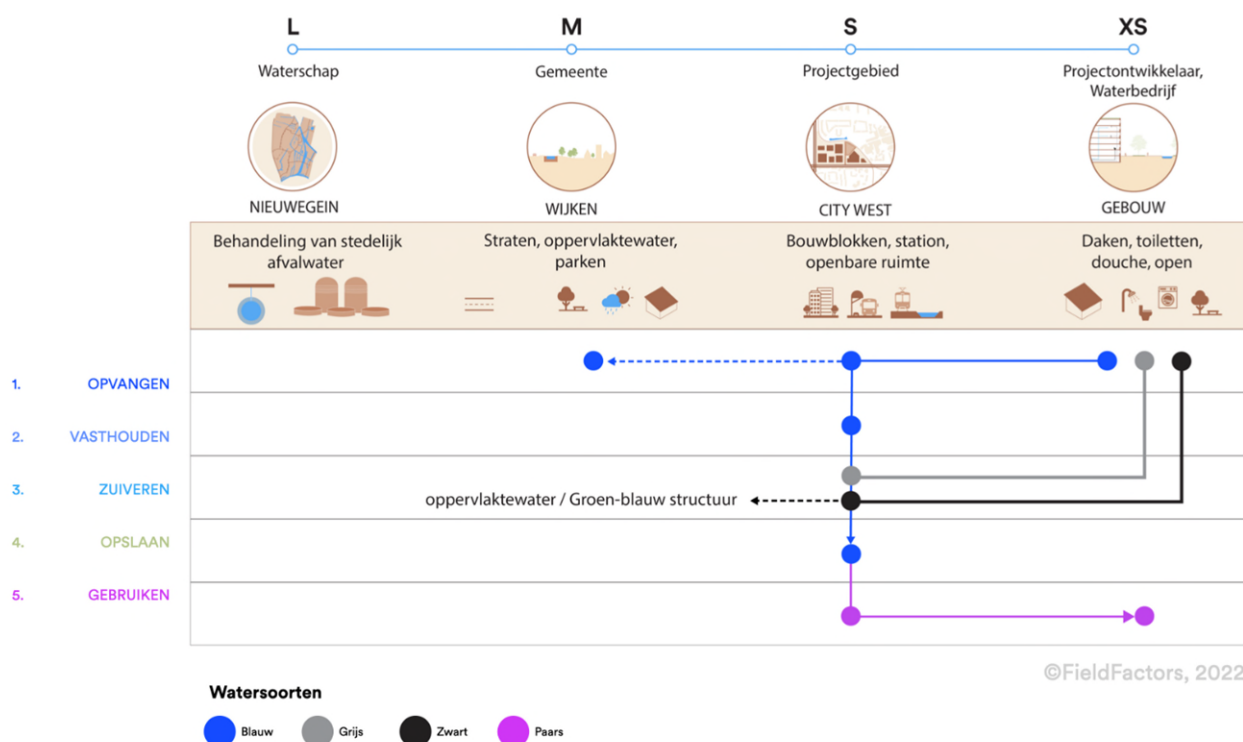
Figuur 2-2. De vijf waterfuncties uit de stedelijke watercyclus weergegeven in de ruimtelijke domeinen waar ze toegepast kunnen worden.

Van lineair naar circulair

Het verkleinen van de watercyclus vereist een herziening van het huidige lineaire model van het watersysteem. Door water zoveel mogelijk in het gebied vast te houden en her te gebruiken vindt er noodzakelijkerwijze een verschuiving van functies plaats van grootschalige centrale organisatie naar kleinschaliger lokale organisatie. Dit geldt voor alle drie de waterstromen die we in de stedelijke watercyclus onderscheiden: blauw, grijs en zwart. Voor ieder van deze waterstromen kan worden gekozen voor opvang, zuivering en opslag op locatie. In Figuur 2-3 en Figuur 2-4 wordt de verschuiving in schaal en locatie weergegeven voor de stap van een (traditioneel) lineair naar een volledig circulair systeem. De schaalniveaus die worden onderscheiden zijn weergegeven als volgt: L – stad, M – wijk, S – projectgebied, XS - gebouwen en bijbehorende openbare ruimte (bouwblokken). Daarbij wordt opgemerkt dat de figuren de ruimtelijke locatie van activiteiten en de verschuiving daarin weergeven en niet de verantwoordelijkheden voor beheer en onderhoud van de benodigde (technische) componenten.



Figuur 2-3. Verbindingen tussen lokale en centrale onderdelen in het traditionele lineaire stedelijke watersysteem.



Figuur 2-4. Verbindingen tussen lokale en centrale onderdelen in het volledig circulaire stedelijke watersysteem.

De situaties zoals weergegeven in Figuur 2-3 en Figuur 2-4 laten een toenemende samenhang tussen de verschillende onderdelen van het watersysteem zien. Wanneer water versterkt lokaal (her)gebruikt gaat worden, nemen de afhankelijkheden tussen de functies, en daarmee ook de daarvoor verantwoordelijke partijen, toe.¹ In het vervolg van dit document worden oplossingen voor opvang, zuivering en hergebruik voor de blauwe, (licht)grijze en zwarte waterstromen beschreven die in het kader van het project uitgewerkt zijn voor het plangebied in Nieuwegein City. Lokaal gezuiverd water dat vervolgens lokaal voor laagwaardig gebruik wordt toegepast wordt aangeduid als paars.

¹ Zie voor voorbeelden hiervan bijvoorbeeld: (1) Hofman-Caris, C.H.M., Stofberg, S.F., van Alphen, H.J., de Waal, L. & van Huijgevoort, M.H.J. (2019). VO Radicaal nieuwe bronnen voor drinkwater. KWR Water Research Institute, rapport BTO2019.019. (2) Hofman-Caris, C.H.M. & de Waal, L. (2018). Regenwater als bron voor drinkwater; productiekosten en milieuaspecten. KWR Water Research Institute, rapport BTO2018.028.

3 Plangebied en Wateropgaven

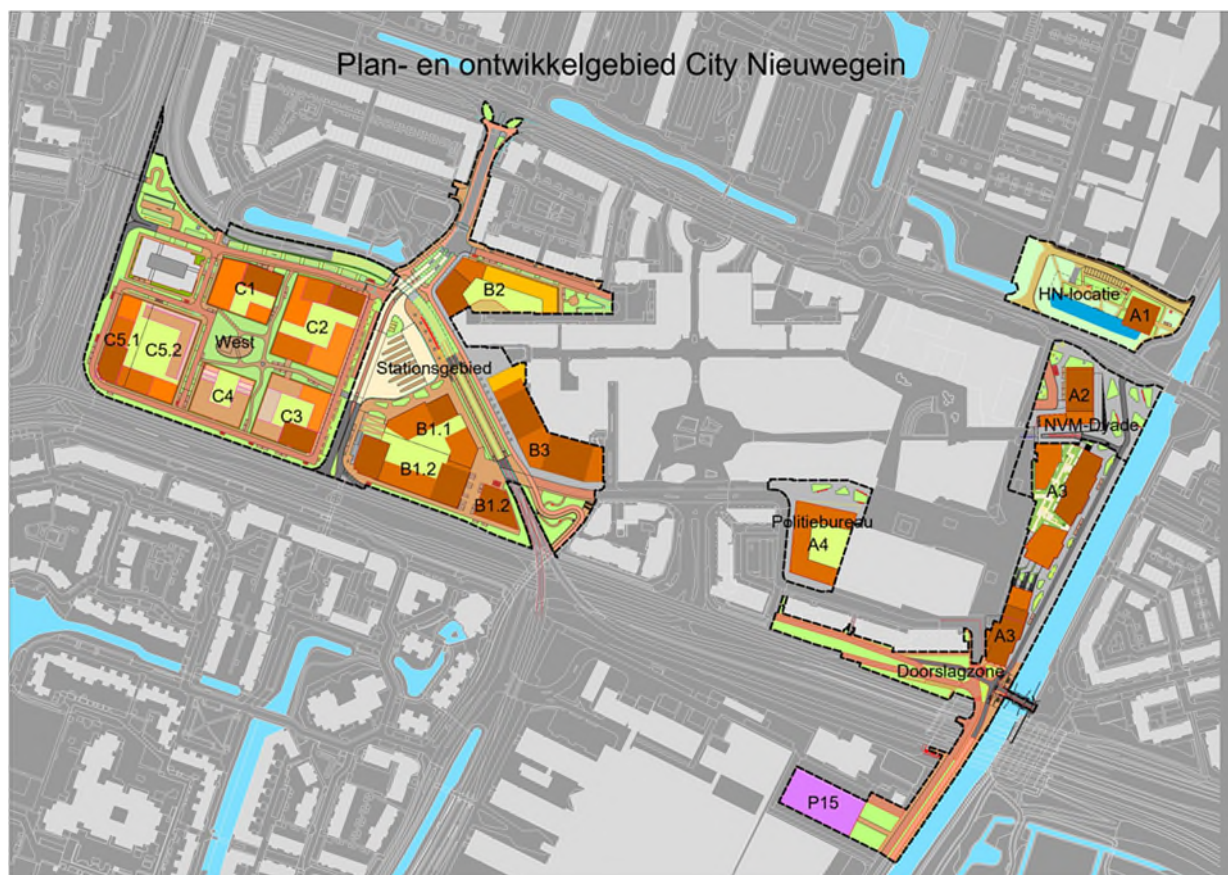
Het stedelijk waterconcept waarin het verkleinen van de watercyclus centraal staat, wordt nader uitgewerkt voor de specifieke casus Nieuwegein City West. Dit gebied is een onderdeel van het (her)ontwikkelingstraject voor de binnenstad van Nieuwegein. In dit hoofdstuk wordt het plangebied beschreven en de uitgangspunten en randvoorwaarden die gelden voor de ontwikkeling van het plangebied.

3.1 Het plangebied

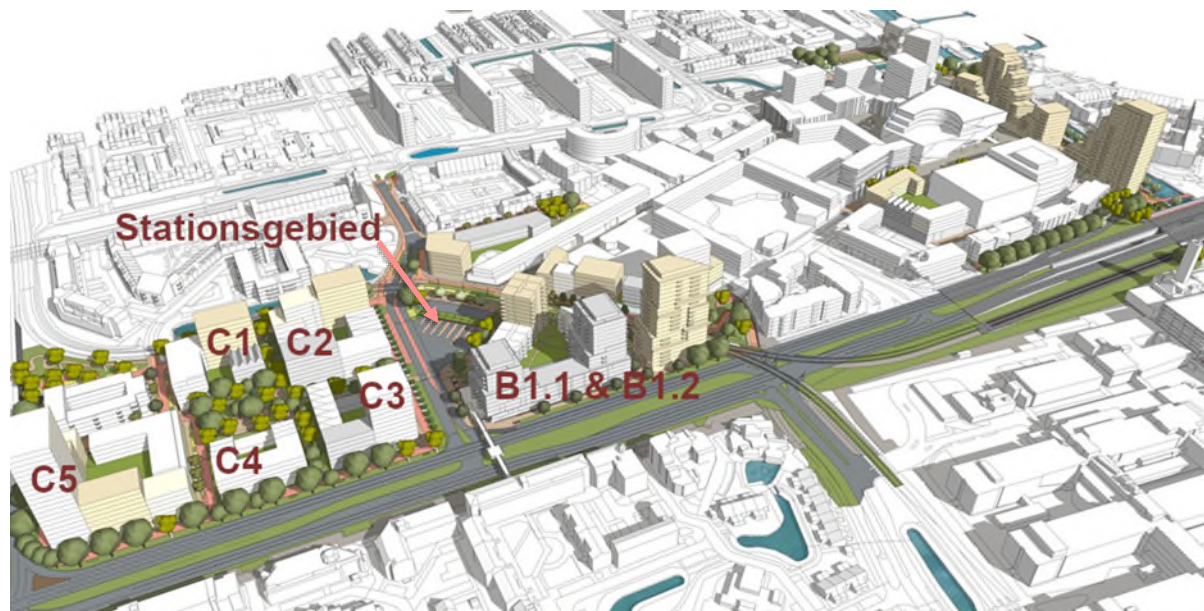
Het plangebied beslaat het deel van City Nieuwegein ten westen van het tramspoor (Figuur 3-1). Het gebied heeft een totale oppervlakte van ongeveer 4,8 ha (48.000 m²) en omvat zes verschillende ontwikkellocaties (Figuur 3-2), die een verschillende planning kennen ten aanzien van de ontwikkeling, hieronder weergegeven in volgorde van ontwikkeling:

1. Stationsgebied, inclusief busstation en bouwblokken B 1.1, B 1.2
2. Zadelstede (Blok C5)
3. Luifelstede (Blok C1 t/m C4)

Het plangebied omvat ook het bestaande gebouw aan de Borgstede/ Hagestede, gelegen ten noorden van Blok C5, en het openbaar gebied rondom de bouwblokken. Omdat aan deze bestaande bouw watertechnische aanpassingen zijn voorzien, wordt deze in het vervolg van deze studie behandeld als openbaar gebied (verhard oppervlak). In het stationsgebied zijn aanvullend bouwblokken B2 en B3 gepland, dit is vooralsnog geen onderdeel van het stedelijk waterconcept en verder niet meegenomen in deze studie.



Figuur 3-1. Overzicht van het projectgebied (bron gemeente Nieuwegein)



Figuur 3-2. Schematische weergave van bouwblokken in het projectgebied.

De (geschatte) kentallen van de verschillende ontwikkellocaties en het openbare gebied binnen het projectgebied, voor zover bekend, zijn weergegeven in Tabel 3-1. Daarbij is voor de bouwblokken het geschatte oppervlak van daken plus binnentuin weergegeven.

Tabel 3-1. Kengetallen van de ontwikkellocaties in het projectgebied. Voor het berekenen van het aantal bewoners is een woningbezetting van 1,8 personen per woning aangehouden.

Ontwikkellocatie	Aantal Woningen	Aantal bewoners	Oppervlakte (m ²)	Start ontwikkeling	Ontwikkeld door
Busstation	-	-	7000	2022	
Blok B1.1 & B1.2	467	841	6274	2022	Bridges R.E., Fresch R.E.
Blok C5	213	383	4550	2023	Gemeente Nieuwegein, Mitros, nog te kiezen projectontwikkelaar
Blokken C1 - C4	600 (500-700)*	1080 (900-1200)*	10406		Nog te bepalen
Openbaar gebied – verhard (incl. Borgstede)	-	-	11.007		
Openbaar gebied – onverhard (groen)	-	-	7200***		
Oppervlakte water**	-	-	1000		
Totaal	1280	2304	48000****		

* voor onderdeel West zijn nog geen definitieve aantallen bekend, daarom wordt ook een bandbreedte aangegeven

** geen onderdeel van het plangebied, maar ligt direct aan de noordzijde en is mogelijk te benutten in het waterconcept

*** uitgaande van 15% onverhard/groen in het totale plangebied zoals beschreven in Voorbereidende Duurzaamheidsvisie City Nieuwegein

**** inclusief bestaande bouw en openbare ruimte, maar exclusief het oppervlaktewater

3.2 Waterstromen in het plangebied

Om de wateropgave in het plangebied in beeld te krijgen, is informatie nodig over de verschillende waterstromen in het gebied. In deze paragraaf worden de waterstromen gekwantificeerd aan de hand van een aantal uitgangspunten. Daarbij is uitgegaan van een situatie zonder implementatie van het waterconcept (*business as usual*), waarbij het water op de gebruikelijke wijze wordt afgevoerd (riolering, al dan niet een gescheiden stelsel) en niet wordt hergebruikt. Hierbij is al wel rekening gehouden met de nieuwe inrichting van het plangebied, zoals de te realiseren bouwblokken en 15% van onverhard oppervlak in de openbare ruimte.

Op basis van de kentallen in Tabel 3-1 en Tabel 3-2 is berekend welke hoeveelheden water per onderdeel van het plangebied in een gemiddeld jaar vrijkomen (Tabel 3-3), en is op basis daarvan een waterbalans opgesteld die is weergegeven in een Sankey diagram (Figuur 2-1

Figuur 3-3). Voor het berekenen van de waterstromen is gebruik gemaakt van de huidige gemiddelde situatie, waarbij een bandbreedte wordt aangegeven op basis van droge en natte jaren.

Tabel 3-2. Kentallen gebruikt bij het opstellen van de waterbalans.

Omschrijving	Kengetal (eenheid)
Hydro/meteo*	
Gemiddelde jaarlijkse neerslagsom (De Bilt, 1991-2020)	855 mm
Neerslagsom in droog jaar (De Bilt, 2018)	582 mm
Maximale jaarlijkse neerslagsom (De Bilt, 1991-2020)	1240 mm
Gemiddelde referentieverdamping (De Bilt, 1991-2020)	582 mm
Referentieverdamping in droog jaar (De Bilt, 2018)	671 mm
Blauwgroene daken	
Bergingseis bouwblokken	50 mm
Infiltratie-eis (= afvoer naar openbaar gebied)	20 mm
Percentage groen op binnentuinen/daktuinen**	50%
Percentage groen op blauwgroene daken West (C1 t/m C5)**	80%
Percentage groen op blauwgroene daken blok B1**	55%
Afstroming van blauwgroen dak als percentage van jaarlijkse neerslag***	32%
Afstroming van reguliere daken als percentage van jaarlijkse neerslag	80%
Afstroming van bestrating als percentage van jaarlijkse neerslag	50%
Afvalwater (Vewin, 2017)****	
Watergebruik huishoudens	119,2 L/persoon/dag
Zwart water (toilet + eten/drinken)	40,4 L/persoon/dag*****
Lichtgrijs water (douche + bad)	51,1 L/persoon/dag
Grijs water (alle stromen behalve zwart)	78,9 L/persoon/dag
Watervraag groen	
Bomen in volle grond, neerslagtekort per groeiseizoen (180 dagen)	600 mm
Gazon in volle grond, neerslagtekort per groeiseizoen (Van der Roest et al., 2018)	56 mm
Aanname oppervlak groene gevel	6000 m ²
Groene gevel, gemiddelde jaarlijkse watervraag	700 mm

*: Gedownload voor KNMI-station De Bilt: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/daggegevens>

** : daarbij wordt aangenomen dat de gekozen oplossing voor vasthouden van water (kratjesbuffer, zie bijlage V) op de daken en in de binnentuinen alleen onder het groene gedeelte is geplaatst.

***: hierin zijn verdamping alsmede de waterbehoefte van het groen verdisconteerd – er is derhalve geen separate watervraag voor irrigatie van de blauw-groene daken en de binnentuinen/daktuinen.

****: Hierbij wordt aangenomen dat de hoeveelheid afvalwater uit huishoudens gelijk is aan de hoeveelheid geleverd drinkwater (IN = UIT).

*****: waarvan 35L/persoon/dag voor toiletspoeling

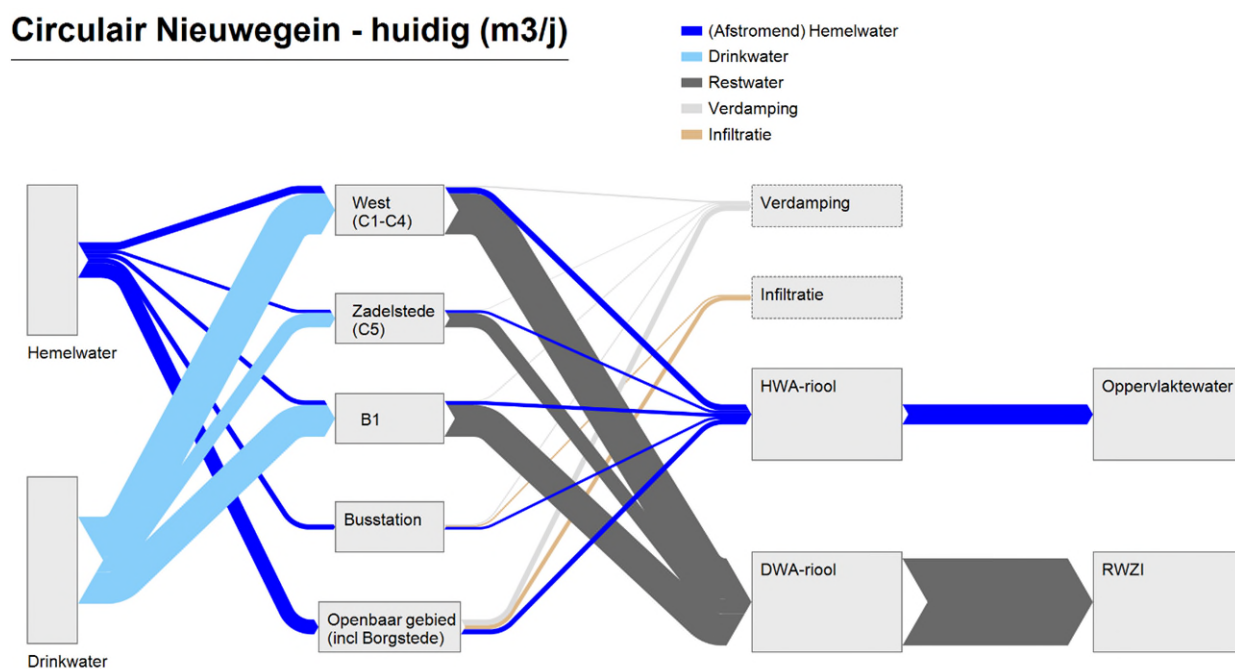
Tabel 3-3. Waterstromen voor het plangebied City Nieuwegein in een gemiddelde situatie. De getallen tussen haakjes voor hemelwater geven de bandbreedte aan voor een zeer droog en zeer nat jaar.

Onderdeel plangebied	Neerslag (m ³ /jaar)	Verdamping* (m ³ /jaar)	Infiltratie** (m ³ /jaar)	Afstromend hemelwater (m ³ /jaar)	Afvalwater (m ³ /jaar)
Blok B1	5360 (3650 – 7780)	1070 (730 – 1560)	-	4290 (2920 – 6220)	36.600
West (C1 t/m C4)	8900 (6060 – 12.900)	1780 (1210 – 2580)	-	7120 (4850 – 10.320)	47.030
Zadelstede (C5)	3890 (2650 – 5640)	780 (530 – 1130)	-	3110 (2120 – 4510)	16.700
Borgstede	1340 (910 – 1940)	270 (180 – 390)	-	1070 (730 – 1550)	-
Busstation	4280 (2910 – 6200)	860 (580 – 1240)	1800 (1220 – 2600)	2990 (2040 - 4340)	-
Openbaar gebied – overig verhard	11.120 (7570 – 16.130)	2220 (1510 – 3230)	2820 (1920 – 4100)	4710 (3200 - 6820)	-
Openbaar gebied – onverhard/bomen	6160 (4190 – 8930)	4190 (4190 – 4830)	1970 (0 – 4740)	-	-
Totaal	41.040 (27.940 – 59.520)	11.170 (9580 – 14.310)	6580 (3140 – 11.440)	23.290 (15.850 – 33.780)	100.330

* Voor verhard oppervlak is dit enkel verdamping van nat oppervlak (20% van neerslagsom); voor onverhard oppervlak betreft het bodemverdamping. Schatting gebaseerd op Zuurbier & van Dooren (2019), STOWA (2015).

** Voor verhard oppervlak zijn geen betrouwbare kentallen beschikbaar m.b.t. infiltratie. Hier is gerekend met 30% infiltratie bij verhard oppervlak. Voor onverhard oppervlak betreft het neerslagoverschot.

Circulair Nieuwegein - huidig (m3/j)



Figuur 3-3. Sankey-diagram van de waterstromen op jaarbasis in de huidige situatie, zonder toepassing van een circulair waterconcept.

Het overzicht van de waterstromen in het plangebied laat zien dat van de 41.000 m³ hemelwater die in een gemiddeld jaar valt in het plangebied, ongeveer 60% (circa 23.000 m³) tot afstroming komt, en dat de overige 40% via verdamping en infiltratie uit het gebied onttrokken wordt en niet beschikbaar is voor hergebruik. Uit het overzicht volgt verder dat de hoeveelheid afvalwater die wordt geproduceerd in het gebied, gemiddeld een factor 3 groter is dan de hoeveelheid hemelwater.

3.3 Uitgangspunten ontwikkeling stedelijk waterconcept

Voor de uitwerking van een passend stedelijk waterconcept zijn door de gemeente Nieuwegein kaders gesteld. Voor de kaderstelling is het 'Convenant Klimaatadaptief Bouwen' gebruikt (Provincie Zuid Holland, 2019). Het programma van eisen (PVE) uit dit convenant is door de gemeente Nieuwegein overgenomen als minimumvereiste en vastgelegd in de door de gemeenteraad vastgestelde Duurzaamheidsvisie City Nieuwegein. Voor de ontwikkeling van het stedelijk waterconcept zoals hier uitgevoerd vormen de volgende onderdelen uit het PVE de belangrijkste kaders²:

- N1: Een groot deel van de neerslag (50 mm) van een korte hevige bui (1/100 jaar, 70 mm in 1 uur) op privaat terrein wordt op dit terrein opgevangen en vertraagd afgevoerd. De berging is niet eerder dan in 24 uur leeg en is in maximaal 48 uur weer beschikbaar, of wordt gestuurd.
- N2: In het plangebied treedt geen schade op aan bebouwing en voorzieningen bij extreem hevige neerslag (1/250 jaar, 90 mm/u).
- D1: De inrichting van het plangebied is afgestemd op de verwachte grondwaterstanden en de zoetwaterbeschikbaarheid tijdens droogte.

Opgemerkt wordt dat het PVE alleen betrekking heeft op hoe om te gaan met regenwater, maar niet ingaat op de drinkwater/afvalwaterketen. Omdat de ambities van de Gemeente Nieuwegein verder gaan dan deze minimum eisen, zijn de volgende aanvullende doelstellingen geformuleerd:

- Circulariteit. Water blijft zoveel mogelijk in het gebied om watervraag en aanbod te koppelen, waarbij water zoveel mogelijk verantwoord wordt hergebruikt. Tegelijkertijd kan worden bespaard op de hoeveelheid aan te voeren water;
- Klimaatadaptatie. Het systeem kan extreme neerslag verwerken en draagt in droge perioden bij aan de waterbehoefte van stedelijk groen en andere functies. Tegelijkertijd levert het een bijdrage in het terugdringen van hittestress in stedelijk gebied. Door water te bufferen (op daken, in de bodem en diepe ondergrond, in de openbare ruimte en in gebouwen) ontstaat de optie om in tijden van waterschaarste water beschikbaar te hebben voor de stad (groene daken, groene binnenterreinen, openbaar stedelijk groen, etc.);
- Zichtbaarheid. Water draagt sterk bij aan de beleving van de bewoners en vergroot de kwaliteit van het verblijfsklimaat in de stad (verkoeling, hoge waardering);
- Decentrale zuivering. Waterstromen worden waar mogelijk gescheiden en afzonderlijk verwerkt, waarbij de stroom water naar de RWZI zoveel mogelijk wordt beperkt.
- Groen. Er wordt een duurzame groene leefomgeving gerealiseerd. De watertechnologische oplossingen zijn randvoorwaardelijk voor een blauwgroene inrichting met een minimale aanspraak op drinkwatergebruik.³

² Overige onderdelen uit het PVE, zoals kaders voor hitte, bodemdaling, biodiversiteit en overstroming vormden geen onderdeel van deze studie

³ Het ontwikkelen van een concept voor de groenvoorziening is expliciet geen onderdeel van het TKI-project Water Circulair Nieuwegein.

Bij deze doelstellingen gelden als continue randvoorwaarden (Gemeente Nieuwegein, 2021)⁴:

- Veilig ontwerp:
 - De toegepaste oplossing mag niet leiden tot ziektegevallen of schadelijke emissies naar de omgeving
 - Bedrijfszekerheid – storingen leiden niet tot gevaarlijke situaties voor volksgezondheid of leefomgeving
 - Kwetsbare installatieonderdelen zijn niet toegankelijk voor derden. Geen bovengrondse technische installaties.
- Duurzaamheid
 - Het geïmplementeerde watersysteem is duurzamer dan conventionele waterzuivering
- Maatschappelijke aanvaardbaarheid:
 - Acceptatie door bewoners dient goed te zijn. Er worden geen speciale eisen gesteld t.a.v. het gedrag van de burgers. De oplossingen veroorzaken zo min mogelijk overlast (geur, geluid).
- Ruimtelijke inpasbaarheid
 - Alle systemen dienen goed ruimtelijk inpasbaar te zijn. Nieuwegein City West wordt een hoogstedelijke wijk waar de ruimte (zeer) schaars is. Waar mogelijk worden functies van blauw en groen gecombineerd en geen technische installaties in het openbare gebied geplaatst.
 - De gemeente geeft de voorkeur aan een gebied zonder open watersystemen.
 - In het plangebied is een warmte-koude-opslag (WKO) voorzien. Ondergrondse onderdelen van het waterconcept dienen gezamenlijk met deze WKO inpasbaar te zijn.
- Wet- en regelgeving
 - Gekozen wordt voor een watersysteem dat vergunbaar is.

Op basis van bovenstaande doelstellingen en kaders zijn de volgende regels opgesteld die onder alle voorwaarden gelden in de ontwikkelde concepten (no-regret maatregelen):

- In de te ontwikkelen bouwblokken worden grijs en zwart water aan de bron gescheiden en separaat afgevoerd. Door deze scheiding wordt de mogelijkheid gecreëerd om de stromen gescheiden te behandelen.
- Er is geen contact mogelijk met afvalwaterstromen. Deze bevinden zich in het openbare gebied ondergronds.
- Alleen voor lichtgrijs water kan overwogen worden een natuurlijke zuivering te gebruiken. Andere vormen van afvalwater (grijs, zwart) worden ofwel decentraal met technische zuivering behandeld of naar de RWZI afgevoerd.
- Gebruik van ondergrondse waterberging voor tijdelijke opslag van water bestemd voor (her)gebruik. Naast het in balans brengen van watervraag en -aanbod fungeert deze ook als een natuurlijke zuivering. Deze wordt zo ontworpen dat er sprake is van voldoende verblijftijd om microbiëel veilig water te kunnen onttrekken.
- Er wordt een ringleiding aangelegd voorzien van een vrij verval riolering van voldoende dimensionering om te kunnen dienen als terugval optie in geval (een van de) decentrale zuiveringen onvoldoende functioneert.
- Er wordt een aansluiting op het centrale drinkwaternet van Vitens voorzien van voldoende capaciteit om in geval van drinkwatervoorziening. Er is een back-up. Mocht blijken dat er ongewenst risico voor de waterkwaliteit ontstaat, dan wordt teruggevallen op het back-up systeem en zal er voor de toepassingen drinkwater worden gebruikt.

Uitgaande van de in dit hoofdstuk genoemde kentallen alsmede de benoemde kaders en randvoorwaarden is een waterconcept uitgewerkt dat is toegesneden op het te ontwikkelen gebied. Dit wordt in hoofdstuk 4 gepresenteerd.

⁴ In het afwegingskader van de Gemeente Nieuwegein zijn ook criteria voor realisatie en beheer en onderhoud in de uitvoerende fase opgenomen. Deze zijn in het kader van dit project niet richtinggevend geweest en daarom hier niet opgenomen.

4 Design voor Nieuwegein City West

In de ontwikkeling van een waterconcept voor Nieuwegein City West wordt primair ingezet op het voorkomen van wateroverlast tijdens piekbuien, het maximaal (her)gebruiken van water binnen het plangebied en daardoor het reduceren van de drinkwatervraag. Via het toepassen van blauw-groene concepten draagt het waterconcept ook bij aan het voorkomen van hittestress en verhogen van de belevingswaarde van het gebied, echter voorkomen van wateroverlast en hergebruik van water om te komen tot minder drinkwaterverbruik zijn als primaire doelstellingen gehanteerd. In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens de watervraag in het plangebied geanalyseerd, oplossingsmogelijkheden voor het omgaan met de verschillende waterstromen (blauw, lichtgrijs, grijs + zwart) in het plangebied gepresenteerd en vervolgens worden deze geprojecteerd op het ontwikkeltraject van de verschillende bouwblokken. Omdat deze niet parallel lopen, en in de gevallen van B1 en C5 ten dele overlappen met de uitvoering van dit project, zijn niet alle oplossingen in alle blokken te implementeren. Daarom eindigt dit hoofdstuk met het beschrijven van een drietal scenario's waarin verschillende niveaus van implementatie, en de consequenties daarvan, worden toegelicht.

N.B.: in alle berekeningen hieronder is uitgegaan van de uiteindelijke situatie waarin alle bouwblokken volledig ontwikkeld zijn volgens de gekozen concepten. Dit omdat de centrale voorzieningen niet per blok gedimensioneerd en gerealiseerd worden, maar voor de gecombineerde vraag en aanbod van water. Dit betekent dat er een tussenfase zal zijn waarin de eerste bouwblokken (B1, C5) gerealiseerd zijn, maar de voorzieningen voor water(her)gebruik nog niet gereed zijn. Deze fasen dienen overbrugd te worden door gebruik te maken van de klassieke infrastructuur (riolering, drinkwateraansluiting) die daarop berekend dient te zijn.

4.1 Watervraag

De watervraag in het plangebied wordt bepaald door twee primaire behoeften: water voor groen en water voor huishoudelijk gebruik. Daarbinnen kan onderscheid gemaakt worden tussen laagwaardige toepassing (berekening openbaar en particulier groen, toiletspoeling) en hoogwaardige toepassing (menselijke consumptie en toepassingen die met consumptie of hygiëne te maken hebben, zoals douche, bad, keuken, wasmachine).

Op basis van de kentallen in Tabel 3-1 en Tabel 3-2 is berekend dat voor de groenvoorziening jaarlijks tot 8500 m³ benodigd zal zijn. Daarbij is uitgegaan van openbaar groen dat volledig uit bomen bestaat en maximale toepassing van groene gevels. In een zeer droge zomer kan de watervraag hoger zijn. Uit Tabel 3-3 blijkt dat er, ook in droge jaren, ruim voldoende hemelwater (blauw water) beschikbaar kan zijn om aan deze vraag te voldoen (Tabel 4-1). De tabel laat ook zien dat de hoeveelheid blauw water, zelfs bij 100% benutting, niet toereikend is voor het afdekken van de vraag naar water van laagwaardige kwaliteit. Wanneer het lichtgrijze water wordt toegevoegd aan het water dat beschikbaar is voor (her)gebruik ontstaat een hoeveelheid die voldoende is om de vraag aan water van laagwaardige kwaliteit af te dekken. Indien verdere circulariteit wordt nagestreefd, en ook de hoogwaardige waterbehoefte uit lokaal (her)gebruikt water afgedekt zou moeten worden, is de combinatie van blauw en lichtgrijs water onvoldoende om deze af te dekken en zou ook grijs/zwart water tot hoogwaardige kwaliteit opgewerkt moeten worden. Na het beschrijven van de technische oplossingen om deze stappen mogelijk maken, wordt in paragraaf 4.3 de balans tussen vraag en aanbod voor de verschillende applicatiescenario's per bouwblok in meer detail uitgewerkt.

Tabel 4-1. Watervraag en aanbod plangebied, zonder toepassing van waterbesparende maatregelen.

Bron	Max m3 beschikbaar per jaar
Hemelwater (blauw)	17.480*
Afvalwater	100.330
Waarvan:	
Lichtgrijs	42.970
Overig Grijs/Zwart	57.350
<i>Totaal</i>	<i>117810</i>
Toepassing	Benodigd m3 per jaar
Groen	8500
Waarvan:	
Openbaar groen	4300
Groene gevels	4200
Drinkwater	100330
Waarvan:	
B1**	
Toiletspoeling	10620
Hoogwaardig	26000
C1 – C5	
Toiletspoeling	18480
Hoogwaardig	45230
<i>Totaal</i>	<i>108830</i>

* Bestaande uit de 23290 m³ afstromend water in het business-as-usual scenario minus de waterbehoefte van de blauwgroene daken en minus extra infiltratie in de openbare ruimte uit het drainage – irrigatie - transport (DIT) riool, zie sectie 4.2.2.

** B1 separaat benoemd omdat de planvorming voor dit blok dermate vergevorderd is dat niet alle maatregelen nog geïmplementeerd kunnen worden

4.2 Oplossingen voor opvangen, zuiveren en opslag

In deze paragraaf worden vier oplossingen beschreven. De eerste is de ondergrondse waterberging, die in de overige uitgewerkte oplossingen een centrale rol speelt in het in balans brengen van vraag en aanbod omdat het opgevangen en gezuiverde water (blauw en lichtgrijs) hierin (gedeeltelijk) wordt opgeslagen. Daarna worden de ontworpen concepten voor het omgaan met blauw, lichtgrijs en grijs+zwart water beschreven.

Om het voorlopig ontwerp te kunnen maken zijn (voorlopige) keuzes gemaakt, waaronder productkeuzes, om te komen tot een juiste invulling van de kaders en randvoorwaarden. In een definitief ontwerp kunnen andere keuzes gemaakt worden.

4.2.1 Ondergrondse waterberging

Het overtollige hemelwater en (licht)grijze afvalwater worden na zuivering (zie 4.2.2) via een geboorde injectieput zoveel mogelijk in de diepere ondergrond geïnjecteerd en opgeslagen voor later gebruik in een periode van vraag. Deze ondergrondse waterberging (OWB) is een techniek die tegenwoordig op veel plekken en voor diverse doeleinden wordt toegepast (Zuurbier, 2019b). Het voordeel van dit systeem is dat het water beschermd is tegen invloeden van buitenaf waardoor de kwaliteit van het opgeslagen water langdurig goed blijft. De toepasbaarheid van een OWB is afhankelijk van de lokale opbouw van de ondergrond en het grondwatersysteem. De ondergrond in het plangebied is geschikt voor de realisatie van een OWB (zie de analyse in bijlage III).

Het bovengrondse ruimtebeslag is zeer beperkt, waardoor het systeem makkelijk toepasbaar is in een stedelijke omgeving. De aansturingsruimte van de ondergrondse waterberging kan volledig ondergronds afgewerkt worden. Indien zoals in Nieuwegein de stijghoogte in het watervoerende pakket ver genoeg onder maaiveld ligt, kan het gezuiverde water onder vrij verval worden geïnfiltreerd en zijn geen bovengrondse onderdelen nodig. Omdat op termijn enige putverstopping onvermijdelijk is, waardoor het effectieve stijghoogteverschil afneemt, is het aan te raden om een zogeheten voordrukbus te voorzien om een duurzaam voldoende hoog infiltratiedebiet te genereren. Dit is het enige element van de berging dat op maaiveldniveau zichtbaar is (ca. 1 x 1 x 2 meter; l x b x h). Het uiterlijk hiervan kan naar wens worden vormgegeven conform de architectuur van de wijk.

Ondergronds dient in het watervoerende pakket voldoende afstand te worden gehouden (ongeveer 500 m) tot andere bestaande en nieuwe grondwatergebruikers, zoals WKO-systemen. Bij voorkeur wordt de OWB gerealiseerd in een ander watervoerend pakket dan overige grondwatergebruikers, zodat zo min mogelijk interferentie plaatsvindt.

Tot slot is het van belang om de omvang van de OWB aan te passen op het benodigde gebruik. Voor een goed functionerende OWB dient iets meer water geïnfiltreerd dan onttrokken te worden. Daarbij kan rekening worden gehouden dat in dichtbebouwde omgeving de natuurlijke infiltratie beperkt wordt en dat door extra infiltratie dit (ten dele) gecompenseerd kan worden. De OWB wordt hierop gedimensioneerd en de verwachting is dat deze een gering ruimtebeslag zal hebben in de ondergrond (100 - 120 m).

De verwachting is dat op de meeste binnenstedelijk locaties een wateroverschot bestaat: de hoeveelheid op te slaan hemelwater en gezuiverd afvalwater overstijgt de watervraag. Daarnaast functioneert infrastructuur voor de OWB optimaal wanneer ze wordt ingericht voor gelijkmatige infiltratie van water. Gedurende het jaar en in het bijzonder gedurende piekbuien, ontstaat er een wateroverschot dat niet meteen geïnfiltreerd kan worden. Om te voorkomen dat er wateroverlast bestaat dient dit naar het oppervlaktewater afgevoerd te worden.

De projectlocatie ligt in het centrum van Nieuwegein, en de realisatie van aanvullende bodemenergiesystemen is niet uitgesloten. Daarnaast is het in ieder geval verstandig om de beoogde ondergrondse waterberging te plaatsen op een locatie die zo ver mogelijk van andere voorzieningen en eventuele grondwaterverontreinigingen om eventuele interferentie te minimaliseren. In geval van City Nieuwegein betekent dit een plaatsing zo ver mogelijk naar het noordwesten van het projectgebied (zie de analyse in bijlage III)

Componenten en ruimtebeslag

Voor de realisatie van de OWB kan gekozen worden uit een systeem met één of twee putten. Bij toepassing van een enkele put vinden infiltratie en terugwinning via twee gescheiden filters in dezelfde stijgbuis plaats. Een systeem met twee putten geeft meer flexibiliteit (zie bijlage III). De belangrijkste argumenten voor een twee-putten systeem worden hieronder weergegeven. In de rest van deze studie wordt uitgegaan van toepassing van een twee-putten oplossing.

Voordelen twee-putten systeem t.o.v. een enkele put:

- In geval van onderhoud of calamiteit aan één put, kan de tweede put altijd worden blijven gebruikt. Dit is zeer gewenst bij een continu wateraanbod (grijs water)
- Realisatie van een zgn. **ASTR** (aquifer storage, transfer and recovery) blijft mogelijk. Dit is een variant op de OWB waarbij twee putten op enige afstand van elkaar worden gebruikt: één voor infiltratie en één voor onttrekking. Het geïnfiltreerde water kan zodoende afdrijven naar de onttrekkingsput, waar het vervolgens onttrokken kan worden. Hierbij is de verblijftijd, de mate van bodempassage, en de mate van natuurlijke afbraak van microbiologische organismen maximaal.

De voor de realisatie van een OWB relevante componenten zijn weergegeven in Tabel 4-2.

Tabel 4-2. Componenten ondergrondse waterberging.

OWB Component	Zichtbaar element maaiveld	Ruimtebeslag
Bufferput	Putdeksel (700 mm diam.)	1 m ² (ondergronds)
Infiltratiebron	Putdeksel (900 x 900 mm)	2 m ² (ondergronds)
Onttrekkingsbron	Putdeksel (900 x 900 mm)	2 m ² (ondergronds)
Voordrukbuuis	1 m x 1 m x 2 m (l x b x h)	1 m ² (bovengronds)

Kosten

De investeringskosten voor aanleg van bronnen en aansturing liggen in de ordegrootte van 300 - 400 k€. ⁵ Deze kosten zijn inclusief die voor de aanleg van de voorzuivering (zie 4.2.2). Operationele kosten (elektriciteit, onderhoud, en monsternamen) worden geschat op 10 k€/jaar.

4.2.2 Blauw

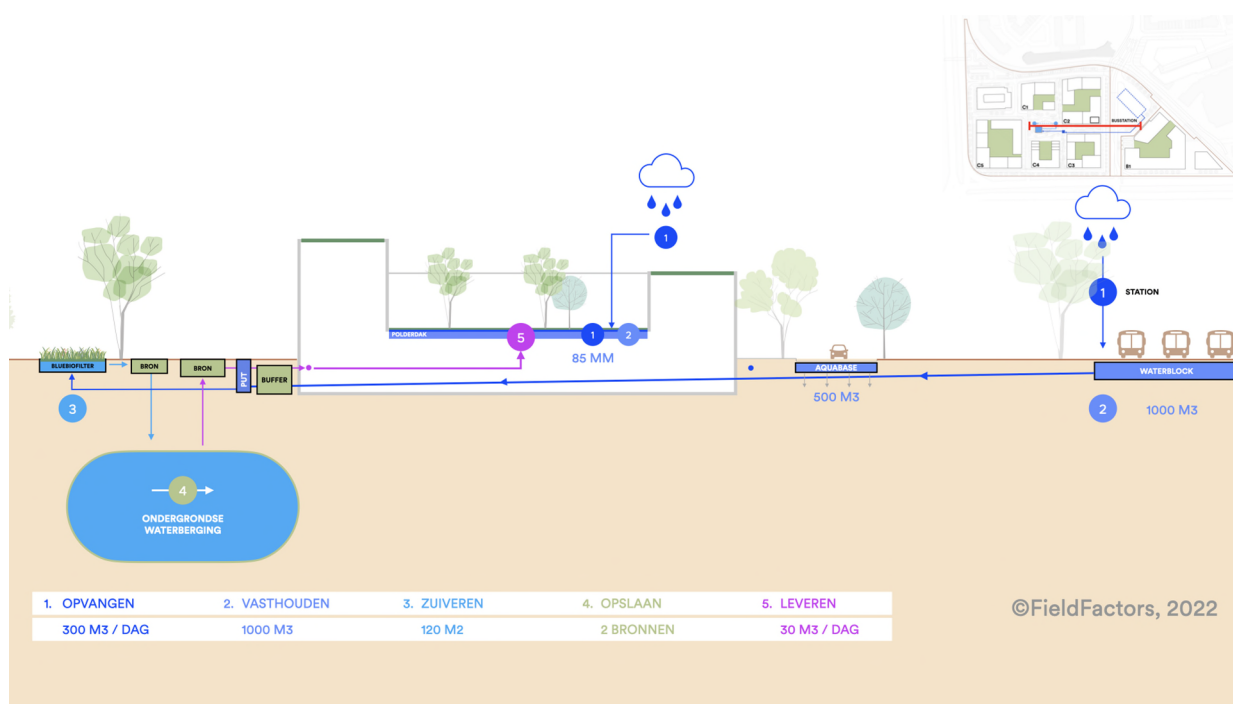
De technische oplossing voor het omgaan met hemelwater (blauw) richt zich op drie hoofddoelen. Ten eerste is de oplossing erop gericht om wateroverlast ten tijde van piekbuien te voorkomen. Tegelijkertijd draagt de oplossing bij aan het tegengaan van hittestress en verbetering van het leefklimaat doormiddel van groen. Ook is ze ingericht om water lokaal op te slaan en beschikbaar te maken om stedelijk groen te voorzien van water in droge perioden. Het overschot aan opgevangen water kan daarnaast ook gebruikt worden om (een deel van) de behoefte voor toiletspoeling te dekken. Dit hemelwater betreft zowel neerslag die afstroomt van daken van gebouwen en binnentuinen (particulier terrein) als neerslag die valt op verhard oppervlak (openbaar en particulier) en het busstation. Voor de functies 1 – 5 zijn de volgende oplossingen gekozen (zie Figuur 4-1):

- 1 & 2 (opvangen en vasthouden):
 - Voorziening voor omgaan met piekbuien van 70mm in 1 uur, waarbij 50 mm neerslag wordt opgevangen en vastgehouden in bouwblokken B1, C1 – C5. De overige 20 mm neerslag wordt naar het openbare gebied afgeleid voor infiltratie. Hiervoor wordt gebruikt gemaakt van de volgende componenten:
 - Blauwgroene daken en binnentuinen, bestaande uit een substraatlaag met vegetatie met daaronder een kunststof krattenstructuur (voorbeeld Permavoid systeem).
 - De watervraag voor de groencomponent wordt gedekt door het vastgehouden water in de krattenstructuur. Overtollig water stroomt af.
 - De berging op de blauwgroene daken kan actief geleegd worden (binnen 48 uur) om capaciteit voor opvang van nieuwe (piek)buien te creëren.
 - Aanvoer van water naar de substraatlaag is mogelijk om bij langdurige droogte te kunnen voorzien in de waterbehoefte van de vegetatie op de blauwgroene daken.
 - Voorziening voor het opvangen en vasthouden van 50 mm neerslag in 1 uur in openbare ruimte en infiltratie van overige 20 mm neerslag in piekbuien van het openbare gebied en bouwblokken.
 - Berging en infiltratie regenwater in een drainage – irrigatie - transport (DIT) riool, bijvoorbeeld een AquaBase systeem of een ander systeem waarbij de holle ruimte in het funderingsgebied fungeert als berging. Vanuit deze berging infiltreert het water in de bodem óf wordt het vertraagd afgevoerd. ⁶ Dit riool wordt aangelegd onder de openbare ruimte.

⁵ In bijlage III (tabel 6.3) zijn kosten berekend inclusief de voorzuivering en kosten voor berging. Deze zijn hier separaat benoemd in sectie 4.2.2 – Blauw. De kosten in deze bijlage gelden voor een systeem met een enkele put. In kosten hier opgenomen is een twee put voorzien.

⁶ Door de hoge retentie in het DIT riool wordt verwacht dat er aanzienlijk meer infiltratie plaatsvindt dan aangegeven in Tabel 3-3 waardoor het maximaal beschikbare volume van 23.290m³ niet gehaald zal worden. Voor de verdere berekeningen wordt hier toch mee gewerkt omdat een nauwkeurige inschatting van de infiltratie niet mogelijk was.

- Waterbuffer onder stationsgebied voor opvang van afgevoerde water uit DIT riool (voorbeeld Waterblocks systeem).
- 3 (zuiveren):
 - Voordat het opgevangen hemelwater in de diepere ondergrond geïnfiltrated kan worden dient het aan kwaliteitseisen te voldoen (zie bijlage III). Hiertoe wordt een natuurlijk zuiveringssysteem aangelegd dat zorgt voor het voldoen aan Nederlandse waterkwaliteitsnormen voor infiltratie⁷, bijvoorbeeld het BlueBioFilter systeem (Zurbier et al., 2019a).
- 4 (opslaan): Zie OWB - infiltratiebron
- 5 (gebruiken):
 - Wanneer het water nodig is, wordt het opgepompt uit de waterberging en geleverd aan het stedelijk groen en/of toiletspoeling (laagwaardige toepassing). Zie OWB – onttrekkingsbron. Hiertoe dient een irrigatiesysteem en/of grijswatersysteem in de bouwblokken aangelegd te worden. Voor beplanting in de volle grond kan hiertoe mogelijk ook het DIT riool gebruikt worden. Aangezien de exacte planning hiervan afhankelijk is van het groenplan en/of het besluit om het water voor toiletspoeling te gebruiken, zijn kosten voor overige componenten niet geraamd in deze studie.

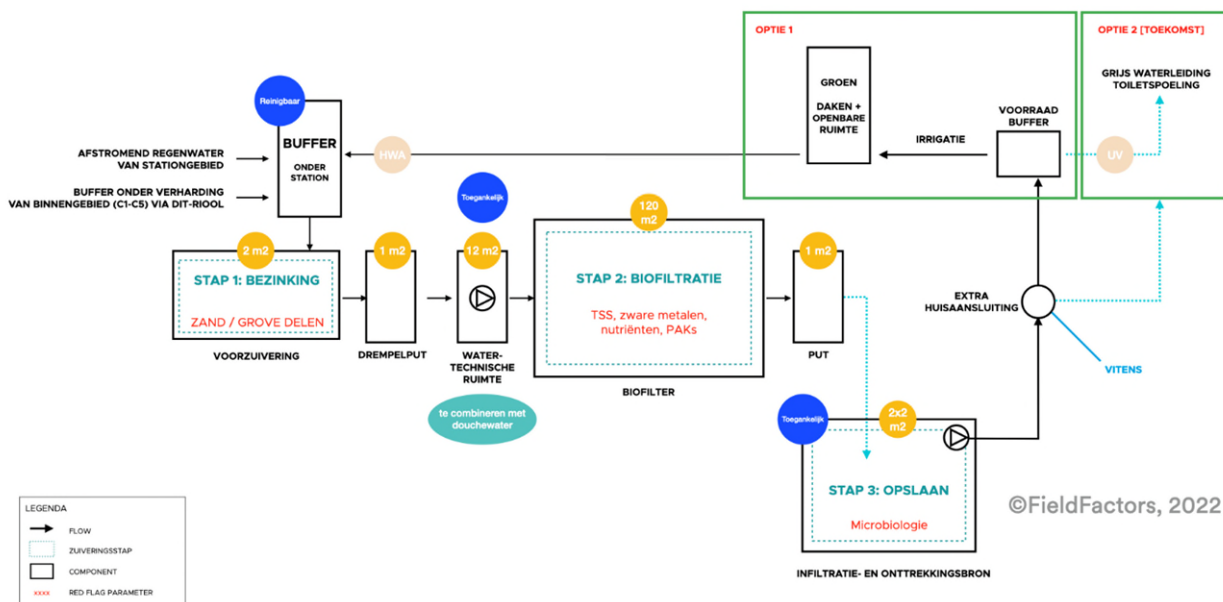


Figuur 4-1. Opvangen (1) en vasthouden (2), zuiveren (3), opslaan (4) en hergebruiken (5) van regenwater in de openbare ruimte, stationsgebied en blauwgroene daken.

De technische oplossing (Figuur 4-2) omvat alle elementen die nodig zijn om te zorgen voor 1) opvangen en vasthouden van hemelwater om wateroverlast te voorkomen (piekbuien van 70 mm in 1 uur) en 2) het zuiveren en infiltreren van hemelwater voor opslag ten behoeve van (her)gebruik. De zuivering bestaat uit bezinking voor het verwijderen van zand en grove delen gevolgd door biofiltratie voor de verwijdering van zwevend stof, organische vervuilingen, nutriënten en metalen. Voor deze zuivering kan bijvoorbeeld het BlueBioFilter systeem worden toegepast (zie bijlage V).

⁷ Deze zijn gebaseerd op de Europese grondwaterrichtlijn - 2006/118/EG. De Nederlandse wetgeving is ambivalent met betrekking tot dit soort infiltraties. Bij twijfel bepaalt het bevoegd gezag welke richtlijn wordt gehanteerd. Dit is vaak het infiltratiebesluit, dat echter is bedoeld voor infiltratie van oppervlaktewater.

Omdat piekbuien verwerken een groter ruimtebeslag vraagt dan het verwerken van een normale bui (15 mm/uur) en jaarlijks niet veel meer water oplevert voor hergebruik, wordt de infrastructuur voor zuivering en opslag gedimensioneerd op normale buien en op het verwerken van een totale neerslaghoeveelheid van 17.480 m³ hemelwater (maximale afstromende hoeveelheid in een gemiddeld jaar, Tabel 4-1). Het overschot dat wordt geborgen tijdens piekbuien en niet tijdig geïnfiltreerd kan worden, wordt naar het oppervlaktewater afgevoerd.



Figuur 4-2. Proces flow diagram Voorlopig Ontwerp regenwater.

Componenten en ruimtebeslag

In Tabel 4-3 worden het ruimtebeslag en kosten voor de componenten van de oplossing Blauw op een rijtje gezet.

Tabel 4-3. Componenten technische oplossing Blauw.

Componenten	Ruimtebeslag	Kosten (k€)
Krattenstructuur voor vasthouden en opslag hemelwater (Permavoid)	15000 m ² dakoppervlak en binnentuin	500 – 550
Vasthouden onder openbare ruimte (AquaBase of vergelijkbaar)	Ondergronds, 500 m ³	175 – 350
Hemelwateropslag busstation (Waterblocks)	Ondergronds, 1000 m ³	
Waterzuivering bestaande uit: <ul style="list-style-type: none"> Voorbezinktank Drempelput Watertechnische ruimte Biofilter Put 	2 m ² (ondergronds) 1 m ² (ondergronds) 12 m ² (ondergronds, toegankelijk vanaf maaiveld) 120 m ² 1 m ²	300-400*
Ondergrondse waterberging		Zie 4.2.1
Irrigatiesysteem openbaar groen (DIT riool)	Ondergronds	**

* Deze kosten zijn inclusief de kosten voor de OWB, zie 4.2.1.

** omdat hiervoor het DIT riool, bijv. Waterblocks, worden gebruikt brengt dit geen infrastructuurkosten met zich mee. Omdat mogelijk niet al het groen in de volle grond staat, of omdat voor gelijkmatige verdeling van het water over het DIT riool voor irrigatiedoeleinden voeding op meerdere punten nodig kan zijn, is mogelijk extra leidingwerk nodig. Dit dient in het definitieve ontwerp ingepast te worden op basis van het groenplan.

Operationele kosten (elektriciteit, onderhoud, reiniging Waterblocks buffer, en monsternamen) worden geschat op 15k-20k per jaar. Dit is inclusief de operationele kosten voor de OWB.

4.2.3 Lichtgrijs

Zoals eerder berekend (Tabel 4-1), is voor een ontwikkeling zoals voorzien in het plangebied opslag en gebruik van hemelwater afdoende om de behoefte aan water voor groen af te dekken⁸. Indien het water ook voor ander laagwaardig gebruik, zoals toiletspoeling, ingezet dient te worden, is er onvoldoende water beschikbaar om de volledige behoefte te dekken vanuit het beschikbare hemelwater (Tabel 4-1). Aanvullend zou licht vervuild water uit douche en bad (lichtgrijs water) ingezet kunnen worden. Wanneer dit water in een gescheiden leidingwerk wordt opgevangen en naar de perceelgrens van het bouwblok wordt geleid, is het mogelijk om dit water eenvoudig te zuiveren (Arden en Ma, 2018) en toe te voegen aan de OWB. Om aan de totale behoefte voor laagwaardig gebruik te voldoen is jaarlijks een maximale behoefte van geschat 27.000 m³ water nodig. Hierbij wordt uitgegaan van een maximale aanvullende behoefte voor groen (bomenrijke openbare ruimte, maximale realisatie groene gevels) van 8500 m³ en toiletspoeling van reguliere toiletten in C1 – C5 van 18.480 m³ (Tabel 4-1).⁹

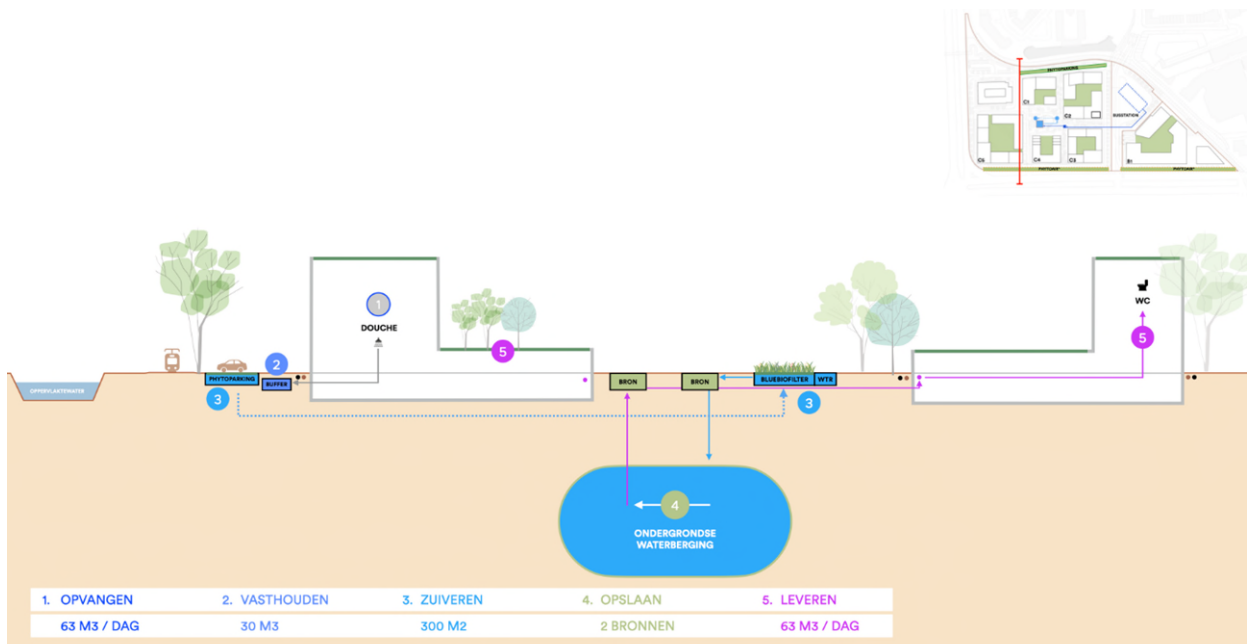
Het afstromende regenwater levert hiervan een aanzienlijk deel (maximaal 17.480m³, praktisch gezien minder doordat de zuivering voor het hemelwater niet gedimensioneerd is op de verwerking van al het water uit piekbuien en omdat efficiëntie in zuivering, opslag en terugwinning uit OWB geen 100% is). Op basis van de geschatte inwonersaantallen en de productie van lichtgrijs water per persoon per dag, levert het opvangen en zuiveren van lichtgrijs water uit blokken B1 en C5 ongeveer 23.000 m³ water op (63 m³/dag). Dit is, samen met het hemelwater uit de oplossing voor Blauw (paragraaf 4.2.2) afdoende om aan de totale vraag voor laagwaardige toepassing te kunnen voldoen voor groen en C1 – C5. Daarom is de oplossing voor lichtgrijs gedimensioneerd om het water van B1 en C5 te verwerken.

Omdat de voorkeur bestaat voor een natuurlijke zuivering die bijdraagt aan de groene beleving in het plangebied, dient een helofytenfilter zich aan als passende zuiveringsoplossing (Hoffmann, Platzer et al. 2011). Door de beperkte ruimte in het plangebied bestaat ook de noodzaak om spaarzaam om te gaan met de beschikbare ruimte. Daarom is er gezocht naar een oplossing die 1) minimaal beslag legt op de ruimte en 2) waar mogelijk functies kan combineren. Door het filterbed actief te beluchten wordt de zuiveringsefficiëntie vergroot en wordt het benodigde oppervlak verkleind. Een voorbeeld van een dergelijk systeem is de Phyto-reeks (zie bijlage V). De oplossing Phytoparking combineert dit beluchte filter systeem met een drukverdelende laag, waardoor er bijvoorbeeld parkeerplaatsen gecreëerd kunnen worden boven het filter. Na zuivering in de Phytoparking wordt het water naar het BlueBioFilter geleid waar het hemelwater mee gezuiverd wordt. Dit fungeert als buffer voor infiltratie. In Figuur 4-3 zijn de onderdelen van de oplossing Lichtgrijs en de belangrijkste waterstromen weergegeven. In Figuur 4-4 is een voorlopig ontwerp van de oplossing Lichtgrijs in de vorm van een flow diagram weergegeven.

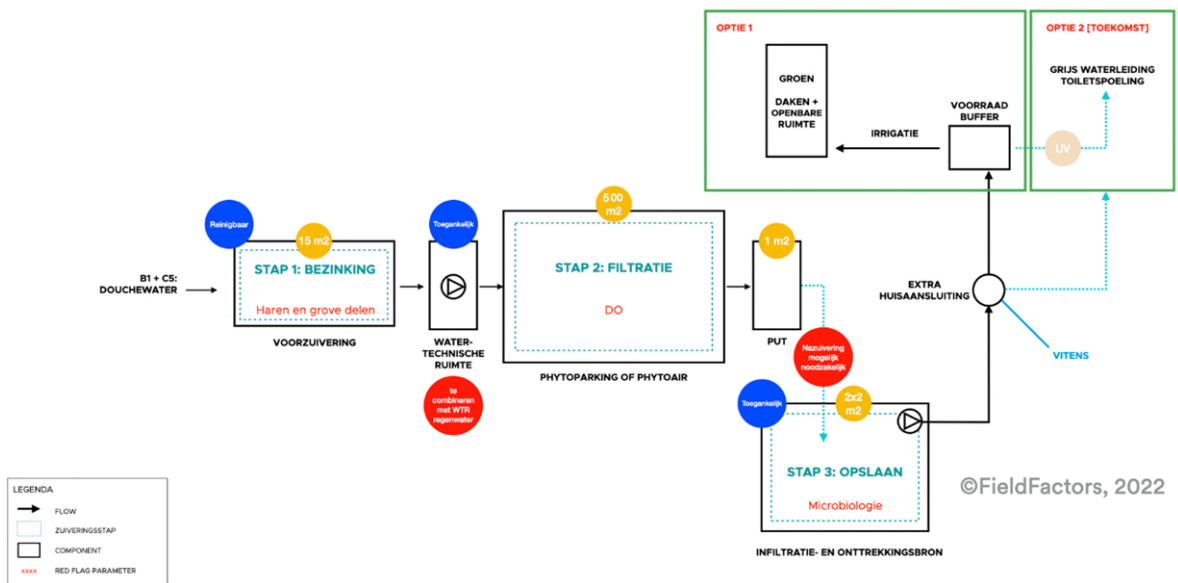
De gemeente Nieuwegein heeft voor de hoogstedelijke omgeving in het plangebied haar voorkeur uitgesproken voor de Phytoparking oplossing uit de Phytoreeks, derhalve zijn de karakteristieken gebruikt voor dit systeem gebruikt in de onderstaande uitwerking.

⁸ Voorwaarde is een DIT systeem met voldoende efficiëntie in het verzamelen van hemelwater voor hergebruik, waarbij niet te veel water verloren gaat door infiltratie in de ondergrond.

⁹ Ontwerp van B1 is te ver gevorderd om Voorziening voor toiletspoeling met water uit de OWB nog te kunnen implementeren



Figuur 4-3. Opvangen (1) en vasthouden (2), zuiveren (3), opslaan (4) van lichtgrijs water uit bouwblokken B1 en C5. Hergebruik in openbare ruimte en alle bouwblokken B1 en C1 – C5.



Figuur 4-4. Proces flow diagram Voorlopig Ontwerp lichtgrijs water.

Componenten en ruimtebeslag

In Tabel 4-4 worden het ruimtebeslag en kosten voor de componenten van de oplossing Lichtgrijs op een rij gezet.

Tabel 4-4. Componenten technische oplossing Lichtgrijs.

Componenten	Ruimtebeslag	Kosten (k€)
Gescheiden afvalwatersysteem voor opvang lichtgrijs water in B1 en C5		p.m.
Waterzuivering bestaande uit: <ul style="list-style-type: none"> • Buffer • Voorbezinktank • Helofytenfilter • Technische ruimte Verwerkt op jaarbasis 23000 m3 lichtgrijs water.	Ondergronds (toegang 1 m2) Ondergronds (toegang 1 m2) 500 m2 (onder parkeerdek) 12 m2 (Ondergronds, toegang 1m2)	140 – 250
Investering in infrastructuur in openbaar gebied		100 - 200
Ondergrondse waterberging		Zie 4.2.1
Gescheiden grijswatersysteem voor toiletspoeling	in pandig	p.m.

Operationele kosten (elektriciteit, onderhoud, reiniging voorbezinktank, en monsternamen) worden geschat op 5k-15k€ per jaar.

4.2.4 Grijs + Zwart

Naast (her)gebruik van regenwater en lichtgrijs water is het ook mogelijk om de gehele grijs en zwart water stromen te zuiveren. In een reguliere situatie worden deze via het riool afgevoerd naar een RWZI. In een verdergaand circulair concept worden deze stromen beschouwd als grondstof en kunnen ze voor hergebruik geschikt gemaakt worden. Uit het voorgaande blijkt reeds dat er geen noodzaak is om gezuiverd grijs en zwart water in te zetten om in de behoefte voor laagwaardig gebruik te voorzien. In het kader van het toetsen van circulaire concepten, passend in de ambitie voor de meest duurzame binnenstad, wordt hieronder een oplossing geschetst waarbij ook het grijze en zwarte water verregaand gezuiverd wordt. Omdat de planning van blokken B1 en C5 reeds te ver gevorderd is om dit nog in te kunnen passen, is in het onderstaande alleen geschetst wat dit zou betekenen bij implementatie in C1 – C4.

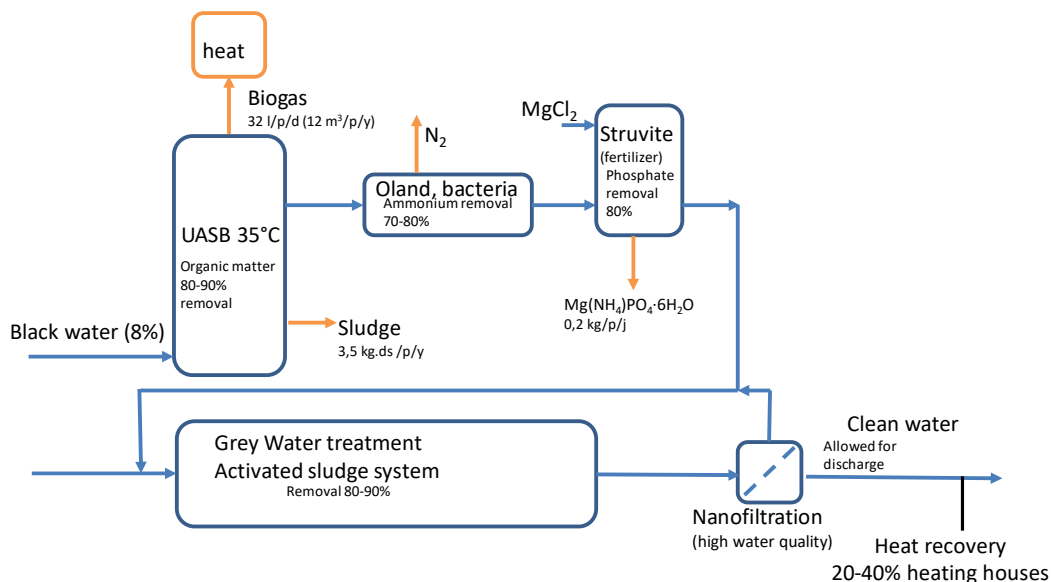
Bij het op locatie (= decentraal) zuiveren van het afvalwater voor lokaal hergebruik, wordt een technologische afvalwaterzuivering gebruikt en geen natuurlijke zoals de eerder beschreven biofiltratie-systemen. Bijlage IV beschrijft een mogelijke oplossing, waarbij wordt ingezet op zowel het zuiveren van het afvalwater als ook het reduceren van het waterverbruik. Figuur 4-5 geeft een schematische weergave van deze zuivering, waarin ook een optionele stap voor fosfaatverwijdering is opgenomen. De belangrijkste stappen zijn hieronder beschreven:

- Het scheiden van afvalwaterstromen aan de bron zodat ze op de meest efficiënte manier gezuiverd kunnen worden. Grijs water en zwart water worden daarom apart verzameld. Opgemerkt wordt dat het lichtgrijze water (douche en bad) daar in oplossing lichtgrijs apart wordt verzameld hier niet afgescheiden wordt maar gezamenlijk met het grijze water wordt opgevangen.
- Zuivering van het grijze water in een actief slib reactor. Hierin worden aanwezig organische materiaal en nutriënten verwijderd.
- Vergisting van het zwarte water gericht op het verwijderen van organisch materiaal vindt plaats in een Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) reactor (Saniwijzer, 2022). Dit wordt gevolgd door een ammonium verwijdering in een Oxygen-Limited Autotrophic Nitrification-Denitrification (OLAND) (STOWA, 2014b). Na afscheiden van slib en biogas wordt het water naar de vergisterei voor de grijswaterzuivering geleid.

- Als laatste zuiveringsstap wordt gebruikt gemaakt van nanofiltratie om microverontreinigingen en pathogenen te verwijderen.

Overige (mogelijke) voordelen van deze oplossing:

- Een geconcentreerder zwart water stroom kan efficiënter vergist worden. Door inzet van vacuümtoiletten kan de zwart waterstroom extra geconcentreerd worden terwijl tegelijkertijd de watervraag voor toiletspoeling gereduceerd wordt.
- Het zwarte water kan verder verrijkt worden door er keukenafval aan toe te voegen d.m.v. keukenvermalers. Hiervoor is echter wel water nodig, waardoor de waterbesparing door de vacuümtoiletten deels tenietgedaan wordt.
- Het afvalwater is na zuivering warm (~20°C) en kan daardoor als warmtebron voor een WKO-systeem worden gebruikt.
- Het geproduceerde biogas kan worden gebruikt om in de warmtevoorziening van de zuivering te voorzien en om de WKO te voeden.



Figuur 4-5. Processchema voor het decentraal behandelen van afvalwater volgens het in bijlage IV uitgewerkte concept.

Belangrijk aandachtspunt:

Hoewel het systeem kwalitatief goed water produceert, is er op de locatie geen behoefte aan dit water voor laagwaardig gebruik. Voor hoogwaardig gebruik (drinkwater) voor alle andere toepassingen geldt dat in een centrale voorziening het water alleen door het drinkwaterbedrijf geleverd mag worden. Nieuwegein valt in het verzorgingsgebied van drinkwaterbedrijf Vitens. Vitens is bij het project aangesloten en wil verkennen wat de mogelijkheden zijn voor decentrale drinkwaterproductie (bijvoorbeeld uit het effluent uit de decentrale afvalwaterzuivering). Deze verkenning valt buiten de scope van het huidige project, maar is wel reeds opgenomen in Figuur 4-7.

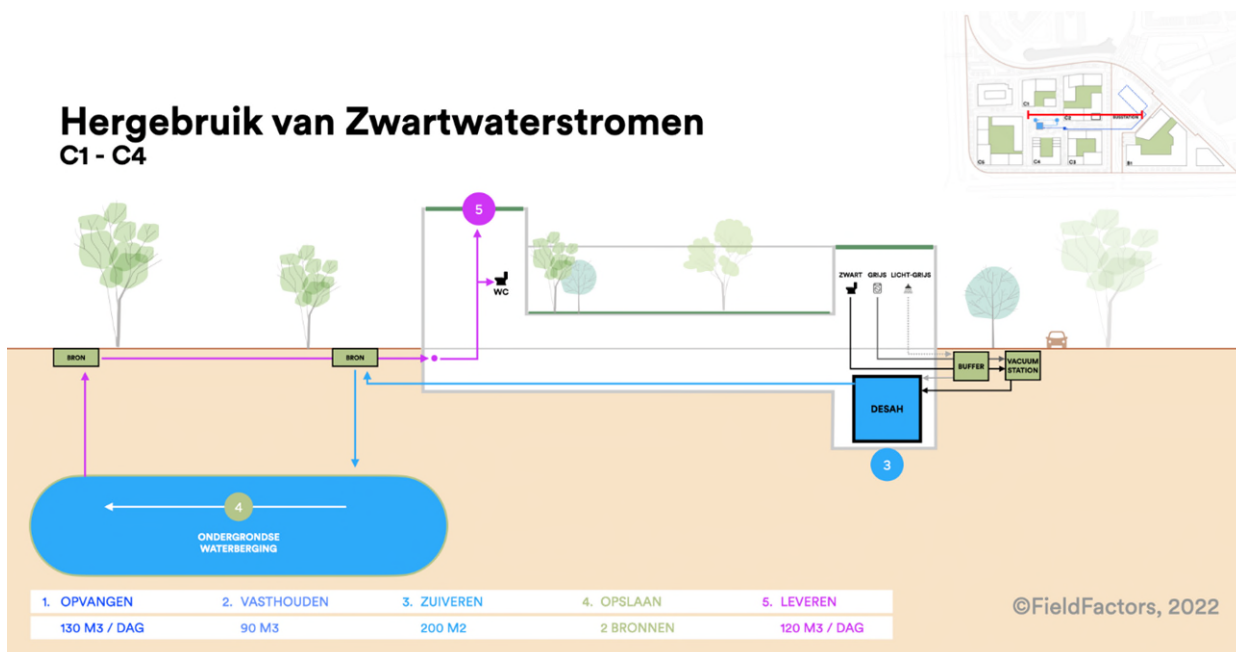
Het gezuiverde water zou in de OWB geïnfiltrated kunnen worden indien de kwaliteit geborgd is (zie hoofdstuk 5). Echter, hierbij dient er wel gestuurd te worden op balans van infiltratie en onttrekking. Indien er netto infiltratie plaatsvindt zal het ruimtebeslag in de ondergrond jaarlijks toenemen, wat tot interferentie met andere activiteiten zoals WKO-systemen.

In de oplossing grijs+zwart wordt gebruikt gemaakt van een combinatie van vergisting en nanofiltratie. Met behulp van deze zuiveringsstappen worden mogelijk niet alle probleemstoffen verwijderd. Er is in deze studie nog niet onderzocht wat de samenstelling is van de waterstroom die uit deze zuivering en of additionele nazuivering

noodzakelijk is voordat het water geïnfiltererd kan worden. Ook wordt er bij de nanofiltratie een concentraatstroom geproduceerd. In bijlage IV is aangegeven dat deze teruggevoerd wordt in het proces, en dat daarmee geen separate reststroom ontstaat. Dit kan echter leiden tot het ophopen van microverontreinigingen en zouten in het systeem, waardoor periodiek alsnog een deel van het concentraat afgevoerd en verwerkt zou moeten worden. Dit is in deze studie nog niet verder uitgewerkt.

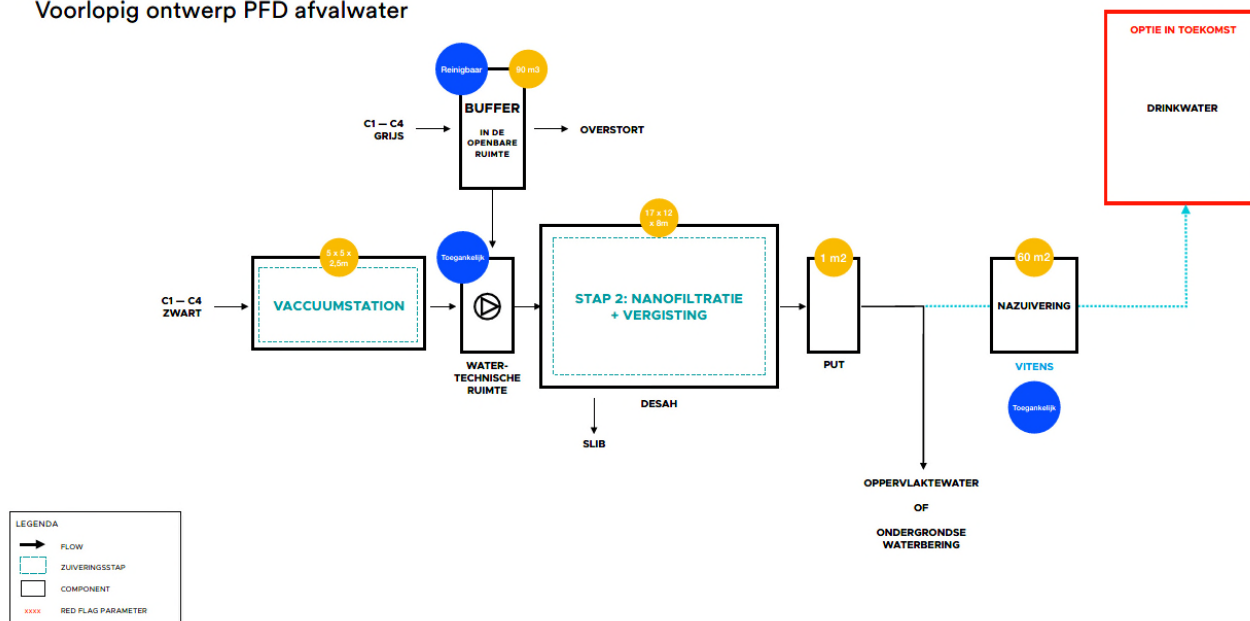
Kwaliteitsbewaking behandeld water en robuustheid van een waterzuivering zijn belangrijke zaken. Dit geldt in het bijzonder voor de waterzuivering in de oplossing grijs+zwart, door de complexere aard van het systeem ten opzichte van blauw en lichtgrijs, maar ook vanwege de mogelijke risicofactoren, zoals doorbraak van pathogenen en microverontreinigingen, en de hogere kwaliteitseisen voor eventueel gebruik van hoogwaardig water. Inrichting van kwaliteitsbewaking, neergelegd in een gedegen monitoringsstrategie, zijn derhalve essentieel.

In Figuur 4-6 zijn de onderdelen van de oplossing grijs+zwart en de belangrijkste waterstromen weergegeven. In Figuur 4-7 is een voorlopig ontwerp van de oplossing grijs+zwart in de vorm van een flow diagram weergegeven.



Figuur 4-6. Zuiveren (3) van grijs en zwart water uit C1-C4 en potentie voor opslag en/of gebruik (5) in B1 en C1 – C5 en openbare ruimte. In de figuur zijn lichtgrijs en grijs als twee gescheiden bronnen weergegeven – in oplossing grijs+zwart worden deze niet gescheiden maar juist gezamenlijk opgevangen.

Voorlopig ontwerp PFD afvalwater



Figuur 4-7. Proces flow diagram Voorlopig Ontwerp grijs + zwart water. Hierin is als bestemming voor het gezuiverde water een drietal opties aangegeven: toevoegen aan de OWB, afleiden naar oppervlaktewater of verder zuivering tot drinkwater middels een decentrale drinkwaterzuivering van Vitens.

Componenten en ruimtebeslag

In Tabel 4-5 worden het ruimtebeslag en kosten voor de componenten van de oplossing Grijs+Zwart op een rij gezet.

Tabel 4-5. Componenten technische oplossing Grijs + Zwart voor C1 – C4 (600 appartementen).

Componenten	Ruimtebeslag	Kosten (k€)
Vacuümtoilet + vacuümleiding*	Inpandig	570**
Vacuümriolering en vacuümstation, overige infrastructuur in openbaar gebied	5 x 5 x 2.5 m (l x b x h)	400 - 700
Keukenvermaler*	Inpandig	600
Waterzuivering Verwerkt op jaarbasis 47000 m3 grijs en zwart water. Incl. buffertank grijswater	17 x 12 m (l x b). Grootste hoogte: 8 m	1100

* Kosten voor eigenaar/huurder

** gemiddelde prijs voor vacuümleiding uit bijlage IV gehanteerd.

Omdat de ruimte in de openbare ruimte schaars is, zou gekozen moeten worden voor inpandig realiseren van de zuivering. Er is reeds ervaring met het installeren van dergelijke inpandige zuiveringsinstallaties (zie bijlage IV). Exploitatiekosten o.a. personeelskosten voor beheer, onderhoudskosten (onderdelen, reparaties), analysekosten, slibtransport en verwerking, overige (elektriciteit, gas, water) en worden geschat op 65 k€ per jaar.

Tabel 4-6. Baten technische oplossing Grijs + Zwart voor C1 – C4 (600 appartementen).

Componenten	Baten (k€)
Besparing inzameling GFT*	15
Warmtelevering (aan WKO)	21
Besparing drinkwater**	8,8***

* uitgaande van 25€ per jaar per appartement, zoals bepaald voor de casus Noorderhoek, bron STOWA (2014a)

** 20 L per persoon per dag, uit 30 L/pp/dag besparing door vacuümtoilet en 33% minder waterbesparing bij toepassen van keukenvermalers, uit bijlage IV. Dit is een besparing van in totaal 7900m³ drinkwater.

*** uitgaande van een prijs per m³ van 1,11€, Vitens (2022).

4.3 Scenario's

Het stedelijk waterconcept, zoals uitgewerkt in dit hoofdstuk, zal worden geïmplementeerd in City Nieuwegein. Aangezien de ontwikkelingen van de verschillende onderdelen van het plangebied niet synchroon lopen, kunnen niet alle onderdelen uit het waterconcept in alle deelgebieden worden geïmplementeerd. Zo is bijvoorbeeld de ontwikkeling van de woongebouwen in blok B1 reeds te ver gevorderd om nog in pandig hergebruik van gezuiverd lichtgrijs water of de installatie van vacuümtoiletten te realiseren. Voor City Nieuwegein wordt zodoende een opzet met drie verschillende scenario's voorgesteld, die worden geïmplementeerd in verschillende onderdelen van het plangebied:

- Scenario +: besparing
- Scenario ++: vervanging
- Scenario +++: circulair

De scenario's zijn ieder een combinatie van meerdere oplossingen zoals in sectie 4.2 beschreven. In Tabel 4-7 wordt weergegeven welke oplossingen in welk scenario worden gecombineerd. Figuur 4-8 geeft een schematisch overzicht van de implementatie van scenario +++ en de belangrijkste onderdelen en waterstromen in dat scenario.

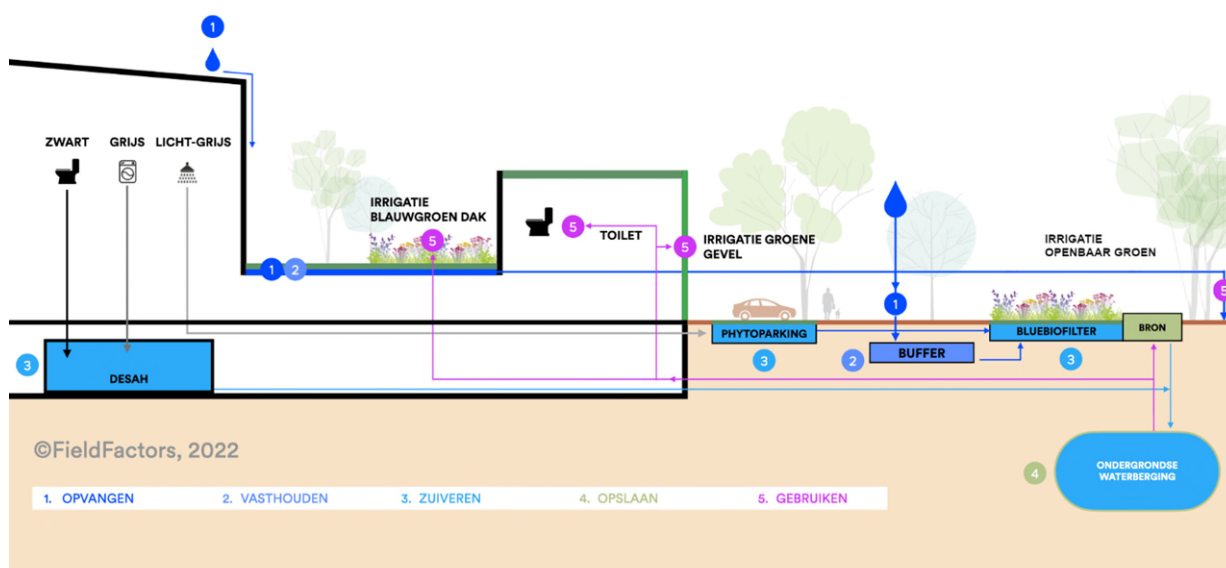
Tabel 4-7. Overzicht van de toegepaste oplossingen in de uitgewerkte scenario's.

Scenario's	Oplossingen			
	OWB	Blauw	Lichtgrijs	Grijs+Zwart
+ (besparing)	x	x		
++ (vervanging)	x	x	x	
+++ (circulair)	x	x	x	x

In alle berekeningen hieronder is uitgegaan van de uiteindelijke situatie waarin alle bouwblokken volledig ontwikkeld zijn volgens de gekozen concepten. Er is dus geen sprake van scenario's per bouwblok maar voor het gehele plangebied. Wel is er rekening gehouden met de (on)mogelijkheid om scenario's volledig toe te passen in de verschillende bouwblokken. In Tabel 4-8 wordt weergegeven wat de maximale variant is die per bouwblok nog toegepast kan worden.

Tabel 4-8. Het maximale scenario dat voor de verschillende onderdelen in het plangebied toegepast kan worden.

Ontwikkellocatie	Scenario +	Scenario ++	Scenario +++
Busstation	x (produceert geen afvalwater)		
Blok B1.1 & B1.2	x (planfase te ver gevorderd voor ++/+++)		
Blok C5	x	x (planfase te ver gevorderd voor +++)	
Blokken C1 - C4	x	x	x
Openbaar gebied (incl. Borgstede)	x (produceert geen afvalwater)		



Figuur 4-8. Schematische weergave van de implementatie van scenario +++.

4.3.1 Scenario +

In dit scenario wordt alleen het concept Blauw geïmplementeerd. Hierbij wordt hemelwater uit het gehele plangebied verzameld en na zuivering opgeslagen in de OWB. Dit water wordt toegepast voor irrigatie van het groen (dak, gevel, openbare ruimte) in het gehele plangebied. Daarmee vervalt de vraag naar drinkwater voor irrigatiedoeleinden. In bouwblokken C1 – C5 kan het opgevangen water worden toegepast voor toiletspoeling, waardoor een verdere drinkwaterbesparing gerealiseerd wordt. In blok B1 kan deze maatregel niet meer worden geacommodeerd.

Wanneer dit scenario wordt geïmplementeerd betekent dit het volgende (alle waterhoeveelheden zijn volumes per jaar tenzij anders vermeld):

- 17.480 m³ hemelwater beschikbaar voor infiltratie in OWB
- 8500 m³ (maximaal) besparing drinkwater door vervanging irrigatievraag door (her)gebruik hemelwater
- Voor blokken C1 - C5 worden 1463 bewoners verwacht. Bij (her)gebruik van water uit de OWB voor toiletspoeling is voor deze bouwblokken (bij gebruik van klassieke toiletten) 18.480 m³ water nodig. Ongeveer 50% hiervan kan gedekt worden vanuit het water dat via dit scenario beschikbaar komt.

- Met het hemelwater dat via dit scenario beschikbaar wordt 16% van de drinkwatervraag in het totale plangebied bespaard t.o.v. een situatie zonder opslag en (her)gebruik van hemelwater en zonder waterbesparende maatregelen maar met maximaal oppervlak aan groene gevels. Dit komt overeen met 20,8 L/persoon/dag
- Wanneer waterbesparing wordt doorgevoerd zoals beschreven in scenario +++, neemt de vraag naar laagwaardig water af met ongeveer 8000 m³ door de gebruikte combinatie van vacuümtoilet en keukenvermaler (15 L/pp/dag i.p.v. 35 L/pp/dag verbruik in blokken C1-C4). In dit scenario kan het hemelwater aan vrijwel de volledige behoefte voorzien (92%) in het geval van maximaal gebruik van groene gevels en zelfs volledig wanneer er een kleiner of geen groene gevel oppervlak wordt gerealiseerd. Wanneer waterbesparende toiletten (bijvoorbeeld vacuümtoiletten) zouden worden toegepast in combinatie met scenario Blauw is er mogelijk voldoende hemelwater beschikbaar om volledig te voorzien in de vraag voor laagwaardig gebruik. In de verdere beschouwing van dit scenario is echter uitgegaan van conventioneel sanitair zijn specifieke waterbesparende maatregelen.
- De ondergrondse waterberging is essentieel omdat vraag en aanbod niet in de tijd samenvallen, en de buffercapaciteit van de OWB essentieel is om een betrouwbaar wateraanbod te creëren.

Kosten-Baten

Kosten:

- 975-1300 k€ CAPEX (excl.: leidingwerk voor in pandige distributie laagwaardig water, nazuivering voor Fe/Mn verwijdering)
- 15 – 20 k€/jaar OPEX

Baten:

- 17.480 m³ drinkwaterbesparing (t.w.v. 19,4 k€/jaar)

Ruimtebeslag

- 150 m², waarvan 120 m² bovengronds (natuurlijk filter, voordrukbuis) de rest ondergronds en toegankelijk via putdeksels.

Risico's:

- Bij gebruik van behandeld water voor irrigatiedoeleinden en/of toiletspoeling gelden microbiologische criteria. Het systeem dient zo ontworpen te worden dat er geen microbiologisch risico kan ontstaan.
- Besmettingsgevaar drinkwater: ten behoeve van in pandig gebruik van water uit de OWB is de aanleg van een separaat leidingnet vereist. Bij het gebruik van meerdere leidingnetten naast elkaar bestaat het risico op kruisverbindingen, en daardoor besmettingsgevaar voor het drinkwaternet. Dit risico wordt verkleind door gebruik te maken van leidingen met duidelijke kleurmarkeringen, desondanks kan het maken van kruisverbindingen nooit geheel worden uitgesloten.
- In geval van technische storing mag er geen wateroverlast (piekbuien) of watergebrek (laagwaardig gebruik) optreden. Het ontwerp (2 putten en maximaal gebruik van passieve componenten) minimaliseert dit risico. Desondanks dient het rioolstelsel voldoende gedimensioneerd te zijn als terugval optie indien de zuivering niet functioneert en dient een drinkwateraansluiting van voldoende capaciteit beschikbaar te zijn om het plangebied in de volledige laagwaardige + hoogwaardige vraag te voorzien.

Onzekerheden en openstaande vragen:

Waterkwantiteit

- Omdat het groenplan voor de openbare ruimte en het groenontwerp (binnentuinen, gevels) voor de bouwblokken nog niet definitief zijn, is de watervraag, en daarmee de besparing, door vervanging van drinkwater voor deze toepassing nog onzeker.

Waterkwaliteit

- De kwaliteitskenmerken van het hemelwater dat van de verharde oppervlaktes in het openbare gebied afstroomt zijn niet bekend. De dimensionering van de natuurlijke zuivering zal in de definitieve ontwerpfase bepaald moeten worden op basis van daadwerkelijke informatie over de waterkwaliteit, opdat gegarandeerd wordt dat aan de richtlijnen voor infiltratie wordt voldaan. Ook dient zeker gesteld te worden dat zich in het afstromende hemelwater geen verontreinigingen bevinden die in de natuurlijke zuivering niet afdoende verwijderd worden. Het voldoen aan richtlijnen voor infiltratie dient in samenspraak met het bevoegd gezag vastgesteld te worden.
- Bij gebruik van behandeld afvalwater voor irrigatiedoeleinden en/of toiletspoeling gelden microbiologische criteria. De OWB dient zo ontworpen te worden dat voldoende verblijftijd voor reductie in pathogenen wordt bereikt. Mogelijk dient ook een nazuivering gericht op desinfectie geïnstalleerd te worden, bijvoorbeeld een desinfectie met UV-straling. Dit risico en de benodigde maatregelen dienen nog in kaart gebracht te worden.

Zuivering

- Afhankelijk van het ontwerp van het irrigatiesysteem is het meer of minder gevoelig voor verstopping. Indien er risico is op verstopping, dient een nazuivering van het onttrokken water uit de OWB toegevoegd te worden om ijzer en mangaan te verwijderen. Een dergelijke zuivering (beluchtingsstap) kan in de watertechnische ruimte worden ondergebracht. De noodzaak en kosten van nazuivering dienen onderzocht te worden.
- Bij in pandig hergebruik dient in ieder geval de bovengenoemde nazuivering geïmplementeerd te worden.

Geohydrologisch

- De precieze configuratie van de OWB moet verder worden uitgewerkt. Belangrijke afwegingen hierbij zijn het toepassen van één of twee putten, en het gebruik van een vaste onttrekkingsput en infiltratieput (ASTR-systeem).
- Voordat de OWB wordt aangelegd, is het aan te bevelen om een proefboring te doen tot in het tweede watervoerende pakket om de bodemopbouw en grondwaterkwaliteit ter plaatse exact in beeld te brengen. Deze put kan later, als de OWB is gerealiseerd, tevens worden ingericht als waarnemingsput.
- Tevens is het aan te bevelen om de grondwaterstroming op de projectlocatie te verifiëren. Dit kan door in drie (bestaande of nieuwe) peilbuizen in driehoekopstelling gedurende enige tijd (bijvoorbeeld een jaar) de stijghoogte in het beoogde watervoerende pakket handmatig of met loggers te meten. Door de metingen uit de drie peilbuizen te vergelijken, kunnen de stromingsrichting en de stroomsnelheid van het grondwater worden afgeleid. Aanvullend op grondwaterstandsmetingen is het raadzaam om door middel van een modelstudie nader onderzoek te doen naar eventuele interferentie met andere grondwatergebruikers in hetzelfde watervoerende pakket.
- Er dient een effectenstudie naar interferenties van de OWB met ander gebruik van de ondergrond (o.a. WKO's) uitgevoerd te worden.
- Omdat wateraanbod en vraag niet gelijkmatig over het jaar verdeeld zijn, is te verwachten dat er eerst water in de OWB opgeslagen dient te worden alvorens onttrekking kan beginnen, om netto onttrekking te voorkomen. Zowel water aanbod als watervraag zullen door de gefaseerde realisatie van de bouwblokken stapsgewijs toenemen. Het juiste proces voor het in bedrijf stellen is afhankelijk van de uiteindelijke gekozen systeemconfiguraties, en dient op basis van de hydrologische omstandigheden en het definitieve ontwerp voor het plangebied, alsmede de realisatie van de bouwblokken door de tijd, vastgesteld te worden.

Governance

- Welke partij wordt verantwoordelijk voor onderhoud en beheer van de installatie? Willen de partijen actief in het plangebied (gemeente, projectontwikkelaars) dit in eigen beheer nemen, of wordt dit aan een marktpartij uitbesteed?
- In scenario+ (nog zonder in pandige waterbesparende maatregelen) is er in natte jaren mogelijk meer hemelwater beschikbaar dan nodig voor laagwaardig gebruik. Om het ruimtebeslag van de OWB te beperken (bij netto infiltratie neemt deze jaarlijkse in omvang toe) kan het nodig zijn het overschot aan regenwater/gezuiverd niet geïnfiltrerd wordt in de OWB. Er bestaan verschillende opties om om te gaan met dit overschot. Zo kan het aan maaiveld of in het eerste watervoerende pakket te geïnfiltrerd worden (aanvulling van het tekort aan natuurlijke infiltratie in de bebouwde omgeving) of het kan naar oppervlaktewater geloosd worden. De bestemming en de daarvoor geldende lozingsseisen dienen te worden bepaald.

4.3.2 Scenario ++

In dit scenario worden de oplossingen Blauw en Lichtgrijs gecombineerd geïmplementeerd. Hierbij wordt hemelwater uit het gehele plangebied verzameld en na zuivering opgeslagen in de OWB. Dit water wordt toegepast voor irrigatie van het groen (dak, gevel, openbare ruimte) in het gehele plangebied. Daarnaast wordt in de blokken B1 en C5 gescheiden opvang van douchewater (lichtgrijs) gerealiseerd. Dit water wordt gezuiverd (Phytoparking) en toegevoegd aan de waterzuivering uit de oplossing Blauw alvorens het in de OWB wordt geïnfiltrerd.

Evenals in scenario + wordt hiermee de vraag naar drinkwater voor irrigatiedoeleinden volledig vervangen alsmede de vraag naar water voor toiletspoeling in bouwblokken C1 – C5. Bij de realisatie van dit scenario is er echter sprake van een overschot aan beschikbaar water ($17.480 \text{ m}^3 + 23.000 \text{ m}^3$) en de maximale behoefte ($8500 \text{ m}^3 + 18.480 \text{ m}^3$). Slechts wanneer andere toepassingen worden toegevoegd, kan het beschikbare water effectief worden benut. Hierbij is de wasmachine, met een verbruik van 14 L/pp/dag (Vewin, 2017) de meest logische kandidaat. Dit loopt daarmee op 7500 m³ per jaar voor C1 – C5. Ook kan gedacht worden aan gebruik van water voor irrigatiedoeleinden buiten het plangebied (transport via tankwagens).¹⁰

Wanneer dit scenario wordt geïmplementeerd betekent dit het volgende (alle waterhoeveelheden zijn volumes per jaar tenzij anders vermeld):

- 17.480 m^3 hemelwater en 23.000 m^3 lichtgrijs water beschikbaar voor infiltratie in OWB
- 8500 m^3 (maximale) besparing drinkwater door vervanging irrigatievraag door (her)gebruik hemelwater
- Bij (her)gebruik van water uit de OWB voor toiletspoeling in C1 – C5 is (bij gebruik van klassieke toiletten) 18.480 m^3 water nodig.
- Bij (her)gebruik van water uit de OWB voor wasmachines in C1 – C5 is 7500 m^3 water nodig.
- Met het gecombineerde laagwaardige gebruik is in dit scenario voor het gehele plangebied, inclusief groen, ongeveer 34.480 m^3 drinkwater te besparen. Dit komt overeen met 32% van de drinkwatervraag in de situatie zonder opslag en (her)gebruik van hemelwater en zonder waterbesparende maatregelen. Dit komt overeen met gemiddeld 41 L/persoon/dag.
- Doordat de beschikbaarheid van hemelwater in de tijd niet stabiel is (overschot in de winter, lange droge periodes in de zomer), is de beschikbaarheid van lichtgrijs water positief om een continue aanvoer van water voor de zuivering en infiltratie in de OWB te kunnen realiseren.

¹⁰ Voor gebruik buiten het plangebied, bijv. via tankwagens, zal extra infrastructuur nodig zijn, zoals een voorraadbuffer, omdat het debiet dat met een onttrekkingsput voor de OWB gehaald wordt (zie bijlage III) onvoldoende is om in korte tijd een tankwagen te kunnen vullen.

Kosten-Baten

Kosten:

- 1215-1750 k€ CAPEX (excl.: leidingwerk voor in pandige distributie laagwaardig water, excl. nazuivering voor Fe/Mn verwijdering, excl. aanvullende zuivering voor in pandig gebruik, zoals UV-desinfectie)
- 20 – 35 k€/jaar OPEX

Baten:

- 34.480 m³ drinkwaterbesparing (t.w.v. 38 k€/jaar) t.o.v. 17.480 m³ drinkwaterbesparing (t.w.v. 19,4 k€/jaar) bij alleen implementatie van scenario+

Ruimtebeslag

- 670 m², waarvan 120 m² bovengronds (natuurlijk filter, voordrukbus) de rest ondergronds en toegankelijk via putdeksels.

Risico's:

Aanvullend op scenario+:

- Risico van besmetting. Het opvangen van lichtgrijs water uit de gebouwen gaat gepaard met een risico van besmetting met fecaliën en humane pathogenen. Dit kan ontstaan door onjuist gebruik van douche en bad en/of verkeerde aansluiting van leidingen, maar zal ook in geval van normaal gebruik (in geringe mate) plaatsvinden. Het systeem dient zo ontworpen te worden dat er hierdoor geen microbiologische risico's kunnen ontstaan.

Onzekerheden en openstaande vragen:

Aanvullend op scenario+:

Waterkwaliteit

- De kwaliteitskenmerken van het lichtgrijze water zijn niet bekend. De dimensionering van de natuurlijke zuivering zal in de definitieve ontwerpfase bepaald moeten worden op basis van daadwerkelijke informatie over de waterkwaliteit en fluctuaties daarin, opdat gegarandeerd wordt dat aan de richtlijnen voor infiltratie wordt voldaan.

Zuivering

- De kwaliteit van verwijdering voor specifieke stoffen in douchewater zoals parabenen (zonnebrand en andere crèmes), triclosan en andere desinfecterende stoffen is niet bekend. En ook van gangbare micro-organismen zoals coliformen, Enterococci, maar ook van opportunistische pathogenen als Ps. Aeruginosa of anderen. Dit kan voorafgaand aan installatie in een testlocatie onderzocht worden
- Bij gebruik van behandeld afvalwater gelden microbiologische criteria. De OWB dient zo ontworpen te worden dat voldoende verblijftijd voor reductie in pathogenen wordt bereikt. Mogelijk dient ook een nazuivering gericht op desinfectie geïnstalleerd te worden. Dit risico en de benodigde maatregelen dienen nog in kaart gebracht te worden.
- Voor ondergrondse systemen is het belangrijk dat het oppervlak regelmatig kan opdrogen. Daarom is een locatie in de volle zon te verkiezen (Hoffmann et al., 2011). In het huidige concept is de locatie voor de Phytoparking, die aan de noordzijde is voorzien, mogelijk te schaduwrijk door de geplande hoogbouw. Hier dient in het definitieve ontwerp aandacht aan gegeven te worden.

Governance

- Welke partij wordt verantwoordelijk voor onderhoud en beheer van de installatie? Willen de partijen actief in het plangebied (gemeente, projectontwikkelaars) dit in eigen beheer nemen, of wordt dit aan een marktpartij uitbesteed?
- In scenario ++ (nog zonder in pandige waterbesparende maatregelen) is er meer hergebruikt water beschikbaar dan nodig voor laagwaardige gebruik. Om het ruimtebeslag van de OWB te beperken (bij

netto infiltratie neemt deze jaarlijks in omvang toe) kan het nodig zijn het overschot aan regenwater/gezuiverd water te lozen. De bestemming en de daarvoor geldende lozingseisen dienen te worden bepaald.

4.3.3 Scenario +++

In dit scenario worden de oplossingen Blauw, Lichtgrijs en Grijs+Zwart gecombineerd geïmplementeerd. Hierbij wordt hemelwater uit het gehele plangebied verzameld en na zuivering opgeslagen in de OWB. Dit water wordt toegepast voor irrigatie van het groen (dak, gevel, openbare ruimte) in het gehele plangebied. Daarnaast wordt in de blokken B1 en C5 gescheiden opvang van douchewater (lichtgrijs) gerealiseerd en voor C1 – C4 opvang van grijs en zwart water. Voor de berekeningen wordt alleen het grijze en zwarte water in de decentrale zuivering behandeld. Bovendien zijn vacuümtoiletten en keukenvermalers geïmplementeerd, en wordt het lichtgrijze water uit B1 en C5 volgens de methoden in scenario ++ behandeld.

Zoals eerder beschreven is er geen vraag in het plangebied voor het extra water wanneer het wordt ingezet voor laagwaardig gebruik, onder het voorbehoud dat de efficiëntie van inzameling en teruggewinning afdoende is. Het gezuiverde water, dat van hoge kwaliteit is na nanofiltratie, kan worden gebruikt voor verder aanvulling van de OWB, inzet buiten het plangebied of ter beschikking worden gesteld voor decentrale drinkwaterproductie (zie hoofdstuk 5).

Wanneer dit scenario volledig wordt geïmplementeerd betekent dit het volgende (alle waterhoeveelheden zijn volumes per jaar tenzij anders vermeld):

- 17.480 m³ hemelwater, 23.000 m³ lichtgrijs water en 47.000 m³ behandeld grijs+zwart water en beschikbaar voor infiltratie in OWB en (her)gebruik.
- 8500 m³ (maximale) besparing drinkwater door vervanging irrigatievraag door (her)gebruik hemelwater
- Bij (her)gebruik van water uit de OWB voor toiletspoeling (klassieke toiletten in C5, vacuüm C1 - C4) en keukenvermalers is 10.480 m³ water nodig.
- Bij (her)gebruik van water uit de OWB voor wasmachines in C1 – C5 is 7500 m³ water nodig.
- Met het gecombineerde laagwaardige gebruik is in dit scenario 26.480 m³ drinkwater te besparen. Deze vraag kan geheel worden afgedekt door de maatregelen in scenario ++.
- Er is in het plangebied nog geen bestemming voor het gezuiverde grijze+zwarte water uit C1 – C4. In de decentrale zuivering grijs+zwart is als nazuiveringsstap reeds nanofiltratie voorzien. Hierdoor ontstaat een waterstroom die mogelijk geschikt is als bron voor (decentrale) productie van drinkwater. Gezamenlijk met het hemelwater en lichtgrijze water is er bij realisatie van decentrale drinkwaterproductie uit het afvalwater van C1 – C4 een totale capaciteit die in 85% van de drinkwaterbehoefte zou kunnen voldoen. Verdere waterbesparende maatregelen zorgen ook voor een lager aanbod van afvalwater, waardoor het potentieel voor besparing door ook gereduceerd wordt.
- Doordat de beschikbaarheid van grijs en zwart water in de tijd min of meer stabiel is, is de buffercapaciteit van de OWB niet nodig is om een betrouwbaar wateraanbod te creëren.

Kosten-Baten

Kosten:

- 3885 – 4720 k€ CAPEX (excl.: leidingwerk voor in pandige distributie laagwaardig water, excl. nazuivering voor Fe/Mn verwijdering, excl. aanvullende zuivering voor in pandig gebruik, zoals UV-desinfectie). Dit is inclusief kosten voor in pandige onderdelen zoals meerkosten vacuümtoiletten, vacuümleidingen en keukenvermalers.
- 85 – 100 k€/jaar OPEX

Baten:

- 69 k€ jaar bestaande uit drinkwaterbesparing (zie scenario++), besparing inzameling GFT en warmtelevering (aan WKO)

N.B.: met zuivering in een grootschalige centrale RWZI zijn per m³ lagere kosten verbonden van 0,38 - 0,85 €/m³ (STOWA & Rioned, 2015) waarin zowel CAPEX als OPEX verdisconteerd zijn. Op basis van de bovenstaande berekening zijn de kosten 1,81 - 2,13 €/m³ op basis van OPEX kosten. Dit is in lijn met hogere efficiëntie voor die met schaalvergroting in waterzuivering gepaard gaat, zie ook Hofman-Caris et al. (2019) en Hofman-Caris & De Waal (2018).

Ruimtebeslag

- 670 m², waarvan 120 m² bovengronds (natuurlijk filter, voordrukbus) de rest ondergronds en toegankelijk via putdeksels voor de hemelwater en lichtgrijs waterzuivering.
- 25 m² + 204 m² voor technische ruimtes vacuümsysteem en zuivering (bijv. in pandig in kelderruimte te accommoderen).

Risico's:

Aanvullend op scenario ++:

- Het opvangen van grijs en zwart water uit de gebouwen gaat gepaard met een risico van besmetting met fecaliën en humane pathogenen bij blootstelling aan het afvalwater of bij technische storing van de zuivering. Het systeem dient zo ontworpen te worden dat er hierdoor geen microbiologisch risico kan ontstaan. Er dient een passend monitoringsprogramma opgesteld te worden om het functioneren van het systeem zeker te stellen.
- Bij de vergisting ontstaat biogas, een licht ontvlambaar gas. De productie en opslag hiervan leidt tot verhoogd brand- en explosiegevaar.

Onzekerheden en openstaande vragen:

Aanvullend op scenario++:

Governance

- Welke partij wordt verantwoordelijk voor onderhoud en beheer van de installatie? Willen de partijen actief in het plangebied (gemeente, projectontwikkelaars) dit in eigen beheer nemen, of wordt dit aan een marktpartij uitbesteed? Het onderhoud van de decentrale zuivering in scenario +++ is arbeidsintensiever dan de componenten uit scenario's + en ++, vraagt meer specialistische kennis, en gaat gepaard met het verbruik van chemicaliën en de producten van reststoffen. Uitbesteding van onderhoud en beheer aan een specialistische partij is daarom aan te raden. Zo geeft bijvoorbeeld www.saniwijzer.nl aan dat de waterzuivering professioneel beheer vergt (Saniwijzer, 2022).
- In de waterzuivering, specifiek bij de nanofiltratie, ontstaat een concentraatstroom. Hoe hiermee omgegaan dient te worden is afhankelijk van de samenstelling van deze afvalstroom. Een oplossing hiervoor dient onderzocht te worden.

Zuivering

- Door het hoogwaardige karakter is het geproduceerde water mogelijk geschikt als bron voor productie van drinkwater. Welke zuivering nodig is om hieruit decentraal water van drinkwaterkwaliteit te produceren en welke maatregelen nodig zijn om de robuustheid en kwaliteit hiervan in de decentrale voorziening te kunnen garanderen dient in vervolgonderzoek bevestigd te worden. Ook dient onderzocht te worden voor welke toepassingen dit water ingezet kan worden op basis van geldende wet- en regelgeving en welke eventuele aanpassingen of ontheffingen nodig zijn om dit water daadwerkelijk als drinkwater terug te leveren in het plangebied.

- Toekomstig onderzoek naar zuivering, gericht op het gebruik ervan als bron voor drinkwater of voor andere (industriële) toepassingen waar nu drinkwater voor wordt gebruikt, dient uit te wijzen of er gebruik gevonden kan worden voor het beschikbare water.

Risicomanagement

- Door de schaarse buitenruimte dient de decentrale zuivering in de blokken C1 – C4 ingepast te worden. De inpassing van de technische ruimte in de bouw, op een veilige en voor onderhoud goed toegankelijke manier dient nader uitgewerkt te worden.

4.3.4 Vergelijk van de scenario's

In hoofdstuk 2 zijn de doelstellingen voor het waterconcept gedefinieerd. Deze omvatten: (i) het voorkomen van wateroverlast tijdens piekbuien, (ii) het reduceren van hittestress en het verhogen van de belevingswaarde door het implementeren van een (blauw)groene omgeving, en (iii) het reduceren van het drinkwatergebruik in het gebied door het gebruik van hemelwater en hergebruik van afvalwater om in de waterbehoefte te voorzien. Er zijn drie scenario's uitgewerkt, waarin een combinatie van oplossingen (OWB, blauw, lichtgrijs, grijs+zwart) worden toegepast. In Tabel 4-9 wordt weergegeven hoe scenario's bijdragen aan de doelstellingen en welke oplossingen per scenario worden toegepast.

Tabel 4-9. Relatie tussen de doelstellingen in het plangebied, de ontwikkelde oplossingen en de ontwikkelde scenario's.

	Voorkomen wateroverlast	Reduceren hittestress	Hogere belevingswaarde door blauw-groene omgeving	Reduceren drinkwatergebruik door hergebruik hemelwater	Reduceren drinkwatergebruik door hergebruik afvalwater
Oplossing					
OWB				x	x
Blauw	x	x	x	x	
Lichtgrijs					x
Grijs+zwart					x
Scenario					
+	x	x	x	x	
++	x	x	x	x	x
+++	x	x	x	x	x

Om de scenario's te kunnen vergelijken zijn in Tabel 4-10 de kentallen voor de waterbesparing, de kosten en de baten samengevat. Deze vergelijking laat zien dat scenario's + en ++ beide bijdragen aan een besparing aan drinkwater. De extra investering voor scenario ++ ten opzichte van scenario + is beperkt en realiseert een besparing van gelijke omvang. Het implementeren van scenario ++ lijkt dan ook een logische keuze wanneer een besluit wordt genomen minimaal scenario + te implementeren. Scenario +++ vergt daarentegen een zeer grote extra investering zonder dat er een directe besparing tegenover staat. Zoals hierboven aangegeven is er geen direct gebruik voor het extra beschikbare water uit dit scenario binnen het plangebied. Een keuze voor dit scenario dient daarom gemaakt te worden indien het opdoen van ervaring met decentrale zuivering en de voorbeeldfunctie van het gebied als duurzaamste binnenstad de extra kosten volgens de betrokken stakeholders kunnen rechtvaardigen.

Tabel 4-10. Kentallen waterbalans en kosten/baten op jaarbasis voor scenario's +, ++ en +++ vergeleken.

		Scenario +	Scenario ++	Scenario +++
Behoefte	Groen	8500 m ³	8500 m ³	8500 m ³
	Toiletspoeling*	18.480 m ³	18.480 m ³	10.480
	Drinkwater (minus toiletspoeling)	90.350 m ³	90.350 m ³	90.350 m ³
Besparing drinkwater		17.480 m ³	34.480 m ³	26.480 m ³ (laagwaardig gebruik)**
Kosten (CAPEX)		975 – 1300 k€	1215 – 1750 k€	3885 – 4720 k€
Kosten (OPEX)		15 – 20 k€	20 – 35 k€	85 – 100 k€
Baten (financieel)		19 k€	38 k€	69 k€

*: bij gebruik reguliere toiletten, in het geval van waterbesparende toiletten wordt dit gereduceerd tot 2640 m³ jaarlijks.

** : door de vacuümtoiletten die in dit scenario worden toegepast is de jaarlijkse drinkwaterbehoefte lager voor laagwaardig gebruik lager, waardoor ook de besparing lager uitvalt. Wanneer het gezuiverde grijze+zwarte water als drinkwater ingezet zou kunnen worden zouden de besparing en de baten toenemen.

5 Conclusies en vervolgstappen

De gemeente Nieuwegein beoogt bij de herontwikkeling van het plangebied City West de realisatie van een duurzame bebouwing, waarin ruimte is voor blauw en groen. In deze rapportage is het waterconcept uitgewerkt. Met dit concept worden verschillende doelen nagestreefd. Deze zijn het voorkomen van wateroverlast tijdens piekbuien, het reduceren van hittestress en het verhogen van de belevingswaarde door het implementeren van een (blauw)groene omgeving, en het reduceren van het drinkwatergebruik in het gebied door het gebruik van hemelwater en hergebruik van afvalwater om in de waterbehoefte te voorzien. Er zijn drie oplossingen uitgewerkt (blauw, lichtgrijs, grijs+zwart) die ieder voor het opvangen, vasthouden en zuiveren van een specifieke waterstroom toegepast kunnen worden. Vervolgens zijn deze oplossingen gecombineerd in drie scenario's (+, ++ en +++), die in toenemende mate water opvangen en beschikbaar maken voor lokaal hergebruik.

In de oplossing voor Blauw (hemelwater), wordt het water opgevangen op blauwgroene daken en in een openbaar gebied met een hoge buffercapaciteit. De toegepaste technieken zijn in staat een piekbui van 70 mm in 1 uur op te vangen en daarbij wateroverlast te voorkomen. Het opgevangen water wordt op natuurlijke wijze gezuiverd en in een ondergrondse waterberging opgeslagen. Vanuit de berging kan het water voor gebruik voor irrigatie van groen en toiletspoeling worden ingezet. De ondergrondse waterberging zorgt voor het in balans brengen tussen vraag en aanbod door water in natte perioden op te slaan zodat het beschikbaar gemaakt kan worden in perioden van droogte. De oplossing voor Blauw kan op het gehele plangebied, bestaande uit bouwblokken B1 en C1 – C5 plus het openbare gebied en het busstation toegepast worden, en de maximale effectiviteit wordt bereikt als alle opties verspreid over het gehele plangebied ook daadwerkelijk toegepast worden. In scenario + wordt deze oplossing blauw toegepast in combinatie met een ondergrondse waterberging, waarmee voorzien kan worden in de volledige waterbehoefte voor de groenvoorziening en een groot gedeelte van de behoefte aan water voor laagwaardig gebruik (toiletspoeling) wanneer geen waterbesparende maatregelen worden toegepast. Zouden waterbesparende toiletten worden toegepast, volstaat scenario + mogelijk om te voldoen in de gehele watervraag voor laagwaardig gebruik.

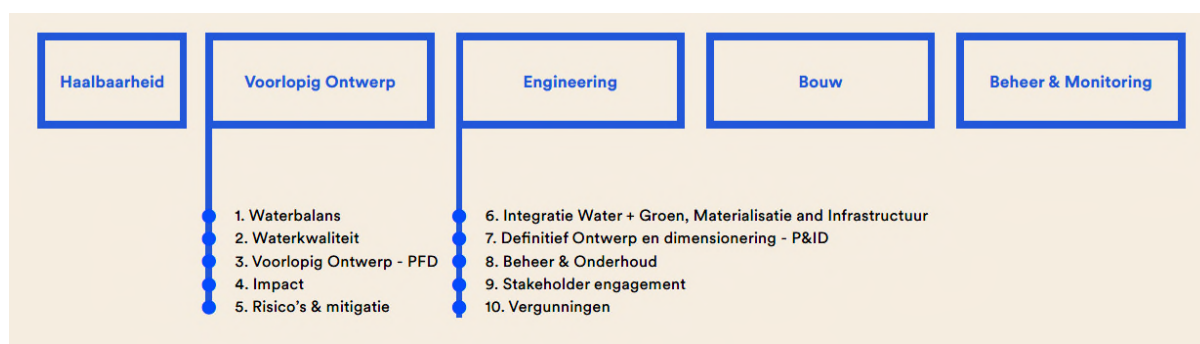
In de oplossing voor lichtgrijs water wordt het douche- en badwater uit de bouwblokken B1 en C5 gescheiden opgevangen en via een natuurlijke zuivering behandeld. Dit maakt het water geschikt voor opslag in de ondergrondse waterberging, en daarmee wordt de hoeveelheid water voor (her)gebruik meer dan verdubbeld. Bij gecombineerde implementatie van deze oplossing met de oplossing blauw (scenario ++) komt er ruim voldoende water beschikbaar om zowel in de watervraag van het groen en in de volledige waterbehoefte voor de toiletten in alle bouwblokken te voorzien. Er blijft dan voldoende water over om in te zetten voor andere minder hoogwaardige toepassingen, zoals wasmachines. Voor zowel het gebruik voor toiletspoeling als voor deze aanvullende toepassingen dient echter nog onderzocht te worden aan welke kwaliteitseisen het water hiervoor dient te voldoen en of er nog nazuivering nodig is na onttrekking van het water uit de ondergrondse waterberging.

In de oplossing voor grijs+zwart water wordt decentrale behandeling van al het afvalwater uit C1 – C4 beschreven. In deze oplossing worden deze grijze en zwarte waterstromen uit deze bouwblokken in het plangebied gezuiverd; het grijze afvalwater in een actief slib reactor en het zwarte water in een vergister. Nazuivering vindt plaats via nanofiltratie. Naast gezuiverd water wordt hierbij biogas en warmte geproduceerd. Om het proces zo efficiënt mogelijk te laten verlopen wordt voorgesteld om vacuümtoiletten toe te passen en GFT afval via keukenvermalers aan de zwart water stroom toe te voegen, opdat deze geconcentreerder wordt waardoor de vergisting beter plaats kan vinden. Daarnaast leveren deze maatregelen ook een besparing in waterverbruik op. In scenario +++ is beschreven dat deze oplossing wordt toegepast in combinatie met de oplossingen blauw en lichtgrijs. Daarbij is opgemerkt dat er in het plangebied geen laagwaardige bestemming bestaat voor het geproduceerde water. De

betrokken waterketenpartners, Gemeente Nieuwegein, HDSR en Vitens, hebben echter interesse getoond in het verkennen van de kansen voor decentrale sanitatie en mogelijk het opwerken van het geproduceerde water voor hoogwaardige toepassing via een decentrale drinkwaterzuivering. Deze oplossing, en het daaraan gekoppelde scenario+++ dient vanuit deze interesse bekeken te worden, omdat de kosten voor het decentraal zuiveren van het afvalwater per m³ substantieel hoger liggen dan voor centrale verwerking op de RWZI.

Vervolgstappen

De ontwikkelde concepten en de beschreven scenario's zijn gebaseerd op voorlopige informatie over de ontwikkelingen in het plangebied. Deze dienen als argumentatie voor het maken van keuzes in de te implementeren waterconcepten. Bij groen licht op één of meerdere van de concepten uit dit voorlopig ontwerp is het noodzakelijk dat er in de vervolgfase richting het definitief ontwerp (figuur 5.1 – engineering fase) integraal met de geplande infrastructuur (o.a. groen, energie en verkeer) wordt ontworpen. Hierbij dient, afhankelijk van de keuzes en besluiten over het ontwerp van de bouwblokken en de openbare ruimte, inclusief het openbare groenplan, de waterbalans opnieuw geijkt te worden. Op basis daarvan dient een definitief ontwerp opgesteld te worden. Figuur 2-1 Figuur 5-1 geeft de belangrijkste te volgen stappen weer, waarbij punten 6 – 10 aandacht verdienen bij de verdere uitwerking.



Figuur 5-1. Schematische weergave processtappen om te komen tot realisatie van het waterconcept.

De volgende punten vragen om (verdiepend) onderzoek alvorens een definitief ontwerp voor het waterconcept opgesteld kan worden:

- In deze studie zijn berekeningen gemaakt op jaarlijkse watervolumes en de benodigde capaciteit gekoppeld aan het opvangen en bergen van piekbuien van 70mm in 1 uur. Omdat er gedurende een jaar sprake is van variaties, en er bijvoorbeeld ook achtereenvolgende grote buien kunnen voorkomen, dient een waterbalans (bij voorkeur op uurbasis) opgesteld te worden om te beoordelen of de dimensionering goed is. Hiermee kan een inschatting gemaakt worden voor welke situaties het ontwerp wel of niet werkt zoals verwacht.
- De ondergrondse waterberging is een essentieel onderdeel in de oplossingen voor blauw en lichtgrijs water. De voorstudie laat zien dat het naar verwachting mogelijk is een OWB in het plangebied te realiseren. Dit dient bevestigd te worden door (geo)hydrologisch onderzoek. Op basis daarvan kan een definitief ontwerp voor de ondergrondse waterberging worden opgesteld.
- In het ontwikkelen van het waterconcept is aangaande de waterbehoefte voor groen in het openbare gebied en groene gevels uitgegaan van een maximale vraag. De vraag dient op basis van een definitief groenontwerp voor het gebied en de bouwblokken bevestigd te worden. Bij een scenario waarin de vraag wezenlijk lager is, kan het implementeren van de oplossing blauw namelijk (bijna) voldoende zijn om aan de vraag voor groen en toiletspoeling te voorzien, zeker als er gebruik gemaakt wordt van

waterbesparende toiletten. Dit kan de keuze voor waterbesparing maatregelen in de woningen extra waardevol maken, en kan tegelijkertijd de relevantie van scenario++ verkleinen. Een definitief ontwerp voor deze onderdelen is daarom essentieel in de uitwerking van een definitief waterconcept.

- Uitwerken van de technische en gezondheidstechnische risico's die verbonden zijn met de verschillende oplossingen en het hergebruik van hemelwater en afvalwater in de beoogde toepassingen. Op technisch gebied dienen risico's m.b.t. bedrijfszekerheid en veiligheid voor bewoners en onderhoudspersoneel in kaart gebracht te worden. Met betrekking tot gezondheidstechnische risico's dient bevestigd te worden dat water uit de OWB geschikt is voor de toepassingen zonder het veroorzaken van gezondheidsrisico's en wat er eventueel aan extra (na)zuivering nodig is om dit te waarborgen. Hierin dienen ook de risico's van het aanleggen en gebruiken van een leidingnet voor gezuiverd water (paars) en mogelijke kruisaansluitingen met het reguliere drinkwaternet in de bouwblokken opgenomen te worden.
- De mogelijkheid om uit het water dat in de decentrale grijs + zwart zuivering wordt geproduceerd water van drinkwaterkwaliteit te produceren is benoemd. Onderzocht dient te worden aan welke kwaliteitseisen het water dient te voldoen om als bron voor (decentrale) drinkwaterproductie gebruikt te kunnen worden, welke additionele zuiveringstappen hiervoor eventueel nog nodig zijn en welke monitoring van de zuiveringsprestaties en waterkwaliteit nodig zijn om het water voor hoogwaardige toepassingen te mogen gebruiken.
- Bij de onderhouds- en beheerskosten zijn kosten voor monitoring opgenomen. Er is echter nog geen monitoringsplan opgesteld. Voor alle drie concepten dient een monitoringsplan opgesteld te worden waarmee bewaakt kan worden dat de technische installatie goed functioneert en dat de waterkwaliteit 1) voldoet aan kwaliteitseisen voor infiltratie in de OWB en 2) na onttrekking uit de OWB voldoet aan kwaliteitseisen voor de beoogde toepassingen.
- Onderhoud en beheer zijn nog niet belegd. Voor scenario's + en ++ kan gebruik gemaakt worden van de diensten van commerciële aanbieders die ook de watersystemen leveren, bij het decentrale concept voor grijs + zwart, in het bijzonder wanneer decentrale drinkwaterproductie nagestreefd wordt, zullen de traditionele waterketenpartners in rol in de governance moeten krijgen. Onderzocht dient te worden welke mogelijkheden hiertoe bestaan en welke voor- en nadelen de verschillende oplossingen hebben.
- Wanneer het water nodig is, wordt dit opgepompt uit de waterberging en geleverd aan het stedelijk groen en/of toiletspoeling (laagwaardige toepassing). Hiertoe dient een irrigatiesysteem en/of grijswatersysteem in de bouwblokken aangelegd te worden. De planning hiervan is afhankelijk van het groenplan en/of het besluit om het water voor toiletspoeling te gebruiken. Ontwerp van, en kosten voor, deze componenten zijn in deze studie niet geraamd.

6 Bronnen

Arden, S.; Ma, X. (2018) Constructed Wetlands for Greywater Recycle and Reuse: A Review. *Sci Total Environ.* 2018 Jul 15; 630: 587–599. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.02.218.

Gemeente Nieuwegein (2021) Afwegingskader Water circulair City west. Intern document.

Hoffmann, H., C. Platzer, M. Winker and E. von Muench (2011). Technology review of constructed wetlands- Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment Eschborn, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

Hofman-Caris, C.H.M., Stofberg, S.F., van Alphen, H.J., de Waal, L. & van Huijgevoort, M.H.J. (2019). VO Radicaal nieuwe bronnen voor drinkwater. KWR Water Research Institute, rapport BTO2019.019.

Hofman-Caris, C.H.M. & de Waal, L. (2018). Regenwater als bron voor drinkwater; productiekosten en milieuaspecten. KWR Water Research Institute, rapport BTO2018.028

IWA (2019). Wetland Technology. Practical information on the Design and Application of Treatment Wetlands Scientific and technical Report No27. G. Langergraber, G. Dotro, J. Nivala, A. Rizzo and O. R. Stein. London, UK, IWA.

Provincie Zuid-Holland (2019) Convenant Klimaatadaptief Bouwen – Bijlage A.1 Programma van Eisen. <https://klimaatadaptatienederland.nl/?ActLbl=zuid-holland-convenant&ActItmIdt=216640> geraadpleegd op 26-04-2022.

Saniwijzer (2022) Saniwijzer – Nieuwe Sanitatie in de Praktijk. <https://www.saniwijzer.nl/technieken/verwerking-afvalwater/anaerobe-actiefslibsystemen/uasb-reactor>, geraadpleegd op 29-05-2022.

STOWA (2014a) Evaluatie Nieuwe Sanitatie Noorderhoek Sneek. STOWA Rapport 2014-38. ISBN 978.90.5773.656.8

STOWA (2014b) Ervaringen met de toegepaste technologie op de demo-site lemmerweg-oost in Sneek. STOWA Rapport 2014-W02.

STOWA (2015) Groene daken nader beschouwd. STOWA Rapport 2015-12. ISBN 978.90.5773.674.2

STOWA, Stichting Rioned (2015) Reductie hydraulische belasting RWZI. Rapportnummer 2015-05, ISBN 97 890 57736 60 5.

Van der Heijden, F. (1998) Duurzaam Stedelijk Waterbeheer: een vroege tussenbalans. *H2O* 1998(4), 14 – 15.

Van der Roest, E.; Cirkel, G.; Clevers, S.; Paalman, M. (2019) City Nieuwegein: klimaat adaptief en energieneutraal. KWR-rapport 2018.119.

Vewin (2017) Drinkwaterstatistieken 2017 – van bron tot kraan. <https://www.vewin.nl/SiteCollectionDocuments/Publicaties/Cijfers/Drinkwaterstatistieken-2017-NL.pdf>, geraadpleegd op 28-04-2022.

Vitens (2022). <https://www.vitens.nl/tarieven-en-voorwaarden>, geraadpleegd op 28-04-2022.

Zuurbier, K.; de Doelder, B.; Kok, W.; van Breukelen, B. (2019a) Preventing pluvial flooding and water shortages by integrating local aquifer storage and recovery in urban areas. 10th International symposium on managed aquifer recharge, Madrid, May 2019.

Zuurbier, K.; van Dooren., T. (2019) Urban Water Buffer Spangen: Resultaten. KWR-rapport 2019.111.

Zuurbier, K.; Paalman, M.; van Loon, A.; Stuyfzand, P.; Stofberg, S. (2019b) Ondergrondse Waterberging. STOWA Deltafact, <https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/verzilting/ondergrondse-waterberging>, geraadpleegd op 29-04-2022.