INSTITUTE FOR ENGINEERING & DESIGN HOGESCHOOL UTRECHT

2013

Water-footprint verkleining door waterbesparing

Naam: Jeroen Velthuis

Opleiding: Hogere Installatie Techniek

Instantie: Hogeschool Utrecht

Student nr.: 1546615

Datum: 14-03-2013

Ministerie van Defensie

Koninklijke Landmacht

Ministerie van Defensie

INSTITUTE FOR ENGINEERING & DESIGN HOGESCHOOL UTRECHT

WATER-FOOTPRINT VERKLEINING DOOR WATERBESPARING

MINISTERIE VAN DEFENSIE
"GENIEWERKEN"

14 maart 2013
Versie 1.0

ARCADIS

Koninklijke Landmacht

Inhoud

Lijst met afkortingen **3**

Voorwoord **4**

Samenvatting **5**

1 Inleiding en introductie **6**
1.1 Algemene inleiding Defensie 6
1.2 Achtergrond 8
1.2.1 Operationele infrastuctuur 8
1.2.2 Water-footprint 8

2 Opdracht **10**
2.1 Probleem beschrijving 10
2.2 Doelstelling 10
2.2.1 Hoofdvraag 10
2.2.2 Sub-vragen 10
2.3 Uitgangspunten en randvoorwaarden 11
2.4 Leeswijzer 11

3 Referentie situatie **12**
3.1 Kamp Holland 12
3.2 Waterbalans 12
3.2.1 Grondwaterwinning 12
3.2.2 Waterzuivering 12
3.2.3 Watergebruik 13
3.2.4 Afvalwaterzuivering en -lozing 14

4 Kansen voor reductie waterwinning **16**
4.1 Overzicht van geïdentificeerde kansen 16
4.2 Waterbesparende maatregelen: technische maatregelen 17
4.2.1 (Kans 1) Waterbesparende maatregelen in het urinoir 17
4.2.2 (Kans 2) Waterbesparende maatregelen in de douche 18
4.2.3 (Kans 3) Waterbesparende maatregelen in de wasserette 19
4.2.4 (Kans 4) Waterbesparende maatregelen in de toiletten 20
4.2.5 (Kans 5) Waterbesparende maatregelen in de tappunten 21
4.3 Waterbesparende maatregelen: organisatorische maatregelen 22
4.4 Water hergebruik 22
4.4.1 (Kans 6) Hergebruik wasbak- en douche-water (decentraal) 23
4.4.2 (Kans 7) Hergebruik van het wasserette water 23
4.4.3 (Kans 8) Hergebruik wasbak- en douche-water (centraal) 24
4.5 Quick Wins 25
4.6 Multi Criteria Analyse (MCA) 26
4.6.1 MCA 26

4.6.2 Uitleg MCA ... 26
4.6.3 Uitleg criteria ... 27
4.6.4 Uitkomsten MCA ... 27
4.7 Combinaties ... 27
4.7.1 Combinatie 5 ... 29
4.7.2 Combinatie 6 ... 30
4.7.3 Combinatie 7 ... 31
4.8 Keuze ... 32

5 Hydraulische Dimensionering ... 33
5.1 Berekeningen ... 34
5.1.1 Buffertanks ... 34
5.1.2 Pompen ... 35
5.2 Tekeningen ... 36
5.2.1 Blokkenschema ... 36
5.2.2 Piping & Instrumentation Diagram (P&ID) ... 36
5.2.3 Uitleg meet- en regel- techniek ... 37
5.3 Zonne energie ... 37
5.3.1 Vlekkenplan op kaart ... 38

6 Conclusies en aanbevelingen ... 39
6.1 Conclusies ... 39
6.2 Aanbevelingen ... 41

Bijlage 1 Organigram Defensie ... 42

Bijlage 2 Plattegrond "Kamp Holland" ... 43

Bijlage 3 Waterbalans base "Kamp Holland" situatie 2008 ... 44

Bijlage 4 Waterloze urinoirs ... 45

Bijlage 5 Combinaties van kansen ... 47

Bijlage 6 Totaal tabel water reductie kansen en combinaties ... 50

Bijlage 7 Pomp berekeningen ... 51

Bijlage 8 Blokkenschema ... 54

Bijlage 9 P&ID ... 55

Bijlage 10 Technische tekening zandfilter tank ... 56

Bijlage 11 Gebruikte literatuur ... 58

Bijlage 12 Verwijzingen en gebruikte internet pagina's ... 59

Lijst met afkortingen

HIT	= Hogere Installatie Techniek
KL	= Koninklijke Landmacht
KLu	= Koninklijke Luchtmacht
NAVO	= Noord-Atlantische Verdragsorganisatie
NATO	= North Atlantic Treaty Organization
CLAS	= Commando Landstrijdkrachten
EOC	= Essential Operational Capabilities
DOPS	= Directie Operaties
GNBAT	= Genie Bataljon
GNW	= Geniewerken
IT	= Installatie Techniek
WF	= Water-footprint
RWZI	= Riool Water Zuivering Installatie
MDI	= Mobile Drinkwater Installatie
IBA	= Individuele Behandeling Afvalwater
SBR	= Sequentiële Batch Reactor
MCA	= Multi Criteria Analyse
P&ID	= Piping & Instrumentation Diagram
WST	= Water Saving Technology

Voorwoord

Door mijn werkgever, het ministerie van Defensie, ben ik in 2007 uitgezonden naar Afghanistan (Tarin Kowt, Kamp Holland). Mijn opdracht was om als commandant van een groep installatiemonteurs en grond- weg en waterbouwers een uitbereiding te bouwen op een al bestaande afvalwaterzuivering op Kamp Holland. Tijdens deze aanbouw ben ik geïnteresseerd geraakt in de werking van de afvalwaterzuivering. Hierdoor ben ik verder gaan nadenken over mogelijke verbeteringen aan deze afvalwaterzuivering en hoe ik hier in de toekomst iets mee zou kunnen doen. Samen met mijn compagniescommandant is besloten een duale studie te gaan volgen aan de Hogeschool Utrecht, Hogere Installatie Techniek (HIT).

De scriptie die voor u ligt is geschreven naar aanleiding van het afstudeeronderzoek dat ik heb uitgevoerd bij Arcadis.

Graag wil ik een aantal mensen noemen die hebben bijgedragen aan de begeleiding, ondersteuning en voltooiing van deze scriptie.

Allereerst wil ik Mario Geisink bedanken. Mario heeft mij namens de Koninklijke Landmacht de gehele afstudeer fase begeleid. Omdat Mario al een langere tijd mijn begeleider is weet hij mij goed te motiveren en te sturen. Mijn dank daarvoor.

Binnen Arcadis was Bart Bergmans mijn steun en toeverlaat bij deze afstudeeropdracht. Zijn benaderingswijze heeft mij aangespoord telkens weer kritisch te blijven en technisch juiste keuzes te maken . Ook was hij altijd bereid om mij te adviseren in de verslag legging.

Ik bedank ook mijn docentbegeleider Joost Jongen voor zijn ondersteuning en adviezen vanuit de Hogeschool Utrecht.

Zowel Mario, Bart als Joost hebben door het stellen van kritische vragen mij verder gebracht in dit onderzoek.

Ook wil ik de medewerkers binnen zowel Defensie als Arcadis bedanken voor hun actieve betrokkenheid en deelname in het onderzoek.

In het algemeen wil ik Arcadis bedanken welke mij een werkplek en alle vrijheid heeft gegeven om mijn vragen bij werknemers van Arcadis neer te leggen. Zelf kijk ik dan ook terug op een prettige periode waarin ik binnen Arcadis voor dit onderzoek bezig ben geweest.

J. Velthuis
Brummen, maart 2013

Samenvatting

De footprint tijdens en na een militaire missie heeft binnen de NATO de volle aandacht. Vanuit de NATO zijn er verschillende werkgroepen gecreëerd om de militaire footprint in kaart te brengen en naar mogelijkheden te kijken om deze te reduceren. Deze footprint is in meerdere segmenten te verdelen, zo ook een water footprint.

Het verslag dat voor u ligt is geschreven in opdracht van Defensie. Het is tot stand gekomen na een onderzoek waarin de mogelijkheden zijn bestudeerd om de water-footprint, die Defensie maakt tijdens een militaire missie in het buitenland, met minimaal 50% te verkleinen. Hierbij wordt in de water-footprint specifiek gekeken naar het onttrekken van water dat gereduceerd kan worden door minder water te gebruiken. De onderzoeksvraag luidt als volgt: "Wat is de beste mogelijkheid om de waterwinning te reduceren met minimaal 50% om zo de water-footprint te verkleinen?"

Tevoren is een breedte- onderzoek uitgevoerd naar de totale water footprint tijdens een militaire missie[i]. Hierin wordt zowel het drinkwater (toevoer), het gebruik (onttrekking) en de afvoer (lozing) benoemd.

Om het watergebruik te reduceren is gekeken naar technische oplossingen die minder water gebruiken dan de technieken welke op dit moment door Defensie gebruikt worden. Ook zijn de mogelijkheden voor grijswater hergebruik onderzocht.

Er zijn meerdere technieken welke een kleine water besparing opleveren zoals waterbesparende-douche koppen, -kranen en toiletten. Een grote besparing is te bereiken in de urinoirs. Deze kunnen zonder water gebruikt worden.. Daarmee vervalt het gebruik van 50,4 m^3 aan spoelwater.

Door het apart opvangen van douche- wasbak- en wasserette- water, dit te bufferen en te zuiveren waarna het hergebruikt kan worden in de wasserette en het toilet, is een grote reductie haalbaar. Het toepassen van een grijswater zuiveringssysteem kan een reductie opleveren van 36,5%.

Er is een MCA (Multi Criteria Analyse) gehouden met Defensie personeel. Na het opstellen en invullen van deze MCA door Defensie personeel is een keuze gemaakt voor een te gebruiken techniek. Er is tevens naar de investeringskosten gekeken. Door de investering af te wegen tegen de water reductie is een optimale oplossing verkregen. Dit is een combinatie van een centrale grijswaterzuivering, waterbesparende- douchekoppen en –kranen en waterloze urinoirs. Deze combinatie levert een reductie op van 59,4%.

Voor het grijswatersysteem is een ontwerp gemaakt waarbij rekening is gehouden met eventuele uitbereiding van de militaire basis. Hiervoor zijn buffertanks, pompen en een grijswaterzuivering berekend en geselecteerd. Als energie toevoer voor de grijswaterzuivering wordt het, reeds door Defensie in gebruik genomen, zonnefolie (zonne-energie) voorgesteld.

1 Inleiding en introductie

1.1 ALGEMENE INLEIDING DEFENSIE

Defensie staat voor de bescherming van de integriteit van het eigen en het bondgenootschappelijke grondgebied, inclusief de Nederlandse Antillen en Aruba, de bevordering van de internationale rechtsorde en stabiliteit en de ondersteuning van civiele autoriteiten bij rechtshandhaving, rampenbestrijding en humanitaire hulp, zowel nationaal als internationaal.
Het ministerie van Defensie bestaat uit het departement (de Bestuur staf), 4 krijgsmachtdelen (Koninklijke Marine, Koninklijke Landmacht, Koninklijke Luchtmacht en Koninklijke Marechaussee), het Commando Diensten Centra en de Defensie Materieel Organisatie. Met circa 68.000 medewerkers is Defensie een van de grootste werkgevers van Nederland.

De krijgsmacht wordt dagelijks ingezet voor de nationale en internationale veiligheid, dit laatste in NAVO verband. Dit gebeurt zowel binnen de landsgrenzen als daarbuiten. Door wereldwijd veiligheid te creëren, valt de voedingsbodem weg voor grensoverschrijdende criminaliteit, drugshandel en migratiestromen.
In eigen land zijn verschillende eenheden op grote en kleine schaal aan het werk. Dag en nacht staan zij paraat voor vrede en veiligheid.

Deze veiligheid wordt mogelijk gemaakt door militaire missies of operaties uit te voeren. Een voorwaarde voor deze missies zijn een zevental Essential Operational Capabilities (EOC):
EOC-1: Tijdige beschikbaarheid
EOC-2: Gevalideerde inlichtingen
EOC-3: Ontplooibaarheid en mobiliteit
EOC-4: Effectieve inzet
EOC-5: Hoogwaardige commandovoering
EOC-6: Adequate logistieke ondersteuning
EOC-7: Veiligheid en bescherming

Deze EOC's dienen te allen tijden aanwezig te zijn om een militaire missie of operatie mogelijk en succesvol te maken. Onder EOC-6 en 7 valt ook de infrastructuur die een missie moet ondersteunen, bijvoorbeeld gebouwen, wegen, energievoorziening. Deze infrastructuur kan onderverdeeld worden in operationele (heeft rechtstreeks invloed op het militaire voortzettingsvermogen) en expeditionaire infrastructuur, (draagt indirect bij aan het succes van een missie). Beide soorten infrastructuur worden hierna beschreven als "infra".

Binnen Defensie is Geniewerken (GNW) verantwoordelijk voor infra die voor missies of operaties moet worden gerealiseerd.
GNW is het Defensie brede ontwerp- en adviesbureau voor operationele infrastructuur. Dit doet zij met een mix van technische ontwerpcapaciteit en logistieke ondersteuning. GNW kan advies geven over de

gehele fasering van operationele infra, van initiatief tot en met de instandhouding en afstoting. Bij GNW werken circa zestig mensen.
GNW is ondergebracht bij een van de operationele eenheden (101 Geniebataljon te Wezep) van de Koninklijke Landmacht (KL), maar werkt dus ook voor de andere krijgsmachtdelen door rechtstreeks te adviseren aan de Directie Operaties (DOPS) die onder de verantwoordelijkheid van de Commandant der Strijdkrachten (CDS) valt in Den Haag.
Naast deze taak heeft GNW ook de verantwoordelijkheid om het personeel van 101 Geniebataljon (de "bouwvakkers" van het leger) te trainen. Dit gebeurt door constructieoefeningen te verzorgen tijdens grote (en kleinere) oefeningen van 101 Geniebataljon.

In bijlage 1 is een organigram opgenomen van het Ministerie van Defensie.

Een van de afdelingen binnen GNW is de vakgroep Installatie Techniek (IT). Een van de taken van deze IT groep is het totaal ontwerp, de bouw en onderhoud van de waterinstallatie op een militaire basis in het buitenland. Onder de taken valt het watermanagement en nieuwe ontwikkelingen maar ook de training van het eigen Genie personeel.

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van gegevens welke zijn verkregen tijdens de militaire missie in Afghanistan. De onderstaande foto geeft "Kamp Holland" weer. In bijlage twee is een tekening van de basis toegevoegd. Deze foto is voor de beeldvorming. Deze zal voor mensen buiten Defensie verdere uitleg behoeven. In verband met de militaire veiligheid zal ik dit niet in dit verslag beschrijven. Bij de gemaakte vergelijkingen wordt rekening gehouden met de weer- en omgevingscondities van het Midden-Oosten.

Figuur 1: Luchtfoto van "Kamp Holland", provincie Uruzgan.

1.2 ACHTERGROND

1.2.1 OPERATIONELE INFRASTUCTUUR

Vanaf 1995 neemt Defensie deel aan vredesmissies in de huidige vorm. In 1995 heeft Defensie deelgenomen aan de vredes missie in voormalig Joegoslavië, Afghanistan, Irak, verschillende andere kleinere missies en wederom Afghanistan. Bij al deze missies is er in grote of kleine mate een ”basis” gebouwd waar de Nederlandse eenheden in gehuisvest waren en worden. Een basis kan het best vergeleken worden met een klein dorp. Een basis wordt gebouwd door een Genie eenheid van de Landmacht. In eerste instantie zal een basis bestaan uit tenten om te slapen, te eten en te werken (kantoor). Vanuit dit begin kan worden uitgebreid, dit gebeurt veelal met behulp van containers. Zo wordt ruimte voor o.a. een eetzaal met keuken, geneeskundig centrum (tot eventueel ziekenhuis), kantine, slaap- en werkplekken en een ontspanningsruimte gecreëerd. Ook dit kan verder uitgebreid worden met winkeltjes, fitness, computer en telefoonruimtes, kerk etc. Daarnaast zal er werkruimte nodig zijn voor voertuig garages, onderhoudslocaties, brandstof opslag- en tankplaatsen, start- en landingsbanen voor vliegtuigen, hangaars, logistieke locatie voor opslag en distributie. Dit totale dorp wordt omheind door een afschermende wand met daarin poorten en wachttorens. Dit dorp zal moeten worden voorzien van energie (elektrische spanning) en sanitaire faciliteiten (stromend water, toiletten en douche). Voor energievoorziening worden “power plants” gebouwd door middel van aggregaten en voor watervoorziening wordt gebruik gemaakt van grondwater (pompputten) of oppervlakte water dat na zuivering gedistribueerd wordt. Het gebruikte water (afvalwater) wordt weer gezuiverd om vervolgens geloosd te kunnen worden. Drinkwater wordt in flessen aangeleverd.

1.2.2 WATER-FOOTPRINT

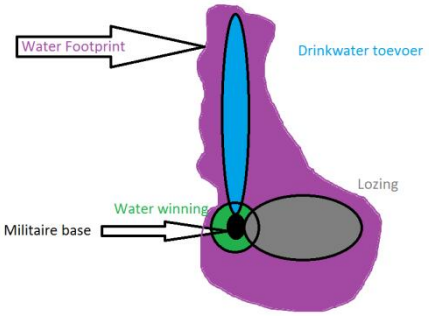
Defensie blijkt tijdens de missies en na het afronden daarvan een grote “footprint” achter te laten. Onder deze footprint wordt verstaan het totaal aan negatieve invloeden op de omgeving en op de eigen organisatie tijdens én na een missie. De footprint kan gezien worden als een soort olievlek die reikt tot alle plekken waar Defensie haar benodigdheden haalt en tot waar de afvalstromen een belasting vormen. Door middel van interviews met Defensie collega’s is een beeld gevormd van een water-footprint.

“Na de in het verleden uitgevoerde missie in Bosnië zijn er, door de Bosnische regering na het vertrek van de NAVO, boetes geclaimd bij de NAVO voor het vervuild achter laten van verschillende locaties van voormalige basissen” vertelt Michael de Kock van Milieubeleid CLAS Utrecht. Om dit in de toekomst te voorkomen wordt nu binnen de NAVO gekeken naar de footprint welke militaire bases hebben. Dit zowel tijdens als na een militaire missie. Tijdens georganiseerde bijeenkomsten (workshops), waaraan Nederland ook deelneemt, zijn enkele punten vastgesteld welke de NAVO verder wil uitwerken. Een van deze punten is de ‘water-footprint’ (WF) welke een militaire base heeft in een uitzendgebied.

> In het geval van Defensie wordt de WF beschouwd als het totaal aan merkbare negatieve invloeden op de leefomgeving en op een base zelf tijdens winning/transport, gebruik en lozing van water.

De onderdelen van de WF met de grootste impact zijn de

- aanvoer van drinkwater in flessen;
- waterwinning van grondwater;
- de lozing van (gezuiverd) afvalwater.



Figuur 2: De verschillende onderdelen maken samen de water-footprint

Het aanleveren van drinkwater in flessen via de weg is kostbaar en brengt enorm veel risico's met zich mee. Er wordt in konvooien gereden om drinkwater te transporteren welke soms (het laatste stuk door Afghanistan) door militairen beveiligd wordt. "Gebeurt dit niet dan is de kans zeer groot dat het konvooi niet kan door rijden", zo vertelt Michael de Kock.
De waterwinning vanuit een bron kan tot last zijn van de lokale bevolking, aangezien zij hun eigen bronnen dikwijls niet zo diep hebben kunnen boren zoals Defensie dat doet. Hierdoor bestaat de mogelijkheid dat de bevolking geen water meer kan oppompen uit de eigen bron, wat vanzelfsprekend niet wenselijk is.
Het lozen van (onvoldoende gezuiverd) afvalwater kan leiden tot overlast tijdens een missie en kan bovendien een negatieve invloed hebben tot ver na de militaire missie. Indien het afvalwater onvoldoende wordt gezuiverd, kan ernstige verontreiniging van bodem en/of oppervlaktewater een gevolg zijn.

N.B. In de literatuur wordt doorgaans een afwijkende definitie[ii] van de water footprint gehanteerd. De WF van een individu, gemeenschap of een bedrijf is dan gedefinieerd als het totaal aan vers water dat gebruikt wordt voor de productie van de goederen en diensten gebruikt/verbruikt door het individu, door de gemeenschap of door het bedrijf. Gebruik van water wordt gemeten in water volume dat wordt verbruikt (verdampt) en/of vervuild per tijdseenheid. In het vervolg van dit rapport wordt voor de WF de definitie van Defensie gebruikt, zoals in sub-paragraaf 1.2.2 is toegelicht.

In dit onderzoek wordt verder ingegaan op waterwinning. Hierin wordt gekeken naar manieren om de waterwinning te reduceren. Om de WF meetbaar te maken wordt die in dit rapport gedefinieerd als het volume grondwater dat per persoon per jaar wordt onttrokken. De eenheid is **m^3/persoon/jaar**.

Voor verder uitleg en aanpak van de WF van het drinkwater en afvalwater verwijs ik naar het rapport: "Verkleining van de water footprint door techniek en beter water management op een militaire base" welke geschreven is voor het Ministerie van Defensie en specifiek voor Geniewerken. Dit onderzoek is in 2012 door mijzelf uitgevoerd en beschreven.

2 Opdracht

2.1 PROBLEEM BESCHRIJVING

De WF van afgeronde en huidige missies wordt door Defensie te groot geacht, op alle drie de onderdelen "drinkwater toevoer", "waterwinning" en "lozing". Defensie heeft tot op heden geen maatregelen doorgevoerd om deze WF te verkleinen. Wel zijn er enkele verkennende onderzoeken uitgevoerd welke een deel van de WF bekijken.
In dit onderzoek wordt gekeken naar de mogelijke reductie van de WF op het onderdeel waterwinning.

2.2 DOELSTELLING

Het doel van dit onderzoek is om mogelijke oplossingen te identificeren om de WF van de waterwinning te verkleinen. De effecten van deze oplossingen dienen te worden gekwantificeerd en moeten worden afgezet tegen de kosten. Om het specifiek te maken is in samenwerking met Defensie afgesproken om te onderzoeken of met de mogelijke oplossingen een reductie, op de hoeveelheid onttrokken grondwater, van minimaal 50% haalbaar is. Gebaseerd op deze doelstelling zijn de volgende hoofdvraag en sub-vragen gedefinieerd:

2.2.1 HOOFDVRAAG

Wat is de beste mogelijkheid om de waterwinning te reduceren met minimaal 50% om zo de water-footprint te verkleinen?

Deze hoofdvraag loopt als rode lijn door het verslag en is tijdens het onderzoek telkens opnieuw gesteld. Om het te vergemakkelijken en te specificeren zijn de volgende sub-vragen geformuleerd.

2.2.2 SUB-VRAGEN

De opdracht is door middel van de volgende onderzoeksvragen uitgevoerd.

- Hoe groot is de WF op base "Kamp Holland" (referentie situatie)?
- Welke technische en organisatorische maatregelen zijn er om het watergebruik op de base terug te dringen om zo de benodigde waterwinning te reduceren, en hoeveel effect hebben deze maatregelen?
- Welke technische mogelijkheden zijn er om grijswater te zuiveren voor hergebruik om zo de benodigde waterwinning te reduceren, en hoeveel effect hebben deze maatregelen?
- Met welke combinatie van maatregelen is het technisch en economisch het meest haalbaar om een reductie van 50% van de waterwinning te realiseren?
- Wat zijn de belangrijkste dimensies en technische kenmerken van de meest haalbare combinatie van maatregelen?

2.3 UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN

In het onderzoek zijn de volgende uitgangspunten en randvoorwaarden vastgesteld:

- Als referentie situatie wordt de situatie in Tarin Kowt (Kamp Holland, Afghanistan) in 2008 beschouwd;
- Er wordt uitgegaan van 2000 personen op de basis;
- Er moet gebruik gemaakt worden van bewezen technieken;
- Alles dient gemonteerd, onderhouden en gedemonteerd te kunnen worden door WEB (Wet Educatie en Beroepsonderwijs) 1 / 2 opgeleid personeel met aansturing van een WEB 3 / 4 opgeleid persoon;
- Alles dient vervoerd te kunnen worden per container.

2.4 LEESWIJZER

Door interviews af te nemen bij zowel Defensiepersoneel als waterdeskundigen (werkzaam bij Arcadis, Vitens en verschillende producenten van waterzuiveringsinstallaties) is een beeld gevormd van de water-footprint van Defensie tijdens militaire missies. Op basis hiervan is in hoofdstuk 1 de water-footprint beschreven. In hoofdstuk 3 wordt de situatie met betrekking tot watergebruik op “Kamp Holland” beschreven welke voor dit onderzoek als referentie fungeert. Op basis van deze referentie worden verbetermaatregelen geïdentificeerd in hoofdstuk 4. . De beste drie kansen zijn in een Multi Criteria Analyse (MCA) met elkaar vergeleken. Deze MCA is in samenwerking met Defensie personeel uitgewerkt om de haalbaarheid van de verschillende kansen te kunnen kwantificeren.
Van de gevonden verbetermaatregelen is een long-list gemaakt welke gereduceerd is tot zeven combinaties van kansen welke naar verwachting de hoogste kans bieden om de gestelde waterbesparing te realiseren. Voor elk van deze zeven combinaties is de resulterende reductie in waterwinning berekend en is de technische en economische haalbaarheid ingeschat. De drie meest haalbare combinaties, welke aan de uitgangspunten voldoen, zijn verzameld in een short-list. Van deze drie combinaties is uitgerekend welke combinatie de laagste investeringskosten kent ten opzichte van de geleverde reductie. In hoofdstuk 5 is deze optimale combinatie uitgewerkt in ontwerptekeningen en zijn de bijkomende onderdelen aan de hand van berekeningen geselecteerd. Ook wordt uitgerekend of de nieuwe onderdelen door de binnen Defensie gebruikte zonnecellen met energie gevoed kunnen worden. De conclusies en aanbevelingen van dit onderzoek zijn verzameld in hoofdstuk 6.

3 Referentie situatie

3.1 KAMP HOLLAND

Voor de militaire missie in Afghanistan (2006-2011) heeft het Ministerie van Defensie een basis gebouwd in de Provincie Uruzgan: Kamp Holland. Deze base is meerdere malen uitgebreid omdat er meer mensen gehuisvest moesten worden. Ook zijn er buitenlandse NAVO partners bij gekomen. In dit onderzoek wordt de situatie uit 2008 genomen waarvan meetgegevens beschikbaar zijn. Op het moment van de metingen waren er 2000 waterverbruikers (personen) aanwezig waarvoor gemiddeld 310m³/dag grondwater gewonnen werd. Dit was tevens de maximaal haalbare winning uit de aangeboorde bronnen (3 stuks).

3.2 WATERBALANS

In bijlage 3 is de waterbalans opgenomen voor Kamp Holland. Deze waterbalans is opgemaakt uit gemeten gemiddelden in 2008. Op dat moment waren watermeters geplaatst in de toevoerleidingen vanuit de bronnen en in de distributie leidingen naar de gebruikers. De waterbalans is opgesplitst in de onderdelen 'grondwaterwinning', 'waterzuivering', 'watergebruik' en 'afvalwaterzuivering'. De verschillende onderdelen worden hieronder verder toegelicht.

3.2.1 GRONDWATERWINNING

Binnen Defensie beschikt de Genie over een waterboor detachement. Dit detachement is in staat om naar water te boren en deze bron volledig af te monteren met bronpomp. Op de base zijn drie putten geboord om te voldoen aan de dagelijkse vraag van 310m³ ruw water. Deze drie putten liggen verspreid over de base om te voorkomen dat zij elkaar beïnvloeden.

Figuur 3: Afgemonteerde bron

3.2.2 WATERZUIVERING

In de referentie situatie werd 310m³/dag uit de bron opgepompt en gebufferd in tanks. De MDI (mobile drinkwater installatie) onttrekt vervolgens water uit deze buffers haar water om te zuiveren voor verder gebruik.

De MDI maakt gebruik van membraanfiltratie waarbij het water onder hoge druk langs een membraan wordt geleid. Een deel van het water wordt hierbij door het membraan 'geduwd' (het permeaat, het product) en de rest van het water (dat nu geconcentreerd is: het concentraat) werd in het geval van Kamp Holland ook nog gebruikt voor laagwaardige doeleinden (sanitair en wasserij), er werd 75,5 m³ concentraat aan de 180m³ ruw water toegevoegd (zie waterbalans in bijlage 3). Na verloop van tijd raakt het membraan verstopt. Dit membraan wordt dan met het schone water teruggespoeld om gereinigd te

worden. Het terugspoelwater bevat een hogere concentratie verontreiniging; deze 15,5 m³ wordt als afvalwater afgevoerd naar de afvalwaterzuivering.

Dagelijks werd in de MDI 130 m³ ruw water gebruikt om 39 m³ zuiver water (permeaat) te maken. De keuken, het ziekenhuis en de kantine gebruikten hier 21,5 m³ van. De overige 17,5 m³ werd aan het mengsel van resterend ruw water en concentraat toegevoegd. Dit mengel werd gechloreerd alvorens het werd gedistribueerd.

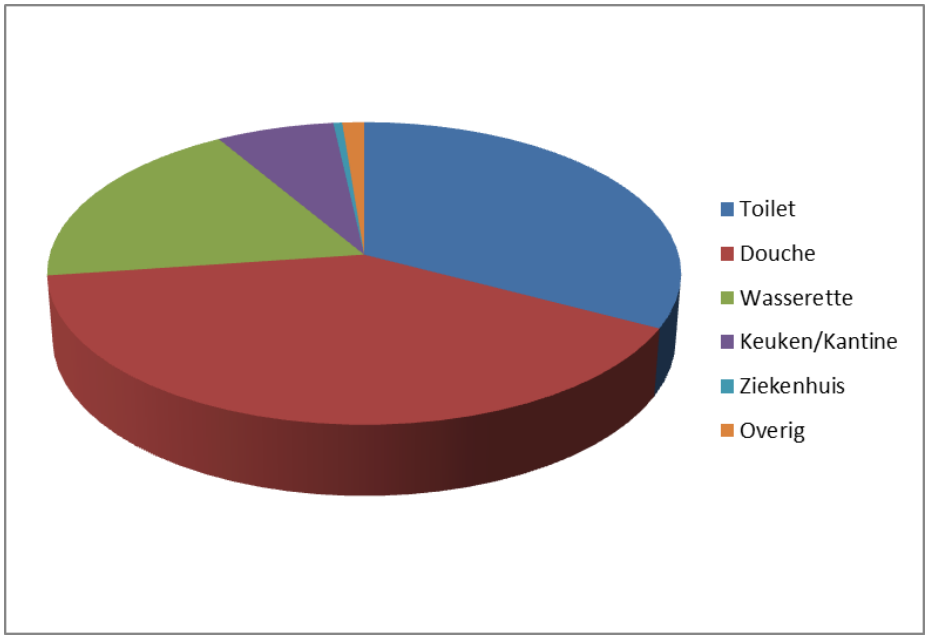
Feitelijk werd er van de 310 m³ onttrokken water daadwerkelijk 295m³ (15 m³ verlies van zuivering) verder gebruikt. Omgerekend geeft dit een gebruik van 148 liter per persoon per dag. Het gebruik per persoon ligt hiermee hoger dan gemiddeld in Nederland (120,1 liter).
Dit kan worden verklaard doordat de omstandigheden anders zijn dan in Nederland. Zo is er een handwas plicht voordat de eetzaal betreden mag worden en wordt door de hoge temperatuur meer kleding gewisseld waardoor meer kleding wordt gewassen dan bij normale omstandigheden in Nederland.

3.2.3 WATERGEBRUIK

De verschillende watergebruikers zijn:

- De keuken en kantine;
- Het ziekenhuis;
- Het sanitair;
- De wasserette;
- Overige gebruikers.

In het onderstaande diagram is weergegeven hoe de verdeling van het waterverbruik was op “Kamp Holland”



Figuur 4: Verdeling van het waterverbruik in "Kamp Holland"

Keuken (met eetzaal) en kantine - gezuiverd water
In de keuken werden alle maaltijden bereid (ontbijt, lunch en warme maaltijd). De daarvoor benodigde materialen werden ook in de keuken weer gewassen. Er werd in de eetzaal gegeten op en met wegwerp bord, mok en bestek (disposables). De keuken met eetzaal werd door Defensie gefinancierd, hier kregen de militairen gratis eten en drinken.

Ook was er een kleine kantine aanwezig in een ander gebouw. Deze kantine was tevens een plek voor ontspanning. In deze kantine kon ook eten worden besteld, waarbij normale borden en bestek gebruikt werden welke vanzelfsprekend weer gewassen dienden te worden.
Beide gebouwen (voorzieningen) werden voorzien van gezuiverd water in verband met het bereiden van voedsel. Het totale watergebruik was gemiddeld 20m^3/dag.

Ziekenhuis - gezuiverd water
Het ziekenhuis werd ook voorzien van gezuiverd water voor het handen wassen van het personeel, het wassen van patiënten en het schoonhouden van alle materialen. Het ziekenhuis verbruikte gemiddeld 1,5m^3/dag gezuiverd water.

Sanitaire unit (douche, wasbakken en toiletten) - gemengd gechloreerd water
Voor de 2000 personen waren er 40 sanitaire containers (sanitaire unit) aanwezig (50 personen per unit). In elke container zijn de volgende 'watergebruikers' aanwezig:
- 2* toilet;
- 2* urinoir;
- 2* douche;
- 5* tappunt (dit is gemiddeld omdat er meerdere uitvoeringen aanwezig zijn).

De sanitaire units waren aangesloten op het gemengde gechloreerde ruw water net. Door middel van stickers bij de tappunten werd duidelijk gemaakt dat het geen drinkwater was. Het gebruik lag gemiddeld op 118m^3/dag.

Wasserette - gemengd gechloreerd water
De wasserette maakte gebruik van gemengd water en bestond uit meerdere containers met daarin wasmachines en drogers. Deze containers werden kant-en-klaar aangeleverd en bevatten:
- 3* wasmachine
- 3* droger

Er waren 10 containers aanwezig voor 2000 personen. De wasserette gebruikte in totaal gemiddeld 55m^3/dag gemengd water.

Overige gebruikers - gemengd gechloreerd water
Overige gebruikers zoals de brandweer, voertuigen afspuitplaats en bouwwater werden ook voorzien van gemengd water. Wanneer er water van deze gebruikers overbleef werd dit gebruikt om de wegen op de base te besproeien met water om zo het stuiven te verminderen. Deze overige gebruikers gebruikte in totaal gemiddeld 3,7 m^3 gemengd water per dag.

In bijlage 2 is een plattegrond weergegeven van "Kamp Holland" met daarin aangegeven welke installaties zich bevonden op deze basis.

3.2.4 AFVALWATERZUIVERING EN -LOZING

Al het gebruikte water werd door middel van een rioolstelsel afgevoerd naar een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI). De RWZI bestond uit voor- bezink/egalisatie-tanks,

beluchtingstanks en na- bezinktanks. In de voor- bezink/egalisatie-tanks werd het grove bezinkbare materiaal van het water gescheiden en werd het afvalwater (dat met wisselende kwantiteit en kwaliteit op de RWZI aankomt) geëgaliseerd. In de beluchtingstanks worden organische stoffen en nutriënten door middel van biologische processen omgezet en verwijderd. Het slib dat hierbij ontstaat wordt in de na-bezinktanks van het water gescheiden, waarna het bovenstaande water onder normale omstandigheden zuiver genoeg is om te lozen. Echter, de RWZI op Kamp Holland werd overbelast waardoor het effluent (eind product van de RWZI) niet schoon genoeg was om geloosd te mogen worden. Dit effluent werd opgevangen in een buffer/verdamping veld. Deze velden hadden een totale oppervlakte van één hectare en drukten zwaar op de totale water-footprint. Hierover wordt meer vermeld in het eerder uitgevoerd onderzoek over de totale water-footprint[iii]

4 Kansen voor reductie waterwinning

4.1 OVERZICHT VAN GEÏDENTIFICEERDE KANSEN

Er zijn meerdere kansen om de waterwinning te reduceren. Deze zijn te verdelen in twee hoofdgroepen, te weten:

- Water besparende maatregelen: dit zijn maatregelen die ervoor zorgen dat er minder water gebruikt wordt waardoor ook minder water hoeft te worden gewonnen. Waterbesparende maatregelen zijn verder onder te verdelen in:
  - Technische maatregelen: de implementatie van waterbesparende technieken.
  - Organisatorische maatregelen: het geven van voorlichting over zuiniger watergebruik en/of het implementeren van regels en werkprotocollen welke een waterbesparing teweeg brengen.
- Water hergebruik: hergebruik van water zorgt ervoor dat een liter water meerdere malen wordt gebruikt in plaats van één maal verbruikt. Om water te kunnen hergebruiken dient het gezuiverd te worden. De mate van zuivering is afhankelijk van het doel van het gebruik.

Tabel 1: De referentie getallen zijn deels gebaseerd op metingen uit 2008 en op kerngetallen van specifieke sanitaire voorzieningen. Voor elke kans is het totale watergebruik per persoon per jaar berekend en het percentage reductie wat met deze kans kan worden bereikt ten opzichte van de referentie situatie. De totale tabel (inclusief tussenuitkomsten) is opgenomen in bijlage 6.

Kans 1: Waterbesparende maatregelen in urinoirs
Kans 2: Waterbesparende maatregelen in douche
Kans 3: Waterbesparende maatregelen in wasmachines
Kans 4: Waterbesparende toiletten
Kans 5: Waterbesparende kranen
Kans 6: Hergebruik wasbak- en douche-water in toilet (Decentraal)
Kans 7: Hergebruik wasserijwater incl naspoelwater hergebruik
Kans 8: Hergebruik wasbak- en douche-water in toilet (Centraal)

	Referentie	Kans (1)	Kans (2)	Kans (3)	Kans (4)	Kans (5)	Kans (6)	Kans (7)	Kans (8)	
Toiletspoeling										
Totaal waterverbruik urinoir	50,4	0,0	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	m3/dag
Totaal waterverbruik toilet	46,0	46,0	46,0	46,0	18,4	46,0	46,0	46,0	46,0	m3/dag
Totaal watergebruik toiletspoeling	96,4	46,0	96,4	96,4	68,8	96,4	-9,8	96,4	-9,8	m3/dag
Wasbakkken										
Watergebruik wasbakken	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,4	0,7	0,7	0,7	L/gebruik
Totaal watergebruik wasbakken	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	12,5	20,0	20,0	20,0	m3/dag
Keuken										
Totaal watergebruik kantine	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	m3/dag
Douches										
Waterverbruik douchen	49,0	49,0	42,0	49,0	49,0	49,0	49,0	49,0	49,0	L/douchebeurt
Totaal watergebruik Douches	98,0	98,0	84,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	m3/dag
Wasmachine										
Totaal watergebruik wassen	54,9	54,9	54,9	33,3	54,9	54,9	54,9	4,9	54,9	m3/dag
Overige										
Totaal watergebruik overige	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	m3/dag
TOTALEN										
Totaal watergebruik per persoon	53,1	43,9	50,6	49,2	48,1	51,7	33,7	44,0	33,7	m3/persoon*jaar
BESPARING	0,0	17,3	4,8	7,4	9,5	2,6	36,5	17,2	36,5	%

Tabel 1: Maatregelen met bijbehorende reductie percentages

In de onderstaande paragrafen worden de verschillende kansen verder toegelicht en wordt met berekeningen aangetoond hoeveel reductie deze techniek kan opleveren. De genoemde prijzen en totale investeringsbedragen zijn gebaseerd op aangevraagde offertes van verschillende bedrijven.

4.2 WATERBESPARENDE MAATREGELEN: TECHNISCHE MAATREGELEN

4.2.1 (KANS 1) WATERBESPARENDE MAATREGELEN IN HET URINOIR

De urinoirs vertegenwoordigen een significant aandeel van het totale watergebruik op de basis "Kamp Holland". In tabel 1 is af te lezen dan deze urinoirs 50,4 m³ per dag gebruiken. Dit getal is berekend aan de hand van meting en kengetallen. Er is gerekend met een percentage van 90% mannen op de base welke zeven maal per dag gebruik maken van het urinoir die 4 liter water per spoelbeurt gebruikt.

$$\frac{2000pers * 0{,}9\ (procent\ man) * 7(gebruik\ per\ dag) * 4l/spoeling}{1000} = 50{,}4\ m^3$$

Het watergebruik van de urinoirs op een base ligt daarmee op 16,3% van het totale watergebruik op de base.

Het watergebruik van urinoirs kan met 100% worden teruggebracht door de toepassing van waterloze urinoirs. Een belangrijke uitdaging voor de toepassing van waterloze urinoirs ligt in het voorkomen van stankoverlast, omdat de stilstaande urine kan verdampen en daarmee een nare geur kan verspreiden. Verschillende fabrikanten hebben dit probleem aangepakt en zijn met verschillende oplossingen gekomen (zie Bijlage 4).
De oplossing die het meest geschikt wordt geacht voor toepassing op een militaire base is het systeem van "Urimat".

Figuur 5: Werking van een waterloos urinoir met werkend membraan

In figuur 5 wordt een doorsnede tekening getoond van het afvoer systeem van een urinoir waardoor te zien is hoe dit systeem werkt. De urine (blauwe druppels) valt op de conusvormige hoed en wordt via het blauwe blokje afgevoerd naar het onderliggende membraan. Door het gewicht van de vloeistof opent zich het membraan en laat het de vloeistof door. Zodra er geen vloeistof meer komt zal dit membraan zich sluiten.

Het blauwe blokje heeft meerdere functies:
1. Het verspreidt een aangename geur;
2. Het geeft de vloeistof een oplossing mee waardoor afzetting in de afvoerbuis voorkomen wordt;
3. Het dient als indicator voor de vervanging van de onderliggende membraan. Het blokje is zo ontworpen dat het na 7500 gebruiken volledig is opgelost. Er wordt aangeraden om de complete membraanunit op dat moment te vervangen.

Deze oplossing wordt het meest geschikt geacht voor Defensie om de volgende redenen:
- Het is een goed afsluitend geheel dat geur maar ook urine afzetting tegen gaat;
- Het blijft ook functioneren als er afval in het urinoir wordt gegooid. Dit bijkomende voordeel zal storingen grotendeels voorkomen;

- Tijdens de missie in Afghanistan (Uruzgan) werden veel storingen veroorzaakt voor het verstopt raken van de urinoirs door afzetting van urine steen. Urine steen wordt gevormd op het moment dat urine in aanraking komt met water. Op "Kamp Holland" lag de Duitse Hardheid van het water extreem hoog waardoor er extreem veel urinesteen en kalkaanslag gevormd werd. Met dit waterloze systeem komen urine en water niet samen waardoor deze afzetting niet plaats zal vinden.

Nadeel is dat dit blokje al na 7000-7500 spoelingen verbruikt is en dat dan de totale membraan vervangen dient te worden. Defensie zou kunnen overwegen om enkel de blokjes te vervangen en de membranen pas te vervangen op het moment dat deze zichtbaar versleten zijn. Deze urinoirs zijn gemiddeld €75, - duurder dan een reguliere urinoirs.

Samenvattend:
Waterloze urinoirs zorgen voor:
- 100% reductie op het spoelwatergebruik voor urinoirs;
- 17,3% reductie op het totale watergebruik op de base.

Voordelen:
- Geen waterleidingen meer voor urinoirs;
- Geen spoelknoppen;
- Geen urinesteen vorming (urinesteen vormt zich door aanraking met water).

Kosten:
- Aanschaf kosten liggen iets hoger (€75, -) t.o.v. een reguliere urinoir; daar tegenover staat een lagere kostenpost aan leidingen en spoelknoppen. Hierdoor zal de totale investering ongeveer gelijk zijn aan de investering die geldt voor reguliere urinoirs;
- Bijkomende kosten voor het vervangen van het membraan (€24, - per membraan)[iv].

4.2.2 (KANS 2) WATERBESPARENDE MAATREGELEN IN DE DOUCHE

De douches zijn de grootste gebruikers van water. In tabel 1 is af te lezen dat deze 98 m³ water per dag gebruiken, dit is 31,6% van het totale watergebruik. . Aan de hand van het watergebruik van de aanwezige douchekoppen (7 l/min) en het aantal personen is tot de volgende berekening gekomen om de duur van het douche gebruik per persoon uit te rekenen.

$$\frac{98m^3 * 1000}{7l/min * 2000pers} = 7\ minuten$$

In Nederland is de gemiddelde douche tijd 8,1 minuut[v]

Een waterbesparende douchekop is een mogelijkheid. Deze waterbesparende douche koppen zijn voorzien van een filter in de watertoevoer leiding en hebben in de douchekop een venturi ingebouwd. Doordat het water gaat stromen wordt er door de venturi werking (een vernauwing in de leiding zorgt ervoor dat het water sneller gaat stromen waardoor er een drukverlaging ontstaat en de het systeem lucht meezuigt) lucht aangezogen en vermengd met het water. Hierdoor wordt de illusie gewekt dat er veel water uit deze douchekop komt. In de praktijk ervaren wordt dit als plezierig ervaren. Deze douche koppen gebruiken maar 6 l/min en zijn in meerdere vormen verkrijgbaar. Door deze douche

Figuur 6: Waterbesparende douchekop

koppen toe te passen kan het watergebruik in de douches worden verlaagd naar een dagelijks gebruikt volume volgens de onderstaande berekening.

$$\frac{2000pers\ *7min*6\ l/min}{1000} = 84\ m^3$$

Dit betekent een reductie van 4,8% op het totaal gebruik van de base.

Een verder reductie is mogelijk door gebruik te maken van douchekoppen welke maar 4,5 l/min gebruiken. Deze koppen verkleinen de uitstroom mogelijkheid en deze bouwen hierdoor druk op. De hogere druk wordt niet altijd als prettig ervaren. Ook geeft deze verhoogde druk een extra belasting op het leiding werk. Derhalve wordt deze mogelijkheid ook niet verder meegenomen.
Er zijn ontwikkelingen in het intern hergebruiken van douche water. Hierbij wordt in de eerste minuut van het douchen het water afgevoerd (het zwaarst vervuilde water); daarna wordt het water her gecirculeerd waarbij het verbruikte water direct opnieuw wordt gebruikt. Dit water wordt hierbij door een grof filter geleid en wordt niet verder verwarmd. De temperatuur neemt daarmee af en de hygiëne is niet gegarandeerd. Vanwege de vraagtekens op het gebied van hygiëne is deze mogelijkheid niet verder meegenomen.

Samenvattend:
Waterbesparende douchekoppen zorgen voor:
- Een reductie van 14,3% op het watergebruik in de douches;
- Een reductie van 4,8% op het totaal watergebruik van de basis.

Nadelen:
- Mensen met lange haren zullen tijdens het afspoelen merken dat er minder water uit de douchekop komt en zijn daarmee meer tijd kwijt aan het uitspoelen van de haren.

Kosten:
- Extra kosten douchekop €25, - per douchekop, totaal: €25*2*(2000/50)=€2000,-

4.2.3 (KANS 3) WATERBESPARENDE MAATREGELEN IN DE WASSERETTE

Het watergebruik van de wasmachines was 61 liter en de wasserette gebruikte 55m³/dag. Dit is 17,7% van het totaal watergebruik op de base. Ook dit gebruik is door meting verkregen. Dit is als volgt terug te rekenen.

$$\frac{54{,}9m^3 * 1000}{2000pers * 61l/wasbeurt} = 0{,}45\ wasbeurten\ per\ persoon\ per\ dag$$

In het was proces zijn vier variabele factoren te herkennen. Als de ene factor wordt verlaagd/verkleind zal dit door een andere factor opgevangen dienen te worden. De factoren zijn:
- Machine met bijhorend waterverbruik (techniek);
- Temperatuur;
- Tijd;
- Chemie (wasmiddel).

Door een goede afstemming van deze vier factoren kan water bespaard worden. Door wasmachines aan te kopen welke geen vaste programma's of keuze programma's bevatten, maar welke aan te passen zijn, kan er een programma ingevoerd worden dat precies aan de eisen van Defensie voldoet. Hierbij is het van belang dat er een goede chemie wordt toegepast (soort en hoeveelheid) waardoor de temperatuur (energie) en het waterverbruik kunnen dalen. Door een chemicus van het bedrijf "Christeyns" is aan de hand van de samenstelling van het te wassen goed en het type wasmachine uitgerekend welke reductie mogelijk is. Hiermee kan gemiddeld 4 liter per kilogram wasgoed worden bespaard[vi] ten opzichte van de aanwezige werkwijze. Aan de hand van het aantal wasbeurten per persoon (6kg was per wasbeurt) en het gemeten water verbruik kan de volgende reductie in watergebruik worden bereikt.

$$\frac{\left(61l - (4l/kg * 6kg)\right) * 2000pers}{1000} = 33\ m^3$$

Samenvattend:

Door wasmachines te laten programmeren en daarbij de juiste chemie te gebruiken kan:

- Een reductie op het watergebruik van de wasserette van 47,6% bereikt worden.
- Een reductie van 7,4% van op het totaal watergebruik worden bereikt.

Voordeel:

- Er hoeft minder water verwarmd te worden en daarmee zal er minder energie gebruikt worden.

Nadelen:

- Er moet gebruik worden gemaakt van een vooraf bepaalde chemie welke mogelijk niet overal verkrijgbaar is.

Kosten:

- De wasmachines zijn €600, - per stuk duurder in aanschaf omdat deze opnieuw geprogrammeerd moeten worden. Er worden 33 machines gebruikt, daarmee komen de extra kosten op $€600 * 33 = €19800,-$

4.2.4 (KANS 4) WATERBESPARENDE MAATREGELEN IN DE TOILETTEN

Het watergebruik van de toiletten op de basis was 46 m³ (bepaald in onderstaande berekening op basis van kengetallen en aan de hand van het gemeten watergebruik van de totale sanitaire container), dit is 14,8% van het watergebruik. Deze toiletten gebruiken 10 liter voor een grote spoeling en 5 liter voor een kleine spoeling.

Aantal mannen op de base = 90%
Toilet bezoek man/vrouw met een volledige spoeling (10 liter) = 1,5 keer per dag
Toilet bezoek man met kleine spoeling (5 liter) = 1 keer per dag
Toilet bezoek vrouw kleine spoeling (5 liter) = 7 keer per dag

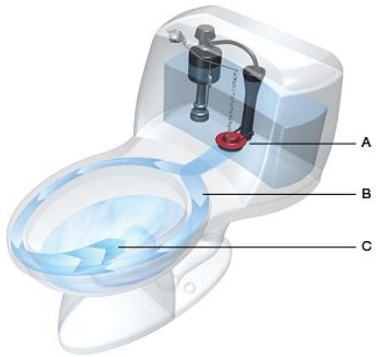
$$\left(\frac{(1{,}5 * 10l + (1 * 5l) * 2000pers * 90\%)}{1000}\right) + \left(\frac{(1{,}5 * 10l + (7 * 5l) * 2000pers * 10\%)}{1000}\right) = 46\ m^3$$

Mannen zullen de toiletten minder frequent bezoeken en doorspoelen, omdat zij in de meeste gevallen gebruik zullen maken van het urinoir.

Dit watergebruik voor toiletspoeling (toilet + urinoir, 46m³+50,4m³=96,4m³) ligt met 48,2L/(persoon*dag) hoger dan het gemiddelde in Nederland[vii] (34L/persoon*dag). Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat er in Nederland meer gebruik wordt gemaakt van waterbesparende toiletten. Een andere reden kan zijn dat er veel water onnodig verspoeld werd door defecte drukspoelers van de urinoirs.

Een mogelijkheid om het watergebruik in de toiletten te reduceren is een WST- toilet. WST-toilet staat voor Water Saving Technology-toilet. Dat is een waterbesparend toilet met een 4-liter toiletreservoir en bijpassende 4-liter toiletpot. Om verstopping in de rioolleiding tegen te gaan, heeft een WST-toilet een booster, welke de afvoersnelheid naar het riool verhoogt. Een booster wordt gemaakt door middel van een buffer tank. Zodra deze gevuld is wordt deze in een keer geledigd om zo een verhoogde doorstroming te krijgen en daarmee de kans op verstoppingen tegen te gaan. Ook is er een nog kleinere spoeling mogelijk, deze spoeling levert 2-liter water.

In figuur 7 staat een WST toilet afgebeeld, hieronder wordt bijbehorende uitleg gegeven.



Figuur 7: Werking van een WST-toilet

A= Een grote 3 ¼ inch spoel klep helpt om een hoge doorstroming te produceren waardoor er een goede spoel capaciteit gemaakt wordt.

B= De exact gepositioneerde spoelgaten leveren een complete spoeling door het totale toilet. Hierdoor is er ook minder schoonmaak van het toilet benodigd.

C= De volledig glazen, 2 1/8 inch afvoer helpt bij een soepele doorvoer van het afvalwater[viii]
Deze glazen afvoer is gevoelig voor breken en zal tijdens transport extra aandacht nodig hebben.
Met een WST toilet kan de volgende besparing worden bereikt:

$$46m3 - \left(\left(\frac{(1{,}5 * 4l + (1 * 2l) * 2000pers * 90\%)}{1000}\right) + \left(\frac{(1{,}5 * 4l + (7 * 2l) * 2000pers * 10\%)}{1000}\right)\right) = 27{,}6\ m^3$$

<u>Samenvattend:</u>

Door gebruik te maken van de WST toiletten kan:

- Een reductie van 60% worden bereikt op het watergebruik van het toilet.
- Een reductie van 9,5% op het totaal gebruik worden gerealiseerd.

Nadeel:

- De glazen afvoer is gevoelig voor breuk tijdens transport en montage.

Kosten:

- De WST-toilet heeft een hogere aanschaf waarde (€200, - per stuk, €16000, - voor alle toiletten);

4.2.5 (KANS 5) WATERBESPARENDE MAATREGELEN IN DE TAPPUNTEN

Door het monteren van een besparend filter in de kop van een kraan wordt de uittrede snelheid verlaagd en in sommige types lucht toegevoegd. Hierdoor wordt het watergebruik van 8l/min gereduceerd naar 5l/min. De reductie welke hiermee bereikt wordt is als volgt berekend.

Huidig gebruik: 8 liter per minuut
Nieuw gebruik: 5 liter per minuut
Gebruiksduur: 5 seconden
Aantal gebruiken: 15 per dag

$$\left(\left(\frac{8l}{60sec}\right) * 5seconden * 15 * 2000pers\right) - \left(\left(\frac{5l}{60sec}\right) * 5seconden * 15 * 2000pers\right) = 12{,}5\ m^3$$

Samenvattend:

Door gebruik te maken van besparende filters in de water tap kranen kan:

- Een reductie van 37,5% worden bereikt op het watergebruik van de tappunten.
- Een reductie van 2,6% gerealiseerd worden op het totaal gebruik.

Nadeel:

- Het vullen van bijvoorbeeld een emmer met water zal meer tijd kosten.

Kosten:

- Extra kosten kraan €5,- per kraan, totaal: €5*5*(2000/50)=€1000,-

4.3 WATERBESPARENDE MAATREGELEN: ORGANISATORISCHE MAATREGELEN

Er zijn mogelijkheden om kortere douche beurten te creëren. Uit ervaring blijkt echter dat het voor vele militairen een rust punt is om na een lange patrouille een goede douche te nemen. Een kortere douche periode door bijvoorbeeld een munten systeem zal dan tot frustratie en vandalisme kunnen leiden. Deze mogelijkheid wordt daarom niet verder behandeld.
Voorlichting over watergebruik kan mogelijk een reductie van het water gebruik teweeg brengen. Omdat hier slechts zeer onnauwkeurig een inschatting van kan worden gemaakt, wordt ook dit niet verder in het verslag behandeld.

4.4 WATER HERGEBRUIK

De meest voor de hand liggende methode van water hergebruik is het hergebruiken van de minst verontreinigde waterstroom. Dit water wordt ook wel 'grijswater' genoemd en is afkomstig van de wasbakken en de douches.

Grijswater hergebruik is in Nederland op grote schaal niet haalbaar. Dit komt voornamelijk door de lage drinkwaterprijs in Nederland en doordat verkeerde aansluitingen tot hygiënisch onveilige situaties kunnen leidden.
Op een militaire basis is in tegenstelling tot de Nederlandse situatie de werkelijke reductie van de wateronttrekking van belang. Daarnaast kunnen foutieve connecties vrijwel zeker uitgesloten worden omdat ontwerp, bouw, beheer en onderhoud bij één partij liggen. Dit maakt grijswater hergebruik interessant voor toepassing op een militaire basis.

Aan gezuiverd grijswater zijn geen wettelijke hygiënische eisen gesteld. Dit water kan gebruikt worden voor toiletspoelingen, wasserette water en terrein besproeiing.
Hergebruik van grijswater kan zowel centraal als decentraal plaats vinden. De decentrale oplossingen zijn kleine zuiveringselementen direct bij de gebruikers, bijvoorbeeld direct bij het toilet. Bij een centrale zuivering zal al het grijswater centraal verzameld worden waarna het gezuiverd word. Na het zuiveringsproces wordt het gebufferd en daarna op druk gebracht voor hergebruik. In hoofdstuk 5 wordt hier dieper op in gegaan.

4.4.1 (KANS 6) HERGEBRUIK WASBAK- EN DOUCHE-WATER (DECENTRAAL)

Er bestaan systemen (Grohe) welke opgevangen douchewater lokaal zuiveren en beschikbaar maken voor hergebruik. Hiermee wordt 50% van het douchewater hergebruikt voor bijvoorbeeld toilet spoelingen. Het grijze water wordt in een proces van meerdere stappen gereinigd en door UV-bestraling gedesinfecteerd. Het weer gezuiverde water is hygiënisch schoon. De kwaliteit ervan komt overeen met de specificaties van de EU-richtlijn voor badwater[ix]. Dit systeem zal in alle units ingebouwd moeten worden wat het totaal financieel zwaar belast. Voor een kleine missie met een klein aantal units is het wel een goede mogelijkheid. In dit verslag wordt dit systeem niet verder meegenomen.

Het bedrijf GEP biedt complete systemen die als semi-decentraal kunnen worden aangemerkt. Deze systemen verzamelen het water van enkele sanitaire units, zuiveren dit water en voeren het weer op naar de toiletten. Het systeem werkt met een biologisch afvalwaterbehandelingssysteem welke bestaat uit voorbezinking, beluchting en na-bezinking. Het systeem heeft een rendement van 66% en is in verschillende capaciteiten leverbaar.

Het bedrijf MultiEnergy-Solutions biedt een totaaloplossing welke geheel in een sanitaire unit te plaatsen is en die het meest geschikt voor toepassing bij Defensie wordt geacht. Het gaat hier om een filter systeem met een kleine buffer tank welke geplaatst wordt in de technische ruimte of zelfs in de wand van de container. Met deze zuivering wordt een rendement (recovery) van 90% bereikt. Hierop volgend kan de volgende berekening worden gemaakt.

Grijs (douche) water: 98m³ per dag
Grijs (wasbakken) water: 20m³ per dag
Rendement (recovery) grijswaterzuivering: 90%

$$Totaal\ water\ beschikbaar\ voor\ hergebruik = (98m^3 + 20m^3) * 0{,}9 = 106{,}2m^3\ per\ dag$$

<u>Samenvattend:</u>
Door gebruik te maken van dit systeem kan:
- De vraag van 96,4m³ aan spoelwater voor urinoirs en toiletten (in de referentiesituatie) per dag volledig worden afgedekt;
- Een reductie van 36,5% op het gehele watergebruik worden bereikt.

Voordelen:
- Omdat het systeem in de sanitaire container wordt ingebouwd is het gereed voor gebruik zodra de container op locatie is aangesloten;
- Op een externe locatie zal één sanitaire container (zonder aanvullende installaties) direct toepasbaar zijn.

Nadelen:
- Onderhoud op decentrale locaties.

Kosten:
- Extra kosten voor een grijszuivering zijn €9750, - per container[x], totaal: €9750*(2000/50)= €390000, -

4.4.2 (KANS 7) HERGEBRUIK VAN HET WASSERETTE WATER

Het afvalwater van de wasserette kan gezuiverd worden en intern worden hergebruikt. Het is mogelijk om wasmachines aan te kopen die het naspoelwater (10% van het totaal verbruik van een was proces) apart afvoeren. Dit naspoelwater hoeft niet gezuiverd te worden en kan direct weer voor inname van de

wasserij worden gebruikt. Dit geeft 10% besparing van het wasserette verbruik. De overige 90% kan aangeleverd worden aan een grijszuiveringssysteem voor hergebruik.
Met deze grijswaterzuivering wordt een rendement (recovery) van 90% bereikt. De volgende berekening geeft aan hoeveel gezuiverd water geleverd kan worden.

10% kan direct hergebruikt worden dit geeft de volgende directe besparing:

$$54{,}9m^3 * 0{,}1 = 5{,}49m^3\ per\ dag$$

De overige (54,9-5,49=) 49,41m³ wordt aan de grijswaterzuivering aangeboden.
Hiervan wordt beschikbaar gemaakt voor hergebruik:

$$49{,}41m^3 * 0{,}9 = 44{,}47m^3\ per\ dag$$

In totaal kan dus (5,49m³ + 44,47m³=) 49,96m³ per dag gezuiverd water geleverd worden om intern hergebruikt te worden in de wasserette waardoor er een kleine vraag van 4,9m³ per dag overblijft.

Samenvattend:
Door het grijswater van de wasserette te hergebruiken kan:
- Een reductie van 91% worden gehaald in het wasserette water gebruik;
- Hiermee wordt een reductie van 17,2% op het totale watergebruik bereikt.

Voordeel:
- Het systeem kan direct bij de wasserette worden geplaatst waardoor geen uitgebreid leidingsysteem aangelegd hoeft te worden.

Nadeel:
- Extra onderhoud aan de zuiveringsinstallatie.

Kosten:
- Extra kosten voor de zuiveringsinstallatie zijn: €100.000, -

In hoofdstuk 5 wordt verder ingegaan op het ontwerp en de werking van een grijswaterzuivering.

4.4.3 (KANS 8) HERGEBRUIK WASBAK- EN DOUCHE-WATER (CENTRAAL)

Met een centrale zuivering wordt al het grijswater van de douche en de wasbakken afgevoerd en verzameld in een centraal buffervat waaruit een grijswater zuiveringsinstallatie vervolgens haar influent haalt. De zuivering zal bestaan uit een zand filter waarna het effluent in een buffertank wordt verzameld en gechloreerd. Dit gezuiverde water kan gebruikt worden voor toiletspoelingen, wasserette water of terreinbesproeiing. Voor dit onderzoek wordt het via een drukinstallatie weer aangeboden aan het toilet en de wasserette.

Met deze zuivering wordt een rendement (recovery) van 90% bereikt. Hierop volgend kan de volgende berekening worden gemaakt.

Grijs (douche) water: 98m³ per dag
Grijs (wasbakken) water: 20m³ per dag
Rendement (recovery) grijswaterzuivering: 90%

$$Totaal\ water\ beschikbaar\ voor\ hergebruik: (98m^3 + 20m^3) * 0{,}9 = 106{,}2m^3\ per\ dag$$

Samenvattend:

Door het grijswater, afkomstig van douche en wasbakken, te zuiveren tot spoelwater voor de toiletten kan:

- Een reductie van 100% worden behaald op de toiletspoelingen;
- Een reductie op van 36,5% op het gehele watergebruik worden bereikt.

Voordelen:

- Het beheer en onderhoud zijn gecentraliseerd;
- Lagere investeringen nodig dan bij decentrale oplossingen.

Nadelen:

- Er is extra leidingwerk nodig;
- De sanitaire units kunnen niet zelfstandig ingezet worden.

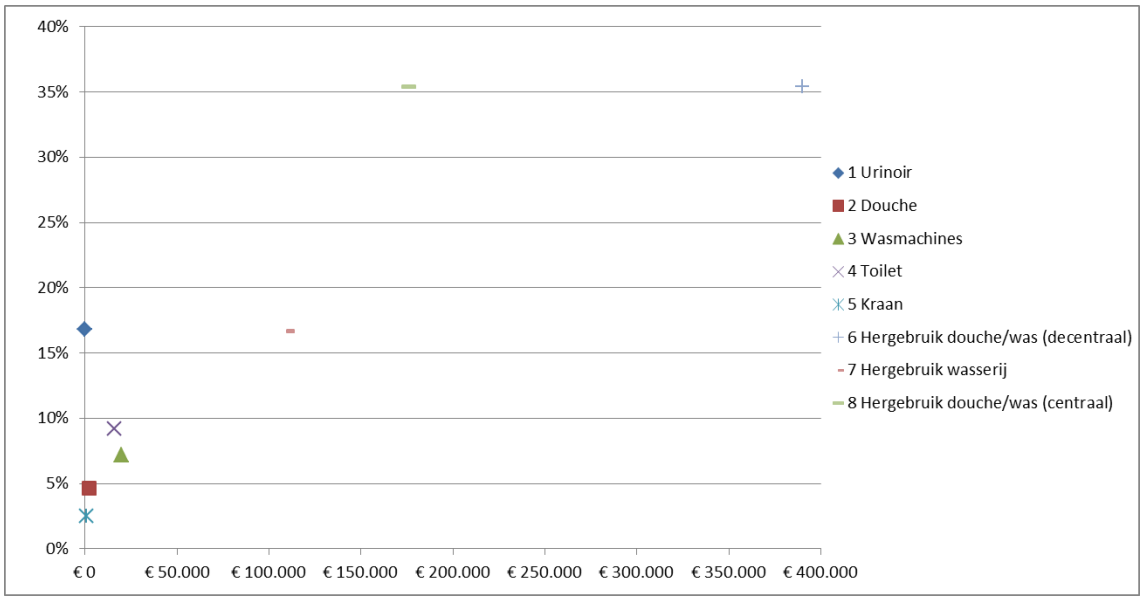
Kosten:

- Extra kosten voor een grijszuivering zijn €176000, - (op basis van twee buffertanks, een zandfilter, een pomp put, een drukverhoging installatie en al het leiding werk).

Buffertank	€ 11.000,00	
Zand filter	€ 160.000,00	
Pompen	€ 3.000,00	
Leidingwerk	€ 2.000,00	
TOTAAL	€ 176.000,00	(geschatte prijzen zijn bepaald aan de hand van offertes)

4.5 QUICK WINS

In figuur 8 is de reductie van water afgezet tegen de investeringskosten ten opzichte van de referentiesituatie. Deze grafiek geeft een snelle indicatie welke producten de 'quick wins' zijn. Onder quick wins wordt verstaan de oplossingen die relatief lage investeringen kennen ten opzichte van het watergebruik dat ermee wordt bereikt.



Figuur 8: Kosten baten grafiek van de verschillende kansen.

De investeringskosten van waterbesparende kranen, waterbesparende douchekoppen en waterloze urinoirs zijn zeer laag tegenover significante reducties in wateronttrekking. Deze drie producten zijn daarom aan te merken als quick wins, en aan te bevelen voor implementatie. De waterbesparende toiletten en de waterzuinige wasmachines zijn in principe ook quick wins maar in paragraaf 4.7 wordt duidelijk dat

de toiletten en de wasmachines beter op een grijswater systeem aangesloten kunnen worden dan dat erin wordt geïnvesteerd om het watergebruik te reduceren.
De grafiek in figuur 8 geeft ook direct aan dat kans 6 met decentrale zuivering minder gunstig is, aangezien eenzelfde besparing wordt bereikt als bij centrale zuivering, echter tegen hogere kosten. Deze kans wordt in het verdere verslag dan ook niet meegenomen.

4.6 MULTI CRITERIA ANALYSE (MCA)

De Multi Criteria Analyse is een methode om verschillende oplossingen op basis van (gewogen) criteria met elkaar te kunnen vergelijken. Elk van de oplossingen wordt op dezelfde criteria beoordeeld, waarna de beoordelingen per oplossing bij elkaar worden opgeteld om tot een eindscore te komen.

4.6.1 MCA

In de onderstaande tabel zijn de uitkomsten van de MCA verzameld. In de volgende paragrafen worden de werkwijze en de uitkomsten verder toegelicht.

Ministerie van Defensie	Besparingsmogelijkheden Defensie Jeroen Velthuis 6-feb-13
MULTI CRITERIA ANALYSE	

Criterium	Robuustheid	Snel operationeel	Bedieningsgemak	Flexibiliteit (uitbereidingsmogelijkheid)	Chemicaliën	Onderhoudsarm	Inpasbaarheid	Afvalwater reducerend	Verwerfbaarheid en Logistiek	Eenvoud			
Wegingsfactor	3	2	2	4	4	3	3	4	4	3			
Techniek	Beoordeling										SCORE	Reductie	Investering
Kans 1 (Urinoirs)	4	5	4	5	4	4	5	3	3	5	**132**	17,33%	€ -
Kans 7 (Grijswater, wasmachine)	3	2	2	3	5	2	4	2	4	3	**100**	17,18%	€ 110.000,00
Kans 8 (Grijswater, hergebruik centraal)	2	2	2	3	5	2	3	2	4	3	**94**	36,52%	€ 176.000,00

Tabel 2: MCA tabel met drie kansen

4.6.2 UITLEG MCA

In de MCA zijn kansen 1, 7 en 8 met elkaar vergeleken op basis van criteria die zijn vastgesteld in samenwerking met medewerkers van Defensie die in het water vakgebied werkzaam zijn. Er is gekozen voor deze drie kansen omdat deze het meest aantrekkelijk worden geacht om binnen Defensie toe te passen. Ook hebben deze drie kansen een hoge reductie op het totaal waterverbruik op de militaire base.

Aan elk criterium is een wegingsfactor gekoppeld. De wegingsfactor is de schaal van “belangrijkheid” van 1 tot en met 5 waarin 5 het meest belangrijk is. De toegekende beoordeling wordt vermenigvuldigd met de wegingsfactor en de afzonderlijke beoordelingen worden opgeteld om te komen tot de ‘score’.

Er is voor gekozen om de reductie in wateronttrekking en de investeringskosten (t.o.v. de referentiesituatie) niet in de MCA op te nemen, maar deze per kans weer te geven naast de eindscores uit de MCA. Op deze manier kan de eindscore uit de MCA worden gezien als een maat voor de ‘haalbaarheid’ van de kans, die los staat van de reductie in wateronttrekking en de investeringskosten. Op

basis van deze drie indicatoren (haalbaarheid, reductie in wateronttrekking, investeringskosten) kan de keuze voor het implementeren van een bepaalde kans goed onderbouwd worden.

4.6.3 UITLEG CRITERIA

Tijdens de MCA sessie zijn de criteria geselecteerd waaraan de afzonderlijke kansen getoetst dienen te worden. Hieronder wordt voor elk criterium kort uitgelegd wat ermee wordt bedoeld.

Criteria:

- Robuustheid: Blijft het product werken wanneer (sub)onderdelen falen en is het product constructief sterk / bestand tegen vandalisme?
- Snel operationeel: Kan dit product snel worden geïnstalleerd en operationeel gemaakt.
- Bedieningsgemak: Is het product makkelijk te bedienen door een laag opgeleid persoon.
- Flexibiliteit: Is het product gemakkelijk uit te breiden voor bijvoorbeeld capaciteit vergroting.
- Chemicaliën: Zijn er chemicaliën benodigd voor het werken met dit product (bij voorkeur geen chemicaliën).
- Onderhoudsarm: De mate van onderhoud aan het product om deze in werking te houden.
- Inpasbaarheid: Is het product gemakkelijk toe te passen binnen de huidige wijze van optreden.
- Afvalwater reducerend: Wordt er door toepassing van dit product minder afvalwater geproduceerd?
- Verwerfbaarheid en logistiek: Is dit product of zijn onderdelen hiervan verkrijgbaar bij meerdere toeleveranciers en mogelijk wereldwijd.
- Eenvoud: Is het product eenvoudig te begrijpen waardoor eventuele storingen gemakkelijk op te sporen zijn.

4.6.4 UITKOMSTEN MCA

Zoals te zien is in Tabel 2 wordt de haalbaarheid van de waterloze urinoirs het hoogste ingeschat (eindscore 132). Dit komt voornamelijk doordat de urinoirs gemakkelijk zijn in te bouwen in de bestaande units, zonder dat hiervoor extra voorzieningen getroffen hoeven te worden.

De haalbaarheid van beide grijswater systemen worden lager geschat (eindscore 100 voor hergebruik water wasmachines en 94 voor centraal hergebruik douche- en wasbakwater). Dit komt vooral omdat deze systemen meer tijd (bouw en onderhoud) en kennis (onderhoud en eenvoud) vragen van Defensie. De berekende reductie laat echter wel zien dat deze systemen Defensie naar haar doel (>50% reductie) kunnen brengen.

4.7 COMBINATIES

In de praktijk zullen meerdere kansen tegelijk geïmplementeerd kunnen worden. Er is daarom een longlist gemaakt welke bestaat uit zeven verschillende combinaties van kansen. Door kansen te combineren kan de hoogst mogelijke reductie in wateronttrekking worden bepaald en kan synergie worden behaald. Een voorbeeld daarvan is het behandelen van zowel douchewater als water afkomstig van de wasmachines in één centrale grijswater zuivering. De reducties in wateronttrekking kunnen dan bij elkaar worden opgeteld, terwijl de totale investering lager is dan de som van de twee afzonderlijke investeringen. Het is zeker niet zo dat toepassing van alle kansen automatisch tot de beste oplossing leidt. De kansen kunnen overlap vertonen en/of elkaar tegenwerken. Een voorbeeld hiervan is dat het hergebruiken van grijswater voor toilet spoeling een geringer effect heeft wanneer ook al wordt gekozen voor waterloze urinoirs en/of

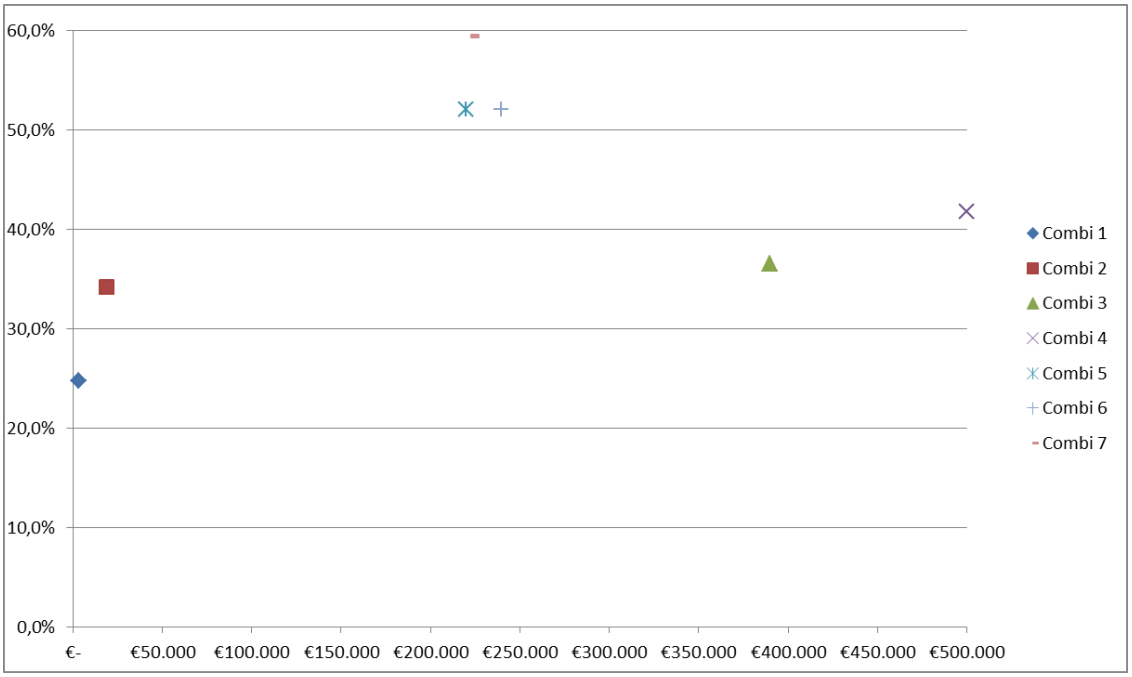
waterbesparende toiletten. Tabel 3 geeft aan welke kansen er in een combinatie zitten en welke investeringskosten en reductie bij deze combinatie hoort.

Kans 1: Waterbesparende urinoirs;
Kans 2: Waterbesparende douche koppen;
Kans 3: Waterbesparende wasmachines;
Kans 4: Waterbesparende toiletten;
Kans 5: Waterbesparende tappunten;
Kans 6: Hergebruik wasbak- en douche-water (decentraal)
Kans 7: Hergebruik van wasserette water;
Kans 8: Hergebruik wasbak- en douche-water (centraal).

	Kans 1	Kans 2	Kans 3	Kans 4	Kans 5	Kans 6	Kans 7	Kans 8	Investeringskosten €	Reductie %
Combinatie 1	x	x			x				€ 3.000,00	25%
Combinatie 2	x	x		x	x				€ 7.000,00	34%
Combinatie 3						x			€ 390.000,00	37%
Combinatie 4			x			x			€ 500.000,00	42%
Combinatie 5							x	x	€ 220.000,00	52%
Combinatie 6			x				x	x	€ 239.800,00	52%
Combinatie 7	x	x			x		x	x	€ 223.000,00	59%

Tabel 3: Overzichtstabel: welke kansen zitten er in de combinatie met bij behorende investeringskosten en reductie percentage

Er zijn combinaties op verschillende ambitie niveaus denkbaar. De zeven combinaties welke gemaakt zijn worden het meest toepasbaar geacht en zijn gesorteerd naar ambitie niveau (Combinatie 1: laagste ambitie, Combinatie 7: hoogste ambitie). De zeven combinaties zijn in de onderstaande grafiek (figuur 9) gezet.



Figuur 9: Een overzicht van de investeringskosten (horizontaal) van combinaties t.o.v. de besparingen (verticaal)

In dit verslag worden enkel de combinaties belicht welke aan de reductie eis van >50% voldoen. Dit zijn de combinaties 5, 6 en 7. De totaallijst met alle combinaties en de uitleg van deze combinaties zijn terug te vinden in bijlage 5.

In Tabel 4 is per combinatie (5, 6 en 7) af te lezen hoeveel water per combinatie gereduceerd wordt. In paragrafen 4.7.1 tot en met 4.7.3 worden deze combinaties verder beschreven. Alle drie de combinaties hebben "kans 7 en 8" (hergebruik van wasmachine water en centraal hergebruik van douche- en wasbakwater) als basis. Hiervoor is gekozen omdat alleen met deze basis een reductie van minimaal 50% gehaald kan worden. Het is ook mogelijk om "kans 6 en 7" (hergebruik van wasmachine water en decentraal hergebruik van douche- en wasbakwater) als basis te nemen. Deze optie kent een hogere investering tegen eenzelfde reductie in wateronttrekking en wordt derhalve niet gekozen als basis. Combinatie 5 heeft alleen de basis, combinatie 6 en 7 laten zien wat er als uitbereiding op deze basis mogelijk is en welke uitwerking dit op het geheel heeft.

Combi 5.Centrale grijswaterzuivering (synergie)
Combi 6.Combinatie 5 + nieuwe wasmachines
Combi 7.Combinatie 5 + besparende douchekoppen, kranen en waterloze urinoirs

		Referentie	Combi (5)	Combi (6)	Combi (7)	
Grijswater geleverd		0,0	155,6	136,2	136,3	m³/dag
Watergebruik						
Toiletspoeling						
	Subtotaal watergebruik toilet	46,0	46	46	46	m³/dag
	Grijswatergebruik	0,0	46	46	46	m³/dag
	Zuiverwatergebruik	46,0	0	0	0	m³/dag
Urinoir						
	Subtotaal watergebruik toilet	50,4	50,4	50,4	0	m³/dag
	Grijswatergebruik	0,0	50,4	50,4	0	m³/dag
	Zuiverwatergebruik	50,4	0	0	0	m³/dag
Wasmachine						
	Subtotaal watergebruik wassen	54,9	54,9	33,3	54,9	m³/dag
	Grijswatergebruik	0,0	54,9	33	54,9	m³/dag
	Zuiverwatergebruik	54,9	0	0	0	m³/dag
Wasbakken						
	Subtotaal watergebruik wasbakken	20,0	20	20	12,5	m³/dag
	Grijswatergebruik	0,0	0	0	0	m³/dag
	Zuiverwatergebruik	20,0	20	20	12,5	m³/dag
Keuken						
	Subtotaal watergebruik keuken	20,0	20	20	20	m³/dag
	Grijswatergebruik	0,0	0	0	0	m³/dag
	Zuiverwatergebruik	20,0	20	20	20	m³/dag
Douches						
	Subtotaal watergebruik douche	98,0	98	98	84	m³/dag
	Grijswatergebruik	0,0	0	0	0	m³/dag
	Zuiverwatergebruik	98,0	98	98	84	m³/dag
Ziekenhuis						
	Subtotaal watergebruik ziekenhuis	1,5	1,5	1,5	1,5	m³/dag
	Grijswatergebruik	0	0	0	0	m³/dag
	Zuiverwatergebruik	1,5	1,5	1,5	1,5	m³/dag
TOTALEN						
Totaal zuiverwatergebruik		290,8	139,5	139,5	118,0	m³/dag
Reductie		0%	52%	52%	59%	
Totaal grijswatergebruik		0,0	151,3	129,4	100,9	m³/dag
Grijswaterzuivering levert		0	155,6	136,2	136,3	m³/dag
Grijswater over		0,0	4,3	6,8	35,4	m³/dag

Tabel 4: Tabel met drie combinaties die >50% opleveren

4.7.1 COMBINATIE 5

In combinatie 5 wordt synergie toegepast omdat het grijswater van zowel de douche en de wasbakken als het water van de wasserette centraal wordt gezuiverd en hergebruikt. Bovendien wordt het tekort in de wasserette opgelost met het overschot bij de toiletten. In combinatie 5 wordt al het water uit de douches,

de wasbakken en de wasmachines verzameld en gezamenlijk behandeld in een grijswater zuiveringssysteem. Dit systeem heeft een geschat rendement (recovery) van 90% en heeft extra leidingwerk nodig om grijswater te verzamelen, te zuiveren en te bufferen.

Verzameling van grijswater:
- Douchewater: 98m³ per dag
- Wasbakken water: 20m³ per dag
- Wasserette water: 54,9m³ per dag

De hoeveelheid her te gebruiken water wordt als volgt berekend:

$$(98m^3 + 20m^3 + 54{,}9m^3) * 90\% = 155{,}6m^3\ per\ dag$$

Van het gezuiverde grijswater wordt 96,4m³ hergebruikt door de toiletten en 54,9m³ hergebruikt door de wasserette. Omdat er gerekend wordt met gemiddelden welke kunnen variëren is het goed om te weten dat er gemiddeld 4,3m³/dag gezuiverd grijswater overblijft. Wanneer de buffer met gezuiverd grijswater vol is zal dit overtollige water geloosd worden. . Deze combinatie levert een reductie op het totaal verbruik van 52%

Een grove kosten raming is hieronder weergegeven (op basis van opgevraagde offertes).

Extra kosten zuiveringsinstallatie (zandfiltratie):	€200.000, -
Buffertanks + leidingwerk en pompen:	€20.000, -
Totaal extra kosten:	€220.000, -

4.7.2 COMBINATIE 6

Combinatie 6 is vrijwel identiek aan combinatie 5, met als enige verschil dat in combinatie 6 ook gebruik wordt gemaakt van waterzuinige wasmachines.

Omdat er waterzuinige wasmachines worden toegepast is er minder grijswater beschikbaar voor hergebruik:
- Douchewater: 98m³ per dag
- Wasbakken water: 20m³ per dag
- Wasserette water: 33,3m³ per dag

$$Totaal\ hoeveelheid\ water\ beschikbaar\ voor\ hergebruik\ (98m^3 + 20m^3 + 33{,}3m^3) * 90\% = 136{,}2m^3\ per\ dag$$

Omdat de wasmachines een grotere besparing (21,6m³ per dag) opleveren voor de wasserette heeft deze wasserette minder water nodig. Maar omdat de wasserette minder water gebruikt, levert deze ook minder aan de grijswater zuiveringsinstallatie. Uiteindelijk zal er iets meer gezuiverd grijswater overblijven dan in combinatie 5. Dit heeft geen invloed op de reductie in wateronttrekking. Deze is met 52% dan ook gelijk aan de reductie in combinatie 5.

Een grove kosten raming is hieronder weergegeven.

Extra kosten zijn €600, - per wasmachine, totaal: €600*33=	€19.800, -
Extra kosten zuiveringsinstallatie (zandfiltratie):	€200.000, -
Buffertanks + leidingwerk en pompen:	€20.000, -
Totaal extra kosten:	€239.800, -

4.7.3 COMBINATIE 7

Dit is een uitgebreidere en ambitieuzere optie met zowel waterbesparende maatregelen als water hergebruik. Combinatie 7 is vrijwel identiek aan combinatie 5, met het verschil dat tevens de volgende kansen worden toegepast:

- Besparende douche koppen (kans 2);
- Besparende kranen (kans 5);
- Waterloze urinoirs (kans 1, figuur 10).

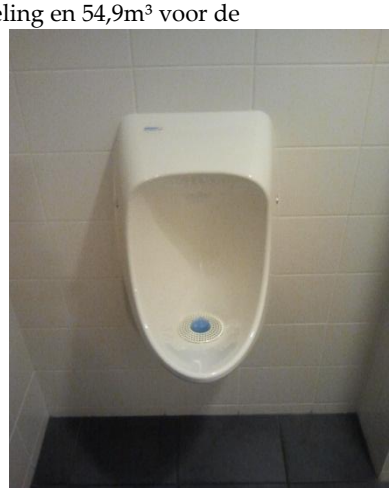
Er wordt in deze combinatie geen investering gedaan in de wasmachines. Energie- technisch kan dit nog wel altijd in overweging worden genomen.

In deze combinatie komen de volgende hoeveelheden grijswater gemiddeld vrij:

- Douchewater: 84m³ per dag
- Wasbakken water: 12,5m³ per dag
- Wasserette water: 54,9m³ per dag

$$Totaal\ hoeveelheid\ water\ beschikbaar\ voor\ hergebruik\ (84m^3 + 12{,}5m^3 + 54{,}9m^3) * 90\% = 136{,}3m^3\ per\ dag$$

Van het gezuiverde grijswater wordt 46m³ per dag gebruik voor de toiletspoeling en 54,9m³ voor de wasserette. De overige 30,9m³ kan geloosd worden.
Dit geeft tezamen met de overige besparende maatregelen een totaal reductie van 59,4% op het totaal gebruik.



Figuur 10: Een waterloos urinoir

Er blijft bij deze combinatie gemiddeld een ruime hoeveelheid gezuiverd grijswater over (30,9 m³/dag). Er zou minder overblijven wanneer bijvoorbeeld het water van de wasbakken niet wordt afgevoerd naar het grijswater zuiveringssysteem. Echter, omwille van de flexibiliteit wordt ervoor gekozen om al het water uit de douches, wasbakken en wasmachines te verzamelen, zodat ook bij onderhoud aan één van deze onderdelen genoeg water overblijft om de grijswater zuivering te voeden. Bovendien is het zuiveren van dit licht verontreinigde water in de grijswater zuivering mogelijk financieel aantrekkelijker dan het bijmengen van dit water in de zwartwaterstroom naar de RWZI (rioolwaterzuiveringsinstallatie).

Een grove kosten raming is hieronder weergegeven.

Extra kosten kraan €5, - per kraan, totaal: €5*5(max aantal per unit)*(2000/50)=	€1.000, -
Geen extra kosten urinoirs!	
Extra kosten douchekop €25, - per douchekop, totaal: €25*2*(2000/50)=	€2.000, -
Extra kosten zuiveringsinstallatie, zandfiltratie (centrale zuivering):	€200.000, -
Buffertanks + leidingwerk en pompen:	€20.000, -
Totaal extra kosten:	€223.000, -

4.8 KEUZE

Als shortlist worden de combinaties 5, 6 en 7 aangehouden. Deze keuze is aan de hand van figuur 9 gemaakt. In deze grafiek is af te lezen dat de combinaties 5, 6 en 7 de hoogste reductie behalen (de beoogde ≥50%) en daarbij ook financieel gunstig zijn.
Deze drie combinatie naast elkaar gezet:

Combinatie 5		**Combinatie 6**		**Combinatie 7**	
Investering	€ 220.000,00	Investering	€ 239.800,00	Investering	€ 223.000,00
Reductie	55262,3 m³/jaar	Reductie	55262,3 m³/jaar	Reductie	63115,2 m³/jaar
	52%		52%		59%
Investering per %	4230,8	Investering per %	4440,7	Investering per %	3779,7

Hieruit blijkt dat combinatie 7 de hoogste reductie in wateronttrekking haalt terwijl de kosten erg dicht bij elkaar liggen. Door de investeringskosten te delen door het percentage reductie wordt de investering per % reductie berekend. Combinatie 7 heeft de kansen in zich welke in de MCA een hoge haalbaarheid hebben gescoord. Aan de hand van deze combinatie keuze wordt er een verdere berekening en ontwerp gemaakt. De combinatie 7 wordt dan ook in hoofdstuk 5 verder uitgewerkt.

Het financiële voordeel van deze combinaties is zowel in het begin als aan het einde van de waterketen terug te vinden (welke in dit verslag niet behandeld worden). Door deze combinaties is er minder water nodig en zal er derhalve ook minder water opgepompt (uit de bron) en gezuiverd dienen te worden. Doordat er minder gebruikt wordt is de afvalwaterstoom ook kleiner waardoor er een kleinere rioolwaterzuiveringsinstallatie gebouwd en in bedrijf gehouden dient te worden. Al deze variabelen (waterzuivering, pompen, opslag, RZWI enz.) bij elkaar maken het niet mogelijk om een terug verdient tijd te berekenen. Dit is binnen Defensie mogelijk als alle variabelen bekend zijn.

5 Hydraulische Dimensionering

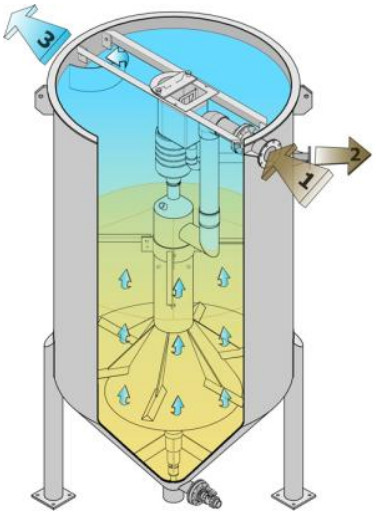
Op basis van kengetallen[xi] kan de vervuiling van het grijswater bepaald worden. Voor grijswater bestaan de kengetallen BZV (Biologisch Zuurstof Verbruik) van 36 gram per dag per i.e. (inwonerequivalent) en CZV (Chemisch Zuurstof Verbruik) van 54 gram per dag per i.e.

$$CZV = 54 * 2000 = 108\, kg/dag$$
$$BZV = 36 * 2000 = 72\, kg/dag$$

Voor deze vervuiling wordt een zandfiltratie zuivering geselecteerd met na-chlorering omdat dit een goedkope en gemakkelijke techniek is die de gewenste kwaliteit levert welke gebruikt kan worden als gezuiverd grijswater. Het gezuiverde grijswater heeft de kwaliteit welke ook geloosd mag worden op het oppervlakte water. Het water dat overblijft, kan dan ook direct geloosd worden op het oppervlakte water en hoeft niet naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI). De RWZI zal extra belast worden als dit water hierop geloosd zou worden en zou eventueel uitgebreid moeten worden. Doordat dit water reeds gezuiverd is zal het de afvalwaterstroom naar de RWZI alleen maar aanlengen terwijl de RWZI het beste functioneert als ze een geconcentreerd geheel als influent krijgt.

Zandfiltratie

De zandfiltratie welke wordt voorgesteld is een continu filter. Dit houdt in dat het filter continu in bedrijf kan zijn en geen stilstand kent voor terug spoelen (reinigen van het filter). In figuur 11 is te zien dat bij punt 1 het influent (grijswater) binnen komt, dit wordt naar onder geleid en onderin de tank komt het influent in het zand terecht. Het wordt omhoog gedrukt door de continue toevoer van het grijswater en hierdoor door het zand gefilterd. Bij punt 3 komt het gezuiverde water uit het filter. Het zand onderin de tank is het meest vervuilde zand in de filterkamer. Dit wordt onderin het conische deel omhoog gezogen naar de was doos (bovenin). Hierin wordt het vervuilde zand gespoeld met het gezuiverdewater. Via punt 2 wordt het vervuilde water (spoelwater) afgevoerd (naar de RWZI). Het gezuiverde zand valt omlaag en komt terug in de filterkamer. Dit is een continu proces.
In bijlage 10 is een technische tekening en een P&ID (Piping & Instrumentation Diagram) van deze zandfilter tank opgenomen.



Figuur 11: 3D doorsnede van het zandfilter

Chloor
Door als laatste stap een chloor dosering toe te passen kan met zekerheid gesteld worden dan er geen bacteriën meer in het grijswater zitten. Deze extra zekerheid is nodig omdat het grijswater gedurende een langere tijd in het distributienet kan verblijven. Om stilstand te voorkomen is een wekelijkse doorspoeling van niet gebruikte leiding delen aan te bevelen.

5.1 BEREKENINGEN

Op basis van de overzichtstekening en een proces schema zijn de onderdelen 'procestechnologie' (dimensioneren zuiveringsstappen), 'werktuigbouw' (hydraulisch), 'procesautomatisering' (regeltechniek) en 'civiel' (constructief) uitgewerkt.

5.1.1 BUFFERTANKS

Zowel vóór als na de zuiveringsinstallatie moet een buffertank worden geplaatst. De tank vóór de zuiveringsinstallatie is een verzamelbuffertank. Hierin zal al het wasserette water, via rioolafvoerbuizen, verzameld worden in de verzamelbuffertank welke dicht bij de grijswaterzuiveringsinstallatie staat. Het douche- en wasbak-water wordt in een pompput verzameld en verder verpompt naar de verzamelbuffertank.

Aan de hand van de verwachte waterstromen van de douche, wasbakken en wasserette gedurende de dag is bepaald welke capaciteit de buffertanks dienen te hebben en is bepaald hoe groot de capaciteit van de zuiveringsinstallatie dient te zijn. De verzamelbuffertank zal één keer de dag hoeveelheid aan grijswater moeten kunnen bergen (150m³). Dit om onderhoud aan het achterliggende leidingwerk gedurende een periode van een dag mogelijk te maken. De pompput voor douche- en wasbakken- water zal 5m³ aan buffer moeten kunnen bergen (dit grijze water wordt direct verpompt naar de verzamelbuffertank). De buffertank ten behoeve van het gezuiverde grijswater zal twee keer de dag hoeveelheid aan water moeten kunnen bergen. Dit betekent 250m³ en is bedoeld om schaarste te voorkomen bij onderhoud aan de installaties. Deze buffertanks zorgen er tevens voor dat grotere debieten door latere uitbreiding van de base kunnen worden opgevangen. Ook het zandfilter kan uitgebreid worden door een installatie erbij te plaatsen. Doordat het een "plug and play" systeem is kan een uitbereiding gemakkelijk worden gerealiseerd. De tanks kunnen voor 50% van de capaciteit gebruikt worden (om continue doorstroom te garanderen) als het watergebruik laag ligt en het gezuiverde grijswater kan ook gebruikt worden voor besproeiing van de paden (om stof te voorkomen) of als constructiewater (water voor het aanmaken van beton ect.). Als er een teveel aan gezuiverd grijswater dreigt te ontstaan kan dit water altijd geloosd worden. Deze afvoerpomp kan met een laag debiet van (±5 m³/h) het teveel aan water wegpompen in de overstort leiding.

- Verzamelbuffertank (bij de grijswaterzuiveringsinstallatie) =150m³
- Pompput (douche- en wasbak- water) = 5m³
- Gezuiverd grijswaterbuffertank =250m³

Bovenin alle tanks zal een overstroming veiligheidsafvoer naar het riool lopen om overstroming tegen te gaan.

5.1.2 POMPEN

In het systeem moeten drie pompen geïnstalleerd worden. Te weten:

- Vuilwaterpomp, pomp put ➔ vuilwaterbuffer tank
- Vuilwaterpomp, vuilwaterbuffer tank ➔ influent zuiveringsinstallatie
- Waterpomp, gezuiverd grijswater buffer tank ➔ lozing op oppervlakte water

Om te bepalen welke pomp geschikt is zijn er pomp berekeningen gemaakt met de opgedane kennis van het vak WTK1 welke verkregen is tijdens de HIT opleiding. Hiermee zijn de manometrische druk, het vermogen en de kans op cavitatie bepaald.
In bijlage 7 zijn de gemaakte Excel sheets voor de volledige pomp berekeningen opgenomen.

De basis berekeningen welke hiervoor zijn gebruik zijn:

- Voor de weerstand in de leiding; $Pw, zl = 0{,}5 * \rho * v^2 \left(\lambda * \frac{l}{D} + \&\zeta filter + \zeta afsluiter + \zeta bocht\right)$
- Voor de zuig druk; $Pzuig = Pzr\ (atmosfeer) - Pw, zl - \rho * g * \Delta h$
- Voor de manometrische druk; $Pman, tot = \left(\frac{\rho * g * \Delta h}{1000}\right) + Pw, zl + Pw, pl$
- Voor het vermogen; $Pas = \frac{Pman * \emptyset V}{\eta tot}$
- Maximale zuighoogte zonder dat er cavitatie optreed; $Hz, geo < \frac{(Pzr - Pw, zl - Pdamp - Pveilig)}{\rho * g}$

Op basis van de ontwerp tekening, welke als bijlage 8 is meegenomen, zijn de lengtes van de leidingen en het aantal bochten bepaald.

De volgende pompen zijn aan de hand van de berekeningen geselecteerd:

- Vuilwaterpomp, pomp put ➔ vuilwaterbuffer tank (7 m³/h)

Geselecteerde pomp:

FLYGT	CP 3045 HT 3~ 2p		
	η	0,255	
	Nom. Ver	1,2	kW
	Q	6,5	m³/h
	Spec. Energie	0,000109 kWh/l	

Figuur 12: De geselecteerde vuilwaterpomp

- Vuilwaterpomp, vuilwaterbuffer ➔ influent zuiveringsinstallatie (5 m³/h) en de Waterpomp, huishoudwater buffer ➔ lozing op oppervlakte water (5 m³/h)

Geselecteerde pomp:

FLYGT	CP 3045 HT 3~ 2p		
	η	0,208	
	Nom. Ver	1,2	kW
	Q	4,8	m³/h
	Spec. Energie	0,000144 kWh/l	

De geselecteerde pompen zijn hetzelfde. Door de pomp zwaarder te belasten (6,5m³) is te zien dat het rendement van de pomp hoger wordt.

Cavitatie
Cavitatie ontstaat door dampbellen die op een plaats ontstaan waar de vloeistofdruk beneden de dampdruk van de vloeistof ligt. Op de plaats van de hogere druk klappen deze bellen weer in, dit heet imploderen. Dit imploderen geeft zeer grote drukstijgingen en is schadelijk voor het materiaal, als het vlakbij het materiaaloppervlak plaats vindt.

Bij de geselecteerde pompen is de maximale zuighoogte uitgerekend. Hoe lager de daadwerkelijke zuighoogte ligt ten opzichte van de maximale zuighoogte hoe lager de kans op cavitatie. De pompen zijn zodanig geselecteerd dat de kans op cavitatie minimaal is.

5.2 TEKENINGEN

Door middel van een blokkenschema is een schematische opbouw van het beoogde systeem weergeven. Dit blokkenschema is verder uitgebouwd tot een P&ID (Piping & Instrumentation Diagram). In deze P&ID is ook de regeltechniek meegenomen welke in het ontwerp is voorzien.

5.2.1 BLOKKENSCHEMA

In het blokkenschema (bijlage 8) is schematisch het verloop van het grijswater weergegeven. De douches en wasbakken worden gevoed met water uit het waterdistributie net. Het afvalwater van de douche en wasbak wordt grijswater genoemd en wordt in een 5m³ pompput opgevangen. Vanuit deze pompput wordt het verpompt naar een verzamelbuffertank van 150m³. In deze verzamelbuffertank komt ook het afvalwater van de wasserette (onder natuurlijk verval) binnen. Vanuit de verzamelbuffer tank wordt het water verpompt naar de grijswaterzuiveringsinstallatie. Voor noodgevallen is deze verzamelbuffertank aangesloten op het rioleringsnetwerk om te kunnen lozen op de RWZI. Deze RWZI kan hierop berekend worden of er wordt ook voor de RWZI een overstort regeling getroffen waarbij het grijswater direct wordt geloosd op het oppervlakte water als de RWZI de extra stroom niet kan verwerken. Omdat het hier om een geleidelijke afvalwater stroom gaat welke verpompt wordt kunnen de leiding diameters gelijk blijven. De pomp zal langer pompen dan normaal. Dit wordt door de toegepaste meet en regeltechniek (paragraaf 5.2.3) geregeld.
Ook de grijswaterzuivering is aangesloten op het riool om het afvalwater van de zuivering te kunnen lozen op de RWZI. Vanuit de grijswaterzuivering wordt het gezuiverde grijswater gebufferd in een 250m³ grote tank. Vanuit deze gezuiverd grijswater tank wordt het water hergebruikt in de wasserette en het toilet. De gezuiverde grijswater buffer tank wordt ook aangesloten op een afvoerleiding welke het teveel aan gezuiverd grijswater door middel van een pomp loost op het oppervlakte water. Dit water wordt schoon genoeg bevonden om zonder verdere zuivering geloosd te worden.
Vanuit de wasserette gaat het afvalwater opnieuw in de grijswater cyclus. Het afvalwater van de toiletten wordt als zwartwater via het riool afgevoerd naar de RWZI.

5.2.2 PIPING & INSTRUMENTATION DIAGRAM (P&ID)

De getekende P&ID is in bijlage 9 weergegeven. De P&ID is een uitgebreidere versie van het blokkenschema. Hierin wordt door middel van installatie technische tekens weergegeven welke appendages in het systeem zijn opgenomen. Het is een schematische ontwerp schets zonder dat de exacte

locatie van de appendages worden weergegeven; ook de lengte en de bochten van de leidingen zijn niet in een P&ID opgenomen.
De volume meting wordt gedaan om te kunnen monitoren of er altijd voldoende water in de tank aanwezig is. Deze meting wordt ook in de gezuiverde grijswatertank gedaan. Als hier een water tekort ontstaat, kan er ruw water worden toegevoegd om gegarandeerd water te hebben voor het spoelen van de toiletten en de wasserette.
De regeltechniek welke geadviseerd wordt is in dit ontwerp meegenomen.

5.2.3 UITLEG MEET- EN REGEL- TECHNIEK

In het ontwerp is enige meet- en regeltechniek opgenomen. Dit wordt bewust geminimaliseerd voor Defensie om het systeem begrijpelijk te houden. Aangezien het opleidingsniveau van het uitvoerende personeel binnen Defensie laag is zal een uitgebreid en complex meet- en regel systeem kunnen leiden tot stilstand bij een storing in het meet- en regel circuit. Defensie prefereert dan ook zoveel mogelijk handgeschakelde regelingen. Er zullen daarom een aantal meet- en regel technische schakelingen worden gemaakt die ook handmatig gehanteerd kunnen worden.

In de pompput wordt een niveau meting gedaan om de pomp te kunnen laten aan- en af slaan.

In de verzamelbuffer tank wordt een niveau meting gedaan welke de grijswaterzuiveringsinstallatie laat afslaan bij een te laag niveau in de verzamelbuffertank. Deze zal ook de grijswaterzuiveringsinstallatie weer doen opstarten bij voldoende niveau.
De chloorinstallatie zal een debiet meting doen om de hoeveelheid chloor te kunnen bepalen. Aan de hand van het passerende debiet zal de installatie meer of minder chloor toevoegen.

In de gezuiverd grijswater tank zal ook een niveau meting worden gedaan om de ruw water toevoer klep te openen wanneer er te weinig water in de gezuiverd grijswater tank aanwezig is. Bij voldoende niveau zal de regeling deze weer sluiten. Tevens wordt deze meting gebruikt voor een teveel aan water in deze tank. Bij een teveel aan water zal er een signaal aan de afvoerpomp gegeven worden die het water afvoert.

Alle metingen worden gekoppeld aan een alarm welke ingeschakeld wordt bij een hoge waterstand in de tank. Dit om te voorkomen dat deze tank (door storing) daadwerkelijk overstroomt.

5.3 ZONNE ENERGIE

Binnen Defensie is onlangs een keuze gemaakt om met een bepaald type zonnepaneel te gaan werken. De zonnecellen zitten op een folie welke op te rollen is. Voordeel hiervan is dat deze niet breken (defect kunnen raken) tijdens transport. Op basis van dit type zonnepaneel wordt hieronder berekend hoe groot de accu moet zijn om in de avond uren ook te kunnen functioneren en hoeveel vierkante meter paneel er benodigd is om de grijswater zuiveringsinstallatie te voorzien van energie.
Om dit te bepalen is het belangrijk te weten hoeveel energie er verbruikt wordt. De grijswaterzuiveringsinstallatie heeft een blower met een vermogen van 300Watt. De installatie zal dagelijks 12 uur moeten kunnen werken. Hieruit volgt:

$$300W * 12\ uur = 3{,}6kWh$$

In de praktijk wordt doorgaans een accu geselecteerd waarvan de capaciteit minimaal 2 keer zo hoog ligt als de dagelijkse capaciteit, om te voorkomen dat de accu leeg raakt bij schommelingen in energievraag en energieopbrengst. De capaciteit van een accu wordt opgegeven in het aantal Ah. (Ampère uur). De spanning van accu's is over het algemeen 12V of 24V (Volt).

$$Hieruit\ volgt\ de\ berekening\ om\ het\ aantal\ Ampère\ uur\ uit\ te\ rekenen: \frac{3600Wh}{24V} * 2 = 300Ah$$

Samenvattend:
We hebben een accu nodig van 24V, 300Ah.
Extra nodig is een acculader, voor de verbinding tussen de panelen en de accu.
Optioneel is een omvormer naar 230V (als er een spanning van 230V gevraagd wordt is deze omvormer benodigd).

Het gebruikte zonnefolie binnen Defensie levert 100kWh per dag en per paneel (totaal dak a 240m²). Dit komt op 416,7Wh per m².

$$Aantal\ benodigde\ m^2\ zonnepaneel: \frac{3600Wh}{416{,}7Wh} = 4{,}7m^2$$

5.3.1 VLEKKENPLAN OP KAART

Door het vlekkenplan op de huidige kaart is duidelijk gemaakt waar welk systeem geïmplementeerd kan worden. Op dit vlekkenplan is te zien welke afstanden er afgelegd moet worden.

Figuur 13: Plattegrond met locatie aanwijzing van "nieuwe installatie"

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 CONCLUSIES

Deze opdracht is door middel van onderzoeksvragen uitgevoerd. In dit hoofdstuk worden hier directe antwoorden op gegeven.

- *Hoe groot is de WF op base "Kamp Holland" (referentie situatie)?* De WF bestaat uit drie delen, te weten:
  - aanvoer van drinkwater in flessen, 2922 transport km's/m³/persoon/jaar[xii];
  - waterwinning van grondwater, 310m³/dag;
  - de lozing van (gezuiverd) afvalwater, 364 mg/l (chemisch zuurstof verbruik)[xiii] .

- *Welke technische en organisatorische maatregelen zijn er om het watergebruik op de base terug te dringen om zo de benodigde waterwinning te reduceren, en hoeveel effect hebben deze maatregelen?*
  Er zijn vele manieren om het watergebruik te reduceren. In dit verslag zijn enkele voor Defensie toepasbare maatregelen gekozen.
  - Waterbesparende maatregelen in urinoirs. Hiermee wordt een reductie bereikt van 17,3%
  - Waterbesparende maatregelen in douches. Hiermee wordt een reductie bereikt van 4,8%
  - Waterbesparende maatregelen in wasmachines. Hiermee wordt een reductie bereikt van 7,4%
  - Waterbesparende toiletten. Hiermee wordt een reductie bereikt van 9,5%
  - Waterbesparende kranen. Hiermee wordt een reductie bereikt van 2,6%

Organisatorische maatregelen zoals korter douchen of een munten systeem zijn toe te passen. Uit ervaring blijkt echter dat het voor vele militairen een rust punt is om na een lange patrouille een goede douche te nemen. Een kortere douche periode door bijvoorbeeld een munten systeem zal dan tot frustratie en vandalisme kunnen leiden. Voorlichting over watergebruik kan mogelijk een reductie van het water gebruik teweeg brengen.

- *Welke technische mogelijkheden zijn er om grijswater te zuiveren voor hergebruik om zo de benodigde waterwinning te reduceren, en hoeveel effect hebben deze maatregelen?*
  Er bestaan meerdere systemen om grijswater te zuiveren voor hergebruik. Veel van deze systemen gaan uit van veel hemelwater. Voor Defensie is er gezocht naar systemen welke voor Defensie geschikt zijn. Er zijn drie verschillende systemen die voor Defensie toepasbaar worden geacht.
  - Hergebruik wasbak- en douche-water in sanitaire unit (decentraal). Hiermee wordt een reductie bereikt van 36,5%
  - Hergebruik wasserijwater incl. naspoelwater hergebruik. Hiermee wordt een reductie bereikt van 17,2%
  - Hergebruik wasbak- en douche-water in sanitaire unit (centraal). Hiermee wordt een reductie bereikt van 36,5%

- *Met welke combinatie van maatregelen is het technisch en economisch het meest haalbaar om een reductie van 50% van de waterwinning te realiseren?*
  Door combinaties te maken van de verschillende kansen kan er een systeem worden gemaakt welke voldoet aan de eis van >50% reductie op de WF voor wat betreft de onttrekking van grondwater. Hierbij treedt in de beste gevallen synergie op. De drie combinaties welke voldoen aan de eis zijn:
  - Centrale grijswaterzuivering (synergie). Hiermee wordt een reductie bereikt van 52%
  - Centrale grijswaterzuivering (synergie) + nieuwe wasmachines. Hiermee wordt een reductie bereikt van 52%
  - Centrale grijswaterzuivering (synergie) + besparende douchekoppen, kranen en waterloze urinoirs. Hiermee wordt een reductie bereikt van 59,4%

- *Wat zijn de belangrijkste dimensies en technische kenmerken van de meest haalbare combinatie van maatregelen?*
  In het eindontwerp komen aan aantal elementen aanbod welke samen het complete systeem maken. De belangrijkste hierin zijn:
  - Eén pompput
  - Eén buffer tank á 150m³
  - Eén buffer tank á 250m³
  - Grijswaterzuivering met een capaciteit 7 m³/h
  - Eén type pomp "FLYGT CP 3045 HT 3~ 2p"

- In dit onderzoek is de onderzoeksvraag gesteld: "Wat is de beste mogelijkheid om de waterwinning te reduceren met minimaal 50% om zo de water-footprint te verkleinen?"
  Door gebruik te maken van meerdere technieken is tot een combinatie gekomen welke als beste keuze wordt gezien. Het gaat hierbij om een centrale grijswaterzuivering waarbij synergie optreedt + besparende douchekoppen, kranen en waterloze urinoirs. Hiermee wordt een reductie behaald van 59,4%

- Defensie (installatietechnisch) personeel zal gedegen opgeleid moeten worden voordat zij aan systemen kunnen werken. Erg belangrijk is dat men weet hoe een proces werkt en welke elementen met elkaar van doen hebben.

- Door water her te gebruiken en water reducerende technieken toe te passen wordt minder afvalwater gegenereerd. Hierdoor kan dit in een kleinere RWZI behandeld worden en geloosd worden op het oppervlaktewater. Ook hoeft er minder bronwater opgepompt te worden.

- De zonnecellen (doeken) welke Defensie momenteel (2013) gebruikt kunnen de energie leveren welke voor de grijswaterzuivering benodigd is.

- Er zijn veel producten op de markt aanwezig die op het eerste oog interessant en toepasbaar lijken voor Defensie. Nader onderzoek wijst uit dat veel van deze producten toch minder interessant blijken te zijn.

Het is kortom belangrijk vooraf goed te weten wat Defensie binnen haalt.

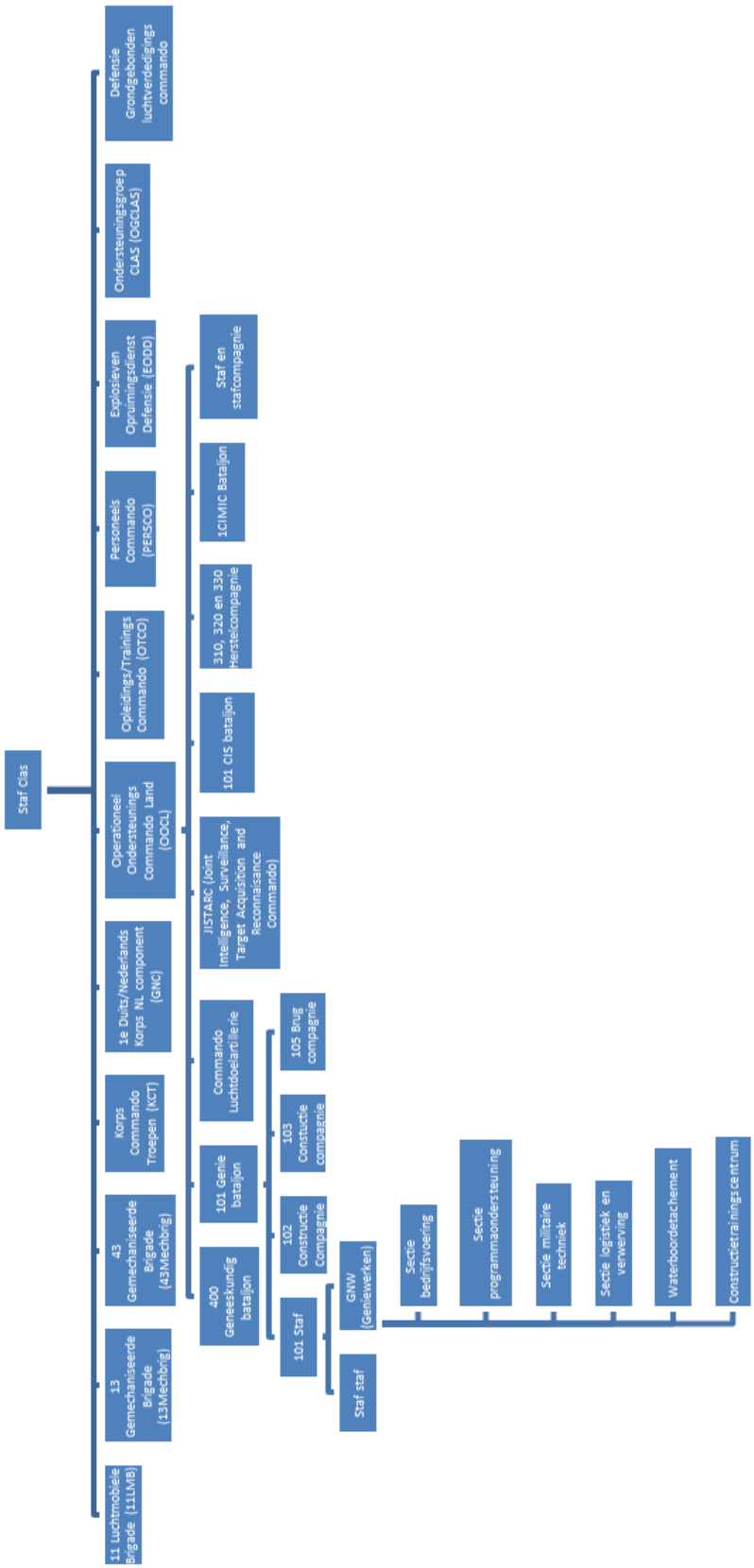
Figuur 14: Soms heeft een binnen gehaald product een onbekende inhoud

6.2 AANBEVELINGEN

Het is aan te bevelen om:

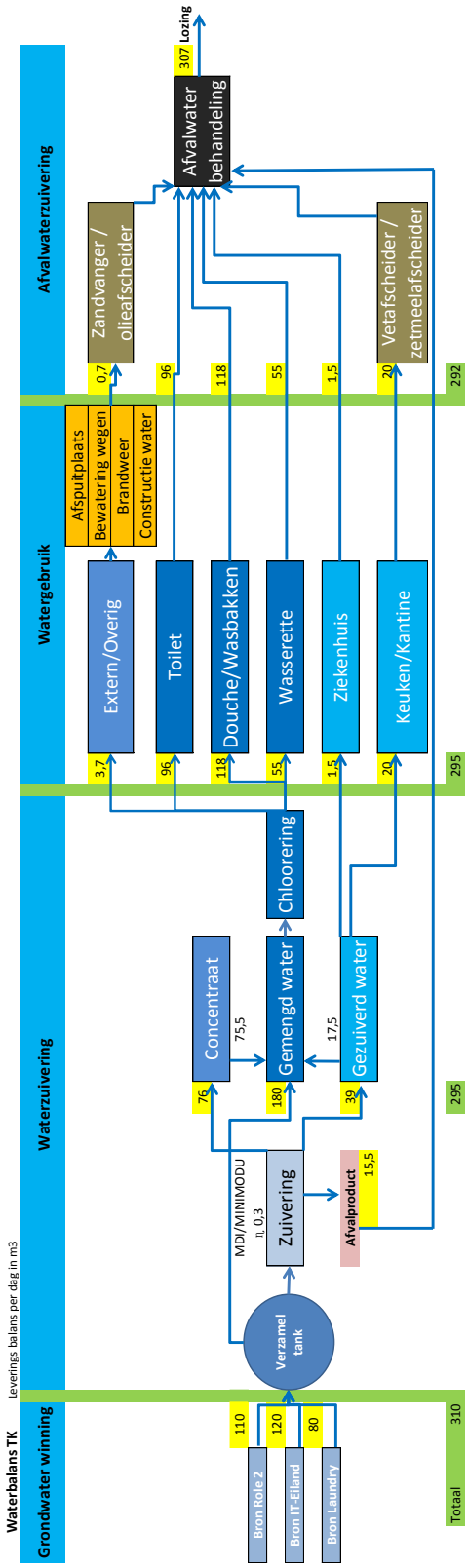
- Waterloze urinoirs toe te passen aangezien deze geen extra investering nodig hebben en wel veel water besparen;
- Voor een kleine verdere reductie, waterbesparende douchekoppen en kranen toe te passen. Deze hebben lage investeringskosten;
- Een grijswater zuivering toe te passen als Defensie meer dan 40% van het watergebruik wil reduceren;
- Om een verder onderzoek in te stellen vanuit een sociaal oogpunt: "Welk effect heeft het hebben van douchemogelijkheden op het moreel van militairen". Er zijn meerder manieren om de douchetijd van de militairen te verkorten en daarmee veel water te besparen. Welke gevolgen zal dit hebben?
- Energie technisch onderzoek te doen op de wasserette. Waswater van de wasmachines kan door aanpassing in de techniek en samenwerking met chemie gereduceerd worden. Hiermee wordt naast water ook veel energie bespaard. Het verdient de aandacht om dit verder uit te zoeken aangezien ook energiereductie interessant is voor Defensie;
- Energie opwekking door zonnepanelen is goed mogelijk en is dan ook aan te bevelen omdat energie vaak kostbaar is tijdens een militaire missie ($4, -/liter diesel (prijs Uruzgan)).

Bijlage 1 Organigram Defensie



Bijlage 2 Plattegrond “Kamp Holland”

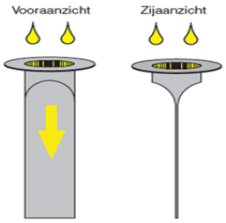
Bijlage 3 Waterbalans base “Kamp Holland” situatie 2008



Bijlage 4 Waterloze urinoirs

Membraan afsluiting (Figuur 15)

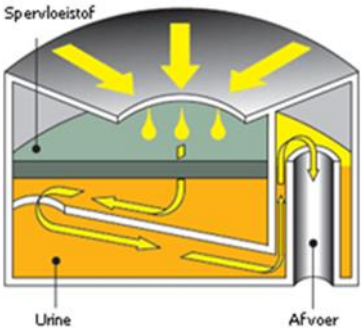
De reukafsluiter wordt gevormd door een soort rubberen slurf die cirkelvormig is aan de ingangszijde en plat aan de afvoerzijde. Deze vernauwing aan de afvoerzijde vormt een gasdichte afsluiting. Wanneer langs het cirkelvormige ingangseinde urine in de slurf terechtkomt, zal deze de vernauwing openen door de zwaartekracht van de urine waardoor de urine kan worden afgevoerd. Zodra deze zwaartekracht weg valt (geen urine meer aan de bovenzijde van de slurf) zal deze weer sluiten. De membranen dienen twee a drie keer per jaar vervangen te worden.



Figuur 15: Membraan afsluiting

Olie afscheiding

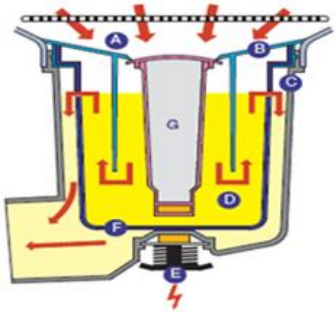
Naast membraan afsluitingen is er ook een sifon welke werkt met behulp van olie (figuur 16). De reukafsluiter bestaat uit een urinebodem waarop een vloeistof drijft met een kleinere densiteit. De urine die uit de urine pot afgevoerd wordt, sijpelt door deze lichtere vloeistof en wordt naar de afvoerbuis geleid. De cartridge moet na 7000-7500 keer gebruikt te zijn worden vervangen.



Figuur 16: Sifon met afscheiding d.m.v. olie

Elektromagnetische afdichting

Figuur 17 geeft een voorbeeld weer van een elektromagnetische afdichting. Onder de urine pot (A) bevindt zich een compartiment (F) dat een permanente urine laag bevat waarin een cilindervormig lichaam (G) drijft. Wanneer het urinoir niet in gebruik is, wordt deze cilinder op basis van de wet van Archimedes[1] tegen de rubberkraag van de afvoeropening gedrukt, waardoor urinegeuren vermeden worden. Wanneer iemand het urinoir gebruikt, wordt er een elektromagneet (E) geactiveerd (bv. door een infraroodsensor) die het drijvende lichaam (G) naar beneden trekt en de verse urine naar het onderliggende compartiment leidt waar het verder (via C) afgevoerd wordt. De elektromagnetische afdichting is gevoelig voor vandalisme.



Figuur 17: Elektromagnetisch afsluiting

Hydrostatische stankafsluiter

De hydrostatische stankafsluiter (Figuur 18)bestaat uit slechts drie onderdelen: een cilinder, een afvoerdeksel en een "lage dichtheid polyetheen" balletje. Het afvoerdeksel sluit het balletje op in de cilinder. In normale toestand rust het balletje op de cilinder dankzij de zwaartekrachtop de afvoer waardoor geen geuroverlast ontstaat. Het balletje is lichter dan urine en zal bij gebruik gaan drijven en opent daarmee de afvoer.

Figuur 18: De drie onderdelen van een hydrostatische afsluiter

[1] De wet van Archimedes luidt: De opwaartse kracht die een lichaam in een vloeistof of gas ondervindt is even groot als het gewicht van de verplaatste vloeistof of gas

De zwaartekracht zorgt na gebruik weer voor de afsluiting. Een kenmerk van dit product is dat het ontworpen is in een ontwikkelingsland (India). Dit heeft geleid tot een simpel en onderhoudsvrij ontwerp. Deze unit hoeft minder vaak vervangen te worden ten opzichte van een membraan of een cartridge. Tevens kan hierbij (net zoals bij een membraan) wel water worden geloosd op dit urinoir wat bij de cartridge niet kan. Het hydraulische systeem sluit na inwerpen van bijvoorbeeld een propje papier echter niet meer af.

Een Duitse studie[xiv] toonde aan dat zich in de afvoerleidingen van waterloze urinoirs vrij snel een afzetting vormt die onder meer bestaat uit zeer hechtende en moeilijk verwijderbare urinesteen. Zo vormde er zich na 9 maanden al een 7 mm dikke afzetting laag in een afvoerbuis (Diameter nominaal (DN) 50 mm met een helling van 2 %) die verbonden was met 6 urinoirs.

Urimat

In figuur 19 wordt een doorsnede tekening getoond van het afvoer systeem van een urinoir waardoor te zien is hoe dit systeem werkt. De urine (blauwe druppels) valt op de conusvormige hoed en wordt via het blauwe blokje afgevoerd naar het onderliggende membraan. Door het gewicht van de vloeistof opent zich het membraan en laat het de vloeistof door. Zodra er geen vloeistof meer komt zal dit membraan zich sluiten.

Figuur 19: Werking van een waterloos urinoir met werkend

Het blauwe blokje heeft meerdere functies:

- Het verspreidt een aangename geur;
- Het geeft de vloeistof een oplossing mee waardoor afzetting in de afvoerbuis voorkomen wordt;
- Het dient als indicator voor de vervanging van de onderliggende membraan. Het blokje is zo ontworpen dat het na 7500 gebruiken volledig is opgelost. Er wordt aangeraden om de complete membraanunit op dat moment te vervangen.

Bijlage 5 Combinaties van kansen

Combi 1.Besparende douchekoppen, kranen en waterloze urinoirs
Combi 2.Combinatie 1 + Waterbesparende toiletten
Combi 3.Direct waterhergebruiken door toilet systeem
Combi 4.Combinatie 3 + nieuwe wasmachines
Combi 5.Centrale grijswaterzuivering (synergie)
Combi 6.Combinatie 5 + nieuwe wasmachines
Combi 7.Combinatie 5 + besparende douchekoppen, kranen en waterloze urinoirs

	Referentie	Combi (1)	Combi (2)	Combi (3)	Combi (4)	Combi (5)	Combi (6)	Combi (7)	
Toiletspoeling									
Totaal waterverbruik urinoir	50,4	0,0	0,0	50,4	50,4	50,4	50,4	0,0	m3/dag
Totaal waterverbruik toilet	46,0	46,0	18,4	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	m3/dag
Totaal watergebruik toiletspoeling	96,4	46,0	18,4	96,4	96,4	96,4	96,4	46,0	m3/dag
Besparing door hergebruik		0,0	0,0	106,2	106,2	155,6	136,2	136,3	m3/dag
Rest						-59,2		-90,3	
Wasbakkken									
Watergebruik wasbakken	0,7	0,4	0,4	0,7	0,7	0,7	0,7	0,4	L/gebruik
Totaal watergebruik wasbakken	20,0	12,5	12,5	20,0	20,0	20,0	20,0	12,5	m3/dag
Keuken									
Totaal watergebruik kantine	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	m3/dag
Douches									
Waterverbruik douchen	49,0	42,0	42,0	49,0	49,0	49,0	49,0	42,0	L/douchebeurt
Totaal watergebruik Douches	98,0	84,0	84,0	98,0	98,0	98,0	98,0	84,0	m3/dag
Wasmachine									
Totaal watergebruik wassen	54,9	54,9	54,9	54,9	33,3	54,9	33,3	54,9	m3/dag
Besparing door hergebruik		0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	m3/dag
Rest						-4,3		-35,4	
Overige									
Totaal watergebruik overige	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	m3/dag
TOTALEN									
Totaal watergebruik per persoon	53,1	40,0	34,9	33,7	30,9	25,5	25,5	21,5	m3/persoon*jaar
BESPARING	0,0	24,7	34,2	36,5	41,7	52,0	52,0	59,4	%

Combinatie 1

De eerste combinatie bestaat uit relatief goedkope en eenvoudig in te voeren waterbesparende maatregelen, zonder toepassing van water hergebruik maatregelen. Concreet bestaat deze combinatie uit de volgende kansen:

- Alle waterkranen, met uitzondering van die in de keukens hebben een doorstroombegrenzer, ingesteld op maximaal 5 L/min bij een waterdruk van 3 bar en zijn van een van de volgende typen of combinaties daarvan: waterkranen met tijd gestuurde automatische afsluiter en drukopener, waterkranen met elektronische sensor, waterkranen met instelbaar laag uitstroomdebiet;
- Alle urinoirs zijn waterloos;
- Alle douche koppen zijn voorzien van luchttoevoer in de douchekop en filter in de toevoer. Hierdoor wordt maximaal 6 L/min gebruikt.

Combinatie 2

In combinatie 2 worden alle waterbesparende maatregelen toegepast die geen overlap vertonen. Combinatie 2 bestaat uit de maatregelen van combinatie 1, uitgebreid met:

- Alle toiletten zijn uitgerust met een spoelkeuzeknop of spoelonderbreker. Het maximale spoelvolume is 4 liter. Op de toiletten (WST) staan symbolen die aangeven hoe de spoelkeuzeknop of spoelonderbreker gebruikt moet worden. Deze instructie kan op of bij de bedieningsknoppen staan.

Combinatie 3

- Combinatie 3 is de meest eenvoudige hergebruik optie zonder centrale zuivering en zonder waterbesparende maatregelen.
- In combinatie 3 wordt het douche- wasbakwater hergebruikt (kans 6):
- Hergebruik van douche- wasbakwater voor spoelwater van de urinoirs en toiletten. Dit gebeurt door middel van een kleine zuivering in de sanitaire unit.

Deze combinatie bestaat uit het hergebruik van twee afvalwaterstromen in één systeem. Dit systeem zuivert het afvalwater en buffert dit om de toiletten te spoelen.

Extra kosten voor een grijszuivering zijn €9750,- per container, totaal: $€9750 * \left(\frac{2000}{50}\right) = €390000,-$

Combinatie 4

- Combinatie 4 is een uitgebreidere hergebruik optie zonder centrale zuivering
- In combinatie 4 wordt gebruik gemaakt van combinatie 3 uitgebreid met:
- Kans 7, wasmachines welke minder water verbruiken en 10% naspoelwater opnieuw gebruiken als voorspoelwater.

Deze combinatie zijn twee los van elkaar staande kansen en beïnvloeden elkaar niet.

Extra kosten combinatie 3: €390000, -
Extra kosten zijn €600,- per wasmachine, totaal: $€600 * 33 = €19800,-$
Totaal extra kosten: €409800, -

Combinatie 5

In combinatie 5 wordt er synergie toegepast omdat het grijswater van zowel de douche en de wasbakken als het water van de wasserette centraal wordt gezuiverd en hergebruikt. Bovendien wordt het tekort in de wasserette opgelost met het overschot bij de toiletten. In combinatie 5 wordt al het water uit de douches, de wasbakken en de wasmachines verzameld en gezamenlijk behandeld in een grijswater zuiveringssysteem. Dit systeem heeft een ingeschat rendement (recovery) van 90% en heeft extra leidingwerk nodig om grijswater te verzamelen, te zuiveren en te bufferen.

Een grove kosten raming is hieronder weergegeven (op basis van opgevraagde offertes).
Extra kosten zuiveringsinstallatie (zandfiltratie): €200.000, -
Buffertanks + leidingwerk en pompen: €20.000, -
Totaal extra kosten: €220.000, -

Combinatie 6

Combinatie 6 is vrijwel identiek aan combinatie 5, met als enige verschil dat in combinatie 6 ook gebruik wordt gemaakt van waterzuinige wasmachines.

Omdat waterzuinige wasmachines worden toegepast is er minder grijswater beschikbaar voor hergebruik.
Een grove kosten raming is hieronder weergegeven.
Extra kosten zijn €600, - per wasmachine, totaal: €600*33= €19.800, -
Extra kosten zuiveringsinstallatie (zandfiltratie): €200.000, -
Buffertanks + leidingwerk en pompen: €20.000, -
Totaal extra kosten: €239.800, -

Combinatie 7

Dit is een uitgebreidere en ambitieuzere optie met zowel waterbesparende maatregelen als water hergebruik. Combinatie 7 is vrijwel identiek aan combinatie 5, met het verschil dat tevens de volgende kansen worden toegepast:

- Besparende douche koppen (kans 2);
- Besparende kranen (kans 5);
- Waterloze urinoirs (kans 1, figuur 10).

Er wordt in deze combinatie geen investering gedaan in de wasmachines. Energie technisch kan dit nog wel altijd in overweging worden genomen.

Een grove kosten raming is hieronder weergegeven.

Extra kosten kraan €5,- per kraan, totaal: €5*5(max aantal per unit)*(2000/50)=	€1.000,-
Geen extra kosten urinoirs!	
Extra kosten douchekop €25,- per douchekop, totaal: €25*2*(2000/50)=	€2.000,-
Extra kosten zuiveringsinstallatie, zandfiltratie (centrale zuivering):	€200.000,-
Buffertanks + leidingwerk en pompen:	€20.000,-
Totaal extra kosten:	€223.000,-

Bijlage 6

Totaal tabel water reductie kansen en combinaties

Kans 1: Waterbesparende maatregelen in urinoirs	In te vullen waarde
Kans 2: Waterbesparende maatregelen in douche	Berekende waarde
Kans 3: Waterbesparende maatregelen in wasmachines	In te vullen waarde met mogelijkheden tot vermindering watergebruik
Kans 4: Waterbesparende toiletten	Antwoorden
Kans 5: Waterbesparende kranen	
Kans 6: Hergebruik wasbak- en douche-water in sanitaire unit (decentraal)	90%
Kans 7: Hergebruik wasserijwater incl naspoelwater hergebruik	90%
Naspoelwater	10%
Kans 8: Hergebruik wasbak- en douche-water in sanitaire unit (centraal)	90%

Combi 1.Besparende douchekoppen, kranen en waterloze urinoirs
Combi 2.Combinatie 1 + Waterbesparende toiletten
Combi 3.Direct waterhergebruiken door toilet systeem
Combi 4.Combinatie 3 + nieuwe wasmachines
Combi 5.Centrale grijswaterzuivering (synergie)
Combi 6.Combinatie 5 + nieuwe wasmachines
Combi 7.Combinatie 5 + besparende douchekoppen, kranen en waterloze urinoirs

	Referentie	Kans (1)	Kans (2)	Kans (3)	Kans (4)	Kans (5)	Kans (6)	Kans (7)	Kans (8)	Combi (1)	Combi (2)	Combi (3)	Combi (4)	Combi (5)	Combi (6)	Combi (7)		Bron
Toiletspoeling																		
Toiletbezoeken man/vrouw (U+F)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	#/dag	*Aanname*
Toiletbezoeken man WC (U)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	#/dag	*Aanname*
Toiletbezoeken man urinoir	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	#/dag	*Aanname*
Toiletbezoeken vrouw (U)	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	#/dag	*Aanname*
Watergebruik WC man/vrouw (U+F)	10,0	10,0	10,0	10,0	4,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	4,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	L/spoeling	*Verdere beperking WC spoelvolume (intech K&M, mei 2003)*
Watergebruik WC man/vrouw (U)	5,0	5,0	5,0	5,0	2,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	2,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	L/spoeling	*Verdere beperking WC spoelvolume (intech K&M, mei 2003)*
Watergebruik urinoir	4,0	0,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	0,0	0,0	4,0	4,0	4,0	4,0	0,0	L/spoeling	*www.milieuzorgoverheden.nl*
Subtotaal watergebruik urinoir	50,4	0,0	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	0,0	0,0	50,4	50,4	50,4	50,4	0,0	m3/dag	
Subtotaal waterverbruik toilet	46,0	46,0	46,0	46,0	18,4	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	18,4	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	m3/dag	
Totaal waterverbruik toiletspoeling	96,4	46,0	96,4	96,4	68,8	96,4	-9,8	96,4	-9,8	46,0	18,4	96,4	96,4	96,4	96,4	46,0	m3/dag	
Besparing door hergebruik							106,2		106,2			106,2	106,2	155,6	136,2	136,3	m3/dag	
Te veel aan water												-9,8	-9,8	-59,2	-39,8	-90,3	m3/dag	
Wasbakken																		
Gebruik wasbakken	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	#/(persoon*dag)	*Aanname*
Waterverbruik kraan	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	5,0	8,0	8,0	8,0	5,0	5,0	8,0	8,0	8,0	8,0	5,0	L/min	*www.hansgrohe.nl*
Duur wassen	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	sec	*www.hansgrohe.nl*
Watergebruik wasbakken	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,4	0,7	0,7	0,7	0,4	0,4	0,7	0,7	0,7	0,7	0,4	L/gebruik	
Totaal watergebruik wasbakken	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	12,5	20,0	20,0	20,0	12,5	12,5	20,0	20,0	20,0	20,0	12,5	m3/dag	
Keuken																		
Watergebruik voedselbereiding	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	L/bezoeker	*Metingen in TK feb 2010*
Watergebruik afwassen	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	L/bezoeker	*Metingen in TK feb 2010*
Totaal watergebruik kantine	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	m3/dag	
Douches																		
Douchebeurten	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	#/persoon	*Aanname*
Waterverbruik douche	7,0	7,0	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0	6,0	L/min	*www.hansgrohe.nl*
Duur douchen	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	min	*Aanname*
Waterverbruik douchen	49,0	49,0	42,0	49,0	49,0	49,0	49,0	49,0	49,0	42,0	42,0	49,0	49,0	49,0	49,0	42,0	L/douchebeurt	
Totaal watergebruik Douches	98,0	98,0	84,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	84,0	84,0	98,0	98,0	98,0	98,0	84,0	m3/dag	
Wasmachine																		
Wasbeurten	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	wasbeurten/(persoon*dag)	*Metingen in TK feb 2010*
Waterverbruik bij één wasbeurt	61,0	61,0	61,0	37,0	61,0	61,0	61,0	61,0	61,0	61,0	61,0	61,0	37,0	61,0	37,0	61,0	L/wasbeurt	
Totaal watergebruik wassen	54,9	54,9	54,9	33,3	54,9	54,9	54,9	4,9	54,9	54,9	54,9	54,9	33,3	54,9	33,3	54,9	m3/dag	*Metingen in TK feb 2010*
Besparing door hergebruik								50,0					3,3				m3/dag	
Nieuw waterverbruik													30,0	-4,3	-6,5	-35,4	m3/dag	
Overige																		
Drinkwater Role2	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0	L/dag	*Metingen in TK feb 2010*
Totaal watergebruik overige	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	m3/dag	
TOTALEN																		
Totaal waterverbruik	290,8	240,4	276,8	269,2	263,2	283,3	184,6	240,8	184,6	218,9	191,3	184,6	169,5	139,5	139,5	118,0	m3/dag	
Totaal waterverbruik	106215	87806	101101	98325	96134	103475	67425	87967	67425	79953	69872	67425	61899	50952	50952	43100	m3/jaar	
Totaal waterverbruik per persoon	145,4	120,2	138,4	134,6	131,6	141,7	92,3	120,4	92,3	109,5	95,7	92,3	84,7	69,8	69,8	59,0	L/(persoon*dag)	
Totaal waterverbruik per persoon	53,1	43,9	50,6	49,2	48,1	51,7	33,7	44,0	33,7	40,0	34,9	33,7	30,9	25,5	25,5	21,5	m3/(persoon*jaar)	
BESPARING		**17,3**	**4,8**	**7,4**	**9,5**	**2,6**	**36,5**	**17,2**	**36,5**	**24,7**	**34,2**	**36,5**	**41,7**	**52,0**	**52,0**	**59,4**	%	

Bijlage 7 Pomp berekeningen

Pompen

Pomp 1 Pomp put ==> Verzamelbuffer tank

Pman =	33	kPa
Pman,tot=	63	kPa
Pas =	480	Watt

Pzr (Atmosfeer)	100	kPa				
Diameter (inw) zuigleiding	0,0514	m	Diameter (inw) persleiding	0,0514	m	
Lengte zuigleiding	0	m	Lengte Persleiding	70	m	
ζ filter	2		Aantal zl	0	Aantal pl	0
ζ afsluiter	0,9		Aantal zl	1	Aantal pl	2
ζ bocht	0,2		Aantal zl	0	Aantal pl	5
Volume stroom	7	m³/h				
Zuig druk	90	kPa	Pers druk		47	kPa
Rendement pomp	0,255	η				
Hoogte verschil zuigleiding	1	m	Hoogste verschil persleiding		3	m
Viscositeit voor afvalwater	1,568					
Pdamp (15gr)	2,4	Kpa	k waarde	0,5		

v,zuig=	0,94	m/s	v,pers=	0,94	m/s
Re,zuig=	30733,83		Re,pers=	30733,83	

1/√λ= -	2 log *	(k /	3,71 * D)
5,162734			
λ=	0,03751807		

Pw,zl=	0,5*ρ*	v²	(λ*l/D+	ζfilter+ζafsluiter+ζbocht)
0,00	500	0,88	0,00	

Pzuig=	Pzr -	Pw,zl-	ρ*g*Δh
90,19	100	0,00	9,81

Pw,pl=	0,5*ρ*	v²	(λ*l/D+	ζfilter+ζafsluiter+ζbocht)
23,69	500	0,88	53,89	

Ppers=	atmosfeer-	Pw,pl-	ρ*g*Δh
46,88	100	23,69	29,43

Totaal leiding weerstand= 24 kPa

NPSH=	(Pzr -	ρ*g*Δh -	Pw,zl -	Pdamp) /	ρ*g
8,949032	100	9,81	0,00	2,4	9810

Max zuighoogte zonder cavitatie.

Hz,geo <	(Pzr-	Pw,zl-	Pdamp-	Pveilig) /	ρ*g
8,929664	100	0,00	2	10	9810

Pman =	33,49726591	kPa
Pman,tot=	63	kPa
Pas =	479,8375396	Watt

Pman,tot= ((ρ*g*Δh)/1000) + Pw,zl +Pw,pl

Geselecteerde pomp CP 3045 HT 3~ 2p

η	0,255	
Nom. Ver	1,2	kW
Q	6,5	m³/h
Spec. Energie	0,000109	kWh/l

Pompen

Pomp 2 Verzamelbuffer tank ==> Zandfilter

Pman =	10	kPa
Pman,tot=	69	kPa
Pas =	459	Watt

Pzr (Atmosfeer)	100	kPa					
Diameter zuigleiding	0,044	m	Diameter persleiding		0,044	m	
Lengte zuigleiding	0	m	Lengte Persleiding		10	m	
ζ filter	2		Aantal zl	0	Aantal pl		0
ζ afsluiter	0,9		Aantal zl	0	Aantal pl		2
ζ bocht	0,2		Aantal zl	0	Aantal pl		2
Volume stroom	5	m³/h					
Zuig druk	90,19	kPa	Pers druk			41,07	kPa
Rendement pomp	0,208	η					
Hoogte verschil zuigleiding	1	m	Hoogste verschil persleiding			6	m
Viscositeit voor afvalwater	1,568						
Pdamp (15gr)	2,4	Kpa	k waarde	0,5			

v,zuig=	0,91	m/s	v,pers=	0,91	m/s
Re,zuig=	25644,79		Re,pers=	25644,79	

1/√λ= -	2 log *	(k /	3,71 * D)
5,027713			
λ=	0,039560249		

Pw,zl=	0,5*ρ*	v²	(λ*l/D+	ζfilter+ζafsluiter+ζbocht)
0,00	500	0,84	0,00	

Pzuig=	atmosfeer-	Pw,zl-	ρ*g*Δh
90,19	100	0,00	9,81

Pw,pl=	0,5*ρ*	v²	(λ*l/D+	ζfilter+ζafsluiter+ζbocht)
0,07	500	0,84	0,18	

Ppers=	atmosfeer-	Pw,pl-	ρ*g*Δh
41,07	100	0,07	58,86

Totaal leiding weerstand= 0,073619 kPa

NPSH=	(Pzr -	ρ*g*Δh -	Pw,zl -	Pdamp) /	ρ*g
8,949032	100	9,81	0,00	2,4	9810

Max zuighoogte zonder cavitatie.

Hz,geo <	(Pzr-	Pw,zl-	Pdamp-	Pveilig) /	ρ*g
8,929664	100	0,00	2	10	9810

Pman =	9,88361921	kPa
Pman,tot=	68,74361921	kPa
Pas =	459,0252351	Watt

Geselecteerde pomp: CP 3045 HT 3~ 2p

η	0,208	
Nom. Ver	1,2	kW
Q	4,8	m³/h
Spec. Energie	0,000144	kWh/l

Pompen Voorraadbuffertank ==> Lozing
Pomp 3

Pman =	52,8	kPa
Pman,tot=	150,9	kPa
Pas =	1007,6	Watt

Pzr (Atmosfeer)	100	kPa					
Diameter zuigleiding	0,044	m	Diameter persleiding		0,044	m	
Lengte zuigleiding	1	m	Lengte Persleiding		500	m	
ζ filter	2		Aantal zl	0	Aantal pl		0
ζ afsluiter	0,9		Aantal zl	0	Aantal pl		2
ζ bocht	0,2		Aantal zl	0	Aantal pl		3
Volume stroom	5	m³/h					
Zuig druk	89,81	kPa	Pers druk			67,19026	kPa
Rendement pomp	0,208	η					
Hoogte verschil zuigleiding	5	m	Hoogste verschil persleiding			10	m
Viscositeit voor afvalwater	1,568						
Pdamp (15gr)	2,4	Kpa	k waarde	0,5			

v,zuig=	0,913886988	m/s	v,pers=	0,913886988	m/s
Re,zuig=	25644,78793		Re,pers=	25644,79	

1/√λ= -	2 log *	(k /	3,71 * D)	
5,027713				
λ=	0,039560249			

Pw,zl=	0,5*ρ*	v²	(λ*l/D+	ζfilter+ζafsluiter+ζbocht)
0,38	500	0,84	0,90	

Pzuig=	atmosfeer-	Pw,zl-	ρ*g*Δh
89,81	100	0,38	9,81

Pw,pl=	0,5*ρ*	v²	(λ*l/D+	ζfilter+ζafsluiter+ζbocht)
3,38	500	0,84	8,09	

Ppers=	atmosfeer-	Pw,pl-	ρ*g*Δh
67,19	100	3,38	29,43

Totaal leiding weerstand= 3,76 kPa

NPSH=	(Pzr -	ρ*g*Δh -	Pw,zl -	Pdamp) /	ρ*g
8,910759	100	9,81	0,38	2,4	9810

Max zuighoogte zonder cavitatie.

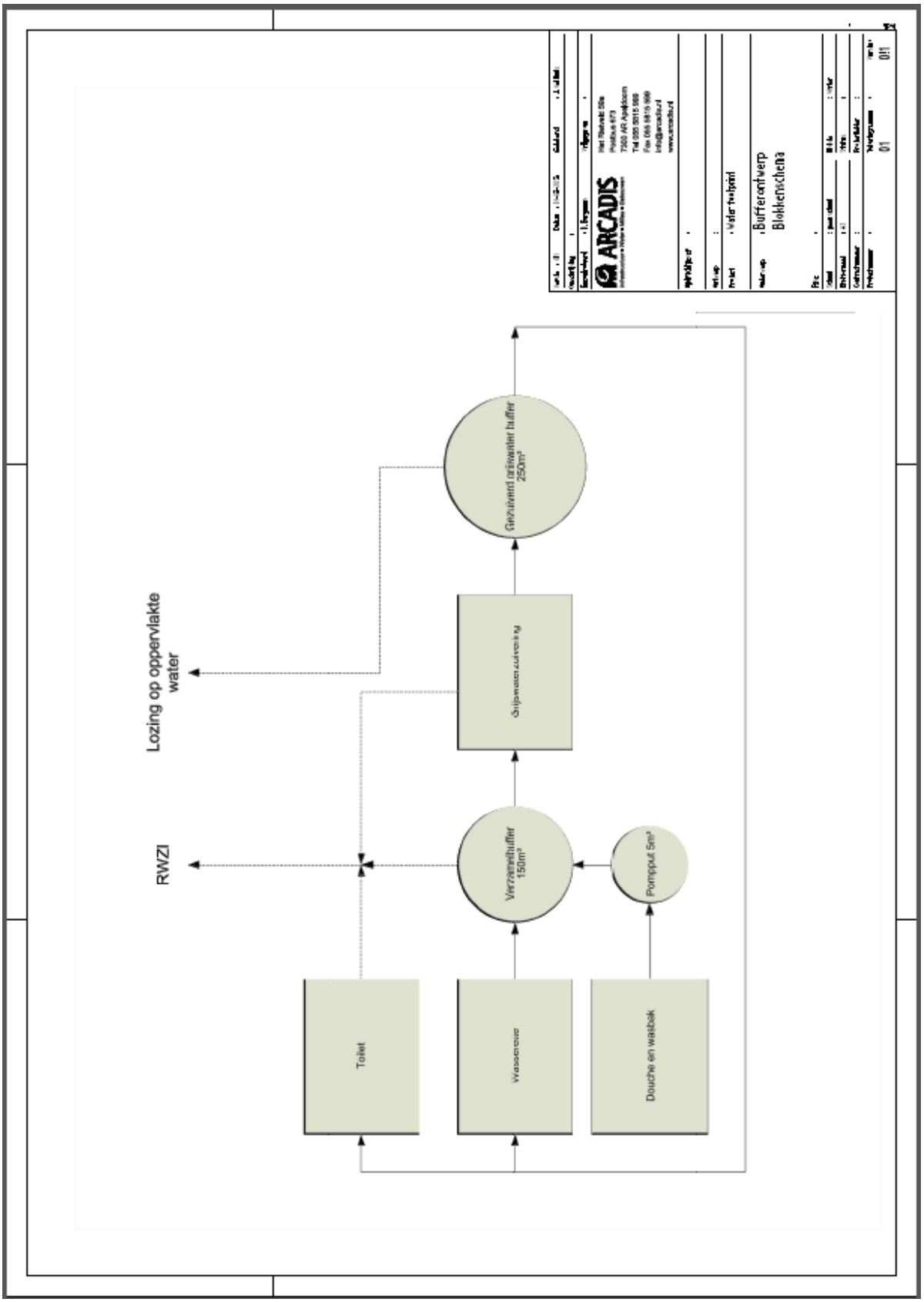
Hz,geo <	(Pzr-	Pw,zl-	Pdamp-	Pveilig) /	ρ*g
8,891391	100	0,38	2	10	9810

Pman =	52,80519422	kPa
Pman,tot=	150,9051942	kPa
Pas =	1007,646863	Watt

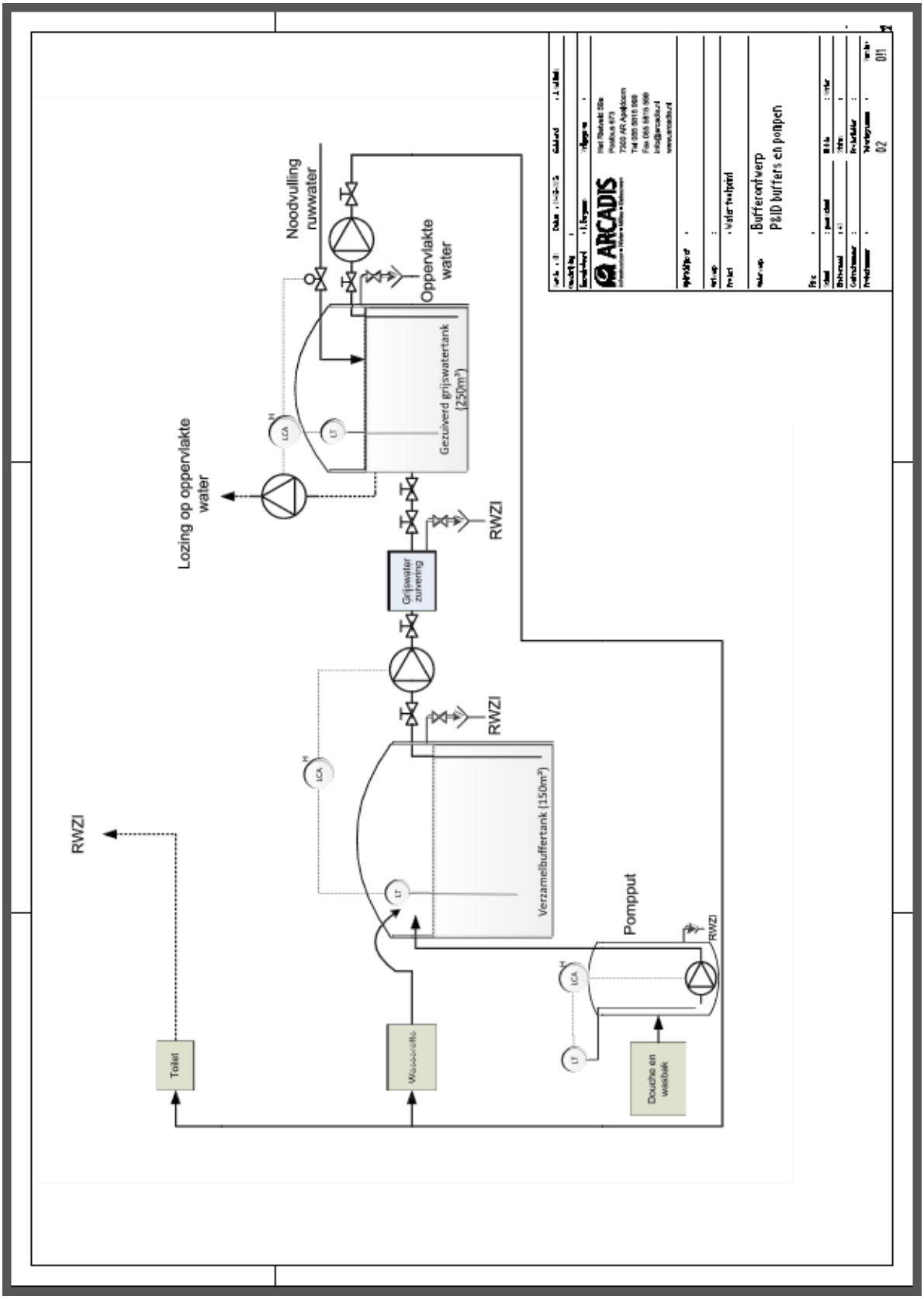
Geselecteerde pomp CP 3045 HT 3~ 2p

η	0,208	
Nom. Ver	1,2	kW
Q	4,8	m³/h
Spec. Energie	0,000144	kWh/l

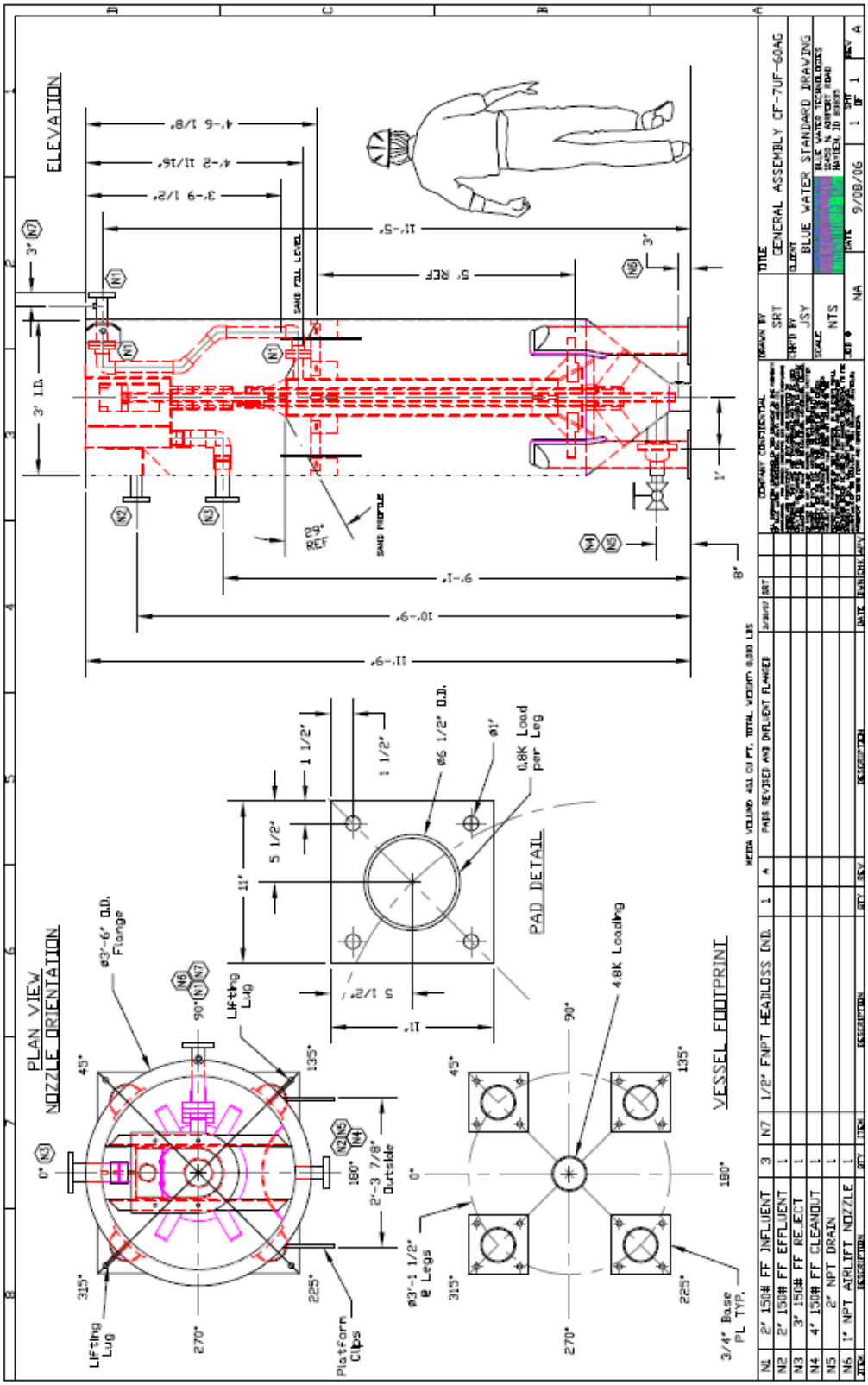
Bijlage 8 Blokkenschema

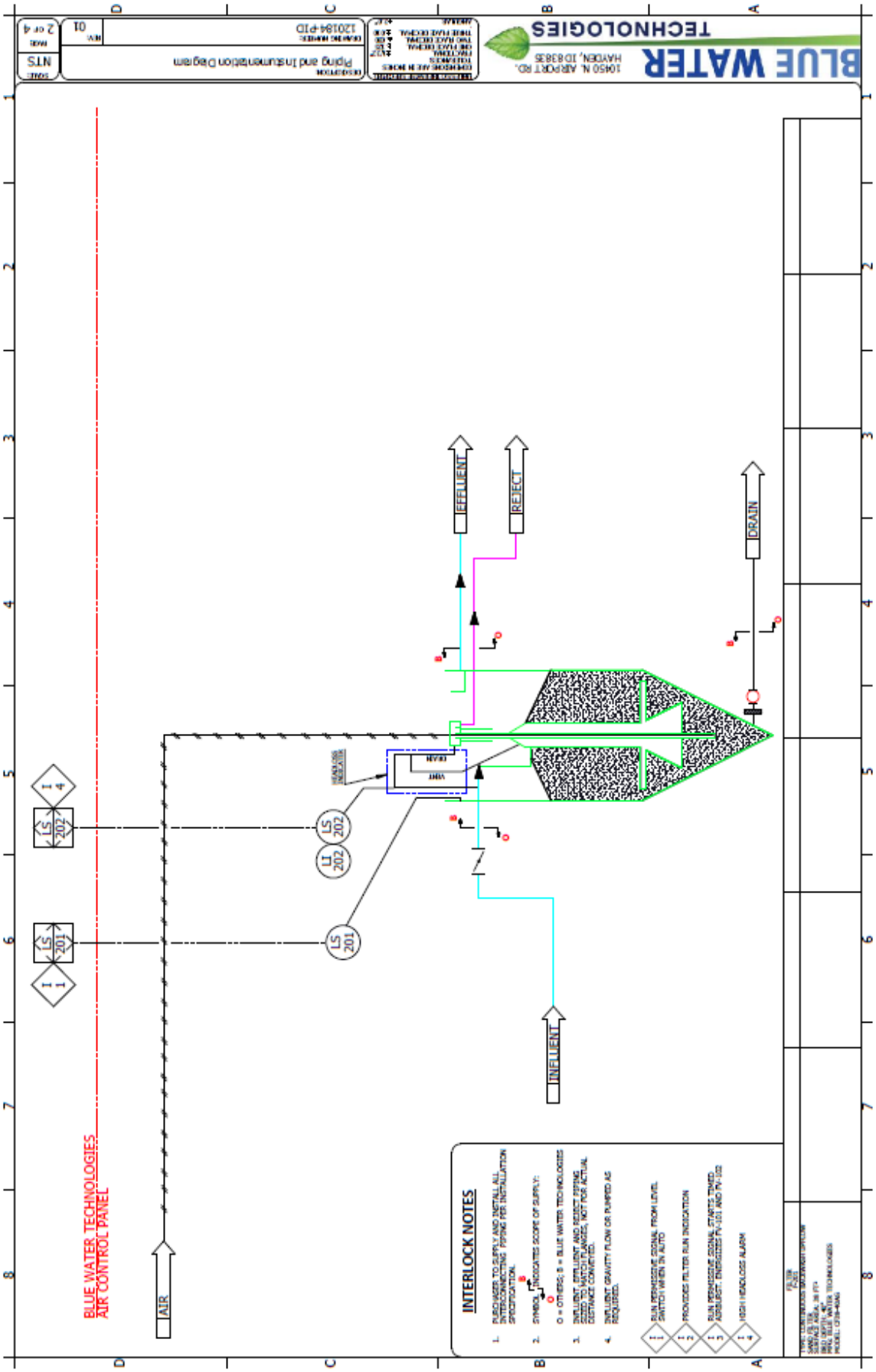


Bijlage 9 P&ID



Bijlage 10 Technische tekening zandfilter tank




BLUE WATER TECHNOLOGIES
AIR CONTROL PANEL
AIR
INFLUENT
EFFLUENT
REJECT
DRAIN
LS 201
LS 202
LI 202
I 1
I 4
INTERLOCK NOTES
1. PURCHASER TO SUPPLY AND INSTALL ALL INTERCONNECTING PIPING PER INSTALLATION SPECIFICATION.
2. SYMBOL INDICATES SCOPE OF SUPPLY:
O = OTHERS; B = BLUE WATER TECHNOLOGIES
3. INFLUENT, EFFLUENT AND REJECT PIPING SIZED TO MATCH FLANGES, NOT FOR ACTUAL DISTANCE CONVEYED.
4. INFLUENT GRAVITY FLOW OR PUMPED AS REQUIRED.
I 1 RUN PERMISSIVE SIGNAL FROM LEVEL SWITCH WHEN IN AUTO
I 2 PROVIDES FILTER RUN INDICATION
I 3 RUN PERMISSIVE SIGNAL STARTS TIMED ASSURANCE. ENERGIZES FV-101 AND FV-102
I 4 HIGH HEADLOSS ALARM
BLUE WATER TECHNOLOGIES
10450 N. AIRPORT RD.
HAYDEN, ID 83835
Piping and Instrumentation Diagram
120184-PID
01
NTS
2 of 4

Bijlage 11 Gebruikte literatuur

J.Ouwehand, T.J.G. Papa, E.Post, A. C. Taal (juli 2001). Toegepaste Energietechniek (2de herziende uitgave), ISBN: 90 395 1681 2

H. Brekelmans. Dictaat Regeltechniek, RTT10. Nr: IT /029

ir. J. Ouwehand, ir. T.J.G. Papa, dr. W. Gilijamse, drs. J. Geus (september 2008). Toegepaste Energietechniek, deel 2, ISBN: 90 395 2305 3

Bijlage 12 Verwijzingen en gebruikte internet pagina's

[i] Velthuis, J., (2012) "*VERKLEINING VAN DE WATER FOOTPRINT DOOR TECHNIEK EN BETER WATERMANAGEMENT OP EEN MILITAIRE BASE*" Onderzoek Defensie 2012

[ii] http://www.waterfootprint.org (20-12-12 / 15:00)

[iii] Velthuis, J., (2012) "*VERKLEINING VAN DE WATER FOOTPRINT DOOR TECHNIEK EN BETER WATERMANAGEMENT OP EEN MILITAIRE BASE*" Onderzoek Defensie 2012

[iv] http://www.biocompact.nl/

[v] Watergebruik thuis 2010 | C7455 | © TNS NIPO | 28 januari 2011

[vi] Gegevens van Christeyns B.V, www.christeyns.com

[vii] http://www.vewin.nl/Drinkwater/Feiten_en_cijfers/Watergebruik%20thuis/Pages/default.aspx (10-01-2013 / 10:30)

[viii] http://www.kallista.com/aboutus/performance/watersavingsiphonjet.kls (21-12-2012 / 14:00)

[ix] http://www.hansgrohe.nl/1187.htm#ixzz287t4B7ti (02-10-2012 / 10:00)

[x] http://www.multienergy-solutions.nl/

[xi] Kerngetallen afkomstig van het bedrijf DeSaH.

[xii] Velthuis, J., (2012) "*VERKLEINING VAN DE WATER FOOTPRINT DOOR TECHNIEK EN BETER WATERMANAGEMENT OP EEN MILITAIRE BASE*" Onderzoek Defensie 2012

[xiii] Velthuis, J., (2012) "*VERKLEINING VAN DE WATER FOOTPRINT DOOR TECHNIEK EN BETER WATERMANAGEMENT OP EEN MILITAIRE BASE*" Onderzoek Defensie 2012

[xiv] Demiriz, M., (2005) *Life time tests of dry urinals, proceedings of the 2005 CIB W062 symposium*, Brussel 2005.