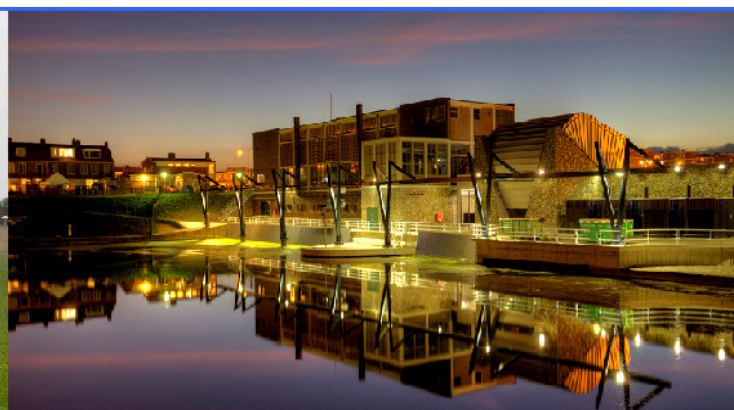




Hoogheemraadschap van
Rijnland



Optimalisering boezembemaling Hoogheemraadschap van Rijnland

Auteurs: Robert van Wieringen
Dennis van den Helder

Datum: 29 augustus 2012

Plaats: Leiden

Colofon

Titel: Optimalisering boezembemaling Hoogheemraadschap van Rijnland

Auteurs: Robert van Wieringen
Dennis van den Helder

Plaats: Leiden

Datum: 29 augustus 2012

Opdrachtgever: Hoogheemraadschap van Rijnland
Externe begeleider: Erik van der Linden



Hoogheemraadschap van
Rijnland

Onderwijsinstelling: Hogeschool van Hall Larenstein
Studierichting: Land- en Watermanagement
Interne begeleider: Peter Groenhuijzen



Trefwoorden voor de mediatheek: *Boezemgemalen – Beslisondersteuning - Optimalisering*

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	4
Samenvatting	5
Begrippenlijst.....	6
Figuren- en tabellenlijst	7
1 Inleiding.....	8
1.1 Aanleiding	8
1.2 Doel.....	9
1.3 Methodiek.....	10
1.4 Beperkingen	11
1.5 Leeswijzer	11
2 Huidig boezemsysteem	13
2.1 Rijnlands boezemwatersysteem	13
2.2 Huidige aansturing van de boezemgemalen	13
2.2.1 BOSBO	14
2.2.2 Integrale regelaar.....	14
2.2.3 Representatief boezempeil	15
2.2.4 Rijnlands gemiddelde neerslag	16
2.2.5 Verwachte neerslag- en verdampinggegevens	16
2.2.6 Marges	17
2.2.7 Prioriteiten	17
2.2.8 Routinebemaling	18
2.3 Huidige ongebruikte data.....	19
2.3.1 Interne data HHR	19
2.3.2 Externe data	20
3 Ideaalbeeld boezembemaling	22
3.1 Beperking piekverbruik boezemgemalen	22
3.2 Automatisering boezemgemalen	22
3.3 Energie inkoop op de beurs.....	23
3.4 Verschuiven van dag-, avond- en nachtperiode.....	24
3.5 Bemaling tijdens lage getijden	24
3.6 Margeset gemiddeld RBP verbreden	24
3.7 Van SOBEK model naar real time voorspellingen	24
3.8 Ensemble prediction system voorspellingen van het RBP.....	25
4 Optimaliseringmogelijkheden	26
4.1 Beperking piekverbruik boezemgemalen	27
4.2 Verschuiven van dag-, avond- en nachtperiode.....	29
4.3 Bemaling tijdens lage getijden	30
4.4 Margeset gemiddeld RBP verbreden	31
5 Rendement.....	33
5.1 Beperking piekverbruik	33
5.2 Verschuiven van dag-, avond- en nachtperiode.....	33
5.3 Bemaling tijdens lage getijden	33
5.4 Margeset gemiddeld RBP verbreden	34
5.5 Totaal rendement optimaliseringmogelijkheden.....	34
6 Conclusies en aanbevelingen	35
6.1 Conclusies.....	35
6.2 Aanbevelingen.....	35
6.3 Reflectie	36
Bijlage C. Geschiedenis	37
Bijlage D. Gegevens en totaal rendement	38
Bijlage E. Prioriteiten per situatie	43
Bijlage F. Nieuwe prioriteiten tabel	45
Bijlage G. Pompkarakteristiek Katwijk.....	46
Bijlage H. Tabel verbruik Katwijk	47
Bijlage I. Vaste kosten boezemgemalen.....	48
Bijlage J. Formulier goedkeuring projectplan	
Bijlage K. Projectplan.....	
Literatuurlijst	

Voorwoord

In het kader van onze studie Land- en Watermanagement hebben wij onderzoek verricht naar de optimaliseringmogelijkheden van de boezembemaling van Hoogheemraadschap van Rijnland.

Wij hebben de mogelijkheid gekregen via Robert zijn werk af te studeren. Al snel hadden wij een onderwerp om te onderzoeken en dit rapport is daarvan het resultaat. Wij zijn tijdens het onderzoek nog bij de boezemgemalen gaan kijken en het was interessant om te zien hoe dit te werk gaat. Vooral de oudere dieselgemalen.

Onze ervaringen zijn dat er veel tijd in het onderzoek gaat zitten en dat dit lastig is voor iemand die daarnaast ook nog werkt. Daarnaast is de materie die we onderzocht hebben ingewikkeld. Hierdoor hebben wij niet alle optimaliseringmethoden, rendementen en haalbaarheden uit kunnen werken

Wij hebben plezier gehad tijdens het onderzoek en willen de mensen die ons geholpen hebben van Hoogheemraadschap van Rijnland bedanken.

Robert van Wieringen
Dennis van den Helder

Leiden, 29 augustus 2012

Samenvatting

Hoogheemraadschap van Rijnland heeft opdracht gegeven om onderzoek uit te voeren naar de aansturing van de boezembemaling in hun gebied. Hoogheemraadschap van Rijnland heeft aangegeven dat de aansturing van de boezembemaling niet optimaal is. In dit rapport worden de optimaliseringmogelijkheden gegeven waardoor er meer rendement gehaald kan worden. Dit rendement bestaat hoofdzakelijk uit besparing van de kosten.

Het onderzoek is opgezet aan de hand van een aantal stappen. Allereerst is de huidige situatie van de boezem en boezembemaling onderzocht. De huidige aansturing boezembemaling werkt met een beslis ondersteunend systeem beheer oppervlaktewater. Dit systeem stuurt de integrale regelaar aan die de inzet van de boezemgemalen bepaald. De integrale regelaar gebruikt daarvoor een aantal beschikbare data. De boezembemaling kan ook handmatig bediend worden door de peilbeheerder.

Er wordt ook een ideaalbeeld beschreven in het rapport. De belangrijkste onderdelen van het ideaal beeld zijn: Beperking piekverbruik, verschuiven van dag- avond- en nachtperiode, bemaling tijdens lage getijden en margeset gemiddeld RBP verbreden. Het merendeel van deze optimaliseringmogelijkheden is om te besparen op energiekosten. Deze vier onderdelen zijn verder uitgewerkt omdat deze snel ingevoerd kunnen worden en zijn niet al te complex.

Voor het bepalen van het rendement is er eerst van de huidige situatie een model gemaakt. De gegevens hiervan kunnen uit het beslis ondersteunend systeem beheer oppervlaktewater gehaald worden. De huidige kosten zijn uit dit model berekend. Vervolgens is een nieuw model gemaakt aan de hand van de optimaliseringmogelijkheden welke hierboven genoemd zijn. Er is opnieuw naar de bemalinginzet gekeken en indien nodig aangepast. Uit deze nieuwe situatie zijn ook de kosten berekend. Het verschil tussen de oude en de nieuwe situatie is het rendement.

Uit de resultaten van het onderzoek blijkt dat het rendement van de aansturing van de boezembemaling verder geoptimaliseerd kan worden. De belangrijkste verbeterpunten zijn het inrichten van de Integrale Regelaar zodat deze rekening houdt met de inzet van de boezemgemalen tijdens het lage getijde. Daarnaast is het verbreden van de beheersmarge om meer berging te creëren en het verschuiven van het nachtblok gelijktijdig met de daluren verbeterpunten. Ook is het beperken van het piekverbruik bij boezemgemaal Katwijk een mogelijkheid.

Uit de berekening van de oude en nieuwe situatie is gebleken dat de optimaliseringmogelijkheden een flinke besparing opleveren. De vier genoemde optimaliseringmogelijkheden zouden bij elkaar ca. 115.000 € besparen per jaar.

De aanbevelingen worden gedaan om uiteindelijk de hier bovengenoemde optimaliseringmogelijkheden toe te passen. Dit zou een mooie besparing opleveren voor het Hoogheemraadschap van Rijnland.

Begrippenlijst

<i>BOSBO</i>	Beslissingsondersteunend systeem beheer oppervlaktewater
<i>EGV</i>	Elektrisch geleidend vermogen
<i>HHR</i>	Hoogheemraadschap van Rijnland
<i>IR</i>	Integrale regelaar
<i>RBP</i>	Representatief boezempeil
<i>RGN</i>	Rijnlands gemiddelde neerslag

Figuren- en tabellenlijst

Figuur 1: Overzicht HHR.....	8
Figuur 2: Overzicht HHR.....	8
Figuur 3: Proces naar het rendement.....	10
Figuur 4: Werking beslissingondersteuning.....	15
Figuur 5: Grafisch overzicht van de aansturing boezembemaling.....	19
Figuur 6: Piekverbruik oude situatie.....	27
Figuur 7: Verbruik boezemgemaal Katwijk bij Noordzee stand.....	28
Figuur 8: Vergelijking oude en nieuwe situatie piekverbruik.....	28
Figuur 9: Verschuiving van dag-, avond-, en nachtperiode boezemgemaal Halfweg.....	29
Figuur 10: Verschuiving van dag-, avond-, en nachtperiode boezemgemaal.....	30
Figuur 11: Verbreding beheersmarge RBP.....	31
Tabel 1: Weging meetpunten RBP.....	16
Tabel 2: Overzicht neerslagstations RGN.....	16
Tabel 3: Seizoenen met margesets en RBP grenzen.....	17
Tabel 4: Originele routinebemaling.....	18
Tabel 5: Huidige routinebemaling.....	18
Tabel 6: Ongebruikte meetgegevens onderstations.....	20
Tabel 7: Ongebruikte meetgegevens boezemgemalen.....	20
Tabel 8: Externe data Rijkswateren.....	20
Tabel 9: Externe Meteodata.....	21
Tabel 10: Verschuiven routinebemaling naar daluren.....	23
Tabel 11: Boezemgemalen omgerekend.....	26
Tabel 12: Verschil in afgenomen piekvermogen in oude en nieuwe situatie.....	29
Tabel 13: Aanpassingen aan de margesets.....	32
Tabel 14: Rendement verlaging gemiddelde zeestand per draaiuur.....	33
Tabel 14: Kosten oude en nieuwe situatie.....	34

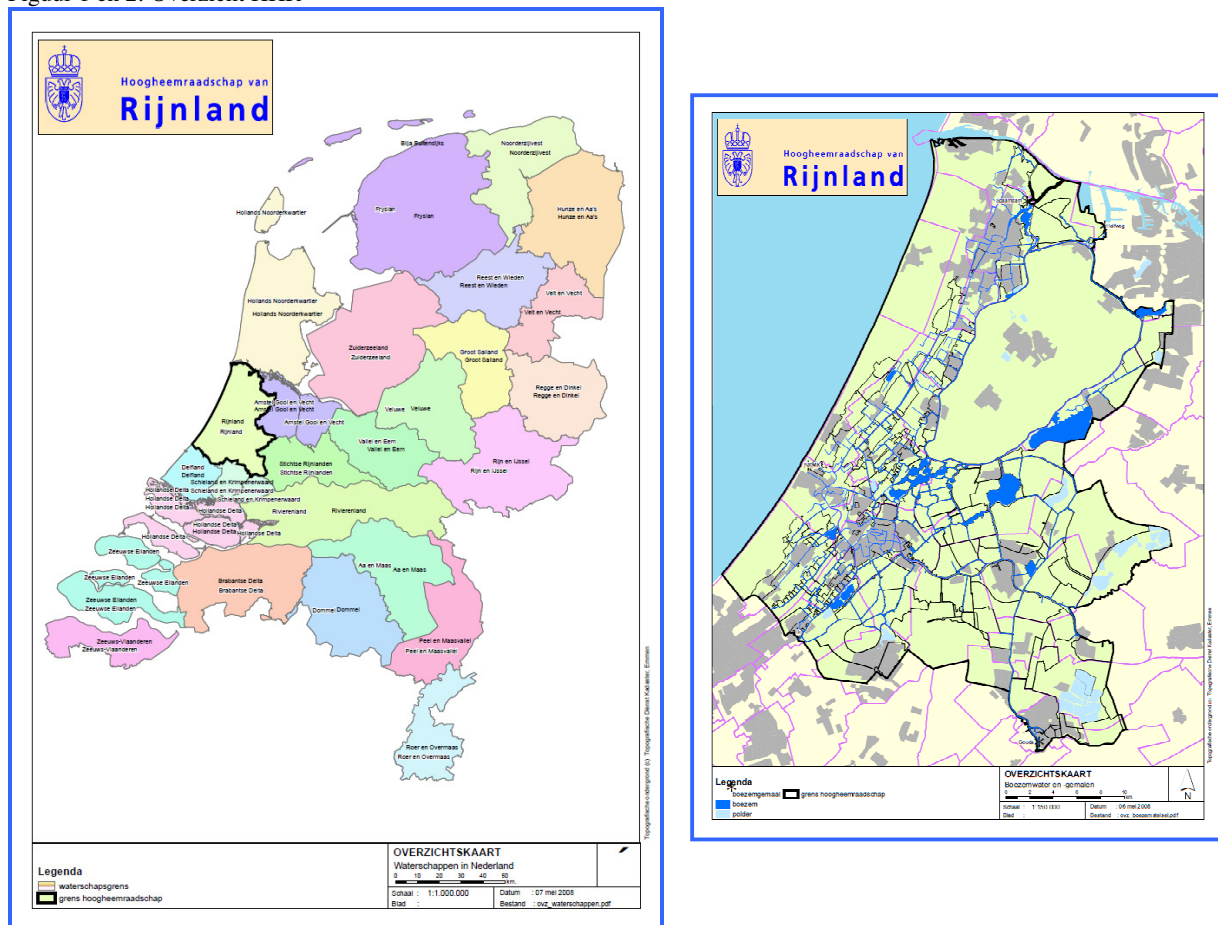
1 Inleiding

Het doel van dit eerste hoofdstuk is om een beeld te schetsen van de context waarbinnen het onderzoek valt en hoe het onderzoek tot stand is gekomen. In het volgende paragraaf wordt in het kort de aanleiding beschreven. Paragraaf 1.1 wordt gevolgd door een omschrijving van het doel van het rapport in paragraaf 1.2. De methode van werken en de beperkingen worden beschreven in paragrafen 1.3 en 1.4. De hoofdstukindeling van het rapport wordt tot slot behandeld in de leeswijzer, paragraaf 1.5.

1.1 Aanleiding

In kader van de opleiding Land- en Watermanagement op Hogeschool van Hall Larenstein is er een afstudeeropdracht uitgevoerd. Dit rapport is een afstudeerrapport in opdracht van het Hoogheemraadschap van Rijnland (HHR). HHR is een organisatie die zorgt voor duurzame veiligheid tegen en met het water, voor blijvend genoeg water van goede kwaliteit op de juiste plaats, ten dienste van mens en milieu in hun gebied. In figuren 1 en 2 is te zien waar het gebied van HHR ligt.

Figuur 1 en 2: Overzicht HHR



(bron: intranet.rijnland.net)

De boezem van het HHR, is het boezemstelsel dat door het hele gebied zorgt voor de aan- en afvoer van zoetwater. De oppervlakte van de boezem bedraagt 1.175 km² en daarop bemalen de poldergemalen hun water. De boezem wordt bemalen door vier boezemgemalen. Deze gemalen staan in Spaarndam, Halfweg, Gouda en Katwijk. Deze boezemgemalen hebben totaal een bemalingcapaciteit van 194 m³/s. Er wonen 1,3 miljoen inwoners in het gebied waarvan negentig % onder zeeniveau gelegen is.

In de organisatie van HHR is een afdeling bedrijfsvoering watersystemen. Deze afdeling beheert, bedient en onderhoudt alle watersysteemtechnische werken, zoals waterkeringen en watergangen. Dit is inclusief alle daarbij behorende peilregulerende werken. Het doel van de afdeling is het goed laten functioneren van het watersysteem door op inventieve wijze en met de best uitvoerbare techniek te werken. De afdeling bedrijfsvoering watersystemen maakt bij het aansturen van de boezemgemalen gebruik van een Beslis Ondersteunend Systeem Beheer Oppervlaktewater (BOSBO). De afdeling bedrijfsvoering watersystemen heeft aangegeven dat de aansturing van de boezemgemalen niet optimaal werkt en dat er meer rendement uit te halen is. In dit rapport is onderzoek gedaan naar de optimalisering van de boezembemaling van het HHR.

1.2 Doel

Het doel van dit onderzoek is om te zorgen dat HHR en voornamelijk de afdeling bedrijfsvoering watersystemen meer rendement uit de aansturing van de boezembemaling gaat halen. Met het rendement gaat het hier voornamelijk om de kosten te beperken. Om het rendement van de aansturing boezembemaling te vergroten en kosten te besparen, worden optimaliseringmogelijkheden onderzocht. Door deze optimaliseringmogelijkheden toe te passen moet het rendement omhoog gaan en de kosten van de aansturing boezembemaling naar beneden.

Het onderzoek geeft antwoord op de volgende onderzoeksvraag:

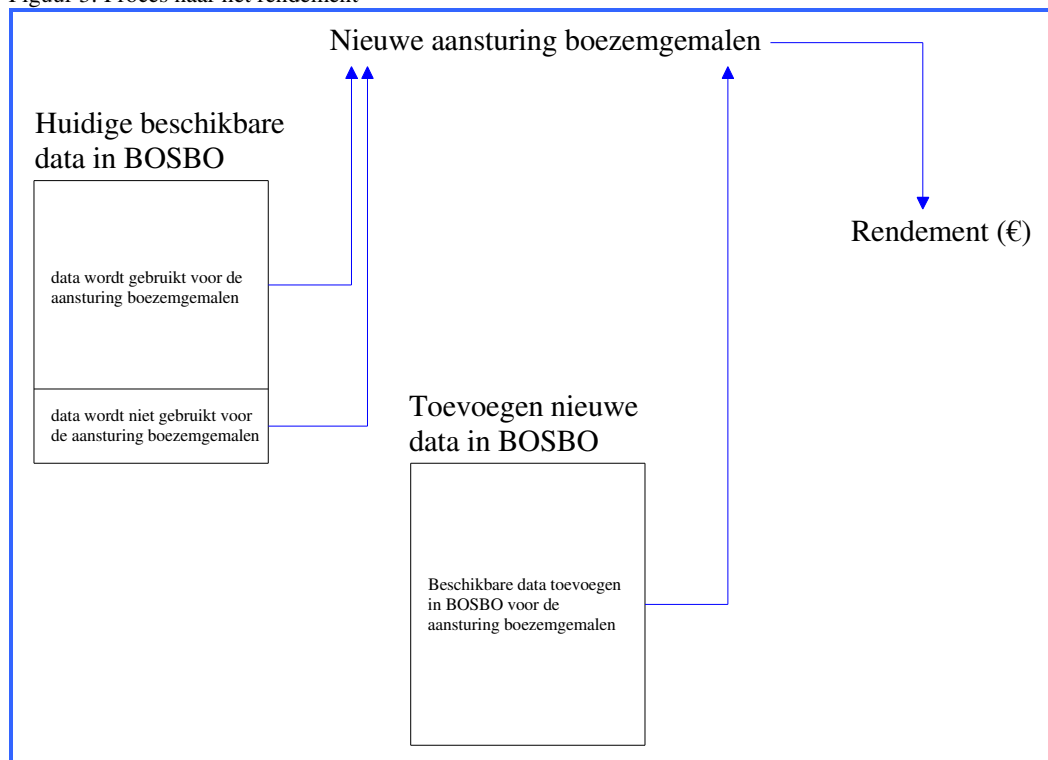
- Hoe kan de aansturing van de boezembemaling worden geoptimaliseerd om het rendement te vergroten?

Voordat er antwoord gegeven kan worden op deze onderzoeksvraag, worden eerst de volgende deelvragen behandeld:

- Hoe is de huidige aansturing van de boezemgemalen binnen HHR geregeld? en welke data worden hiervoor gebruikt?
- Welke data zijn beschikbaar, maar wordt niet gebruikt voor de aansturing van de boezemgemalen?
- Welke data zijn nodig om een ideale aansturing van de boezemgemalen te krijgen?
- Hoe kan er met de beschikbare data de aansturing van de gemalen geoptimaliseerd worden?
- Welke data kunnen er worden toegevoegd om tot een optimalisering van de aansturing van de boezemgemalen te komen?
- Wat is het rendement van de aangedragen optimaliseringmethoden?

In figuur 3 is het proces te zien die uiteindelijk het gewenste rendement op moet leveren.

Figuur 3: Proces naar het rendement



1.3 Methodiek

Ter voorbereiding op het onderzoek is bepaald welke onderzoeksmethoden het meest geschikt zijn voor de uitvoering van het onderzoek. Hieronder volgt een overzicht van de tijdens het onderzoek gebruikte methoden.

Kwantitatieve methode

Secundaire analyse

- Secundaire analyse is een methode waarbij gegevens van bestaande datasets worden verzameld. Deze bestaande datasets zijn al door andere onderzoekers verzameld.

Het BOSBO systeem en het boek Technisch ontwerp automatisch zijn gebruikt, om de huidige situatie en het rendement in kaart te brengen. De tabellen en getallen in het onderzoek komen onder andere uit dit systeem en document. Het BOSBO systeem en het boek Technisch ontwerp automatisch zijn hiervoor gebruikt. Hierin staan gegevens die met de aansturing van de boezembemaling gebruikt worden.

Voor de berekening van het rendement zijn bestaande datasets gebruikt. Deze bestaande datasets zijn opgezocht vanuit het BOSBO systeem. De bestaande datasets zijn de oude situatie. In deze oude situatie zijn de datum, aanvoer op de boezem, bemalinginzet, aanvoer op de boezem, waterstand Noordzee en de hoogte van de boezem weergegeven. Deze gegevens bij elkaar zijn tot een model gevormd. Deze oude datasets zijn aangepast naar een nieuwe situatie aan de hand van de optimalisieringsmogelijkheden. Uit het verschil tussen deze twee modellen volgt het rendement. Deze twee modellen staan in bijlage A oude situatie en bijlage B nieuwe situatie. Deze twee bijlagen zijn apart opgenomen. Dit is in verband met de grootte van de modellen.

De informatie over de elektriciteitskosten die gebruikt zijn komen van Liander, Stedin en HVC. Stedin en Liander zijn de netbeheerders en HVC levert de elektriciteit. De tarieven van 2011, 2012 en 2013 zijn gebruikt.

Voor de kostenberekening van boezemgemaal Katwijk is een pompkarakteristiek gebruikt.

Kwalitatieve methoden

Literatuuronderzoek

Literatuuronderzoek is een methode waarbij informatie uit documenten verzameld wordt. Een aantal bronnen hiervan zijn: de bibliotheek, bestaande archieven en internet.

Deze methode is veel gebruikt in het onderzoek. De literatuur die het meest gebruikt worden in dit onderzoek zijn beschreven. De overige literatuur wordt weergegeven in de literatuurlijst. De werking van de aansturing van de boezembemaling staat beschreven in de literatuur Handleiding BOSBO beheer, BOSBO systeem en Handboek boezembeheer. Het BOSBO systeem is een digitaal systeem. De reden dat deze literatuur gebruikt is, is omdat hierin uitgelegd wordt hoe de werking is van de aansturing van de boezembemaling.

Interview

Interview is een methode waarbij een vraaggesprek wordt gevoerd. Dit kan in een vorm van een tweegesprek zijn, maar ook een groepsgesprek zijn.

Om informatie te krijgen over de huidige energiegegevens van HHR is een interview afgenomen met de heer W.A.M. van Haaster. Dit interview is afgenomen om meer inzicht te krijgen over de energiegegevens en het gebruik daarvan bij HHR. De heer van Haaster is vakspecialist elektrotechniek bij de afdeling bouwzaken.

Daarnaast is ook een interview afgenomen bij de heer R.E. van der Zwan. Het interview ging over de optimaliseringmogelijkheden. Dit interview is afgenomen om meer inzicht te krijgen over de optimaliseringmogelijkheden en het rendement daarvan. De heer R.E. van der Zwan is oud boezembeheerder en onder andere schrijver van een aantal handboeken over boezembemaling.

1.4 Beperkingen

Voor dit rapport gelden een aantal beperkingen. Uit hoofdstuk 3 Ideaal beeld zijn niet alle optimaliseringmogelijkheden uitgewerkt. Een aantal onderdelen uit het ideaal beeld zijn te complex om uit te werken. Er is gekozen voor de optimaliseringmogelijkheden waar HHR op korte termijn mee kan werken. Het rendement van de optimaliseringmogelijkheden kan op dit moment niet getest worden in het BOSBO systeem. Dit gaat te veel tijd en geld kosten om te laten testen. Voor de bepaling van het rendement van de optimaliseringmogelijkheden is er een model gemaakt waarin de optimaliseringmogelijkheden gebruikt zijn. Hieruit is het rendement bepaald. De kosten van de aanpassingen zijn niet in kaart gebracht. Het oplevertermijn van het rapport is daarvoor te krap. Om dit te bepalen is nader onderzoek nodig. Er is ook niet getoetst op duurzaamheid. Dit is geen expliciet onderdeel van het doel.

1.5 Leeswijzer

De opbouw van het rapport is als volgt: in het volgende hoofdstuk wordt de huidige boezembemaling en de aansturing daarvan beschreven. Er wordt in hoofdstuk 2 diep ingegaan op de huidige

beschikbare data die gebruikt worden bij de aansturing van de boezembemaling en de huidige beschikbare data die niet gebruikt wordt bij de aansturing van de boezembemaling.

In hoofdstuk 3 wordt een ideaalbeeld behandeld. Er wordt gekeken naar de ideale situatie van de aansturing van de boezembemaling.

Hoofdstuk 4 haakt in op hoofdstuk 3. In dit hoofdstuk worden een aantal optimaliseringmogelijkheden behandeld welke in het ideaalbeeld voor komen.

De optimaliseringmogelijkheden worden getoetst op hun rendement.. De resultaten hiervan worden in hoofdstuk 5 weergegeven. Op grond daarvan wordt ten slotte in hoofdstuk 6 een aantal conclusies en aanbevelingen geformuleerd.

2 Huidig boezemsysteem

In dit hoofdstuk wordt in gegaan op de huidige situatie van de boezembemaling. In bijlage C wordt een stuk geschiedenis meegegeven over de vier boezemgemalen. De geschiedenis is geschreven als algemene informatie. Dit is als inleiding naar de huidige situatie. In paragraaf 2.1 wordt een korte uitleg gegeven over de functie van het boezemwater van HHR. In paragraaf 2.2 wordt behandeld welke gegevens er op dit moment gebruikt worden voor de aansturing van de boezembemaling. De gegevens die niet gebruikt worden voor de aansturing van de boezembemaling maar wel beschikbaar zijn in BOSBO staan beschreven in paragraaf 2.3. De huidige kosten worden behandeld in hoofdstuk 5 rendement en in bijlage D.

2.1 *Rijnlands boezemwatersysteem*

Hieronder is het begrip “boezemwater” nader uitgewerkt.

Boezemwater is een stelsel van gemeen liggende, met elkaar in openverbinding staande waterlopen en meren waarop het water van lager gelegen polders wordt uitgeslagen en dienend voor eventueel tijdelijke berging en lozing op het buitenwater.

De meeste boezemwateren behoren tot de primaire wateren en hebben een zeer belangrijke functie in de (regionale) aan- en afvoer van water. (bron: <http://www.aquo.nl/aquo-standaard/aquo-lex/aquo-lex-begrippen/>)

Deze uitleg is volledig van toepassing op het boezemwater van het HHR, het is een met elkaar in verbindingstaand systeem van waterlopen en meren waarop het water van lager gelegen polders wordt uitgeslagen. Daarnaast zorgt de boezem in droge perioden voor de aanvoer van zoetwater naar de polders. Het boezemwater loopt door bovenland van veenweidegebieden, langs kwekerijen, bollenvelden, industrie, steden en door dorpen. Het heeft vele functies over een groot gebied, daardoor mag het peil niet te veel fluctueren.

In het peilbesluit van de boezem van het HHR is vastgesteld dat het boezemwaterpeil in de zomerperiode gemiddeld op de – 0,61 m NAP en in de winterperiode op gemiddeld – 0,64 m NAP uit moet komen.

Om de boezem binnen de marges van het gewenste peil te behouden wordt de boezem bemalen door vier grootte boezemgemalen bij wateroverschot. Daarnaast is er de mogelijkheid water in te laten bij watertekorten.

2.2 *Huidige aansturing van de boezemgemalen*

In deze paragraaf wordt de manier waarop de boezemgemalen momenteel aangestuurd worden behandeld. Het HHR werkt voor de aansturing van de boezemgemalen met een beslissingondersteunend systeem. De beheerder kan binnen het systeem kiezen uit diverse opties om de aansturing naar zijn of haar wens te laten functioneren. Daarnaast haalt het systeem nog data binnen waarmee het kan bepalen wat er moet gebeuren om tussen de juiste grenzen het beheer uit te voeren.

De opties waaruit de beheerder kan kiezen, de data die het systeem gebruikt en hoe dit uitmond in de inzet van de boezemgemalen zal hier uitgewerkt worden.

2.2.1 BOSBO

HHR gebruikt voor de aansturing van de boezemgemalen een beslissingondersteunend systeem.

Het beslissingondersteunend systeem voor het waterbeheer van de boezem van HHR wordt aangeduid met BOSBO. BOSBO werkt met het aansturen van de boezemgemalen met een Integrale Regelaar (IR). De werking van de IR wordt beschreven in paragraaf 2.1.2. De primaire doelstelling van BOSBO is het boezembeheer ondersteunen met een zodanige bedrijfsvoering van de boezemwerken, dat het aanvangspeil bij groot waterbezwaar ligt op het streefpeil van de boezem. Met BOSBO kunnen de boezemwerken, die op afstand worden bediend, direct worden aangestuurd. In het gebied van HHR staan vier boezemgemalen, twee van de vier boezemgemalen zijn aangesloten op BOSBO, dit zijn de elektrische boezemgemalen Katwijk en Halfweg. De twee dieselgemalen Gouda en Spaarndam worden nog handmatig aangezet.

Naast de aansturing van de boezemgemalen worden in BOSBO 350 locaties aangestuurd en gemonitord. Deze gebiedsdekkende locaties bestaan uit poldergemalen, stuwen, loggers en meetpunten. De peilregulerende kunstwerken zenden bij problemen een alarm uit, die via BOSBO bij de beheerder terecht komen. De beheerders kunnen de instellingen van de poldergemalen in BOSBO aanpassen en aan de hand van de binnengekomen gegevens beoordelen of het peilregulerend kunstwerk goed functioneert.

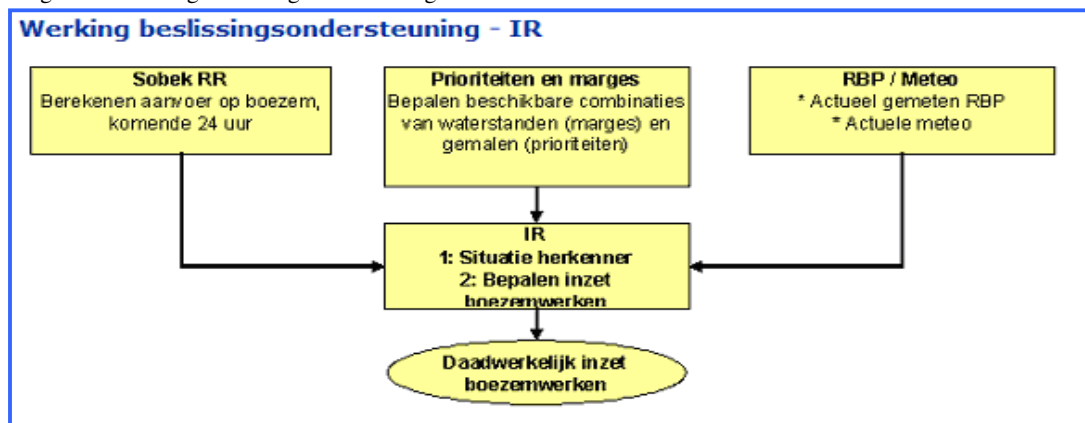
BOSBO controleert periodiek de actuele toestand in de boezem en past dit indien nodig aan op basis van dit actuele overzicht en de verwachte neerslag de inzet van de boezemwerken. Voor de bedrijfsvoering van de boezembemaling voorspelt BOSBO het Representatief Boezempeil (RBP). Deze voorspelling wordt gedaan aan de hand van waterstanden in de boezem, de verwachte neerslag en de inzet van de boezemwerken. Uitgaande van het actuele RBP wordt voor iedere tien minuten de waterstand voorspeld op basis van de voorspelde aanvoer en de verzette capaciteit van de boezemwerken. BOSBO gebruikt voor het uitvoeren van de simulatieberekeningen het berekeningsmodel SOBEK RR.

Het SOBEK RR neerslag- en afvoermodel berekent de aan- en afvoer op de boezem voor de komende 24 uur. Het model heeft voor de berekening data nodig uit BOSBO. Dit zijn het actuele RBP, Rijnlands Gemiddelde Neerslag (RGN), de verwachte neerslag en verwachte verdamping voor de komende 24 uur.

2.2.2 Integrale regelaar

In BOSBO is het mogelijk de inzet van de boezemgemalen te programmeren. Hierbij wordt door de boezembeheerder vooraf aangegeven wanneer en met welke capaciteit boezemwerken moeten worden ingezet. BOSBO kan ook zelfstandig het waterbeheer van de boezem voeren. Dit is mogelijk via de IR. De IR is een beslissingondersteuning die de inzet van de boezemgemalen bepaald, aan de hand van aangeleverde gegevens. In figuur 4 is te zien aan de hand van welke gegevens de IR de inzet van de boezemgemalen bepaald. Deze gegevens worden in de subparagrafen nader toegelicht.

Figuur 4: Werking beslissingondersteuning



(bron: Handleiding beheer BOSBO systeem 2006)

De beheerder kan kiezen uit een aantal manieren waarop en hoe de boezemwerken aangestuurd worden. De besturingsvorm kan gekozen worden, er is een keuze tussen programmering en de IR. Onder de optie programmering kan de beheerder de inzet van de boezemwerken voor de komende 24 uur per uur in programmeren. Is de keuze voor aansturing door de IR dan wordt de inzet van de boezemwerken ieder uur opnieuw door de IR bepaald. De IR kan door de beheerder beïnvloed worden doormiddel van het invullen van het schema “Routinebemaling en onderhoud”. Indien hierin een actie is aangegeven richting één van de boezemwerken zal de IR deze meenemen in de aansturing. Daarnaast bepaald de beheerder of inlaten bij Gouda is toegestaan en welke margesets beschikbaar zijn voor de aansturing van het op dat moment geldende seizoen te kiezen.

De IR haalt de voor dat seizoen geldende margesets en prioriteitsets binnen waaruit gekozen kan worden door de situatie herkenner. De margesets geven de boven- en ondergrens aan waartussen het RBP gestuurd moet worden. De prioriteiten per situatie geeft de volgorde aan waarin de boezemwerken in bepaalde dagdelen ingezet worden. Deze zijn te zien in bijlage E. Naast deze gegevens worden de voorkeursinstellingen uit de “Routinebemaling en onderhoud tabel” gehaald, de locale in- en uitslagpeilen worden verwerkt, net als de eventuele storingen aan de gemalen en de inlaattijdstippen van Gouda worden bepaald.

Sobek RR is een aan- en afvoermodel van het gehele watersysteem van het HHR. Het is een complex model wat met behulp van neerslag- en verdampingvoorspellingen de aanvoer op de boezem berekend. Het nabootsen van het watersysteem met gemalen en polders is een benadering van de werkelijkheid. De uitkomst van het model is een voorspelling van de aanvoer op de boezem voor de komende 24 uur. Deze gegevens worden ook in de IR gestopt.

Het actuele boezempeil en de actuele neerslaggegevens zijn daarnaast belangrijke input voor de IR. Vanaf deze basis kan het met de verwachte aanvoer de inzet van de boezemwerken geregeld worden.

De situatie herkenner bepaald met behulp van de binnengehaalde data, zoals verwachte neerslag, gevallen neerslag, aanvoer voorspellingen, bedrijfstoestanden, locale peilen bij de boezemwerken en windrichting, welke margeset en prioriteitenset er uiteindelijk gebruikt worden om de inzet van de boezemwerken mee te bepalen.

2.2.3 Representatief boezempeil

Het huidige RBP wordt berekend uit een aantal boezemwaterstands metingen. Er worden zestien boezemmeetpunten meegenomen in deze berekening. De meetpunten wegen niet allemaal even zwaar

mee. In tabel 1 is te zien hoe zwaar elk meetpunt weegt voor de berekening. Het streven is om tijdens het voeren van het zomer- of winterpeil, gemiddeld op het peilbesluitpeil uit te komen van de boezem van HHR.

Tabel 1: Weging meetpunten RBP

Representatief Boezem Peil	
Locatie	Percentage (%)
Nieuwe Wetering	43,18
Spaarndam	4,63
Halfweg	0,75
Gouda	1,2
Katwijk	3,32
Bodegraven – sluis	0,39
Heemstede – Cruquiusbrug	4,33
Amsterdam - Gemaal BB Polder	9,96
Alpen aan den Rijn - Gouwe/Oude Rijn	4,43
Leiden – Lammebrug	14,26
Heemstede – Asterkade	1,42
Sloten	1,09
Tolhuissluis	1
Boskoop – Hefbrug	0,63
Leidschendam – Leidsekade	3,56
Lisse - Leidse Vaart	5,85
Totaal	100

(bron: BOSBO configurator)

2.2.4 Rijnlands gemiddelde neerslag

Het RGN wordt ook bepaald door een gewogen gemiddelde berekent over verschillende meetstations. Hiervoor worden de neerslaggegevens van zes neerslagstations in het gebied van HHR genomen. De neerslag van de afgelopen uren worden meegenomen in de berekening van de aanvoer naar de boezem voor de komende 24 uur. In tabel 2 zijn de locaties te zien van de neerslagstations en de weging in percentage.

Tabel 2: Overzicht neerslagstations RGN

Rijnlands Gemiddelde Neerslag	
Locatie	Percentage (%)
Nieuwe Wetering	26
Spaarndam	8
Katwijk	9
Lijnden	19
Zoetermeer	18
Bodegraven	20
Totaal	100

(bron: BOSBO configurator)

2.2.5 Verwachte neerslag- en verdampinggegevens

Voor de aansturing van de boezemgemalen heeft de IR de verwachte neerslag- en verdampinggegevens nodig voor de komende 24 uur. De verwachte neerslag- en verdampinggegevens voor de komende 24 uur worden aangeleverd door Meteoconsult. De verwachte neerslag wordt in mm/uur weergegeven en de verwachte verdamping in mm/dag. De verwachtingen worden ieder uur bijgewerkt zodat de IR met de meest actuele verwachtingen kan rekenen. Deze zijn nodig voor een nauwkeurige berekening van de verwachte aan- of afvoer naar de boezem.

2.2.6 Marges

De IR houdt met het ondersteunen van het waterbeheer van de boezem rekening met marges en prioriteiten. Er zijn drie margesets per seizoen en er zijn vier verschillende seizoenen instelbaar. In de tabel staan de nu beschikbare marges weergegeven. In tabel 3 zijn de verschillende seizoenen te zien met hun marge sets en RBP grenzen.

Tabel 3: Seizoenen met marge sets en RBP grenzen

Seizoen	Marge set	Bovengrens RBP m NAP	Ondergrens RBP m NAP
Zomer	Normaal	-0,6	-0,63
	Gevaarlijk Weer	-0,64	-0,66
	Inlaat	-0,59	-0,63
Winter	Normaal	-0,63	-0,66
	Gevaarlijk Weer	-0,665	-0,675
	Inlaat	-0,63	-0,655
Overgang	Normaal	-0,62	-0,65
	Gevaarlijk Weer	-0,665	-0,675
	Inlaat	-0,61	-0,635
Droogte	Normaal 0-6 uur	-0,605	-0,635
	Normaal 6-24 uur	-0,6	-0,63
	Gevaarlijk Weer	-0,64	-0,66
	Inlaat	-0,59	-0,63

(bron: BOSBO configurator)

In het peilbesluit van de boezem van HHR is -0.61 m NAP als zomerpeil en -0.64 m NAP als winterpeil vastgesteld. De IR houdt het RBP, dit is de gemiddelde gewogen boezemwaterstand, in de zomer tussen de -0.60 m NAP en -0.63 m NAP. In de winter wordt de boezem tussen de -0.63 m NAP en -0.66 m NAP gehouden. Er wordt een marge van drie cm aangehouden waartussen de boezem bemalen wordt, waarvan één cm boven het peilbesluitpeil en twee cm onder het peilbesluitpeil.

Bij de situatie gevaarlijk weer worden de marges van de boezem in de zomer naar -0.64 m NAP tot -0.66 m NAP gezet en in de winter naar -0.665 m NAP tot -0.675 m NAP gezet. Dit gebeurt om berging in de boezem te creëren. De situatie gevaarlijk weer doet zich voor zodra in de winterperiode binnen de komende twaalf uur meer dan tien mm valt, of binnen de komende 24 uur meer dan vijftien mm neerslag valt. In de zomerperiode zijn de grenzen vijftien mm binnen de komende twaalf uur of dertig mm binnen de komende 24 uur. Het watersysteem is uitgerold op een niveau zodat het een bui van vijftien mm/dag kan verwerken. Als de voorspellingen aangeven dat er een grotere hoeveelheid neerslag gaat vallen dan deze grens, dan wordt de boezemstand preventief verlaagd.

Tijdens het inlaten wordt de bovengrens met één cm naar boven bijgesteld, zodat het ingelaten water niet direct wordt weggemalen.

2.2.7 Prioriteiten

In de tabellen van de prioriteiten per situatie (deze staan in bijlage E) is te zien in welke volgorde de gemalen worden ingezet tijdens een situatie per dagdeel. De dag is opgedeeld in drie delen van acht uur. Deze drie delen zijn: overdag, avond en nacht.

Tijdens de situatie normaal of gevaarlijk weer is de volgorde van inzet van de boezemgemalen identiek. In de tabellen is te zien dat bij voorkeur de elektrische gemalen, eerst Halfweg, dan Katwijk tot dertig m³/s, tijdens de nachturen, vervolgens in de avonduren en overdag worden ingezet. Daarna is de voorkeur voor het overdag inzetten van de handmatige dieselmalen, eerst Spaarndam en vervolgens Gouda. Mocht dit niet voldoende zijn wordt Katwijk ingezet tot zestig m³/s en in het uiterste geval draaien Spaarndam en Gouda nog mee tijdens de avond- en nachturen.

Wanneer de situatie noordenwind voorkomt worden de prioriteiten gewijzigd, dit vanwege opstuwung van de boezem aan de zuidzijde van HHR. De IR zal deze situatie uit de meteo gegevens herkennen en deze prioriteitenset inzetten. In de nacht wordt boezemgemaal Katwijk eerder ingezet, naast boezemgemaal Halfweg om het water zuidelijker weg te malen. Zodra de inzet van Halfweg en Katwijk tot dertig m³/s niet genoeg is, zal er extra bemaling nodig zijn en wordt Gouda bijgezet. Overdag en in de avond zal in eerste instantie met boezemgemaal Gouda bemalen worden. Daarna worden boezemgemalen Halfweg en Katwijk om en om bijgezet.

Inlaten wordt bij voorkeur overdag gedaan. Wanneer dit niet mogelijk is in de avond en als laatste in de nacht. Dit omdat er altijd personeel bij nodig is.

2.2.8 Routinebemaling

Naast de nodige inzet van de boezembemaling wordt er ook wekelijks routinebemaling uitgevoerd, dit is ten behoeve van de waterkwaliteit. De gelijktijdige inzet van boezemgemalen Halfweg en Spaarndam is om te voorkomen dat het zoute water uit de Haarlemmermeerpolder bij Lijnden en van het sluisbedrijf in Spaarndam, heen en weer pendelt tussen de twee noordelijke gemalen. De inzet van de boezemgemalen vindt overdag plaats vanwege de inzet van personeel bij boezemgemaal Spaarndam. In tabel 4 is de originele routinebemaling te zien.

Tabel 4: Originele routinebemaling

Routinebemaling										
Periode	Zomer					Winter				
Dag	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag
Spaarndam	4 uur, 32 m ³ /s		4 uur, 32 m ³ /s		4 uur, 32 m ³ /s	8 uur, 32 m ³ /s				8 uur, 32 m ³ /s
Halfweg	4 uur, 22 m ³ /s		4 uur, 22 m ³ /s		4 uur, 22 m ³ /s	8 uur, 33 m ³ /s				8 uur, 33 m ³ /s
Katwijk	2 uur, 15 m ³ /s	2 uur, 15 m ³ /s	2 uur, 15 m ³ /s	2 uur, 15 m ³ /s	2 uur, 15 m ³ /s				8 uur, 45 m ³ /s	
Gouda								8 uur, 34 m ³ /s		

(bron: Handboek boezembeheer 2005)

De originele routinebemaling als hierboven weergegeven wordt niet meer geheel uitgevoerd. De verversing op de Oude Rijn bij Katwijk is geen vast toegepaste bemaling meer tijdens de zomer - en winterperiode. Bij boezemgemaal Gouda komt de routinebemaling niet meer voor tijdens de winterperiode. Er wordt wel weer naar toegewerkt dat deze originele routinebemaling terug komt. In tabel 5 is te zien welke routinebemaling momenteel toegepast wordt. Tijdens de zomerperiode vindt de routine bemaling drie keer per week met Halfweg en Spaarndam plaats. In de winterperiode draaien Spaarndam en Halfweg twee keer per week. Halfweg heeft dan vijf draaiuren in plaats van acht uur.

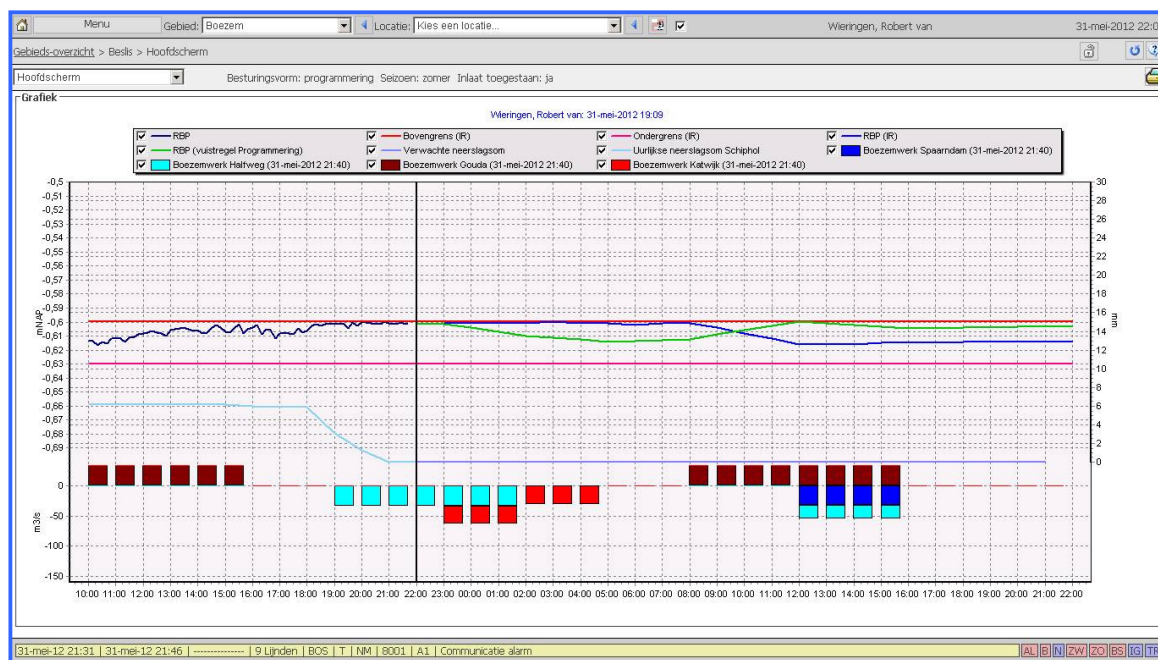
Tabel 5: Huidige routinebemaling

Routinebemaling										
Periode	Zomer					Winter				
Dag	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag
Spaarndam	4 uur, 32 m ³ /s		4 uur, 32 m ³ /s		4 uur, 32 m ³ /s	8 uur, 32 m ³ /s				8 uur, 32 m ³ /s
Halfweg	4 uur, 22 m ³ /s		4 uur, 22 m ³ /s		4 uur, 22 m ³ /s	5 uur, 33 m ³ /s				5 uur, 33 m ³ /s
Katwijk										
Gouda										

Weergave in BOSBO

De aansturing van de boezembemaling met alle bovengenoemde gegevens, wordt weergegeven in een grafiek in BOSBO. In de grafiek van figuur 5 is een grafisch overzicht te zien van de aansturing boezembemaling.

Figuur 5: Grafisch overzicht van de aansturing boezembemaling



(bron: BOSBO systeem)

De gegevens die uit de IR komen worden in de grafiek weergegeven. De dikke zwarte lijn is het moment nu per uur. De twee rode lijnen zijn de boven en ondergrens van de nu geldende margeset. Het RBP moet zich ten alle tijden tussen deze grenzen bevinden. Links van de dikke zwarte lijn is het verleden, het verloop van het RBP, de gevallen neerslag en de inzet van de boezemwerken van de afgelopen twaalf uur weergegeven. Rechts van de dikke zwarte lijn zijn de toekomstige voorspellingen van het verloop van het RBP en de verwachte neerslag weergegeven. Groen is de programmering van de beheerder en blauw is de IR. De gekleurde balken onderin zijn de inzet van de boezemgemalen. Elk boezemgemaal heeft zijn eigen kleur.

2.3 Huidige ongebruikte data

In deze paragraaf worden de ongebruikte data beschreven. In de tabellen staan alle beschikbare data van de verschillende interne en externe stations weergegeven. Onder deze tabellen wordt nader uitgelegd welke van deze beschikbare data niet gebruikt worden

2.3.1 Interne data HHR

HHR heeft een intern meetnet opgezet voor het monitoren voor de actuele toestand in de boezem. Dit meetnet bestaat uit een aantal onderstations. In het interne meetnet worden onder andere waterstanden, debieten, stroomsnelheden, neerslag en EGV gemeten. De onderstations registreren elke tien minuten de gegevens. De onderstations voeren de berekening van de tien minutenwaarden uit. De BOSBO database bevat dus alleen tien minutenwaarden. Het is ook mogelijk om mee te kijken op een onderstation. In dat geval wordt online en continu de meest recente waarde van de meetgegevens gepresenteerd. De tien minutenwaarden worden op het onderstation bepaald op basis van een gemiddelde van de samples uit voorgaande minuten en daarna naar BOSBO gestuurd. In tabel 6 zijn de gegevens van de onderstations te zien welke in BOSBO komen maar niet gebruikt worden.

Tabel 6: Ongebruikte meetgegevens onderstations

Bedrijfstoestand poldergemalen	-
Chloridenconcentratie	Mg/l
Debiet polder	M ³ /min
Geleidendheid	microsiemens
Stroomsnelheid	m/s
Verwacht debiet	M ³ /s
Windsnelheid	m/s

(bron: Technisch ontwerp automaat 2000)

Een aantal interne data van de onderstations staat wel in BOSBO, maar wordt niet door de IR gebruikt voor de aansturing van de bemaling. De niet gebruikte interne data zijn: Bedrijfstoestanden poldergemalen, chloridenconcentratie, debiet polder, geleidendheid, stroomsnelheid, verwacht debiet en windsnelheid. De beheerders kunnen deze data wel zien en zo handmatig het programma veranderen.

Bij het interne meetnet behoren ook de vier boezemgemalen. In tabel 7 zijn de boezemgemalen weergegeven en de verschillende data die gemeten wordt maar niet gebruikt.

Tabel 7: Ongebruikte meetgegevens boezemgemalen

Spaarndam	Noordzeekanaalstand
Halfweg	Noordzeekanaalstand
Katwijk	Noordzeestand
	Stand spuikom
	Voorspelde Noordzeestand

(bron: Technisch ontwerp automaat 2000)

Ook deze data van de boezemgemalen komen in BOSBO terecht. Voor de aansturing door de IR wordt deze data niet gebruikt.

Naast de vier boezemgemalen, wordt er bij de poldergemalen ook data gemeten en doorgegeven naar het BOSBO systeem: Dit zijn waterstanden, bedrijfstoestanden en debietgegevens. Alle gegevens van de poldergemalen worden niet gebruikt voor de aansturing van de boezembemaling door de IR.

2.3.2 Externe data

HHR ontvangt ook externe data. Deze externe data komen van verschillende partijen vandaan. HHR krijgt onder andere data binnen over de Rijkswateren. Deze data komt van MSW, dit is een database met meetgegevens van de Rijkswateren. In tabel 8 is te zien welke data over de rijkswateren binnen komen.

Tabel 8: Externe data rijkswateren

Nr	Locatie	Parameter(s)
1	Scheveningen	astronomische getij actuele zeestand
2	IJmuiden buitenhaven	voorspelde waterhoogte astronomische getij actuele zeestand
3	IJmuiden Noordersluis	actuele waterstand
4	Surinamekade	actuele waterstand
5	Schellingwoude	actuele waterstand
6	Krimpen a/d IJssel	EGV astronomische getij actuele waterstand Chloridenconcentratie
7	Lobith	Debiet
8	Hoek van Holland	voorspelde waterhoogte

		astronomische getij
		actuele waterstand
		Windsnelheid
9	Brienoordbrug	EGV
		Chloridenconcentratie
10	Gouda brug	voorspelde waterhoogte
		actuele waterstand
11	IJmuiden	voorspelde waterhoogte
12	IJmuiden kop pier	Windsnelheid
		Windrichting

(bron: Technisch ontwerp automaat 2000)

Deze externe data van Rijkswateren die in BOSBO terecht komen worden niet gebruikt door de IR voor de aansturing van de boezembemaling.

Naast de externe data van de Rijkswateren komen er ook meteodata binnen. Deze meteodata komen van verschillende meteodiensten. In tabel 9 is te zien welke meteodata terecht komen in BOSBO en niet gebruikt worden.

Tabel 9: Externe meteodata

Parameter
Neerslag
Neerslagradar
Windsnelheid
Luchtdruk
Temperatuur

(bron: Technisch ontwerp automaat 2000)

HHR krijgt ook data van nabij gelegen waterschappen binnen. Deze data komt van nabij gelegen onderstations en bevat de waterstanden en de bedrijfstoestanden. Deze data is noodzakelijk om te zien hoeveel water het gebied in- en uitgaat. In tijden van droogte en wateroverlast kan HHR zich hierop aanpassen. Deze data wordt niet door de IR gebruikt voor de aansturing van de bemaling.

3

Ideaalbeeld boezembemaling

In dit hoofdstuk wordt een ideaalbeeld geschetst van de aansturing boezembemaling. Dit ideaalbeeld is tot stand gekomen door overleg met de mensen van HHR. Er worden verschillende punten genoemd waardoor er een ideaalbeeld tot stand komt. Er is voor het ideaalbeeld geen rekening gehouden met de haalbaarheid van deze punten. Voor sommige punten zal er (gewenste) data toegevoegd moeten worden. Per punt wordt uitgelegd hoe en wat er veranderd zal moeten worden.

3.1 *Beperking piekverbruik boezemgemaal*

De elektrische boezemgemaal zijn grootverbruikers qua stroomafname. De elektriciteitskosten bestaan niet alleen uit variabele kosten per afgenomen kWh in het piek- en daltarief, daarnaast zijn er nog vaste kosten (bijlage I) zoals aansluitdiensten, transportdiensten en de monitoring daarvan. Besparen op de vaste kosten is mogelijk door het piekverbruik in kW zo laag mogelijk te houden. Deze kosten bestaan uit “het Gecontracteerd transportvermogen” en “de Maximale belasting van die maand”. Het gecontracteerd transportvermogen is de hoogste afname in kW van het afgelopen jaar. Deze kosten worden een jaar lang iedere maand doorgerekend. Daarnaast wordt de maximale belasting aan kW van die maand doorberekend.

Bij boezemgemaal Halfweg is dit niet mogelijk door de bijna constante opvoerhoogte. Daardoor is het maximaal opgenomen aantal kilowatts iedere maand ongeveer gelijk. Boezemgemaal Katwijk heeft daarentegen te maken met variabele inzet van debiet en variabele opvoerhoogtes vanwege de afvoer op de Noordzee, de invloed van eb en vloed. Hierdoor variëren de piek afnamen per maand behoorlijk.

Door de bemaling van boezemgemaal Katwijk zo aan te passen dat er een beperking van het piekverbruik optreedt kan er op kosten bespaard worden.

3.2 *Automatisering boezemgemaal*

In de huidige aansturing van de boezembemaling worden twee boezemgemaal op afstand en elektrisch aangestuurd. Voor een ideale aansturing zouden boezemgemaal Gouda en Spaardam ook elektrisch gemaakt moeten worden.

De automatisering van boezemgemaal Gouda en Spaarndam, dat houdt in dat deze twee dieselgemaal ook elektrisch worden en hierdoor ook op afstand bediend kunnen worden. Deze twee boezemgemaal kunnen dan ook door de IR aangestuurd worden. HHR heeft dit overigens al in de planning staan. De verwachting is dat boezemgemaal Gouda binnen nu en vijf jaar geautomatiseerd is. Wat betreft boezemgemaal Spaarndam zal dit tussen de vijf en tien jaar zijn.

Voor boezemgemaal Gouda heeft dit veel voordelen. Het gemaal hoeft tijdens het bemalen van de boezem en bij het inlaten, niet meer handmatig bediend te worden. Hierdoor zullen de personeelskosten aanzienlijk minder worden. De bemaling kan ook in de nacht gedaan worden zodat dit in het lage energiekosten tarief valt.

Voor boezemgemaal Spaarndam heeft dit ook voordelen. De bemaling kan hier ook in de nacht gedaan worden zodat de energiekosten in het lage tarief terecht komen. Daarnaast zijn ook hier de

personeelskosten minder. De vaste routinebemaling die in de winter twee dagen per week en in de zomer drie dagen per week gelijktijdig met Halfweg plaatsvindt kan hierdoor naar de nacht verschoven worden. Deze aanpassing van de bemaling tijdens de daluren zal een grote besparing opleveren. In tabel 10 zijn de verschoven draaiuren per jaar weergegeven.

Tabel 10: Verschuiven routinebemaling naar daluren

Verschuiving routinebemaling naar de daluren	
Boezemgemaal	Draaiuren / jaar
Halfweg	1404
Spaarndam	1456

Bij verdere automatisering zou een module waarin er aangegeven kan worden dat binnen een bepaalde periode bemaling toegepast of ingelaten moet worden en de IR zelf kan kijken wanneer het meest gunstige moment is om dit toe te passen laten kiezen. Deze module leidt tot besparing van kWh.

Om deze automatisering toe te kunnen passen zullen er wel nog wat kosten gemaakt moeten worden om de gemalen aan te passen en de aansturing via de IR te kunnen laten werken. De automatisering van de boezemgemalen zal met de modernisering ervan meegenomen kunnen worden

3.3 Energie inkoop op de beurs

De elektrische bemaling is op dit moment een grote kostenpost. De elektriciteitskosten zijn hier de oorzaak van. Deze kosten worden nog hoger wanneer er vier boezemgemalen elektrisch malen. Tegenwoordig is het mogelijk om op de energiebeurs elektriciteit in te kopen. Deze elektriciteitsprijzen fluctueren heel erg. Dit komt doordat de vraag en aanbod naar elektriciteit telkens weer anders is. Het is ook mogelijk om een dag van te voren al energie in te kopen wanneer deze prijs laag is. Voor de aansturing van de boezemgemalen zou het ideaal zijn wanneer de energiebeurs gekoppeld is aan de boezemgemalen, zodat deze kan gaan malen wanneer de elektriciteitskosten laag zijn. Hiervoor zal extra data toegevoegd moeten worden in het BOSBO systeem. De data zal bestaan uit de elektriciteitsprijzen die op dat moment gehanteerd worden. Deze data is beschikbaar bij de energiebeurzen en energiebedrijven. Op dit moment heeft HHR deze data niet.

De elektriciteitskosten zijn in de nacht lager dan overdag. Deze lagere nachtkosten zijn daluren. Tijdens de daluren is de elektriciteitsprijs ongeveer de helft goedkoper. Dit komt door de lage vraag naar elektriciteit in de nacht. In de ideale situatie zouden de boezemgemalen ook hier rekening mee moeten houden zodat deze meer in de nacht gaan draaien, waardoor de kosten lager worden.

Het bijzondere van energie is dat het niet kan worden opgeslagen. Vraag en aanbod zijn elk moment van de dag anders. Hierdoor schommelt de prijs voortdurend. HHR pompt met de gemalen water uit de polders wanneer de waterstand een bepaald peil bereikt. De gemalen draaien daarom minder dan tien % van de tijd. Het loont om binnen bepaalde marges te wachten met pompen totdat de elektriciteitsprijs laag staat. Dat uitstel is mogelijk, omdat er in de polders vaak voldoende bufferruimte over is om het extra water tijdelijk op te vangen, zonder dat de veiligheid in gevaar komt.

Om de lagere stroomprijs te kunnen gebruiken, moet een groot gemaal continu in contact staan met de energie handelsvloer van een energiebedrijf. Alleen dan kan het HHR met de elektriciteitsprijs en de ontwikkeling van het waterpeil besluiten tussen wel of niet pompen.

Voor de uitvoering van deze optimaliseringmogelijkheid komt wel het één en ander bij kijken. Er zal extra onderzoek naar gedaan moeten worden om te kijken wat de kosten hiervoor zijn. Het zal grote aanpassingen in het systeem met zich meebrengen. De kosten en het rendement zullen in kaart gebracht moeten worden.

Er zijn wel twee toekomstige ontwikkelingen die deze optimaliseringmogelijkheid interessant maken. De klimaatscenario's geven aan dat de hoeveelheid te verwerken neerslag verandert. Dit zullen meer kortere en heviger stortbuien worden. Daarnaast zal de elektriciteitsprijs in de toekomst meer

fluctueren als er meer windenergie wordt geproduceerd. De polders worden dan leeg gepompt als het hard waait en er veel elektriciteitsaanbod is tegen een lage prijs.

3.4 Verschuiven van dag-, avond- en nachtperiode

De IR gebruikt bij het inzetten van de boezemgemalen prioriteiten per situatie. Dit is de voorkeur voor het inzetten van de boezemgemalen. In de huidige situatie is dit verdeelt in drie perioden. In bijlage E is te zien dat er een dag- avond- en nachtperiode is. Per periode is aangegeven welke bemaling voorkeur heeft. In de ideale situatie zouden de prioriteiten overeen moeten komen met de dal- en piekperioden. In de dalperioden zijn de energiekosten lager dan in de piekperiode. Voor boezemgemaal Katwijk bestaat het de dalperiode uit werkdagen tussen 21:00 – 07:00 uur, weekenden en feestdagen. De piekperiode bestaat uit werkdagen tussen 07:00 – 21:00 uur. Voor boezemgemaal Halfweg bestaat de dalperiode uit werkdagen tussen 23:00 – 07:00 uur, weekenden en feestdagen. De piekperiode bestaat uit werkdagen tussen 07:00 – 23:00 uur. De prioriteiten zouden van Katwijk en Halfweg in de ideale situatie hetzelfde moeten zijn als de dal- en piekperiode.

3.5 Bemaling tijdens lage getijden

Twee van de vier boezemgemalen van het HHR hebben te maken met eb en vloed. Het is van toepassing op de boezemgemalen Katwijk en Gouda. Er moet nu nog onderscheid gemaakt worden tussen de twee boezemgemalen. Katwijk is geautomatiseerd en kan direct aangestuurd worden door de IR. Gouda is een dieselgemaal, dit gemaal moet nog handmatig bediend worden. Binnen een aantal jaar zal Gouda ook geautomatiseerd worden.

Bemaling met een zo laag mogelijke buitenwaterstand heeft minder energieverbruik tot gevolg. De IR zou de mogelijkheid moeten hebben om te bepalen dat de bemaling waarmogelijk op het moment met een zo laag mogelijke buitenwaterstand plaatsvindt. De IR kan hiervoor kijken naar de voorspelde waterstanden van de buitenwateren.

Daarnaast zou tijdens de daluren aangegeven moeten kunnen worden dat er een bepaalde hoeveelheid bemalen wordt. De IR zou dit zelf in de meest gunstige periode uit moeten voeren.

3.6 Margeset gemiddeld RBP verbreden

De bemaling van de boezem van het HHR wordt gestuurd op het gemiddelde RBP. De beheersmarge is de aan de situatie gekoppelde boven- en ondergrens waartussen het RBP mag fluctueren. De beheersmarges zijn te zien in tabel 3. De IR is er in het verleden op gemaakt om met een marge van twee centimeter boven en onder het streefpeil te bemalen. Deze manier van bemalen heeft als positief gevolg dat er meer marge is om te bergen tot er een gunstiger moment is om de bemaling toe te passen. In de huidige situatie is de beheersmarge maar drie cm. twee cm onder het streefpeil en één daarboven. De ideale aansturing zou weer twee cm boven en twee cm onder het streefpeil moeten hebben. Daardoor komt het effect van meer berging weer terug en dus minder bemaling. Voor deze aanpassing is geen extra data nodig.

3.7 Van SOBEK model naar real time voorspellingen

Om de aanvoer naar de boezem te berekenen wordt nu gebruik gemaakt van een bakjesmodel. Dit SOBEK model berekent aan de hand van de door BOSBO aangeleverde data de toevoer in m³/s. BOSBO heeft iedere vier uur contact met alle 350 locaties. De informatie die de poldergemalen en

andere meetpunten aanleveren kunnen de berekende aanvoergegevens uit het SOBEK model vervangen.

De waterstand in de polders in combinatie met de mogelijkheid tot het verkrijgen van neerslagvoorspellingen op peilvak niveau, zou tot een voorspelling van een debiet naar de boezem komen. Hiervoor dienen de debietgegevens van alle gemalen wel actueel te zijn. Op dit moment is de informatie die de poldergemalen aanleveren bekend bij HHR. HHR heeft op dit moment geen neerslagvoorspellingen op peilvak niveau.

3.8 Ensemble prediction system voorspellingen van het RBP

Ensemble prediction system (EPS) is een systeem die berekent de voorspelling van het verloop van het RBP. Door dit EPS systeem kan er verder in de toekomst voorspelt worden wat de boezem gaat doen. Door verder vooruit te kunnen kijken kan een situatie beter ingeschat worden. Op basis van de voorspellingen zouden bepaalde grenzen opgerekt kunnen worden om tot een betere bemaling te komen. Dit systeem is nog in ontwikkeling en kan op dit moment nog niet toegepast worden.

4 Optimaliseringmogelijkheden

In dit hoofdstuk worden een aantal optimaliseringmogelijkheden gegeven aan de hand van het ideaalbeeld. Vanwege het grote aantal optimaliseringmogelijkheden en de inleverdatum zijn deze niet allemaal beschreven en uitgewerkt in dit hoofdstuk. Voor de overige optimaliseringmogelijkheden die niet verder beschreven worden is nader onderzoek nodig. De optimaliseringmogelijkheden welke uitgewerkt zijn voor HHR zijn op korte termijn uit te werken en goed uit te voeren. HHR heeft hier het meeste baat bij. De optimaliseringmogelijkheden zullen onderzocht worden en er zal inzichtelijk gemaakt worden wat de mogelijkheden voor rendement op kunnen leveren. Daarnaast wordt er beschreven wat er aangepast moet worden om deze mogelijkheden uit te voeren. In het volgende hoofdstuk zullen alle optimaliseringmogelijkheden samengevat worden in een overzichtelijk tabel waarin alle rendementen terug te vinden zijn.

De optimaliseringmogelijkheden van het ideaal beeld welke uitgewerkt worden zijn: Beperking piekverbruik boezemgemalen, verschuiven van dag-, avond- en nachtperiode, bemaling tijden lage getijden en margeset gemiddeld RBP verbreden.

Voor de toepasbaarheid van de optimaliseringmogelijkheden is een model gemaakt. De huidige situatie van de bemaling is in kaart gebracht. Deze huidige situatie is oude situatie genoemd. De oude situatie begint één juli 2011 tot en met dertig juni 2012. In deze oude situatie in bijlage A zijn de volgende gegevens in het model gerekend: De inzet van de boezemgemalen, datum, tijd, aanvoer op de boezem, Noordzee peil en het boezempeil. De waarden van de boezemgemalen zijn omgerekend naar meters per uur. Deze waarden worden per uur van de boezem afbemalen.

Hieronder in tabel 11 zijn de waarden weergegeven.

Tabel 11: Boezemgemalen omgerekend

<i>Spaarndam</i>	<i>m³/s</i>	<i>m/u</i>
1 scheprad	-16	-0,00128
2 schepraderen	-32	-0,00256
<i>Halfweg</i>		
1 vijzel LT	-7,3	-0,00058
2 vijzels LT	-14,6	-0,00117
3 vijzels LT	-21,9	-0,00175
1 vijzel HT	-11	-0,00088
2 vijzels HT	-22	-0,00176
3 vijzels HT	-33	-0,00264
<i>Katwijk</i>		
1 pomp	-15	-0,0012
2 pompen	-30	-0,0024
3 pompen	-45	-0,0036
4 pompen	-60	-0,0048
<i>Gouda</i>		
1 pomp	-11,5	-0,00092
2 pompen	-23	-0,00184
3 pompen	-34,5	-0,00276

De optimaliseringmogelijkheden zijn toegepast in een nieuwe berekening. In bijlage B. In de nieuwe situatie is het model opnieuw doorgerekend aan de hand van de optimaliseringmogelijkheden.

Voordat de nieuwe inzet van de bemaling werd bepaald is er gekeken wat het voordeligst is om in te zetten. In bijlage E en F is de totale berekening te zien. Voor boezemgemaal Katwijk zijn de

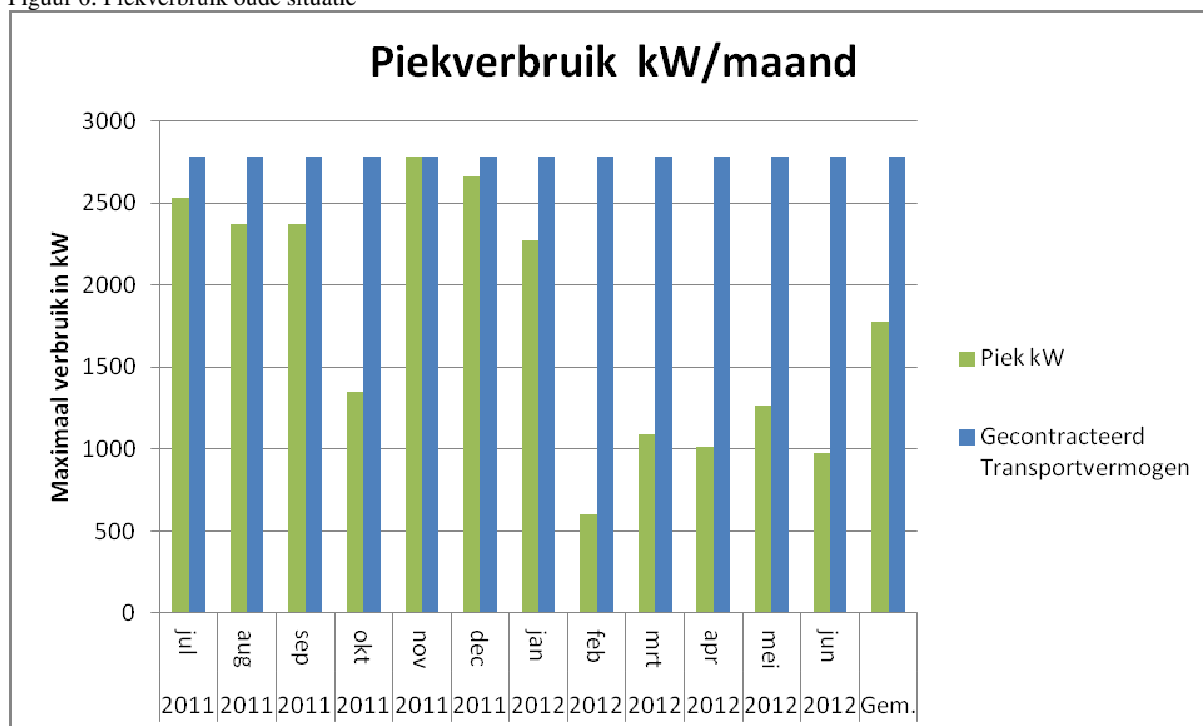
verschillende kosten in kaart gebracht met de verschillende opvoerhoogten. Dit is in kaart gebracht met behulp van de pompkarakteristiek van boezemgemaal Katwijk. Deze pompkarakteristiek is te zien in bijlage G. Daarnaast zijn voor boezemgemalen Katwijk en Halfweg de energieprijzen berekend. De resultaten van de nieuwe situatie zijn berekend en hieruit komen de besparingen naar voren. De totale besparingen is het verschil tussen de oude en de nieuwe situatie en zijn te zien in hoofdstuk 5 en bijlage D.

4.1 Beperking piekverbruik boezemgemalen

Beperken van piekverbruik aan kW bij boezemgemaal Katwijk is onderzocht. Volgens de volgende methode is er te werk gegaan. Eerst is het piekverbruik van het afgelopen jaar in beeld gebracht. Vervolgens is er uitgezocht wat het opgenomen vermogen in kW per bedrijfstoestand is en bij welk niveau van de Noordzee bemalen is. Aan de hand van deze gegevens kan een grens van maximaal vermogen in kW vastgesteld worden. Deze begrenzing zal vervolgens opgenomen worden in het model, naast de andere gekozen optimaliseringmogelijkheden.

Van het afgelopen jaar van juli 2011 tot juli 2012 zijn per maand de berekende piekverbruiken in kW en het berekende gecontracteerd transportvermogen in kW in beeld gebracht. Hieronder in figuur 6 is het verloop van de vermogens verwerkt van de oude situatie.

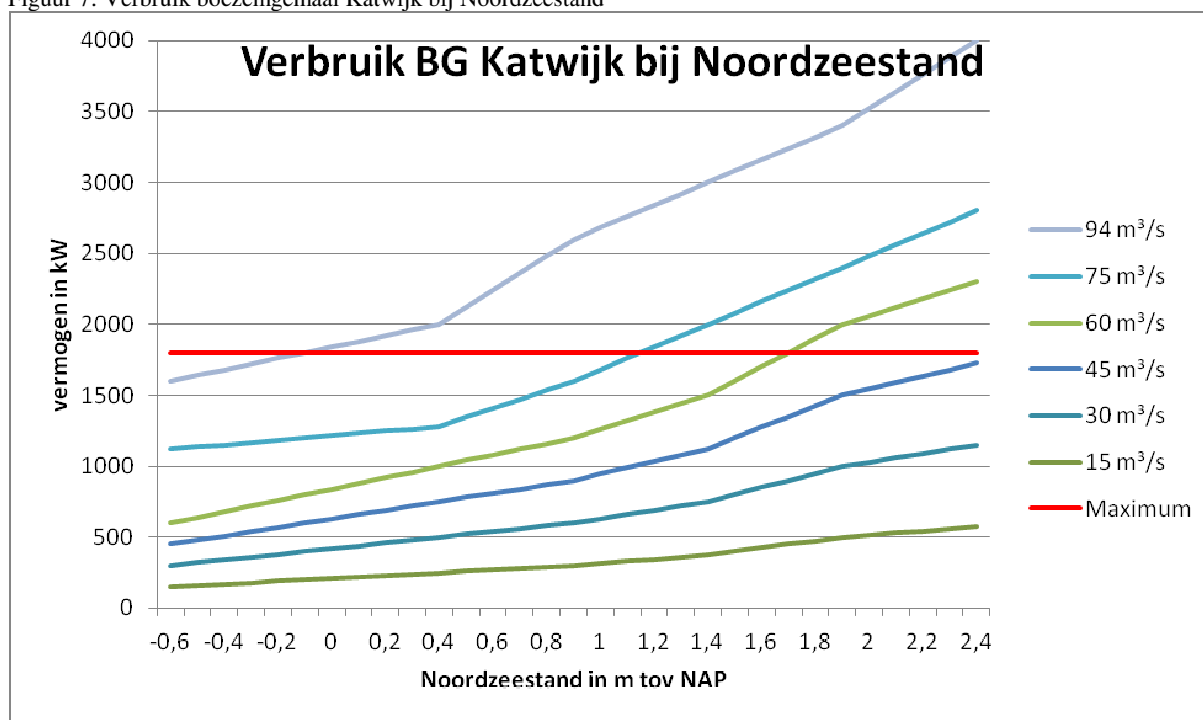
Figuur 6: Piekverbruik oude situatie



De groene staven geven het maximaal afgenomen vermogen per maand weer. Daarnaast de blauwe staven deze geven het gecontracteerd transportvermogen weer. Het gecontracteerd transportvermogen is het hoogst afgenomen vermogen van het afgelopen jaar. Deze waarde wordt in rekening gebracht over het gehele lopende jaar en daarnaast nog een jaar vanaf die maand. Dus van januari tot een jaar na de maand waarin het piekverbruik plaatsvindt wordt het doorberekend.

In de grafiek is duidelijk te zien hoe grillig het maximaal afgenomen vermogen varieert. In de laatste kolom is aangegeven wat het gemiddelde piekverbruik per maand is. Het gemiddelde komt iets onder de 1800 kW uit. Als grens voor de nieuwe situatie wordt het maximaal afgenomen vermogen van 1800 kW vastgesteld. Hieronder in figuur 7 is de nieuwe grens weergegeven met de bemalinginzet en de noordzeestand.

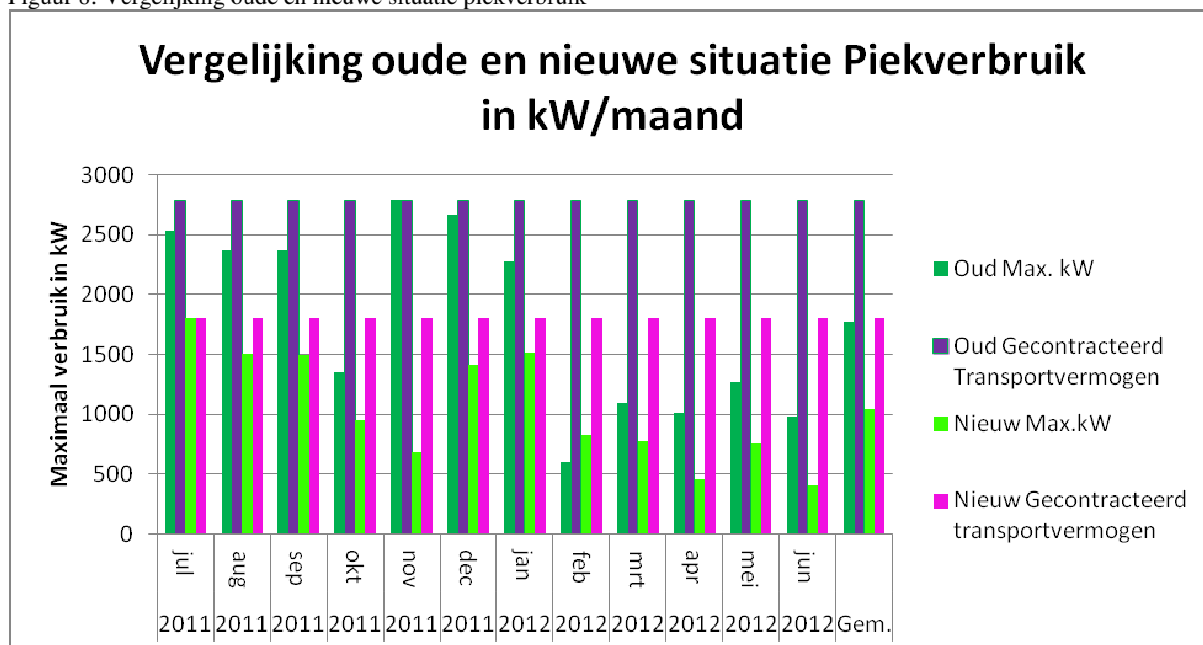
Figuur 7: Verbruik boezemgemaal Katwijk bij Noordzeestand



(bron: Pompkarakteristiek Katwijk)

De IR zal voor de aansturing van boezemgemaal Katwijk per bedrijfstoestand moeten kijken naar het huidige en voorspelde niveau van de Noordzee. De in de grafiek hierboven gebruikte m³/s zijn de bedrijfstoestanden waaruit de beslisondersteuning kan kiezen. De IR zal zo ingesteld moeten staan dat per bedrijfstoestand een maximale Noordzee stand wordt aangegeven zodat het vermogen niet boven de gestelde grens uitkomt. De gegevens uit de grafiek hierboven komen uit bijlage H. Die gegevens zijn afkomstig uit de pompkarakteristiek van boezemgemaal Katwijk bijlage G.

Figuur 8: Vergelijking oude en nieuwe situatie piekverbruik



De hierboven in figuur 8 genoemde oude situatie is de situatie hoe het werkelijk heeft plaatsgevonden van juli 2011 tot juli 2012. De nieuwe situatie zijn de resultaten uit het rekenmodel waarin de

bemaling opnieuw is doorgerekend. Achtergrondinformatie is te vinden in bijlage B. In tabel 12 Is het verschil in percentage weergegeven tussen de oude en nieuwe situatie.

Tabel 12: Verschil in afgenomen piekvermogen in oude en nieuwe situatie

Vaste kosten soort	Verschil piekvermogens		Verschil
	Oude situatie	Nieuwe situatie	
Gecontracteerd transportvermogen	2784 kW	1800 kW	-35%
Gemiddeld maximaal vermogen	1775 kW	1047 kW	-41%

De piekwaarden zijn in de berekening van het model verlaagd met flinke percentages. Het rendement van deze aanpassing zal in hoofdstuk 5 besproken worden.

4.2 Verschuiven van dag-, avond- en nachtperiode

In het kader van de optimalisering is uitgezocht hoe de aansturing van de bemaling geoptimaliseerd kan worden. Uit analyse van de prioriteiten per situatie bijlage E blijkt dat het voorkeursblok nacht niet gelijk getrokken is met het daltarief qua stroomverbruik. De voorkeursbemaling van de elektrische gemalen valt gedeeltelijk buiten het daltarief. Het daltarief is bij boezemgemaal Katwijk anders dan bij boezemgemaal Halfweg. Hieronder is de verschuiving te zien van de dag-, avond- en nachtblokken naar de piek- en daltarieven bij boezemgemaal Halfweg. Dit is weergegeven in figuur 9.

Figuur 9: Verschuiving van dag-, avond- en nachtblokken boezemgemaal Halfweg



(bron: BOSBO systeem)

In figuur 9 hierboven is te zien dat het daltarief om 23:00 uur ingaat en om 07:00 uur stopt. Het nachtblok begint om 00:00 uur en stopt 08:00 uur. Hierdoor wordt door de IR vaak geen gebruik gemaakt van het daltarief tussen 23:00 en 24:00 uur en juist wel bemalen tussen 07:00 en 08:00 uur, tijdens het piektarief. Voor boezemgemaal Halfweg zou deze nieuwe indeling gebruikt moeten worden. In het weekend en op feestdagen zou ingesteld kunnen worden dat het gemaal de hele dag kan bemalen. In het weekend en op feestdagen is het de gehele dag laagtarief.

Voor boezemgemaal Katwijk zijn de piek- en dalperioden iets anders. De indeling voor boezemgemaal Katwijk wordt hierdoor ook anders. Hieronder in figuur 10. is te zien hoe de nieuwe situatie van boezemgemaal Katwijk eruit ziet. Voor de weekenden en feestdagen kan hetzelfde aangehouden worden als bij boezemgemaal Halfweg. Ook hier is het dan de hele dag laagtarief.

Figuur 10: Verschuiving van dag-, avond- en nachtblokken boezemgemaal Katwijk



(bron: BOSBO systeem)

Voor boezemgemaal Katwijk is het daltarif van 21:00 tot 07:00. Het nachtblok moet dus hierop aangepast worden voor gemaal Katwijk.

Door deze veranderingen toe te passen zal er per boezemgemaal meer in het daltarif bemalen gaan worden. In de oude en nieuwe situatie in bijlagen A en B is te zien dat er bij boezemgemaal Katwijk 65 % bemaling tijdens de dalperiode gebeurt en 35 % tijdens de piekperiode. In de nieuwe situatie met de optimalisering is de bemaling in de dalperiode 81 % en in de piekperiode 19 %. Dit komt door de invoering van de nieuwe blokken en door verbreding van de margesets. Bij boezemgemaal Halfweg is in de oude situatie 59 % bemaling tijdens dalperiode en 41 % tijdens piekperiode. In de nieuwe situatie is dit 69 % tijdens dalperiode en 31 % tijdens piekperiode. Het zorgt dus voor een grote verschuiving.

De aanpassingen om de overdag, avond en nachtperiodes gelijk te trekken met het daltarif, zal onderzocht moeten worden door specialisten. De verschillende onderdelen die input leveren aan de IR zullen allen aangepast moeten worden. Het is duidelijk dat deze aanpassing behoorlijke voordelen op kan leveren. In het volgende hoofdstuk zal aangetoond worden wat het rendement is.

4.3 Bemaling tijdens lage getijden

Het HHR heeft met de bemaling van de boezem te maken met de getijden op de Noordzee. Uit analyse van de bemalinginzet van de boezemgemaal Katwijk en Gouda blijkt dat er door de IR geen rekening gehouden wordt met de buitenwaterstand. De voorkeur voor bemaling met een zo laag mogelijke buitenwaterstand bij boezemgemaal Katwijk wordt ook meegenomen in het rekenmodel. De gemiddelde zeewaterstand van de Noordzee tijdens het bemalen uit het opnieuw doorgerekende model wordt vergeleken met de werkelijke buitenwaterstand tijdens bemaling.

Met de aansturing van boezemgemaal Katwijk houdt de IR op dit moment geen rekening met de getijden. Het bemalen van de boezem met boezemgemaal Katwijk is voordeliger bij eb met een lage zeewaterstand en een kleine opvoerhoogte dan tijdens vloed met een hoge zeewaterstand tot + 2.80 m NAP. Er kan dan wel bemalen worden maar dit zal veel meer vermogen vragen. Er is veel minder energie nodig bij het bemalen met het laag getijde dan bij het hoog getijde. Minder kWh zijn minder kosten.

De IR moet aangepast worden zodat deze bij voorkeur gaat malen tijdens het lage getijde. Hiervoor moet er gekeken worden naar de voorspelde zeewaterstand bij Katwijk. Deze gegevens worden door MSW al aangeleverd aan BOSBO. Door Noordzeewaterstanden als grenzen te stellen en per

waterstand een voorkeur aan te geven kan de IR tijdens de meest gunstige momenten zijn bemaling inzetten.

In bijlage F is het mogelijk de inzet van bemaling tot een bepaalde waterstand van de Noordzee te laten plaatsvinden. Deze waterstand moet door de beheerder te wijzigen zijn. Door gebruik te maken van de kosten tabel bijlage D kan daardoor zo voordelig mogelijk bemalen worden. Op het moment dat het voordeliger wordt met Halfweg overdag te draaien dan met Katwijk bij een hoge Noordzeestand kan er overgeschakeld worden. Daarnaast is het mogelijk om per geautomatiseerd gemaal tijdens de piek of de dal uren te draaien en voor de dieselmalen kan er gekozen worden voor overdag, avond en nacht.

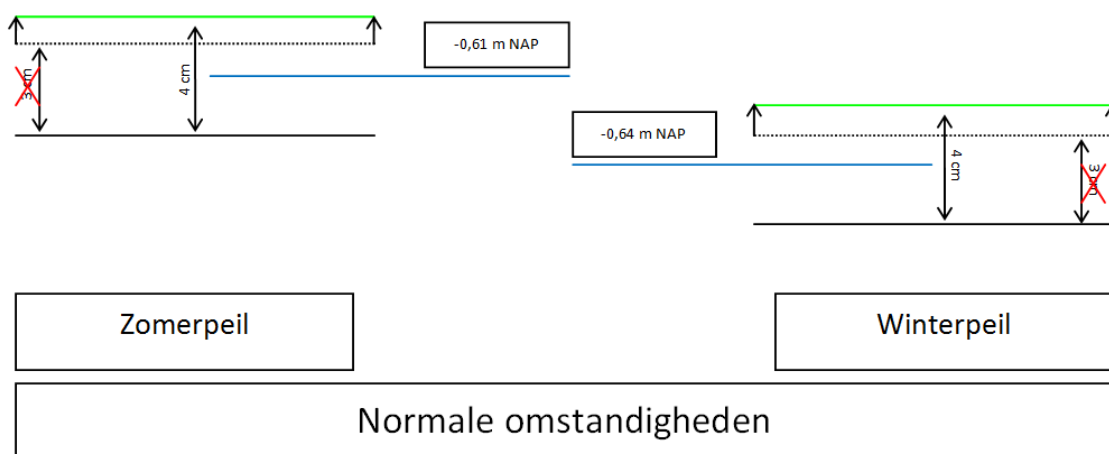
Hiervoor moet ook een schema gemaakt worden waarin voor ieder boezemgemaal op weekbasis per uur aangegeven kan worden welke uren de voorkeur hebben. Bij de geautomatiseerde gemalen krijgen de daluren een 1 en de piekuren een 2. Bij de dieselmalen krijgt overdag een 1, avond een 2 en nacht een 3.

Deze methode om bij voorkeur tijdens het lage getijde te bemalen en de begrenzings qua verbruik, kunnen in de toekomst ook toegepast gaan worden voor de aansturing van boezemgemaal Gouda. Voor boezemgemaal Gouda zijn de MSW gegevens van de waterstand van de Hollandse IJssel al bekend. Deze kunnen naast de aansturing van de bemaling ook gebruikt worden om het inlaten wat bij boezemgemaal Gouda ook mogelijk is in goede banen te leiden. Bij de automatisering van het boezemgemaal wordt het ook mogelijk gemaakt het inlaten geautomatiseerd te laten plaats vinden. De IR zou bij een waterstand boven de -0,20 m NAP de inlaat zelf open moeten zetten als inlaten benodigd is of als inlaten binnen een bepaalde periode gepland is.

4.4 Margeset gemiddeld RBP verbreden

In het kader van de optimalisering is uitgezocht hoe de aansturing van de bemaling geoptimaliseerd kan worden. De bemaling van de boezem van het HHR wordt gestuurd op het gemiddelde RBP. Het RBP wordt bepaald door het gemiddelde peil te berekenen uit een aantal boezemmeetpunten die voor een bepaald percentage mee wegen. De beheersmarge is de aan de situatie gekoppelde boven- en ondergrens waartussen het RBP mag fluctueren. De verbreding van de beheersmarge met één centimeter naar boven behoort tot de een optimaliseringmogelijkheid. Na analyse is er besloten deze mogelijkheid tot optimalisering verder uit te werken. Figuur 11 geeft de huidige en de onderzochte situatie weer met de verschillende beheersmarges.

Figuur 11: Verbreding beheersmarge RBP



De IR is er in het verleden op gemaakt om met een marge van twee centimeter boven en onder het streefpeil te bemalen. Deze manier van bemalen heeft als positief gevolg dat er meer marge is om te bergen tot er een gunstiger moment is om de bemaling toe te passen. Hierdoor kan er meer tijdens de daltarief uren bemalen worden. Daarnaast zal de aanpassing tot minder bemalinguren leiden door de grotere berging in het watersysteem. Een regenbui die zorgt voor een peilstijging van -0,59 m NAP tijdens de zomerperiode zal niet weggemalen worden, maar in het systeem blijven en ingelaten worden in polders of verdampen.

De verhoging van de bovengrens met één centimeter zal niet leiden tot meer risico's. In het verleden, voor de automatisering van boezemgemaal Katwijk was er in de nacht maar 33 m³/s aan geautomatiseerde bemalingcapaciteit beschikbaar. Momenteel is dat uitgebreid naar 127 m³/s met de automatisering van boezemgemaal Katwijk. Er kan door de IR maximaal met 93 m³/s bemalen worden uit de boezem. Dat is meer dan de helft van de totale bemalingcapaciteit van de boezem. De totale bemalingcapaciteit is vanaf 2011 met veertig m³/s uitgebreid.

Naast de verhoging van de bovengrens van de beheersmarge kan er een extra veiligheidsfactor ingebouwd worden. Dit kan door de bovengrens van -0,59 m NAP bij een voorspelling van de Normaal + bij te stellen naar -0,60 m NAP. De term Normaal + betekent dat de halve hoeveelheid aan neerslag voorspeld is van de margeset Gevaarlijk Weer. De verlaging van de bovengrens kan gebruikt worden om bij matige neerslag voorspellingen de huidige veilige marge te handhaven. In tabel 13 zijn de grotere marge sets weergegeven met de veiligheidsfactoren.

Tabel 13: Aanpassingen aan de margesets

Seizoen	Marge set	Bovengrens RBP (m NAP)	Ondergrens RBP (m NAP)	Weer voorspelling komende 24 uur (mm)
Zomer	Normaal	-0,59	-0,63	<7
	Normaal +	-0,60	-0,63	7-15
	Gevaarlijk Weer	-0,64	-0,66	>15
Winter	Normaal	-0,62	-0,66	<5
	Normaal +	-0,63	-0,66	5-10
	Gevaarlijk Weer	-0,665	-0,675	>10
Overgang	Normaal	-0,61	-0,65	<5
	Normaal +	-0,62	-0,65	5-10
	Gevaarlijk Weer	-0,665	-0,675	>10

De twee varianten om de beheersmarge te verbreden verschillen nogal in de aanpassingen die er verricht moeten worden. De eerste variant is binnen een uur door een applicatiebeheerder van BOSBO uit te voeren. Voor de tweede variant is een toevoeging van een extra margeset nodig. Dit zal dieper in BOSBO uitgevoerd moeten worden.

Deze wijziging in de aansturing zal leiden tot minder bemalinguren en verschuiving van meer draaiuren naar het daltarief. In bijlage D is te zien dat er in de nieuwe situatie minder m³ zijn bemalen. In de oude situatie met het margeverschil van drie cm, zijn er 639299160 m³ bemalen over het jaar. In de nieuwe situatie met het margeverschil van vier cm, zijn er 637120140 m³ bemalen over het jaar. Het verschil tussen de oude en nieuwe bemalinguren is 0,35 %.

In bijlage D is ook te zien dat het percentage in het daltarief omhoog is gegaan in de nieuwe situatie. Dit komt onder andere door het extra margeverschil, maar ook door de verschuiving van de dal- en piekuren. Bij boezemgemaal Katwijk in de oude situatie is in het piektarief 35 % bemalen en in het daltarief 65 %. In de nieuwe situatie zijn dit 81 % in het daltarief en 19 % in het piektarief. Bij boezemgemaal Halfweg in de oude situatie is er 59 % in het daltarief bemalen en 41 % in het piektarief. In de nieuwe situatie is dit 69 % in het daltarief en 31 % in het piektarief. In hoofdstuk 5 wordt verder behandeld wat de besparingen zijn.

5 Rendement

In het kader van het onderzoek wordt in dit hoofdstuk het rendement van de in hoofdstuk 4 behandelde optimaliseringmogelijkheden aangetoond. Het rendement wordt over het algemeen uitgedrukt in geld. Het rendement is niet per onderdeel uitgewerkt omdat de optimaliseringmogelijkheden met elkaar te maken hebben. In de nieuwe situatie die gemaakt is om het rendement aan te tonen zijn alle vier de optimaliseringmogelijkheden tegelijk meegenomen.

5.1 Beperking piekverbruik

Beperking op het piekverbruik van de boezemgemalen is alleen van toepassing op het elektrische boezemgemaal Katwijk. Door het voorkomen van hoge pieken in het verbruik kunnen er veel kosten bespaard worden. In het model is het gecontracteerd transportvermogen verlaagd van 2784 kW naar 1800 kW. Daarnaast is het gemiddelde maximale vermogen in kW verlaagd van 1775 kW naar 1050 kW. Na het doorrekenen van de vaste kosten na deze verlagingen komt het totale rendement op jaarbasis van juli 2011 tot juli 2012 uit op € 49.193,60. De berekening hiervan is terug te vinden in Bijlage I.

5.2 Verschuiven van dag-, avond- en nachtperiode

Het rendement van het verschuiven van dag-, avond- en nachtperiode wordt weergegeven in de totaaltabel. Wat de oplevering van deze aanpassing apart is kan niet gegeven worden. Dit komt doordat de verschillende optimaliseringmogelijkheden met elkaar te maken hebben. In hoofdstuk 4 is wel te zien dat de percentages van de bemaling naar daltarief positief zijn. Dit heeft ook met de andere optimaliseringmogelijkheden te maken. Het rendement van deze optimaliseringmogelijkheid werkt in combinatie met de verbreding van de margeset.

De uitvoering van deze wijziging zal technisch goed uit te voeren zijn.

5.3 Bemaling tijdens lage getijden

Het rendement van bemaling tijdens het lage getijde wordt hier behandeld. Het rendement is momenteel alleen bij boezemgemaal Katwijk te behalen en is bij de automatisering van boezemgemaal Gouda ook toepasbaar.

Door het toepassen van een andere prioriteit, die goed rekening houdt met de huidige en de voorspelde Noordzee standen bij Katwijk en daarnaast rekening houdt met de piek en dal uren per boezemgemaal, valt hieruit ook winst te behalen.

De winst van de bemaling tijdens lage getijden wordt berekend door de gemiddelde zeestand per draaiuur bemaling te vergelijken.

Tabel 14: Rendement verlaging gemiddelde zeestand per draaiuur

	Verlaging gemiddelde zeestand per draaiuur		Verskil
	Oude situatie	Nieuwe situatie	
Gemiddelde zeestand per draaiuur	0,197 m NAP	0,083 m NAP	0,114 m
Gemiddelde kosten per draaiuur	€ 18,68	€ 16,87	€ 1,81
		Rendement	€ 4.823,26

5.4 Margeset gemiddeld RBP verbreden

Het rendement van de margeset gemiddeld RBP verbreden wordt weergegeven in de totaaltabel. Wat de oplevering van deze aanpassing apart is kan niet gegeven worden. Dit komt doordat de verschillende optimaliseringmogelijkheden met elkaar te maken hebben. In hoofdstuk 4 is wel te zien dat de percentages van het aantal m³ en de bemaling naar daltarief positief zijn. Dit heeft ook met de andere optimaliseringmogelijkheden te maken.

De verhoging van de bovengrens van de margeset met één centimeter naar boven kan wel een verslechterde Ausgangssituation bij aanvang van een situatie gevaarlijk weer tot gevolg hebben. Dit moet door de inzet van de bemalingcapaciteit opgevangen kunnen worden.

Door de situatie Normaal + naast de situatie meer dan vijf mm neerslag de afgelopen twee uur ook in te zetten bij de halve hoeveelheid voorspelde neerslag van gevaarlijk weer. De situatie Normaal + moet dan ook tot een verlaging van de bovengrens naar de nu bestaande bovengrens leiden. Hierdoor is de Ausgangssituation bij aanvang van Gevaarlijk Weer altijd gelijkwaardig aan de Ausgangssituation van nu.

5.5 Totaal rendement optimaliseringmogelijkheden

In tabel 14 hieronder worden de rendementen van alle optimaliseringmogelijkheden die behandeld zijn weergegeven. De mogelijkheden samen leiden tot een bezuiniging van negentien % op de totale kosten. In bijlage D is de totale berekening te zien. In deze totale berekening zijn de kosten per gemaal en per draaiuur berekend. De kosten van Spaarndam en Gouda zijn berekend aan de hand van dieselkosten, manuren en elektrakosten. In de totale berekening is te zien dat niet alle draaiuren met hetzelfde debiet zijn. Er is vervolgens uitgerekend op welk moment het gunstigst is met welke bemaling. In de kostenberekening zijn de dal- en piekuren van de gemalen berekend er vermenigvuldigd met de piek- en daltarieven. Uiteindelijk is er een verschil tussen de oude en de nieuwe situatie welke hieronder weergegeven is.

Tabel 15: Kosten oude en nieuwe situatie

TOTAAL KOSTEN excl. Vaste kosten			
	Katwijk	Halfweg	
	24918,40		€
		32780,02	€
	21657,40		€
		35045,30	€
	8782,07		€
		19493,39	€
	6466,82		€
		18748,75	€
TOTAAL	61824,69	106067,46	€
TOTAAL KOSTEN incl. Vaste kosten			
	Katwijk	Halfweg	
Variabele kosten	61824,69	106067,46	€
Vaste kosten	145793,20	24094,79	€
TOTAAL	207617,89	130162,25	€
*Vaste kosten zie tabel piekverbruik			
	Spaarndam	Gouda	
TOTAAL	198096,37	72533,70739	€
TOTAAL	608410,22		€

TOTAAL KOSTEN excl. Vaste kosten			
	Katwijk	Halfweg	
	25690,61		€
		40393,71	€
	9956,32		€
		32952,85	€
	5513,99		€
		28685,78	€
	3874,67		€
		14923,94	€
TOTAAL	45035,60	116956,28	€
TOTAAL KOSTEN incl. Vaste kosten			
	Katwijk	Halfweg	
Variabele kosten	45035,60	116956,28	€
Vaste kosten	96599,63	24094,79	€
TOTAAL	141635,23	141051,07	€
*Vaste kosten zie tabel piekverbruik			
	Spaarndam	Gouda	
TOTAAL	201620,25	9364,5	€
TOTAAL	493671,05		€

6 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de conclusies gegeven aan de hand van de hoofdvraag. Daarnaast zullen er aanbevelingen aan het HHR gegeven worden om mogelijkheden toe te passen of nader te onderzoeken. Als laatste wordt er een kritische reflectie behandeld.

6.1 Conclusies

Uit dit rapport blijkt dat op de bemaling van de boezem van het HHR negentien % van de totale energiekosten te besparen is.

Door de aansturing van de boezemgemalen te optimaliseren valt er op diverse vlakken winst te behalen. Het voorkomen van piekverbruik leidt tot een besparing van de vaste kosten van boezemgemaal Katwijk. Deze besparing is ongeveer acht procent van het totale bedrag wat HHR aan energiekosten voor de boezembemaling kwijt is.

De aanpassing van de voorkeursblokken qua bemaling aan het daltarief en de margeverbreiding hebben tot gevolg dat er 10 tot 15 procent meer bemaling tijdens de daluren plaatsvindt. Daarnaast heeft de margeset verbreiding tot gevolg dat er 0,35 procent minder bemalen wordt. Dit zijn 55 draaiuren met 1 pomp van boezemgemaal Halfweg.

Daarnaast is door een prioriteit te gebruiken die oog heeft voor de Noordzeestand, de gemiddelde opvoerhoogte per draaiuur van boezemgemaal Katwijk met ruim tien centimeter gezakt.

De totale besparing van de vier optimaliseringmogelijkheden zal ongeveer 115.000 € bedragen.

6.2 Aanbevelingen

Na de conclusies getrokken te hebben uit het rapport, is het nu tijd voor de aanbevelingen richting de opdrachtgever.

De beperking op het piekverbruik is relatief gemakkelijk te handhaven. Er zal nog eens heel goed uitgezocht moeten worden wat het verbruik per pomp is bij een debiet van 15 m³/s. Aan de hand daarvan is er makkelijk uit te rekenen wat de maximale opvoerhoogtes mogen zijn om binnen de gestelde grenzen te blijven.

De aanpassing van de nachtperiode gelijk te zetten met de periode dat het daltarief geldt is waarschijnlijk een niet al te grote investering. Het is aan te bevelen deze kosten nader uit te zoeken, dit zal bij aanpassing waarschijnlijk op korte termijn rendement opleveren.

Het aanpassen van de IR zodat deze naar de voorspelde Noordzeewaterstanden kijkt en hierop de bemaling aanpast is een goede optie om het verbruik van energie te verminderen.

Met de aanpassing om tijdens het lage getijde te bemalen kan de aanpassing om het piekverbruik te beperken gelijktijdig geïmplementeerd worden.

Er wordt aanbevolen om in de loop van de tijd de vier optimaliseringmogelijkheden door te voeren.

Dit gaat dan om beperking piekverbruik, verschuiven van dag-, avond- en nachtblok, margeset verbreding en bemalen tijdens lage getijden.

6.3 Reflectie

Terugkijkend op het werkproces zijn er een aantal leer- en verbeterpunten vast te stellen. De opbouw bepalen van het onderzoek heeft veel moeite gekost. Er is waarschijnlijk te snel begonnen met het analyseren alvorens vastgesteld te hebben welke doelen er precies behaald moesten worden. Hierdoor is er veel tijd gestoken in het analyseren van uiteindelijk ongebruikte informatie. De neiging te breed en te oppervlakkig onderzoek uit te voeren was groot, regelmatig is het onderwerp hierdoor afgebakend.

Als leerpunten komen naar voren dat een project als dit als grote valkuil heeft om veel te breed onderzoek uit te voeren en niet tot enige diepgang te komen. Daarnaast is een goed plan van aanpak een handvat om naar terug te grijpen.

Beter vasthouden aan de planning is ook een verbeterpunt, er is te lang doorgedaan met het verzamelen en analyseren van informatie. Waardoor de vastlegging van het rapport op papier te lang is uitgesteld en er hierdoor relatief weinig tijd over is gebleven om te rapporteren.

Er had tevens meer contact met de begeleiders plaats moeten vinden, dit had een betere uitvoering van het werkproces tot gevolg gehad.

De meeste resultaten uit het onderzoek zijn afkomstig uit betrouwbare informatie. Het bepalen van de kosten per draaiuur van de dieselmolens Spaarndam en Gouda worden niet heel betrouwbaar geacht. Er zijn waardes uitgekomen die niet in de buurt van de elektrische boezemmolens liggen. Hierdoor is het totale rendement wat uit het model komt niet heel betrouwbaar. In de berekening van deze dieselmolens zijn de dieselkosten, elektrakosten en meststoffen meegenomen.

De werkelijke bemaling die uit het model komt is niet alleen afkomstig uit de IR, er zijn ook periodes dat de beheerder via de programmering de bemaling bepaald. Hierdoor zal de werkelijke bemaling niet geheel volgens de hand van de IR uitgevoerd zijn. De waarden uit het model zijn wel betrouwbaar.

De conclusie is redelijk betrouwbaar. Alleen de berekening van de dieselmolens is minder betrouwbaar. De overige kosten zijn bepaald aan de hand van bekende tarieven.

Bijlage C. Geschiedenis

De eerste versie van het boezemgemaal Spaarndam dateert uit 1845. Stoommachines zorgden voor de aandrijving van de schepraderen. In 1936 werden deze machines vervangen door dieselmotoren, die tot 1990 dienst deden. Toen is het gemaal gerenoveerd en werd het voorzien van twee modernere dieselmotoren met een vermogen van 300 en 400 pk.

Het bijzondere uiterlijk van gemaal wordt gekenmerkt door de schepraderen die het water verplaatsen, omhoog brengen en afvoeren. De toevoer van water naar het gemaal gaat via de Ringvaart van de Haarlemmermeerpolder, het Spaarne en de Mooie Nel. De lozing vindt plaats op het Noordzeekanaal, via Zijkanaal C. Het bemalingswerk bestaat uit twee maal vijf schepraderen die samen een capaciteit hebben van 32 m³/s. Bij een opvoerhoogte van 0,60 meter.

Boezemgemaal Gouda heeft een dubbele functie. In tijden van wateroverschot voert het water af naar de Hollandsche IJssel, in droge perioden gaat het juist andersom. Bij het uitmalen wordt het water via het Stroomkanaal aangevoerd vanuit de Gouwe.

Met drie centrifugaalpompen, met een gezamenlijke capaciteit van 35 m³/s, wordt het water dan uitgeslagen; via een voorboezem en een keersluis komt het in de Hollandsche IJssel terecht. De pompen worden aangedreven door dieselmotoren. Bij watertekort gaat het juist andersom, dan wordt water vanuit de Hollandsche IJssel naar Rijnland ingelaten. Dat gebeurt via drie kokers die onder het gemaal doorlopen. Als de stand in de Hollandsche IJssel voldoende hoog is, kan dat inlaten op de natuurlijke wijze, onder vrijval. De capaciteit wordt bepaald door het hoogteverschil tussen de buiten- en binnenkant. Bij een hoge IJsselstand kan die oplopen tot 45 m³/s, wat overigens maar korte tijd duurt. Bij een nog grotere aanvoer worden het verval en de stroomsnelheid op de Gouwe te groot. De normale inlaatcapaciteit is 35 m³/s. Ook voor de verziltingbestrijding wordt de inlaat bij Gouda gebruikt. De oorzaak van de verzilting ligt onder andere in de diepe polders waar zout grondwater naar boven kwelt. In tijden van onvoldoende verdunning door regenwater, wordt in Gouda zoet water vanuit de Hollandsche IJssel naar binnen gelaten en wordt het aan de noordkant van Rijnland weer uit bemalen. Op deze manier wordt het hele gebied doorgespoeld.

De eerste versie van het boezemgemaal Halfweg stamt uit 1852. Het gemaal was toen een stoomgemaal met een krachtbron van 100 pk. Het is tot in 1976 gebruikt, toen is het huidige boezemgemaal in gebruik genomen.

Twintig jaar later zijn de diesels vervangen door elektromotoren waarmee de weg werd vrijgemaakt voor automatisch aansturen van het gemaal. Het gemaal kenmerkt zich door de grote vijzels die het water verplaatsen, omhoog brengen en afvoeren. De toevoer van water naar het gemaal gaat via de Ringvaart van de Haarlemmermeerpolder, de lozing vindt plaats op het Noordzeekanaal, via de Amerikahaven. Het bemalingswerk bestaat uit drie vijzels, ieder met een diameter van 4,30 meter, aangedreven door elektromotoren. De totale capaciteit bedraagt 33 m³/s.

Boezemgemaal Katwijk is gebouwd in 1954 en behoort tot de topmonumenten uit de wederopbouwperiode na de Tweede Wereldoorlog. Het verving toen het oude stoomgemaal, dat dateerde uit 1881. Het gemaal is het grootste boezemgemaal van Rijnland en als enige van de vier maalt het direct, via de Uitwateringsluis, uit op de Noordzee. De nieuwe installatie, die in 2011 klaar was, heeft vier centrifugaalpompen die elektrisch worden aangedreven. Deze pompen voeren nu per seconde 94 m³/s af (voor de verbouwing was dat 54 m³/s) en bij een hoge zeestand nog altijd 75 m³/s. Voor de verbouwing was het mogelijk op natuurlijke wijze water te lozen; dat kon alleen als de zeestand lager was dan de waterstand in de boezem van Rijnland. Tijdens dat ‘natuurlijk lozen’, via kokers onder het gemaal, was het voor bijvoorbeeld de glasaal mogelijk naar zoet water te trekken om daar tot paling op te groeien. Nu is ‘natuurlijk lozen’ niet meer mogelijk; voor de intrek van de glasaal is daarom een aparte vispassage aangebracht. Op figuur 3 is boezemgemaal Katwijk te zien.

Bijlage D. Gegevens en totaal rendement

GEGEVENS

KOSTEN PER KWH BOEZEMGEMAAL KATWIJK						
Katwijk						
		Leverancier	Systeemdienste	Transportdienste	Totaal incl. BTW	
2011	21:00-7:00	0,06063	0,00111	0	0,0734706 €	excl. Vaste kosten
2011	7:00-21:00	0,10305	0,00111	0	0,1239504 €	excl. Vaste kosten
2012	21:00-7:00	0,04404	0,00111	0	0,0537285 €	excl. Vaste kosten
2012	7:00-21:00	0,06359	0,00111	0	0,076993 €	excl. Vaste kosten

KOSTEN PER DRAAIJUR MET 15 M³/S BOEZEMGEMAAL KATWIJK							
Katwijk							
NAP (m)	Opvoer (m)	m³/s	kWh	2011 dal (l)	2011 piek (l)	2012 dal (l)	2012 piek (l)
-0,6	0	15	150	11,0206	18,5926	8,0593	11,5490
-0,5	0,1	15	160	11,7553	19,8321	8,5966	12,3189
-0,4	0,2	15	170	12,4900	21,0716	9,1338	13,0888
-0,3	0,3	15	180	13,2247	22,3111	9,6711	13,8587
-0,2	0,4	15	190	13,9594	23,5506	10,2084	14,6287
-0,1	0,5	15	200	14,6941	24,7901	10,7457	15,3986
0	0,6	15	210	15,4288	26,0296	11,2830	16,1685
0,1	0,7	15	220	16,1635	27,2691	11,8203	16,9385
0,2	0,8	15	230	16,8982	28,5086	12,3576	17,7084
0,3	0,9	15	240	17,6329	29,7481	12,8948	18,4783
0,4	1	15	250	18,3677	30,9876	13,4321	19,2483
0,5	1,1	15	260	19,1024	32,2271	13,9694	20,0182
0,6	1,2	15	270	19,8371	33,4666	14,5067	20,7881
0,7	1,3	15	280	20,5718	34,7061	15,0440	21,5580
0,8	1,4	15	290	21,3065	35,9456	15,5813	22,3280
0,9	1,5	15	300	22,0412	37,1851	16,1186	23,0979
1	1,6	15	315	23,1432	39,0444	16,9245	24,2528
1,1	1,7	15	330	24,2453	40,9036	17,7304	25,4077
1,2	1,8	15	345	25,3474	42,7629	18,5363	26,5626
1,3	1,9	15	360	26,4494	44,6221	19,3423	27,7175
1,4	2	15	375	27,5515	46,4814	20,1482	28,8724
1,5	2,1	15	400	29,3882	49,5802	21,4914	30,7972
1,6	2,2	15	425	31,2250	52,6789	22,8346	32,7220
1,7	2,3	15	450	33,0618	55,7777	24,1778	34,6469
1,8	2,4	15	475	34,8985	58,8764	25,5210	36,5717
1,9	2,5	15	500	36,7353	61,9752	26,8643	38,4965
2	2,6	15	515	37,8374	63,8345	27,6702	39,6514
2,1	2,7	15	530	38,9394	65,6937	28,4761	40,8063
2,2	2,8	15	545	40,0415	67,5530	29,2820	41,9612
2,3	2,9	15	560	41,1435	69,4122	30,0880	43,1161
2,4	3	15	575	42,2456	71,2715	30,8939	44,2710

KOSTEN PER KWH BOEZEMGEMAAL HALFWEG						
Halfweg						
		Leverancier	Systeemdienste	Transportdienste	Totaal incl. BTW	
2011	23:00-7:0	0,06063	0,00111	0,0089	0,0840616 €	excl. Vaste kosten
2011	7:00-23:0	0,10305	0,00111	0,0089	0,1345414 €	excl. Vaste kosten
2012	23:00-7:0	0,04404	0,00111	0,0089	0,0643195 €	excl. Vaste kosten
2012	7:00-23:0	0,06359	0,00111	0,0089	0,087584 €	excl. Vaste kosten

KOSTEN PER DRAAIJUR MET 11 M³/S BOEZEMGEMAAL HALFWEG						
Halfweg						
		m³/s	kWh	Kosten	Totaal	
2011	23:00-7:0	11	133,33	0,0840616	11,2079331 €	excl. Vaste kosten
2011	7:00-23:0	11	133,33	0,1345414	17,9384049 €	excl. Vaste kosten
2012	23:00-7:0	11	133,33	0,0643195	8,57571894 €	excl. Vaste kosten
2012	7:00-23:0	11	133,33	0,087584	11,6775747 €	excl. Vaste kosten

INSCHATTING KOSTEN PER DRAAIJUR BOEZEMGEMAAL GOUDA EN SPAARNDAM

Spaarndam en Gouda	
Gouda	124,86 €
Spaarndam	254,25 €

* Inschattingen gebaseerd op kosten diesel, elekta en manuren

OUDE SITUATIE								
BEMALINGGEGEVENS JUNI 2011 TOT EN MET JUNI 2012								
		Spaarndam	Katwijk	Gouda	Halfweg			
	2011	1,01	2,64	0,27	4,29	m		
	2012	0,98	1,33	0,27	3,41	m		
	2011	45656940	118806600	11976840	193183140	m³		
	2012	44100000	59908800	12073260	153593580	m³	totaal	
	totaal	89756940	178715400	24050100	346776720	m³	639299160	m³
	2011	396,33	2200,12	289,30	4878,36	draaiuur		
	2012	382,81	1109,42	291,62	3878,63	draaiuur	totaal	
	totaal	779,14	3309,54	580,92	8756,99	draaiuur	13426,59	draaiuren

2011 21-7, weekenden en feestdagen	1,72		m
2011 23-7, weekenden en feestdagen		2,57	m
2011 7-21 op werkdagen	0,92		m
2011 7-23 op werkdagen		1,72	m
2012 21-7, weekenden en feestdagen	0,88		m
2012 23-7, weekenden en feestdagen		2,00	m
2012 7-21 op werkdagen	0,46		m
2012 7-23 op werkdagen		1,41	m
2011 21-7, weekenden en feestdagen	77604750		m³
2011 23-7, weekenden en feestdagen		115818750	m³
2011 7-21 op werkdagen	41201850		m³
2011 7-23 op werkdagen		77364390	m³
2012 21-7, weekenden en feestdagen	39385800		m³
2012 23-7, weekenden en feestdagen		90014400	m³
2012 7-21 op werkdagen	20523000		m³
2012 7-23 op werkdagen		63579180	m³
2011 21-7, weekenden en feestdagen	1437,13		draaiuur
2011 23-7, weekenden en feestdagen		2924,72	draaiuur
2011 7-21 op werkdagen	763,00		draaiuur
2011 7-23 op werkdagen		1953,65	draaiuur
2012 21-7, weekenden en feestdagen	729,37		draaiuur
2012 23-7, weekenden en feestdagen		2273,09	draaiuur
2012 7-21 op werkdagen	380,06		draaiuur
2012 7-23 op werkdagen		1605,53	draaiuur
21-7, weekenden en feestdagen	65,46		%
23-7, weekenden en feestdagen		59,36	%
7-21 op werkdagen	34,54		%
7-23 op werkdagen		40,64	%

GEMIDDELDE ZEESTAND TIJDENS BEMALING KATWIJK				
piek	2011	Juli	0,12	m
dal	2011	Juli	0,19	m
piek	2011	Augustus	0,11	m
dal	2011	Augustus	0,29	m
piek	2011	September	0,28	m
dal	2011	September	0,18	m
piek	2011	Oktober	0,14	m
dal	2011	Oktober	0,32	m
piek	2011	November	0,11	m
dal	2011	November	0,17	m
piek	2011	December	0,37	m
dal	2011	December	0,38	m
piek	2012	Januari	0,41	m
dal	2012	Januari	0,37	m
piek	2012	Februari	0,17	m
dal	2012	Februari	-0,11	m
piek	2012	Maart	0,05	m
dal	2012	Maart	-0,09	m
piek	2012	April	-0,06	m
dal	2012	April	0,18	m
piek	2012	Mei	0,14	m
dal	2012	Mei	0,27	m
piek	2012	Juni	-0,06	m
dal	2012	Juni	0,19	m
				KOSTEN PER DRAAIUUR
2011	gemiddeld piek	0,19	m	28,3846416 €
2011	gemiddeld dal	0,26	m	17,3390616 €
2012	gemiddeld piek	0,11	m	17,015453 €
2012	gemiddeld dal	0,13	m	12,0406818 €

TOTAAL KOSTEN excl. Vaste kosten			
	Katwijk	Halfweg	
	24918,40		€
		32780,02	€
	21657,40		€
		35045,30	€
	8782,07		€
		19493,39	€
	6466,82		€
		18748,75	€
TOTAAL	61824,69	106067,46	€
TOTAAL KOSTEN incl. Vaste kosten			
	Katwijk	Halfweg	
Variabele k	61824,69	106067,46	€
Vaste kost	145793,20	24094,79	€
TOTAAL	207617,89	130162,25	€
*Vaste kosten zie tabel piekverbruik			
	Spraandam	Gouda	
TOTAAL	198096,37	72533,70739	€
TOTAAL	608410,22		€

NIEUWE SITUATIE								
BEMALINGGEGEVENS JUNI 2011 TOT EN MET JUNI 2012								
		Spearndam	Katwijk	Gouda	Halfweg			
2011	1,04	2,30	0,07	4,79	m			
2012	0,99	0,90	0,00	4,07	m			
2011	46656000	103626000	3105000	215464740	m²			
2012	44697600	40500000	0	183070800	m²	totaal		
totaal	91353600	144126000	3105000	398535540	m²	637120140	m³	
2011	405,00	1919,00	75,00	5441,03	draaiuur			
2012	388,00	750,00	0,00	4623,00	draaiuur	totaal		
totaal	793,00	2669,00	75,00	10064,03	draaiuur	13601,03	draaiuren	

2011 21-7, weekenden en feestdagen	1,92			m
2011 23-7, weekenden en feestdagen			3,17	m
2011 7-21 op werkdagen	0,38			m
2011 7-23 op werkdagen			1,62	m
2012 21-7, weekenden en feestdagen	0,68			m
2012 23-7, weekenden en feestdagen			2,94	m
2012 7-21 op werkdagen	0,22			m
2012 7-23 op werkdagen			1,12	m
2011 21-7, weekenden en feestdagen	86616000			m³
2011 23-7, weekenden en feestdagen			142719540	m³
2011 7-21 op werkdagen	17010000			m³
2011 7-23 op werkdagen			72745200	m³
2012 21-7, weekenden en feestdagen	30618000			m³
2012 23-7, weekenden en feestdagen			132462000	m³
2012 7-21 op werkdagen	9882000			m³
2012 7-23 op werkdagen			50608800	m³
2011 21-7, weekenden en feestdagen	1604,00			draaiuur
2011 23-7, weekenden en feestdagen			3604,03	draaiuur
2011 7-21 op werkdagen	315,00			draaiuur
2011 7-23 op werkdagen			1837,00	draaiuur
2012 21-7, weekenden en feestdagen	567,00			draaiuur
2012 23-7, weekenden en feestdagen			3345,00	draaiuur
2012 7-21 op werkdagen	183,00			draaiuur
2012 7-23 op werkdagen			1278,00	draaiuur
21-7, weekenden en feestdagen	81,34			%
23-7, weekenden en feestdagen			69,05	%
7-21 op werkdagen	18,66			%
7-23 op werkdagen			30,95	%

GEMIDDELDE ZEESTAND TIJDENS BEMALING KATWIJK				
piek	2011	Juli	0,29	m
dal	2011	Juli	0,08	m
piek	2011	Augustus		m
dal	2011	Augustus	0,00	m
piek	2011	September	0,60	m
dal	2011	September	0,40	m
piek	2011	Oktober		m
dal	2011	Oktober	-0,16	m
piek	2011	November		m
dal	2011	November	-0,03	m
piek	2011	December	0,47	m
dal	2011	December	0,17	m
piek	2012	Januari	0,65	m
dal	2012	Januari	0,27	m
piek	2012	Februari		m
dal	2012	Februari	-0,36	m
piek	2012	Maart		m
dal	2012	Maart	-0,42	m
piek	2012	April		m
dal	2012	April	-0,28	m
piek	2012	Mei		m
dal	2012	Mei	-0,46	m
piek	2012	Juni		m
dal	2012	Juni	-0,48	m
			KOSTEN PER DRAAIUUR	
2011	gemiddeld piek		0,45 m	31,60735 €
2011	gemiddeld dal		0,08 m	16,01659 €
2012	gemiddeld piek		0,65 m	21,17308 €
2012	gemiddeld dal		-0,29 m	9,724859 €

TOTAAL KOSTEN excl. Vaste kosten			
	Katwijk	Halfweg	
	25690,61		€
		40393,71	€
	9956,32		€
		32952,85	€
	5513,99		€
		28685,78	€
	3874,67		€
		14923,94	€
TOTAAL	45035,60	116956,28	€
TOTAAL KOSTEN incl. Vaste kosten			
	Katwijk	Halfweg	
Variable kosten	45035,60	116956,28	€
Vaste kosten	96599,63	24094,79	€
TOTAAL	141635,23	141051,07	€
*Vaste kosten zie tabel piekverbruik			
	Spraandam	Gouda	
TOTAAL	201620,25	9364,5	€
TOTAAL	493671,05		€

Bijlage E. Prioriteiten per situatie

Filter Situatie: Normaal				
Prioriteiten				
	Overdag 08:00:00 - 15:59:59	Avond 16:00:00 - 23:59:59	Nacht 00:00:00 - 07:59:59	
0-Spaarndam uitgeschakeld (0 m3/s)				
2-Spaarndam 1 scheprad (-16 m3/s)				
4-Spaarndam 2 schepraden (-32 m3/s)	13	18	23	
0-Halfweg uitgeschakeld (0 m3/s)				
1-Halfweg 1 vijzel LT (-7,3 m3/s)				
5-Halfweg 2 vijzels HT (-22 m3/s)	9	5	1	
8-Halfweg 3 vijzels HT (-33 m3/s)	10	6	2	
0-Gouda uitgeschakeld (0 m3/s)				
1-Gouda 1 pomp (-11,5 m3/s)				
2-Gouda 2 pompen (-23 m3/s)				
3-Gouda 3 pompen (-34,5 m3/s)	14	19	24	
4-Gouda Inlaat (+35 m3/s)				
0-Katwijk uitgeschakeld (0 m3/s)				
1-Katwijk mode 1 (-15 m3/s)	11	7	3	
2-Katwijk mode 2 (-30 m3/s)	12	8	4	
3-Katwijk mode 3 (-45 m3/s)	15	16	17	
4-Katwijk mode 4 (-60 m3/s)	20	21	22	
5-Katwijk mode 5 (-75 m3/s)				
6-Katwijk mode 6 (-94 m3/s)				
Actieve marge set: Normaal				

Filter Situatie: Noordenvind				
Prioriteiten				
	Overdag 08:00:00 - 15:59:59	Avond 16:00:00 - 23:59:59	Nacht 00:00:00 - 07:59:59	
0-Spaarndam uitgeschakeld (0 m3/s)				
2-Spaarndam 1 scheprad (-16 m3/s)				
4-Spaarndam 2 schepraden (-32 m3/s)	19	20	21	
0-Halfweg uitgeschakeld (0 m3/s)				
1-Halfweg 1 vijzel LT (-7,3 m3/s)				
5-Halfweg 2 vijzels HT (-22 m3/s)	6	11	1	
8-Halfweg 3 vijzels HT (-33 m3/s)	8	13	3	
0-Gouda uitgeschakeld (0 m3/s)				
1-Gouda 1 pomp (-11,5 m3/s)				
2-Gouda 2 pompen (-23 m3/s)				
3-Gouda 3 pompen (-34,5 m3/s)	5	10	15	
4-Gouda Inlaat (+35 m3/s)				
0-Katwijk uitgeschakeld (0 m3/s)				
1-Katwijk mode 1 (-15 m3/s)	7	12	2	
2-Katwijk mode 2 (-30 m3/s)	9	14	4	
3-Katwijk mode 3 (-45 m3/s)	18	17	16	
4-Katwijk mode 4 (-60 m3/s)	22	23	24	
5-Katwijk mode 5 (-75 m3/s)				
6-Katwijk mode 6 (-94 m3/s)				
Actieve marge set: Normaal				

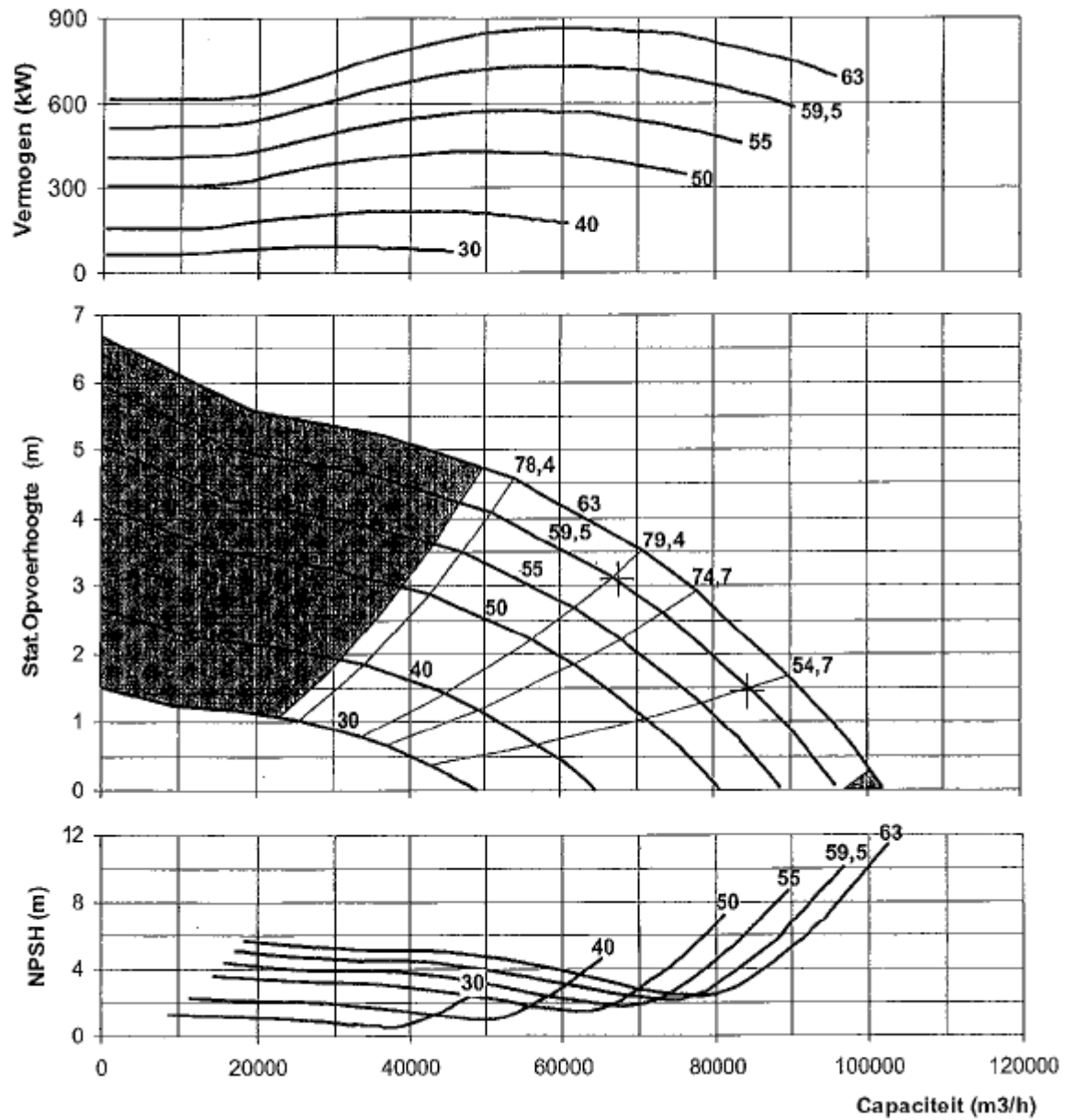
Filter		Situatie: Inlaatsituatie	
Prioriteiten			
	Overdag 08:00:00 - 15:59:59	Avond 16:00:00 - 23:59:59	Nacht 00:00:00 - 07:59:59
0-Spaarndam uitgeschakeld (0 m ³ /s)			
2-Spaarndam 1 scheprad (-16 m ³ /s)			
4-Spaarndam 2 schepraderen (-32 m ³ /s)			
0-Halfweg uitgeschakeld (0 m ³ /s)			
1-Halfweg 1 vijzel LT (-7,3 m ³ /s)			
5-Halfweg 2 vijzels HT (-22 m ³ /s)			
8-Halfweg 3 vijzels HT (-33 m ³ /s)			
0-Gouda uitgeschakeld (0 m ³ /s)			
1-Gouda 1 pomp (-11,5 m ³ /s)			
2-Gouda 2 pompen (-23 m ³ /s)			
3-Gouda 3 pompen (-34,5 m ³ /s)			
4-Gouda Inlaat (+35 m ³ /s)	1	2	3
0-Katwijk uitgeschakeld (0 m ³ /s)			
1-Katwijk mode 1 (-15 m ³ /s)			
2-Katwijk mode 2 (-30 m ³ /s)			
3-Katwijk mode 3 (-45 m ³ /s)			
4-Katwijk mode 4 (-60 m ³ /s)			
5-Katwijk mode 5 (-75 m ³ /s)			
6-Katwijk mode 6 (-94 m ³ /s)			
Actieve marge set: Inlaat (alleen R)			

Bijlage F. Nieuwe prioriteiten tabel

2011					
Noordzee stand		< +0,3 m NAP	< + 1,2 m NAP	< + 1,8 m NAP	< +2,2 m NAP
Halfweg m³/s					
Dal	22	1			
Dal	33	2			
Piek	22	7			
Piek	33	8			
Katwijk m³/s					
Dal	15	3	9	19	27
Dal	30	4	10	20	28
Dal	45	5	11	21	
Dal	60	6	12		
Dal	75				
Dal	93				
Piek	15		13	22	29
Piek	30		14	23	30
Piek	45		15	24	
Piek	60		16		
Piek	75				
Piek	93				
Spaarnd m³/s					
overdag	32	17			
avond	32	25			
nacht	32	31			
Gouda m³/s					
overdag	34,5	18			
avond	34,5	26			
nacht	34,5	32			

2012					
Noordzee stand		< +0,3 m NAP	< + 1,2 m NAP	< + 1,8 m NAP	< +2,2 m NAP
Halfweg m³/s					
Dal	22	1			
Dal	33	2			
Piek	22	7			
Piek	33	8			
Katwijk m³/s					
Dal	15	3	9	19	27
Dal	30	4	10	20	28
Dal	45	5	11	21	
Dal	60	6	12		
Dal	75				
Dal	93				
Piek	15		13	22	29
Piek	30		14	23	30
Piek	45		15	24	
Piek	60		16		
Piek	75				
Piek	93				
Spaarnd m³/s					
overdag	32	17			
avond	32	25			
nacht	32	31			
Gouda m³/s					
overdag	34,5	18			
avond	34,5	26			
nacht	34,5	32			

Bijlage G. Pompkarakteristiek Katwijk



Bijlage H. Tabel verbruik Katwijk

	Katwijk	15 m ³ /s	30 m ³ /s	45 m ³ /s	60 m ³ /s	75 m ³ /s	94 m ³ /s
NAP	Opvoer	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
-0,6	0	150	300	450	600	1120	1600
-0,5	0,1	160	320	480	640	1136	1640
-0,4	0,2	170	340	510	680	1152	1680
-0,3	0,3	180	360	540	720	1168	1720
-0,2	0,4	190	380	570	760	1184	1760
-0,1	0,5	200	400	600	800	1200	1800
0	0,6	210	420	630	840	1216	1840
0,1	0,7	220	440	660	880	1232	1880
0,2	0,8	230	460	690	920	1248	1920
0,3	0,9	240	480	720	960	1264	1960
0,4	1	250	500	750	1000	1280	2000
0,5	1,1	260	520	780	1040	1344	2120
0,6	1,2	270	540	810	1080	1408	2240
0,7	1,3	280	560	840	1120	1472	2360
0,8	1,4	290	580	870	1160	1536	2480
0,9	1,5	300	600	900	1200	1600	2600
1	1,6	315	630	945	1260	1680	2680
1,1	1,7	330	660	990	1320	1760	2760
1,2	1,8	345	690	1035	1380	1840	2840
1,3	1,9	360	720	1080	1440	1920	2920
1,4	2	375	750	1125	1500	2000	3000
1,5	2,1	400	800	1200	1600	2080	3080
1,6	2,2	425	850	1275	1700	2160	3160
1,7	2,3	450	900	1350	1800	2240	3240
1,8	2,4	475	950	1425	1900	2320	3320
1,9	2,5	500	1000	1500	2000	2400	3400
2	2,6	515	1030	1545	2060	2480	3520
2,1	2,7	530	1060	1590	2120	2560	3640
2,2	2,8	545	1090	1635	2180	2640	3760
2,3	2,9	560	1120	1680	2240	2720	3880
2,4	3	575	1150	1725	2300	2800	4000

Bijlage I. Vaste kosten boezemgemalen

Vastekosten Boezemgemaal Katwijk in oude situatie							
						€	€
AANSLUITDIENST						ex. BTW	incl. BTW
Periodieke aansluitvergoeding						645	767,55
Kort aansluitverg beveiliging						236 -	280,84 -
Vergoeding meerlengte kabel						255	303,45
SUBTOTAAL						664	790,16
TRANSPORTDIENST							
Vaste vergoeding transport						230	273,7
Gecontracteerd transportverm				kW	2784	2,02	5623,68
maximale belasting				kW	1775	2,01	3567,75
systeemdienst				kWh		0,00111	0
SUBTOTAAL						9421,43	11211,5
MONITORING							
Meetdienst tot 5 MW telenet						117	139,23
Vergoeding GSM abonnement meting						7,18	8,5442
SUBTOTAAL						124,18	147,774
						TOTAAL PER MAAND	12149,4
						TOTAAL PER JAAR	145793

Vastekosten Boezemgemaal Katwijk in nieuwe situatie							
						€	€
AANSLUITDIENST						ex. BTW	incl. BTW
Periodieke aansluitvergoeding						645	767,55
Kort aansluitverg beveiliging						236 -	280,84 -
Vergoeding meerlengte kabel						255	303,45
SUBTOTAAL						664	790,16
TRANSPORTDIENST							
Vaste vergoeding transport						230	273,7
Gecontracteerd transportverm				kW	1800	2,02	3636
maximale belasting				kW	1050	2,01	2110,5
systeemdienst				kWh		0,00111	0
SUBTOTAAL						5976,5	7112,04
MONITORING							
Meetdienst tot 5 MW telenet						117	139,23
Vergoeding GSM abonnement meting						7,18	8,5442
SUBTOTAAL						124,18	147,774
						TOTAAL PER MAAND	8049,97
						TOTAAL PER JAAR	96599,6
						BESPARING PER JAAR	49193,6 €

Vastekosten Boezemgemaal Halfweg in oude situatie						
				€		€
AANSLUITDIENST				ex. BTW		incl. BTW
Periodieke aansluitvergoeding				145,6		173,264
SUBTOTAAL				145,6		173,264
TRANSPORTDIENST						
Vaste vergoeding transport				36,75		43,7325
Gecontracteerd transportverm				kW 508 1,31 665,48		791,921
maximale belasting				kW 420 1,45 609		724,71
systeemdienst				kWh 0,00111 0		0
SUBTOTAAL				1311,23		1560,36
NETCARE						
Huur olie trafo 1000 kVA				160		190,4
MONITORING						
Meetdienst tot 1 MW telenet				63,3		75,327
Vergoeding GSM abonnement meting				7,18		8,5442
SUBTOTAAL				230,48		274,271
				TOTAAL PER MAAND		2007,9
				TOTAAL PER JAAR		24094,8

Vastekosten Boezemgemaal Halfweg in nieuwe situatie						
				€		€
AANSLUITDIENST				ex. BTW		incl. BTW
Periodieke aansluitvergoeding				145,6		173,264
SUBTOTAAL				145,6		173,264
TRANSPORTDIENST						
Vaste vergoeding transport				36,75		43,7325
Gecontracteerd transportverm				kW 508 1,31 665,48		791,921
maximale belasting				kW 420 1,45 609		724,71
systeemdienst				kWh 0,00111 0		0
SUBTOTAAL				1311,23		1560,36
NETCARE						
Huur olie trafo 1000 kVA				160		190,4
MONITORING						
Meetdienst tot 1 MW telenet				63,3		75,327
Vergoeding GSM abonnement meting				7,18		8,5442
SUBTOTAAL				230,48		274,271
				TOTAAL PER MAAND		2007,9
				TOTAAL PER JAAR		24094,8
BESPARING PER JAAR						0 €

Bijlage J. Formulier goedkeuring projectplan

Bijlage K. Projectplan

Literatuurlijst

Aansluit- en transporttarieven elektriciteit, per 01-01-2012

Eijk, G. van (2012), *Handleiding BOSBO beheer*, Actemium

Hogeweg, R (2004), *Een goed rapport*, ThiemeMeulenhoff: Utrecht

Silvis, L (2002), *Technisch ontwerp automaat*,

Weissenbruch, MW.IR. R.D. van, (2005), 'Gemaal IJmuiden krijgt module voor slim energiegebruik'. In: Land + Water, nr. 4, april 2005, Koninklijke BDU Uitgeverij B.V., Barneveld, (p. 14 en 15).

Zwan, R.E. van der (2005), *Handboek boezembeheer*, Hoogheemraadschap van Rijnland: Leiden.

<http://intra.rijnland.net> (26-05-2012)

<http://intranet.eneco.nl> (15-04-2012)

www.liander.nl (14-08-2012)

www.rijnland.net (06-06-2012)

<http://www.aquo.nl/aquo-standaard/aquo-lex/aquo-lex-begrippen/> (06-08-2012)