



Watervogels en fecale bacteriën in de plassen van het Park van Luna

Studie naar relaties en oplossingen

Alterra-rapport 2191
ISSN 1566-7197

David Kleijn en Bastiaan G. Meerburg

Watervogels en fecale bacteriën in de plassen van
het Park van Luna

In opdracht van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en de provincie Noord-Holland.

Watervogels en fecale bacteriën in de plassen van het Park van Luna

Studie naar relaties en oplossingen

David Kleijn¹, Bastiaan G. Meerburg²

1 Alterra, Wageningen UR

2 Plant Research International (PRI), Wageningen UR

Alterra-rapport 2191

Alterra, onderdeel van Wageningen UR
Wageningen, 2011

Referaat

Kleijn, D. en B.G. Meerburg, 2011. *Watervogels en fecale bacteriën in de plassen van het Park van Luna - studie naar relaties en oplossingen.* Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2191. 40 blz.; 18 fig.; 6 tab.; 14 ref.

Het in dit rapport beschreven onderzoek heeft tot doel om vast te stellen of de slechte zwemwaterkwaliteit (te hoge concentraties door watervogels uitgescheiden fecale bacteriën) in de plassen van het Park van Luna, Heerhugowaard, gerelateerd is aan de hoge concentraties onopgeloste bestanddelen in het water. Daarnaast is bepaald welke soort watervogel voor de grootste problemen zorgt voor wat betreft het uitscheiden van fecale bacteriën. Tenslotte is het effect van een aantal beheer- en inrichtingsmaatregelen op de (verdeling van de vogels en daardoor op de) waterkwaliteit in de plassen van het Park van Luna getest. Het gaat daarbij om het uitzetten van de pomp, het plaatsen van een vogelaantrekkelijk ponton en het frequent schonen van het strand.

Trefwoorden: *E. coli*, Intestinale enterococci, watervogels, zwemwater, waterkwaliteit, recreatie, natuurbescherming.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2011 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek)
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; info.alterra@wur.nl

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2191
Wageningen, juni 2011

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Projectdoelstelling	10
2 Methode	11
2.1 Aanwezigheid van watervogels in de plassen van het Park van Luna	11
2.2 Factoren die de concentratie <i>E. coli</i> in de plassen van het Park van Luna beïnvloeden	11
2.2.1 Welke in de plassen van het Park van Luna voorkomende watervogels dragen het sterkst bij aan de besmetting van het water met fecale bacteriën?	14
2.3 Wat is de effectiviteit van inrichtingsmaatregelen om watervogels te weren?	14
2.4 Hoe kunnen fecale bacteriën in de waterkolom zo snel mogelijk geneutraliseerd worden?	16
2.5 Wat is de effectiviteit van schoonmaakwerkzaamheden van het strand op de concentratie fecale bacteriën in de strandbodem?	16
3 Resultaten	19
3.1 Trends in aantallen watervogels in tijd en ruimte	19
3.2 Factoren die de concentratie <i>E. coli</i> in de plassen van het Park van Luna beïnvloeden	21
3.3 Welke watervogels in de plassen van het Park van Luna dragen het sterkst bij aan de besmetting van het water met fecale bacteriën?	24
3.4 Wat is de effectiviteit van inrichtingsmaatregelen om watervogels te weren?	26
3.5 Hoe kunnen fecale bacteriën in de waterkolom zo snel mogelijk geneutraliseerd worden?	27
3.6 Wat is de effectiviteit van schoonmaakwerkzaamheden van het strand op de concentratie fecale bacteriën in de strandbodem?	28
4 Discussie	29
4.1 <i>E. coli</i> vooral gerelateerd aan onopgeloste bestanddelen in het water	29
4.2 Relatie tussen watervogels en <i>E. coli</i>	30
4.3 Het helofytenfilter speelt geen rol bij het verwijderen van fecale bacteriën uit het oppervlaktewater	31
4.4 Watervogels laten zich moeilijk verplaatsen	32
4.5 Geen effect van schone strandzand op <i>E. coli</i> concentraties	32
4.6 Conclusies	33
4.7 Synthese	33
Literatuur	35
Bijlage 1 De waargenomen aantallen vogels in de veertien telrondes die uitgevoerd zijn in het Park van Luna	37
Bijlage 2 Een overzicht van de resultaten van de bemonstering van <i>E. coli</i> en onopgeloste bestanddelen op verschillende locaties in de plassen van het Park van Luna	39

Samenvatting

Op de zwemwaterlocatie in de plassen van het Park van Luna, Heerhugowaard, is de zwemwaterkwaliteit slecht, vooral door het voorkomen van te hoge concentraties fecale bacteriën (o.a. *Escherichia coli* en intestinale enterococci). De meest aannemelijke bron van deze fecale bacteriën zijn de watervogels die in grote aantallen op en langs de plassen rusten en foerageren. Verkennend onderzoek suggereerde dat de slechte waterkwaliteit in plassen van het Park van Luna veroorzaakt werd door hoge concentraties onopgeloste bestanddelen in het water als gevolg van resuspensie van de waterbodem. De overleving van door watervogels uitgescheiden fecale bacteriën die geabsorbeerd zijn aan het gesuspendeerde materiaal is vele malen hoger dan die van bacteriën in open water. Daarnaast werd geopperd dat de aanwezigheid van hoge aantallen rustende watervogels op het strand langs de zwemplas zou leiden tot overschrijdingen van de zwemwaterkwaliteitsnormen. Een verhoging van de zwemwaterkwaliteit in dit deel van de plas hangt vooral af van mogelijkheden om watervogels van deze locatie te weren.

Het in dit rapport beschreven onderzoek heeft tot doel om vast te stellen of de veronderstelde mechanismen die zorgen voor de slechte zwemwaterkwaliteit (hoge concentraties onopgeloste bestanddelen die zorgen voor concentraties bacteriën) bevestigd worden door metingen in het zwemseizoen. Daarnaast is bepaald welke soort watervogel voor de grootste problemen zorgt voor wat betreft het uitscheiden van fecale bacteriën. Tenslotte is het effect van een aantal beheer- en inrichtingsmaatregelen op de (verdeling van de vogels en daardoor op de) waterkwaliteit in de plassen van het Park van Luna getest. Het gaat daarbij om het uitzetten van de pomp, het plaatsen van een vogelaantrekkend ponton en het frequent schonen van het strand.

Gemiddeld genomen werden per telronde in en om de plassen ongeveer 1700 vogels van ongeveer 18 soorten waargenomen. De meeste soorten watervogels waren algemene soorten maar er werden soms ook bijzonderder soorten waargenomen zoals de Roerdomp. Zoals gebruikelijk bij watervogels werden de hoogste aantallen vastgesteld in de winter (november-februari) en de laagste in de lente en zomer (ten tijde van het zwemseizoen).

De belangrijkste factor die de concentratie *E. coli* verklaarde was de concentratie onopgeloste bestanddelen. Bij aanvang van deze studie was de verwachting dat de concentratie onopgeloste bestanddelen in belangrijke mate zou worden beïnvloed door de stroming van de waterkolom. De concentratie onopgeloste bestanddelen (en daarmee ook de *E. coli*-concentratie) was echter niet stelselmatig hoger op locaties, of in situaties, met meer stroming. Een mogelijke verklaring voor de afwezigheid van een duidelijk verband tussen stroomsnelheid en de concentratie onopgeloste bestanddelen kan zijn dat de stroming niet alleen zorgt voor resuspensie van bodembestanddelen en daarmee hogere concentraties onopgeloste bestanddelen, maar ook zorgt voor de aanvoer van schoon water (uit diepere delen van de plas) waardoor concentraties onopgeloste bestanddelen juist verlaagd worden.

In de periode 2006-2011 is de frequentie van het aantal overschrijdingen van de waterkwaliteitsnormen in de plassen van het Park van Luna gestaag afgenomen. Dit lijkt verband te houden met de toenemende ontwikkeling van de macrophyten in de plassen, wat over het algemeen zorgt voor een sterkere vastlegging van de bodem en daarmee een kleinere kans op resuspensie en lagere concentraties onopgeloste bestanddelen.

Meerkoet, meeuwen en Grauwe gans waren de belangrijkste producenten van *E. coli* in de plassen van het Park van Luna. De drie genoemde soorten leverden een belangrijke bijdrage maar het relatieve belang van de

drie soortengroepen verschilde afhankelijk van hoe de potentiële belasting met *E. coli* berekend werd. Er werd echter geen verband gevonden tussen *E. coli* en het voorkomen van watervogels.

Er werden geen effecten gevonden van de verschillende onderzochte beheer- en inrichtingsmaatregelen op de (verdeling van de vogels en daardoor op de) waterkwaliteit in de plassen van het Park van Luna. Er was geen relatie tussen pompregime en de concentratie fecale bacteriën in de plassen. Meer of minder pompen biedt dus geen soelaas voor het verlagen van de concentratie fecale bacteriën in het zwemwater. Het eventueel gebrekkig functioneren van het helofytenfilter is niet (mede) debet aan de hoge concentraties fecale bacteriën in het zwemwater van het Park van Luna. Het helofytenfilter zal zelfs bij optimaal functioneren de waterkwaliteit niet kunnen verbeteren omdat relatief schoon water in het helofytenfilter gelaten wordt en de hoogste *E. coli* concentraties direct benedenstrooms van het helofytenfilter gemeten worden. Het strandzand bleek geen belangrijke bron van *E. coli* te zijn. Het schonen van het strand had ook geen invloed op de concentratie *E. coli* in het strandzand. De ruimtelijke verdeling van watervogels bleek moeilijk te beïnvloeden met eenvoudig uit te voeren, betaalbare maatregelen, zoals het aanbieden van alternatieve rustplaatsen.

Het probleem van de hoge concentraties fecale bacteriën in de plassen van het Park van Luna lijkt te worden veroorzaakt door de interacties tussen watervogels als bron van fecale bacteriën en autonome processen in de plassen die bepalen hoe goed en hoe lang fecale bacteriën kunnen overleven. Hoewel daar in deze studie geen waarnemingen aan zijn gedaan is het aannemelijk dat de macrofytenvegetatie bepaalt hoeveel onopgeloste bestanddelen in de waterkolom aanwezig zijn en daarmee indirect hoe groot de kans is op hoge concentraties fecale bacteriën. Tegelijkertijd beïnvloedt de macrofytenvegetatie, als belangrijke voedselbron van watervogels, vermoedelijk ook het aantal watervogels dat op de plassen aanwezig is. Een onderbouwing van deze hypothese vergt meer diepgaand onderzoek naar de interactie tussen watervogels, macrofyten, onopgeloste bestanddelen en *E. coli* concentraties. Deze inzichten kunnen op termijn leiden tot concrete aanbevelingen voor inrichting en beheer van zwemplassen die het duurzaam voorkomen van watervogel-populaties combineren met hoge zwemwaterkwaliteit.

1 Inleiding

In 2003 is begonnen met de aanleg van de woonwijk Park van Luna, net ten zuiden van Heerhugowaard. Deze woonwijk bestaat uit 70 ha met woningen, 70 ha met de functie recreatie en 70 ha met de functie ecologisch groen. Een belangrijk deel van het gebied bestaat uit water. De plassen zijn uitgegraven tot op het zand en omsluiten in zijn geheel het deel van de wijk waarop de woningen staan. Om de waterkwaliteit hoog te houden is gekozen voor een gesloten systeem, waarbij doorstroming gegarandeerd wordt door een pomp die het water rond de woonwijk 'trekt'. Water dat uit de plassen gepompt wordt passeert het 'labyrint': een kronkelig stelsel van brede en smalle sloten en een defosfateringsinstallatie voordat het weer in het plassenstelsel gepompt wordt. Het labyrint wordt geacht samen met de ondiepe plas waarin veel onderwater-vegetatie aanwezig is als (hydrofyten)filter te functioneren. Het waterpeil in de plassen mag 70 cm fluctueren. Hierdoor is het nog nooit nodig geweest boezemwater in te laten. De waterkwaliteit is sinds de aanleg bijzonder goed geweest (minder dan 0.10 mg P/l) en in de plassen heeft zich een uit natuurbeschermingsoogpunt aantrekkelijke macrofyten gemeenschap ontwikkeld met onder andere kranswieren en fonteinkruiden.

De grootste en diepste plas (ca. 4 m) wordt aan de zuidwestelijke kant begrensd door een strand en is sinds 2009 een officiële zwemwaterlocatie. De zwemwaterkwaliteit is echter slecht, vooral door het voorkomen van te hoge concentraties fecale bacteriën (o.a. *Escherichia coli* en intestinale enterococcon). In 2007 werd tussen maart en oktober bij 9 van de 12 controles een overschrijding van de toegestane maximale concentraties vastgesteld (EU zwemwaterrichtlijn, 2006). In 2008 was dit 8 van de 12 keer, in 2009 nog 4 van de 12 keer. Om de oorzaak van dit probleem op te sporen is een aantal onderzoeken uitgevoerd door Royal Haskoning, Grontmij en Duurzaam Fauna Advies. Uit het onderzoek van Grontmij kwamen vooral de watervogels als bron van verontreiniging naar voren. Er werden geen verbanden gevonden tussen de concentraties fecale bacteriën en omgevingsvariabelen als wind en regenval. Ook werd geen verband gevonden tussen het aantal mensen dat gebruik maakte van de plas en de concentratie fecale bacteriën. De hoge concentraties *Campylobacter* bacteriën leidden ertoe dat de Grontmij in een conceptrapportage concludeerde dat watervogels de belangrijkste bron van de fecale bacteriën zijn. Uit een eenmalige inventarisatie van Alterra op 2 maart 2010 blijkt dat de plassen op die datum gebruikt werden door vele honderden watervogels waarbij Grauwe gans, Kokmeeuw, Zilvermeeuw en Meerkoet qua aantal de belangrijkste waren die zich ook in het zwemseizoen in de plassen zullen ophouden.

Uit een verkennend onderzoek van Alterra, begin 2010, lijken de oorzaken van de slechte waterkwaliteit in plassen van de Park van Luna door twee deelproblemen veroorzaakt te worden. Ten eerste lijkt de waterkwaliteit in de centrale waterkolom van de plassen vooral te worden beïnvloed door resuspensie van de waterbodem wat leidt tot hoge concentraties onopgeloste bestanddelen in de waterkolom. De overleving van door watervogels uitgescheiden fecale bacteriën die geabsorbeerd zijn aan het gesuspendeerde materiaal is vele malen hoger dan die van bacteriën in open water. Hierdoor worden hoge waarden van fecale bacteriën gemeten op locaties met hoge concentraties gesuspendeerd materiaal. Ten tweede, in het water dat direct grenst aan het recreatiestrand, waar de zwemmers zich ophouden en dus ook vooral in aanraking kunnen komen met fecale bacteriën in het zwemwater, lijkt de kwaliteit vooral gestuurd te worden door de aanwezigheid van hoge aantallen rustende watervogels op het strand. Een verhoging van de zwemwaterkwaliteit van dit deel van de plas hangt vooral af van mogelijkheden om watervogels van deze locatie te weren.

1.1 Projectdoelstelling

Het doel van het project is driedig. Ten eerste is een belangrijk doel om vast te stellen of de veronderstelde mechanismen die zorgen voor de slechte zwemwaterkwaliteit (hoge concentraties fecale bacteriën) die zijn geformuleerd op basis van de eenmalige bemonstering in maart 2010, bevestigd worden door metingen in het zwemseizoen. Hiertoe worden een serie metingen van verspreiding van watervogels en waterkwaliteit herhaald en worden de data geanalyseerd om te bepalen of de concentratie *E. coli* gerelateerd is aan geresuspendeerd materiaal en of dit geresuspendeerde materiaal op zijn beurt gerelateerd is aan de stroomsnelheid van het water (veroorzaakt door pomp of wind). Ten tweede wordt bepaald welke watervogelsoort voor de grootste problemen zorgt wat betreft het uitscheiden van fecale bacteriën. Ten derde moet het project testen wat het effect is van een aantal beheer- en inrichtingsmaatregelen op de (verdeling van de vogels en daardoor op de) waterkwaliteit in de plassen van het Park van Luna. De maatregelen waar het om gaat omvatten: uitzetten van de pomp, verlagen van de stroomsnelheid in het labyrint, het plaatsen van een vogelaantrekkend ponton en het frequent schonen van het strand.

De volgende onderzoeksvragen worden beantwoord:

- Welke factoren beïnvloeden de concentratie *E. coli* in de plassen van het Park van Luna?
- Welke in de plassen van het Park van Luna voorkomende watervogels dragen het sterkst bij aan de besmetting van het water met fecale bacteriën?
- Wat is de effectiviteit van inrichtingsmaatregelen om watervogels te weren?
- Hoe kunnen fecale bacteriën in de waterkolom zo snel mogelijk geneutraliseerd worden?
- Wat is de effectiviteit van schoonmaakwerkzaamheden van het strand op de concentratie fecale bacteriën in de strandbodem?

2 Methode

2.1 Aanwezigheid van watervogels in de plassen van het Park van Luna

In het kader van de beantwoording van de onderzoeksvragen (zie hieronder) is in totaal 14 keer het voorkomen en de ruimtelijke verdeling van de watervogels in de plassen van het Park van Luna geïnventariseerd. De temporele verdeling van deze inventarisaties is redelijk goed verspreid over het gehele jaar (hoewel data uit de periode april-juni ontbreken). Hiermee kan goed inzichtelijk gemaakt worden waar de grootste concentraties watervogels zich ophouden en hoe de aantallen watervogels fluctueren in de tijd (bijv. binnen en buiten het zwemseizoen). Dit levert informatie op die belangrijk is voor de interpretatie van de onderzoeksvragen.

2.2 Factoren die de concentratie *E. coli* in de plassen van het Park van Luna beïnvloeden

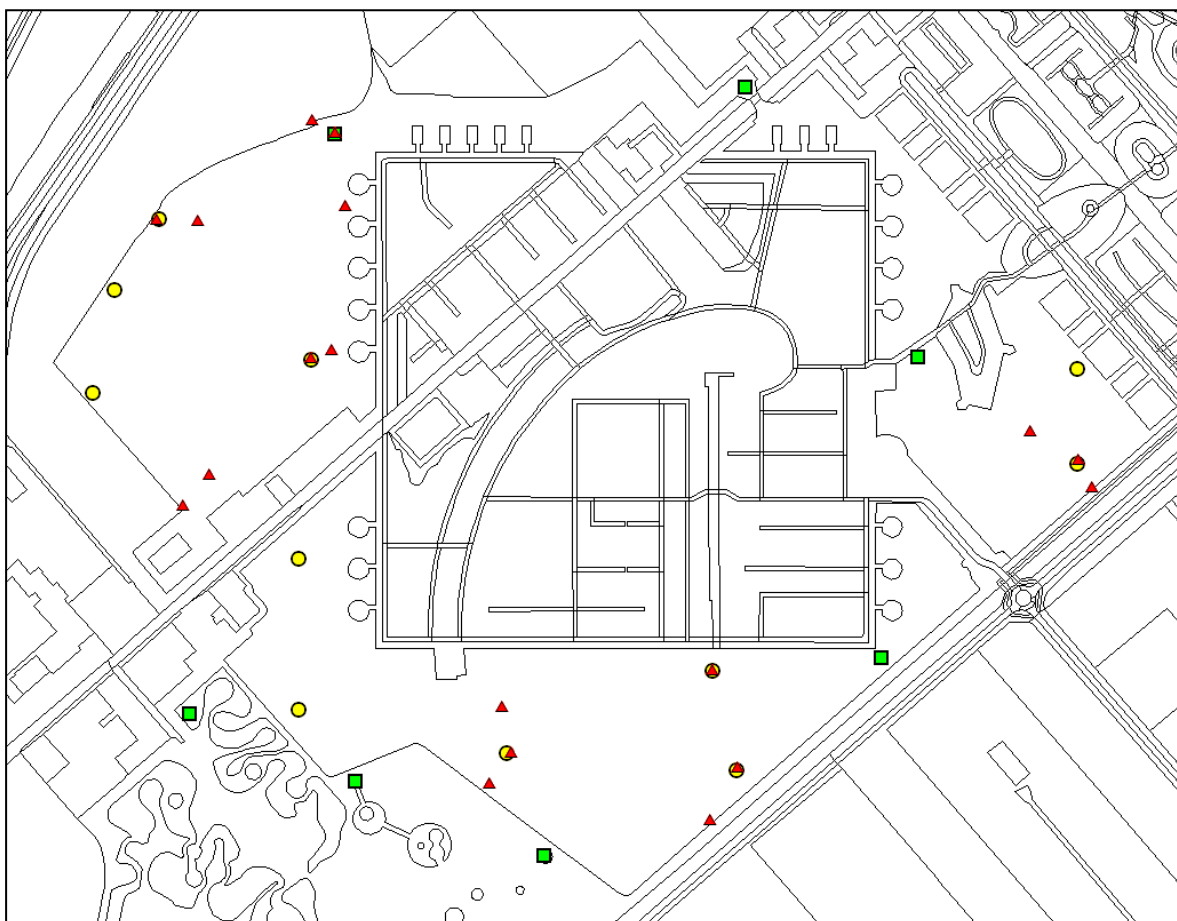
Om de belangrijkste factoren die het voorkomen van fecale bacteriën in de plassen van het Park van Luna te bepalen zijn tussen 1 maart 2010 en 19 januari 2011 de watervogels in het gebied 14 keer geïnventariseerd (tabel 1). Inventarisaties vonden over het algemeen plaats tussen zonsopgang en het middaguur. In vijf rondes zijn gelijktijdig watermonsters genomen en geanalyseerd op het voorkomen van *Escherichia coli* (*E. coli*) en onopgeloste bestanddelen (tabel 1).

In juli en augustus had de bemonstering van de waterkwaliteit vooral tot doel vast te stellen in hoeverre het rondpompen van het water de concentratie onopgeloste bestanddelen en *E. coli* beïnvloedt. In deze studie werd het effect van windrichting en locatie in of buiten de stroombaan meegenomen. Zeven van de monsterpunten lagen in de stroombaan van de plassen (figuur 1). De overige elf monsterpunten lagen buiten de stroombaan. De monsterpunten buiten de stroombaan lagen op ten opzichte van de wind verschillend geëxponeerde locaties (figuur 1), zodat hiermee een indruk verkregen kon worden van het effect van wind(richting) op de concentratie onopgeloste bestanddelen en *E. coli*. Per monsterdatum werd bepaald of een monsterpunt lag nabij een oever waar de wind vandaan kwam ('bovenwinds'), nabij een oever waar de wind tegenaan waaide ('benedenwinds') of nabij een oever waar de wind langs waaide ('lateraal'). Op 15 juli en 13 augustus werd bemonsterd bij een regulier pompregime (dagelijks gemiddeld $23.7 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ tussen 5 en 24 uur). Op 30 juli en 28 augustus werd bemonsterd nadat de pomp gedurende de voorafgaande drie etmalen had uitgestaan. Op 2 maart, toen ook watermonsters zijn genomen, stond de pomp 6 uur per dag aan: 's morgens van 6 uur tot 9 uur en 's middags van 16.00 uur tot 19.00 uur. Het debiet was toen $15 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$.

De metingen op 2 maart, waarover eerder gerapporteerd is door Kleijn et al., (2010), hadden oorspronkelijk tot doel een indruk te verkrijgen van het voorkomen en verspreiding van fecale bacteriën in de plassen van het Park van Luna. In de huidige studie worden deze gegevens meegenomen om de steekproefomvang te vergroten (tabel 1). De locaties van de monsterpunten kwamen deels overeen met de in de zomer genomen watermonsters (figuur 1).

Tabel 1. Een overzicht van de data waarop vogelinventarisaties in de plassen van het Park van Luna zijn uitgevoerd en watermonsters zijn genomen.

	Vogel- inventarisatie	Ponton	Water- monsters	Pomp	Windsnel- heid (m.s ⁻¹)	Wind- richting
1 maart 2010	X					
2 maart 2010	X		X	Aan	5	West
15 juli 2010	X		X	Aan	9	Zuid-West
30 juli 2010	X		X	Uit	4	West
13 augustus 2010	X		X	Aan	4	Zuid
27 augustus 2010	X		X	Uit	7	Noord-Oost
22 september 2010	X					
28 september 2010	X					
30 oktober 2010	X					
9 november 2010	X	X				
26 november 2010	X	X				
15 december 2010	X	X				
13 januari 2011	X	X				
19 januari 2011	X	X				

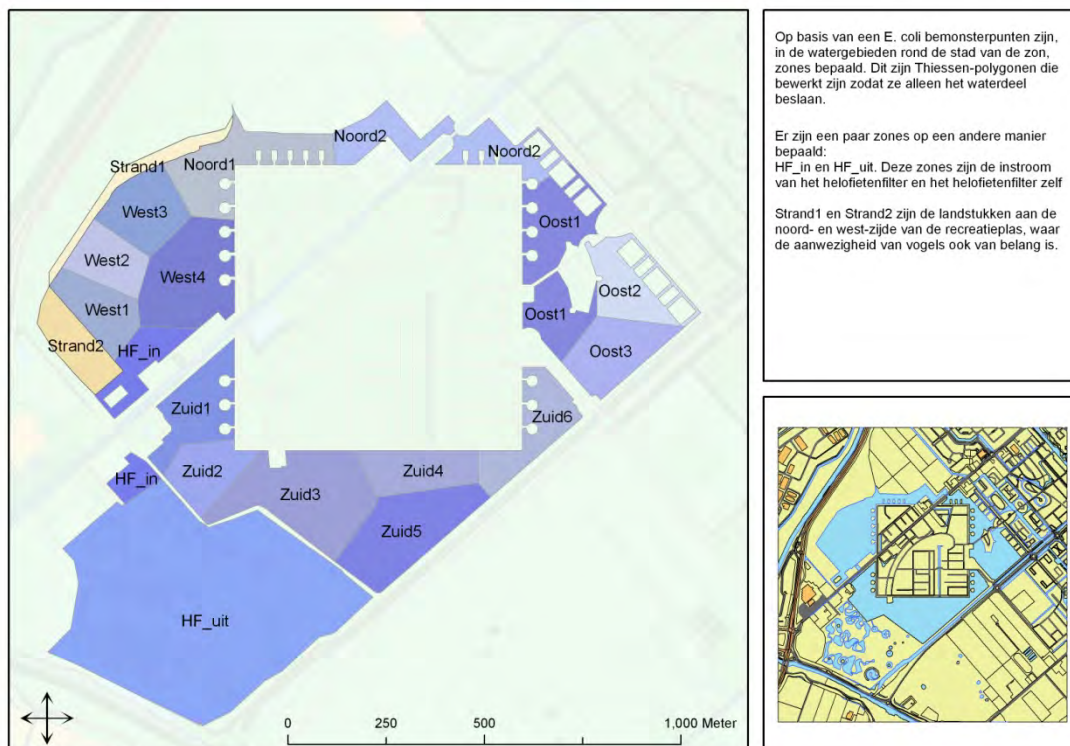


Figuur 1

De locaties waar watermonsters zijn genomen op 15 en 30 juli en 13 en 27 augustus 2010. Vierkanten zijn locaties in de stroombaan (op punten met de hoogste stroomsnelheid), cirkels zijn locaties die buiten de belangrijkste stroombaan liggen maar die verschillend geëxposeerd zijn ten opzichte van de wind. Aanvullend zijn de locaties weergegeven die op 2 maart 2010 bemonsterd zijn (driehoeken).

Voor de analyse van de factoren die de concentratie *E. coli* beïnvloeden zijn de plassen van het Park van Luna opgedeeld in vlakken rondom ieder punt waar in juli en augustus watermonsters zijn genomen (figuur 2). Het land en strand grenzend aan de westelijke zwemplas is niet meegenomen omdat dit om waarnemingen op het land gaat die de *E. coli*-concentraties in het water niet op korte termijn beïnvloeden. In ieder van deze vlakken is vervolgens met behulp van GIS (ArcMap 9.3.1, ESRI) bepaald hoeveel vogels van de verschillende soorten zich in elk vlak ophielden.

De data werden geanalyseerd met behulp van gegeneraliseerde lineaire modellen (GLM's). In eerste instantie werd geanalyseerd welke variabelen gerelateerd waren aan de *E. coli*-concentratie. Hiertoe werd de *E. coli*-concentratie voor het analyseren log-getransformeerd om een normale *error*-verdeling te krijgen. In de modellen werden 'monsterdatum' en 'telvlak' opgenomen als corrigerende variabelen en 'onopgeloste bestanddelen' en 'aantal vogels' als verklarende variabelen. Hetzelfde model werd ook gedraaid met de aantallen van de drie afzonderlijke meest voorkomende groepen vogels (Meerkoet, Grauwe gans, meeuwen) in plaats van het totaal aantal vogels van alle soorten. In deze analyse zijn de gegevens van 2 maart ook meegenomen. Hiervan zijn alleen de gegevens gebruikt van de eerste ronde (vroegste) om pseudoreplicatie te voorkomen. In tweede instantie werd geanalyseerd of factoren die de stroming van het water beïnvloeden effect hadden op de concentratie onopgeloste bestanddelen dan wel op de *E. coli*-concentratie zelf. In deze GLM's waren $\log(\text{concentratie } E. coli)$ of de $\log(\text{concentratie onopgeloste bestanddelen})$, de responsvariabelen, 'monsterdatum' en 'telvlak' de corrigerende variabelen, en 'pomp' (aan, uit), 'stroombaas' (in, buiten) en expositie ('benedenwinds', 'bovenwinds', 'lateraal') de verklarende variabelen. De figuren geven de gemiddelden van de ongetransformeerde data \pm standaardfout weer.



Figuur 2

Een overzicht van de onderverdeling van de plassen van het Park van Luna in deelgebieden.

2.3 Welke in de plassen van het Park van Luna voorkomende watervogels dragen het sterkst bij aan de besmetting van het water met fecale bacteriën?

Tussen 19 en 26 augustus 2010 zijn in totaal 85 fecesmonsters van vogels verzameld op het strand langs de zwemplas van het Park van Luna en op de oevers langs de waterlopen van het helofytenfilter. De soorten(groepen) waarvan de monsters afkomstig waren, waren meeuwen (*Larus* spp., n=40), Grauwe gans (*Anser anser*, inclusief Soepgans; n=25) en Meerkoet (*Fulica atra*, n=20). De groep meeuwen omvatte de soorten Kleine Mantelmeeuw (*Larus fuscus*), Zilvermeeuw (*L. argentatus*) en Kokmeeuw (*L. ridibundus*). Omdat meeuwen vrijwel altijd in gemengde groepen voorkwamen, bleek het niet mogelijk onderscheid te maken tussen uitwerpselen van de individuele soorten. Omdat deze soortengroep meerdere soorten omvatte, waardoor eventueel meer variatie in *E. coli*-concentraties verwacht mag worden, zijn van deze groep meer monsters genomen dan van de Grauwe gans of de Meerkoet.

Na verzameling is door het Centraal Veterinair Instituut te Lelystad de concentratie *E. coli* in ieder monster bepaald. De bepaling vond plaats op basis van decimale verdunningsreeksen: van ieder fecesmonster is 1 gram afgewogen en gesuspendeerd in 9 ml pepton fysiologische zoutoplossing (PFZ) (verdunding -1). Vanuit deze suspensie zijn verdere verdunningen gemaakt (1 ml suspensie in 9 ml PFZ), tot en met verdunding -7. Vanuit alle verdunningen is 0.1 ml uitgespateld op McConkey agar (BioTrading Benelux BV, Mijdrecht). Na 24 uur incubatie onder aerobe condities (met zuurstof) bij 37 °C zijn de typische kolonies geteld en op grond hiervan is het aantal kolonievormende eenheden (kve) berekend.

Vervolgens is met behulp van variantieanalyse (ANOVA) geanalyseerd of het aantal kolonievormende eenheden *E. coli* in de uitwerpselen significant verschilde tussen de drie soortengroepen.

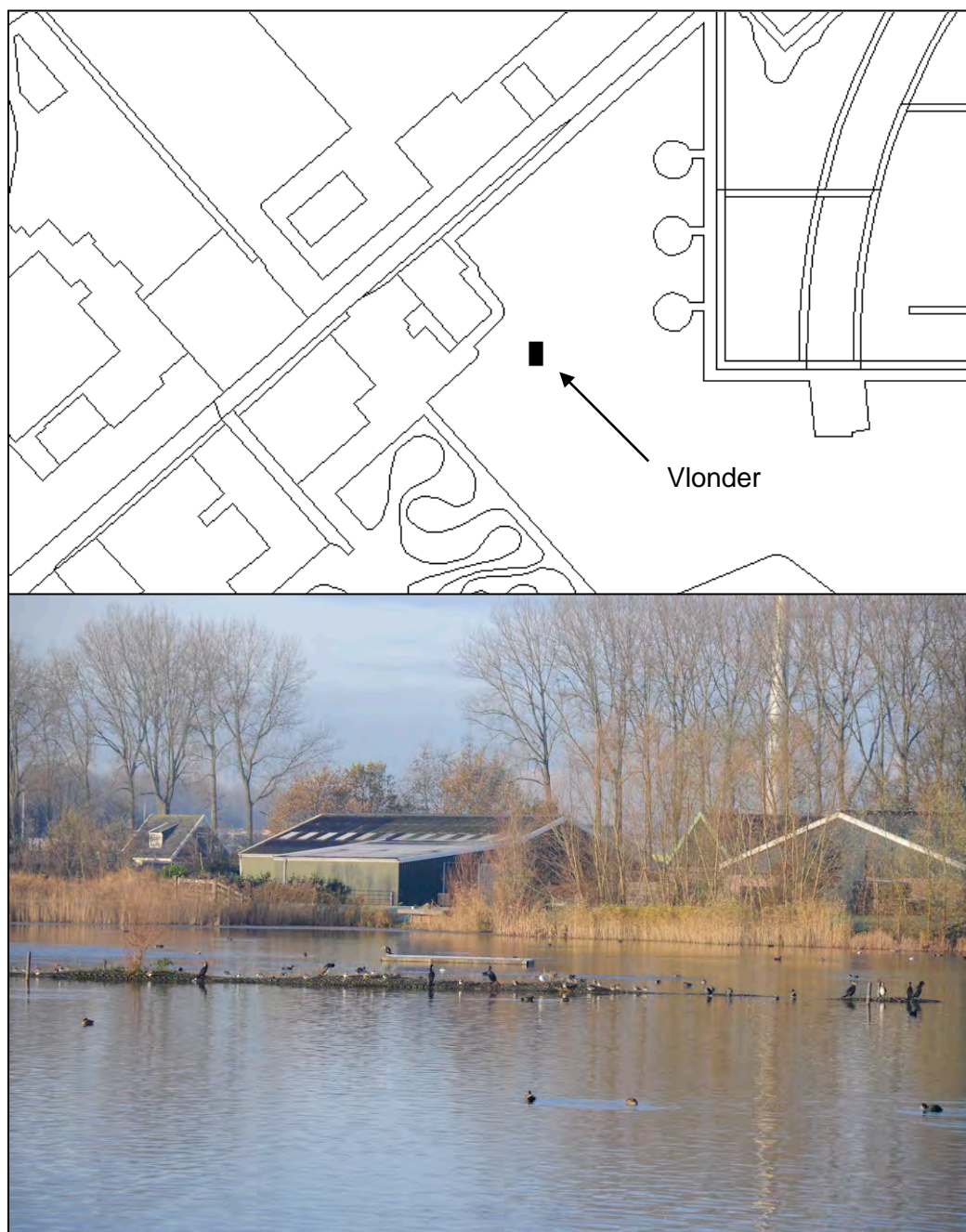
2.4 Wat is de effectiviteit van inrichtingsmaatregelen om watervogels te weren?

Over het vogelwerende effect van verschillende inrichtingsmaatregelen is weinig bekend in de internationale literatuur. In het Park van Luna is geëxperimenteerd met het aanbieden van een alternatieve rustplaats. Deze alternatieve rustplaats bestond uit een vlonder van een voormalige aanlegsteiger voor kanovaarders (afmetingen 1 bij 4 m) die op 8 november 2010 in het westelijk deel van de Zuidelijke plas geplaatst is (zie figuur 3).

Om het effect van het plaatsing van de vlonder te analyseren is vervolgens de verhouding berekend tussen het aantal vogels in het vlak waar de vlonder lag en de vlakken die het strand en de waterzones grenzend aan het strand omvatten. Een vergelijking van de absolute aantallen watervogels is minder indicatief omdat aantallen sterk fluctueren gedurende het jaar en er in de zomerperiode (toen er nog geen vlonder lag) sowieso minder vogels voorkwamen dan in de winterperiode (nadat de vlonder geplaatst was). Er is daarom geanalyseerd of de ruimtelijke verdeling van vogels, na plaatsing van de vlonder, veranderde. Hiertoe is de verhouding tussen het aantal vogels in de westelijke plassen (figuur 2; Strand1, West1-3, Noord1) en de aantallen vogels in de zuidelijke vlakken Zuid1 en 2 vergeleken voor en na plaatsing van het vlonder. Hiervoor werden gegevens van vier telrondes voor plaatsing van het vlonder gebruikt (27/8, 22/9, 28/9 en 30/10) en vier telrondes na plaatsing (9/11, 26/11, 13/1 en 19/1). De telronde op 15/12 werd buiten beschouwing gelaten omdat de plassen toen grotendeels dichtlagen met ijs.

Er is met behulp van een t-test getoetst of de verhouding 'west/zuid' significant verschilde voor en na plaatsing van de vlonder. Een afname in de verhouding vlondervlak/strandvlakken is een aanwijzing dat het plaatsen van

de vlonder resulteert in een herverdeling van de vogels (minder op strand en in de zwemplas, meer in zuidelijke plas).



Figuur 3

De locatie van de vlonder die op 9 november 2010 geplaatst werd als alternatieve rustplaats voor vogels in de plassen van het Park van Luna. De foto geeft een impressie van het gebruik door watervogels. Op de voorgrond is een drooggevallen krib zichtbaar .

2.5 Hoe kunnen fecale bacteriën in de waterkolom zo snel mogelijk geneutraliseerd worden?

In de plassen van het Park van Luna wordt, voor wat betreft maatregelen om de belasting met fecale bacteriën door watervogels zo snel mogelijk te neutraliseren met behulp van aangepast pompbeheer en verbetering van het helofytenfilter, vooral gedacht aan (1) het zoeken naar een optimum draaiuren en capaciteit van de pomp (mogelijk stilleggen van de pomp in windrijke periode) en (2) het verbeteren van de effectiviteit van het helofytenfilter door het verlagen van de stroomsnelheid en de uitbreiding (of gerichte aanplant) van riet in de watergangen van het labirint. Het verkrijgen van een betrouwbaar antwoord op vraag 1 vereist een uitgebreide bemonstering van de waterkwaliteit bij verschillende pompregimes, is daardoor kostbaar en viel buiten de mogelijkheden van dit onderzoek. Beantwoording van vraag 2 vereist een regelmatige bemonstering van de waterkwaliteit over langere tijd (nodig voor het helofytenfilter om zich optimaal te ontwikkelen). Deze vraag kan daarmee niet binnen de looptijd van het huidige project beantwoord worden.

Met het pompbeheer werd in het kader van de studie naar de factoren die de concentratie *E. coli* beïnvloeden echter al geëxperimenteerd. De metingen die in dit kader zijn uitgevoerd konden worden gebruikt om te verkennen wat de huidige effectiviteit is van het helofytenfilter bij twee verschillende pompregimes en bij de huidige staat van begroeiing van het helofytenfilter. Op vier tijdstippen gedurende het zwemseizoen is de waterkwaliteit bij de inlaat in het helofytenfilter en bij beide uitgangen bemonsterd op het voorkomen van *E. coli* (figuur 1, tabel 1). Vervolgens is met behulp van regressieanalyse geanalyseerd of de concentratie *E. coli* in het water bij de inlaat van het helofytenfilter significant hoger was dan de concentratie *E. coli* bij de uitlaat en of het rondpompen van het water het verschil in *E. coli*-concentraties tussen in- en uitlaat beïnvloedt.

2.6 Wat is de effectiviteit van schoonmaakwerkzaamheden van het strand op de concentratie fecale bacteriën in de strandbodem?

Schoonmaakwerkzaamheden op het zwemstrand van het Park van Luna bestaan uit het regelmatig verwijderen van de uitwerpselen van watervogels door het afschrappen van de bovenste zandlaag. Internationaal onderzoek suggereert dat bepaalde typen bodembewerking van zandstranden (meestal om uitwerpselen van vogels te verwijderen) de concentratie *E. coli* in deze bodems kan verhogen (Kinzelman et al., 2003).

Om het effect van de op het strand van het Park van Luna gebruikte schoonmaakmethode op de concentratie *E. coli* in het zand van het strand te beoordelen zijn vier keer monsters genomen van het strandzand. Twee van deze bemonsteringen werden één tot enkele dagen voor schoonmaakactiviteiten uitgevoerd (22 en 28 september 2010) en twee werden daags na de schoonmaakactiviteiten uitgevoerd (25 en 30 september 2010). Per keer werden vijf individuele monsters genomen van het strand in de zone grenzend aan het water, waar in het algemeen de grootste concentraties watervogels zitten (figuur 4).

Na verzameling is door het Centraal Veterinair Instituut te Lelystad de concentratie *E. coli* in ieder monster bepaald. De bepaling vond plaats op basis van decimale verdunningsreeksen: van ieder fecesmonster is 1 gram afgewogen en gesuspenseerd in 9 ml pepton fysiologische zoutoplossing (PFZ) (verdunning -1). Vanuit deze suspensie zijn verdere verdunningen gemaakt (1 ml suspensie in 9 ml PFZ), tot en met verdunning -7. Vanuit alle verdunningen is 0.1 ml uitgespateld op McConkey agar (BioTrading Benelux BV, Mijdrecht). Na 24 uur incubatie onder aerobe condities (met zuurstof) bij 37 °C zijn de typische kolonies geteld en op grond hiervan is het aantal kolonievormende eenheden (kve) berekend.

Vervolgens is met behulp van variantieanalyse (ANOVA) geanalyseerd of het aantal kolonievormende eenheden *E. coli* in de uitwerpselen significant verschilde tussen de drie soortengroepen.



Figuur 4

*De locatie waar op 30 september 2010 de monsters van het strand zijn genomen die onderzocht zijn op het voorkomen van *E. coli*. Watervogels op het strand van het Park van Luna houden zich over het algemeen op nabij de overgang van strand naar water. Foto: Hugh Jansman.*

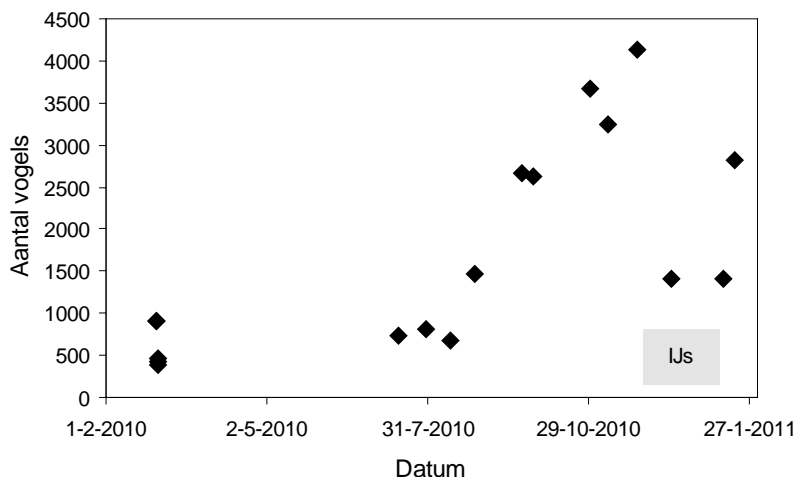
3 Resultaten

3.1 Trends in aantallen watervogels in tijd en ruimte

Er zijn in totaal 28.765 vogels waargenomen van 41 verschillende soorten. De meest frequent waargenomen soort was de Meerkoet (bijlage 1). Qua aantallen overvleugelde deze soort alle andere soorten die in het gebied voorkomen. De Grauwe gans (waaronder Soepgans) komt in relatief grote aantallen voor. Andere algemene soorten in het gebied zijn verschillende soorten meeuwen, vooral Zilvermeeuw, Kleine Mantelmeeuw en Kokmeeuw, maar soms ook de Stormmeeuw. Noemenswaardig zijn verder de grote aantallen van verschillende eendensoorten anders dan de Wilde eend (die overigens ook in behoorlijke aantallen voorkwam): Krakeend, Kuifeend, Smient, Wintertaling en Tafeleend. Ook steltlopers waren goed vertegenwoordigd met regelmatig grote aantallen Kieviten en Scholeksters, maar soms ook behoorlijke aantallen Watersnippen. De kleinere soorten steltlopers werden vaak waargenomen op de drooggevallen kribben in de zuidelijke plas. Ongetwijfeld de leukste (meest bijzondere) soort was de Roerdomp die in december 2010 in het helofytenfilter werd waargenomen.

De aantallen watervogels die zich in en langs de plassen en het helofytenfilter van het Park van Luna ophouden verschilde sterk in de tijd (figuur 5). Het volgt een voor watervogels bekend sinuspatroon van lage aantallen rondom de broedperiode (februari-augustus) waarna de aantallen snel toenemen en pieken in december-januari.

Vogels zijn ook niet uniform verdeeld over het Park van Luna (figuren 6 en 7). De verschillen tussen vlakken in figuur 6 zijn enigszins vertekend doordat niet gecorrigeerd is voor verschillen in grootte en habitatype. De grote aantallen in het helofytenfilter worden natuurlijk deels verklaard doordat dit vlak beduidend groter is dan de andere vlakken in het gebied. Wat opvalt is het hoge aantal vogels in vlak Zuid2, een relatief klein vlak (figuur 7).

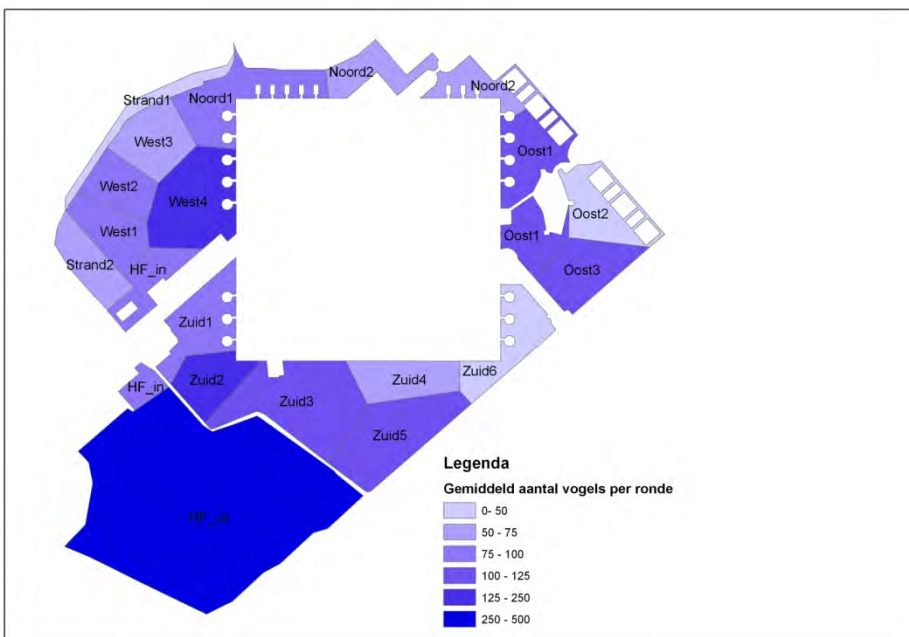


Figuur 5

De ontwikkeling in de tijd van het totaal aantal waargenomen vogels in het Park van Luna. De grijze balk geeft de periode aan dat de plassen bedekt waren met ijs.



Figuur 6
 De ruimtelijke verdeling van de aantallen watervogels die in de twaalf telrondes in 2010 zijn waargenomen in de plassen van het Park van Luna. Elke stip vertegenwoordigt een (groep) waargenomen vogel(s).



Figuur 7
 De verdeling van de in 2010 waargenomen gemiddelde aantallen watervogels per telronde over de verschillende bemonsterde vlakken in de plassen van het Park van Luna. De weergegeven aantallen zijn niet gecorrigeerd naar grootte van of type habitat in de proefvlakken

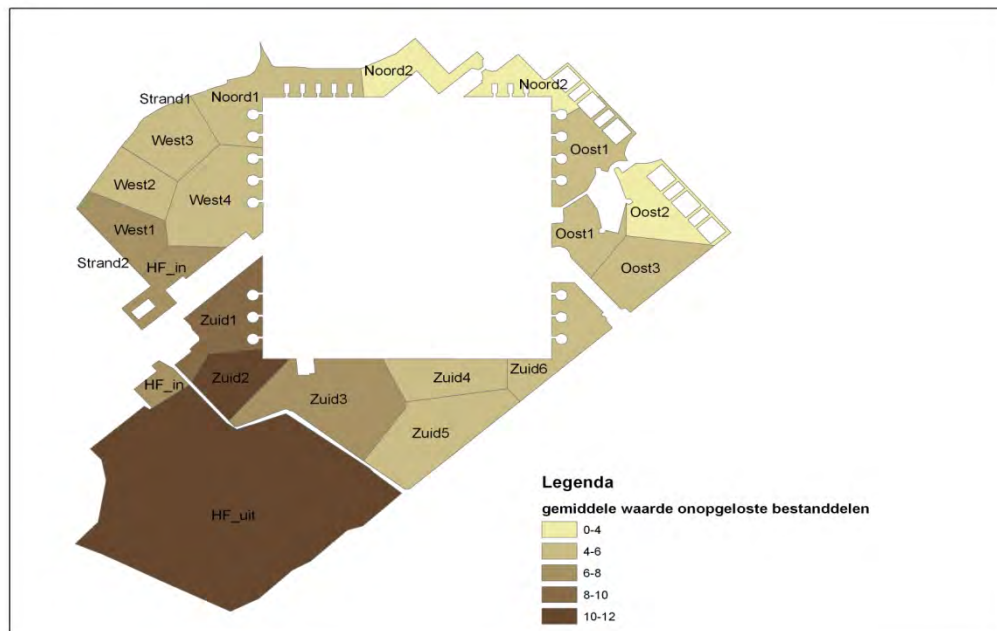
Mogelijk heeft dit te maken met de aanwezigheid in dit vlak van drooggevallen kribben (die duidelijk zichtbaar zijn in de verdeling van vogels in figuur 6) die relatief laag liggen (in tegenstelling tot de kribben die liggen in vlak Zuid5 en die veel meer blootgesteld zijn aan de wind). Op deze kribben worden over het algemeen grote aantallen vogels van uiteenlopende soorten waargenomen. Wat verder opvalt is het relatief lage aantal vogels op het strand en in het water langs het strand. Deze plek, die uit oogpunt van verontreiniging van het water het meest kwetsbaar is, stond in 2010 zeker niet bloot aan de hoogste concentraties watervogels.

3.2 Factoren die de concentratie *E. coli* in de plassen van het Park van Luna beïnvloeden

De concentratie onopgeloste bestanddelen vertoonde een sterk ruimtelijke structuur (figuur 8). Concentraties waren het hoogst in het zuidwestelijke deel van de wateren van het Park van Luna en deze concentraties namen af richting noordoosten. De hoogste concentraties werden gemeten in het helofytenfilter en in het vlak Zuid2.

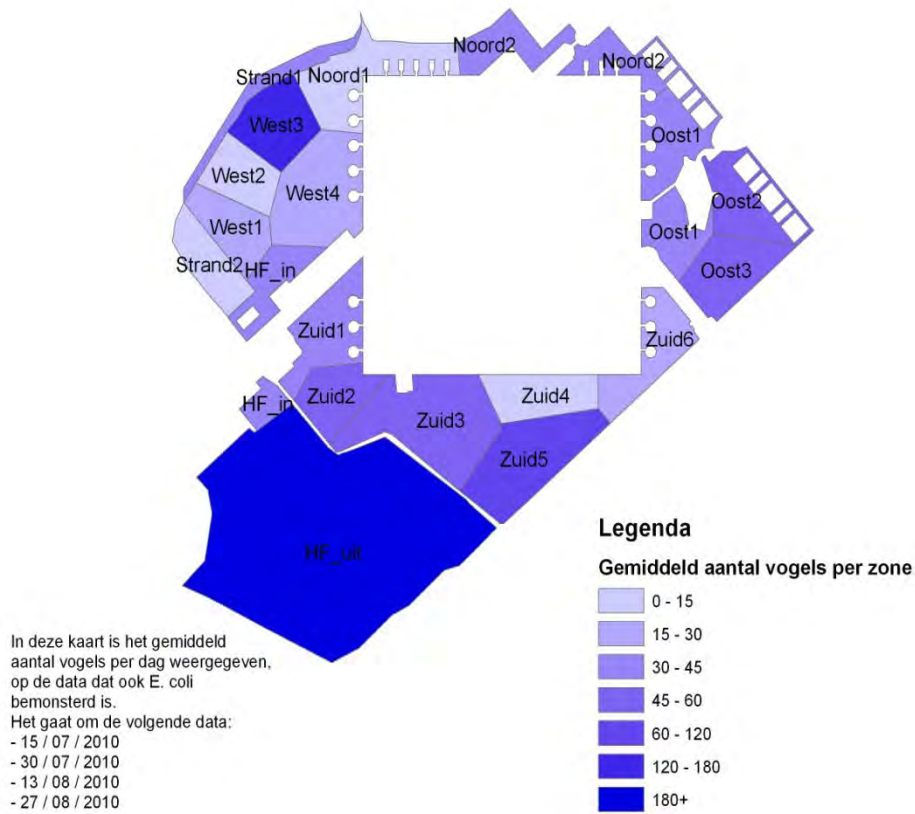
Ten tijde van de bemonstering van *E. coli* werden vooral hoge aantallen vogels waargenomen in het helofytenfilter en in vlak West 3 (figuur 9). Ook in Zuid5 en Oost2 en 3 werden nog relatief hoge aantallen vogels waargenomen.

De gemeten *E. coli*concentraties lagen over het algemeen ruim beneden de norm voor kwalitatief goed zwemwater (bijlage 2). Slechts twee keer werd een waarde hoger dan 1000 kve.100ml⁻¹ vastgesteld. Op 27 augustus 2010 werden in de vlakken Zuid1 en Zuid2 concentraties van respectievelijk 1494 en 3181 kve .100ml⁻¹ gemeten. In figuur 10 is een visuele weergave te zien van de gemiddelde concentraties *E. coli* die in juli en augustus in de verschillende vlakken in het Park van Luna zijn gemeten. Wat opvalt is dat vooral in de Zuidelijke en de Westelijke vlakken grenzend aan het strand gemiddeld hoge concentraties *E. coli* worden gemeten.



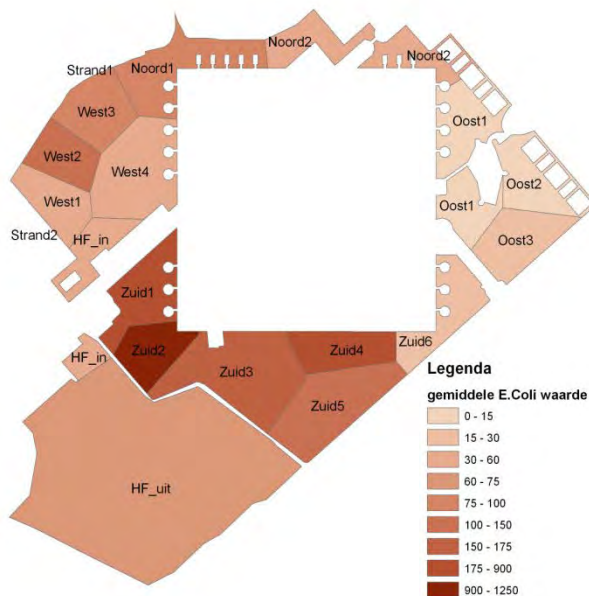
Figuur 8

De ruimtelijke verdeling van de concentraties onopgeloste bestanddelen gemeten in de monsterpunten behorende bij de afzonderlijke vlakken in de plassen van het Park van Luna. De weergegeven aantallen zijn gemiddelden van de vier metingen die in elk vlak zijn uitgevoerd.



Figuur 9

De ruimtelijke verdeling van gemiddelde aantallen watervogels waargenomen in de afzonderlijke vlakken in de plassen van het Park van Luna tijdens de data waarop ook E. coli bemonsterd is.



Figuur 10

De ruimtelijke verdeling van de E. coli-concentraties gemeten in de monsterpunten behorende bij de afzonderlijke vlakken in de plassen van het Park van Luna. De weergegeven aantallen zijn gemiddelden van de vier metingen die in elk vlak zijn uitgevoerd

Vooral vlak Zuid2 steekt er met kop en schouders bovenuit (zie ook bijlage 2). In het helofytenfilter komen hoge concentraties *E. coli* overeen met hoge aantallen waargenomen vogels en met hoge concentraties onopgeloste bestanddelen, maar dat is niet het geval in de zuidelijke en westelijke plassen waar in juli en augustus 2010 slechts bescheiden aantallen vogels werden geteld.

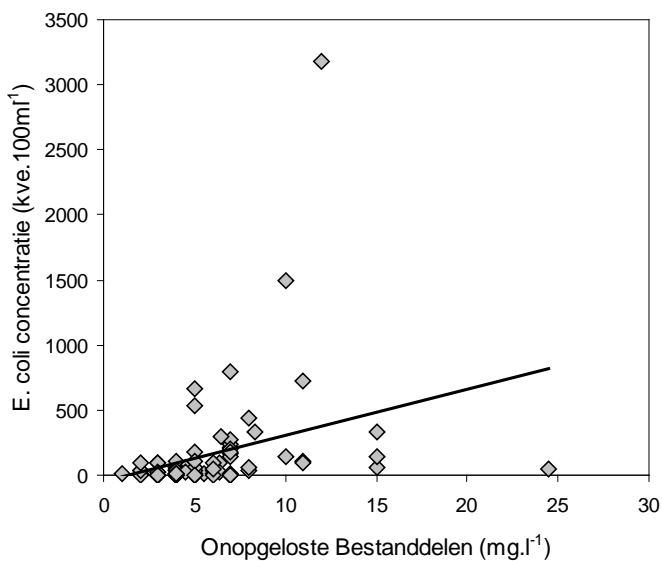
De *E. coli* concentratie verschilde significant tussen de verschillende vlakken (monsterpunten) en was significant gerelateerd aan de concentratie onopgeloste bestanddelen (tabel 2, figuur 11). De *E. coli* concentratie was niet significant gerelateerd aan het totaal aantal vogels dat in een vlak voorkwam. Ook analyses waarin de meest abundante soorten(groepen) afzonderlijk als verklarende variabelen werden opgenomen in het model leverde geen significante relaties op (tabel 2).

De analyse of *E. coli* of onopgeloste bestanddelen significant gerelateerd waren aan het aan- of uitstaan van de pomp, de positie in dan wel buiten de stroombaan of de expositie ten opzichte van de wind leverde geen duidelijke relaties op (tabel 3, figuur 12, 13).

Tabel 2

Resultaten van de statistische analyse naar de relatie tussen de concentratie onopgeloste bestanddelen en het voorkomen van vogels op de concentratie E. coli in het water van de plassen van het Park van Luna.

	Model 1				Model 2		
	df	F	P		df	F	P
Datum	1	1.47	0.231	Datum	1	1.48	0.229
Vlak	16	2.75	0.003	Vlak	16	2.78	0.003
Onopp. Bestandd.	1	5.15	0.027	Onopp. Bestandd.	1	5.20	0.027
Vogels	1	0.98	0.327	Ganzen	1	1.76	0.190
Restvariantie	56			Meerkoet	1	0.19	0.661
				Meeuwen	1	1.57	0.215
				Restvariantie	54		



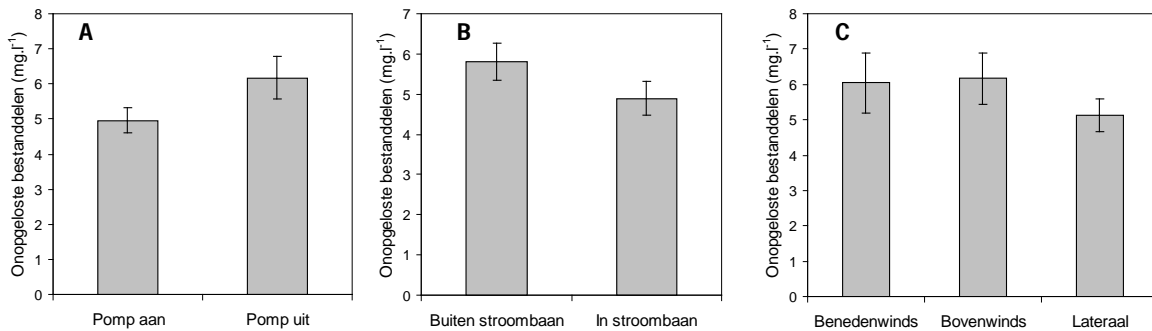
Figuur 11

De relatie tussen de concentratie onopgeloste bestanddelen en de concentratie E. coli in het water van de plassen van het Park van Luna.

Tabel 3

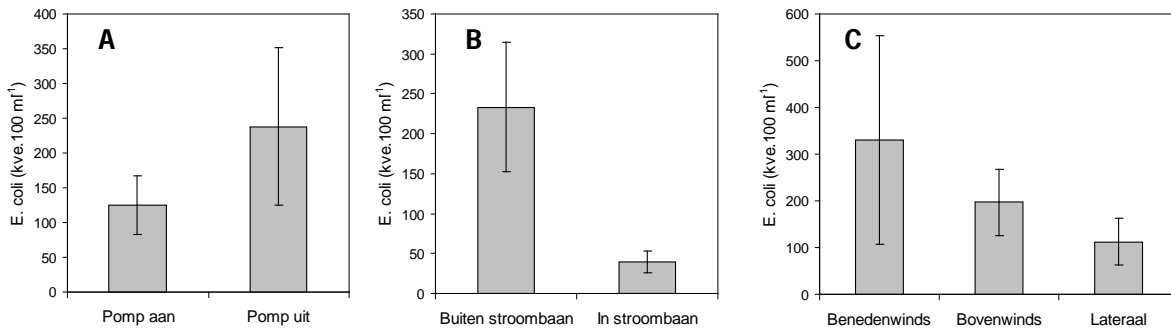
Resultaten van de statistische analyse naar de relatie tussen de factoren die stroming veroorzaken en de concentraties onopgeloste bestanddelen en *E. coli* in het water van de plassen van het Park van Kluna.

<i>E. coli</i> concentratie				Concentratie onopgeloste bestanddelen			
	df	F	P		df	F	P
Pomp	1	0.62	0.435	Pomp	1	0.62	0.436
Stroombaan	1	0.87	0.356	Stroombaan	1	0.3	0.588
Expositie tov wind	2	0.76	0.473	Expositie tov wind	2	1.07	0.349
Restvariantie	53			Restvariantie	53		



Figuur 12

Het effect van (a) het rondpompen van het water, (b) de positie ten opzichte van de stroombaan en (c) de expositie ten opzichte van de windrichting ten tijde van de bemonstering op de concentratie onopgeloste bestanddelen in het water.

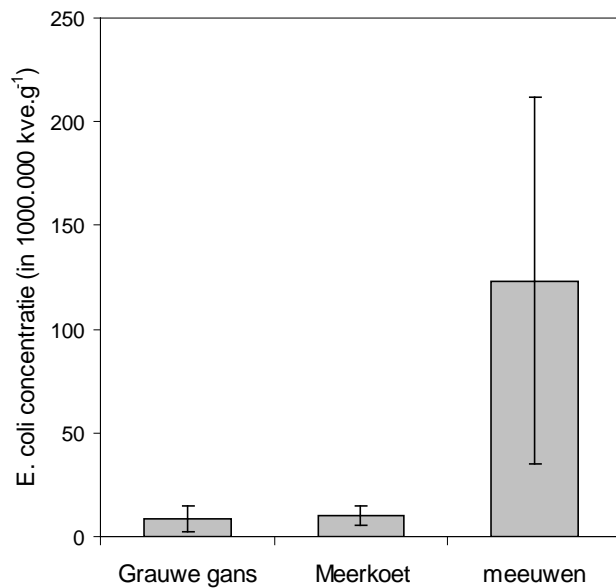


Figuur 13

Het effect van (a) het rondpompen van het water, (b) de positie ten opzichte van de stroombaan en (c) de expositie ten opzichte van de windrichting ten tijde van de bemonstering op de *E. coli* concentratie in het water.

3.3 Welke watervogels in de plassen van het Park van Luna dragen het sterkst bij aan de besmetting van het water met fecale bacteriën?

De concentratie *E. coli* in de uitwerpselen van de meeuwen, Grauwe gans en Meerkoet verschilde significant van elkaar ($F_{2,82} = 14.616$, $P < 0.001$). In ganzenpoep zat gemiddeld de laagste concentratie *E. coli*, terwijl uitwerpselen van meeuwen de hoogste concentratie *E. coli* bevatte (figuur 14). Een Hochberg multiple-



Figuur 14

De concentratie E. coli in de uitwerpselen van drie veel voorkomende soorten(groepen) vogels in de plassen van het Park van Luna.

comparison test liet vervolgens zien dat *E. coli*-concentraties in feces van Grauwe ganzen en Meerkoeten niet significant van elkaar verschilden ($P = 0.128$), terwijl de concentraties *E. coli* in feces van meeuwen significant van die van Meerkoet en Grauwe gans verschilde (respectievelijk $P = 0.023$ en $P < 0.001$). *E. coli*-concentraties in feces van meeuwen was twaalf keer hoger dan die in feces van Meerkoeten en veertien keer hoger dan die in feces van Grauwe ganzen. Vogels van de onderzochte soortengroepen vertegenwoordigden 73% van alle vogels die gedurende het zwemseizoen (1 mei – 1 oktober) werden waargenomen (tabel 4). De Meerkoet stak er qua aantallen met kop en schouder bovenuit. Er werden ongeveer tien keer meer Meerkoeten waargenomen dan meeuwen. Voor de Grauwe gans (inclusief Soepgans) was dit ongeveer zes keer meer.

Tabel 4

Het aantal waargenomen individuen per vogelsoort in de plassen van het Park van Luna gedurende de zes waarnemingsrondes die vielen binnen het zwemseizoen.

Soort	Gemiddeld	Soort	Gemiddelde
Meerkoet	861.8	Canadese Gans	2.3
Grauwe gans	114.7	Blauwe reiger	1.8
Krakeend	87.7	Oeverloper	1.8
Kievit	64.0	Visdief	1.5
Wilde Eend	57.5	Brandgans	1.2
Kuifeend	56.0	Waterhoen	0.8
Zilvermeeuw	40.5	Tureluur	0.5
Fuut	32.7	Slobeend	0.3
Soepgans	32.3	Bonte Strandloper	0.2
Aalscholver	29.3	Dodaars	0.2
Smient	24.0	Kleine Zilverreiger	0.2
KokMeeuw	21.3	Sperwer	0.2
Stormmeeuw	14.5	Tapuit	0.2
Kleine Mantelmeeuw	13.5	Witgat	0.2
Tafeleend	10.0	Zwarte Kraai	0.2
Nijlgans	8.5	Onderzochte Soortengroepen	
Knobbelzwaan	6.7	Meerkoet	861.8
Watersnip	3.3	Grauwe gans incl. Soepgans	147.0
Wintertaling	3.3	Meeuwen	89.8
Scholekster	3.2		

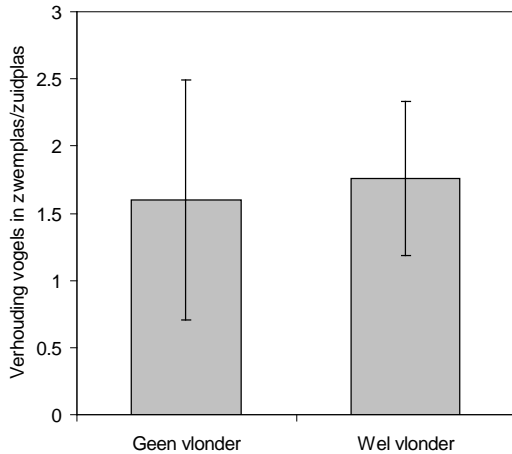
Tabel 5

Het aantal waargenomen vogels gedurende zes telrondes in het zwemseizoen op het strand en het daaraan grenzende deel van de westelijke plas in het Park van Luna. Aantallen zijn gemiddelden per ronde voor het strand en de vier vlakken in de westelijke plas (zie Fig. 2).

	Recreaties	
	trand	Zwemplas
Meerkoet	9.0	129.2
Soepgans	0.0	6.2
Kleine Mantelmeeuw	2.5	5.8
Zilvermeeuw	12.3	3.5
Kuifeend	0.0	3.5
Knobbelzwaan	1.2	2.5
Kokmeeuw	10.5	1.5
Fuut	0.0	0.8
Brandgans	0.0	0.5
Wilde Eend	0.0	0.5
Aalscholver	0.7	0.3
Bonte Strandloper	0.0	0.2
Slobeend	0.0	0.2
Stormmeeuw	0.0	0.2

De meeste soorten hielden zich echter op in de zuidelijke plas en het helofytenfilter. Op het recreatiestrand (Vlak Strand 1; figuur 2) en het daar direct aan grenzende water (vlakken Noord 1 en West 1-3; figuur 1) werden beduidend minder vogels geteld (tabel 5). Wederom bleken de Meerkoet, de Grauwe gans (Soepgans) en de meeuwen het meest frequent voor te komen. Meerkoeten kwamen echter niet veel voor op het strand waar vooral meeuwen werden waargenomen. In dit deel van het Park van Luna, waar de recreant vooral blootgesteld kan worden aan verontreinigingen, was 72% van alle waargenomen vogels Meerkoet. Meerkoet werd vier keer vaker waargenomen dan meeuwen en 22 keer vaker dan de Grauwe gans.

3.4 Wat is de effectiviteit van inrichtingsmaatregelen om watervogels te weren?



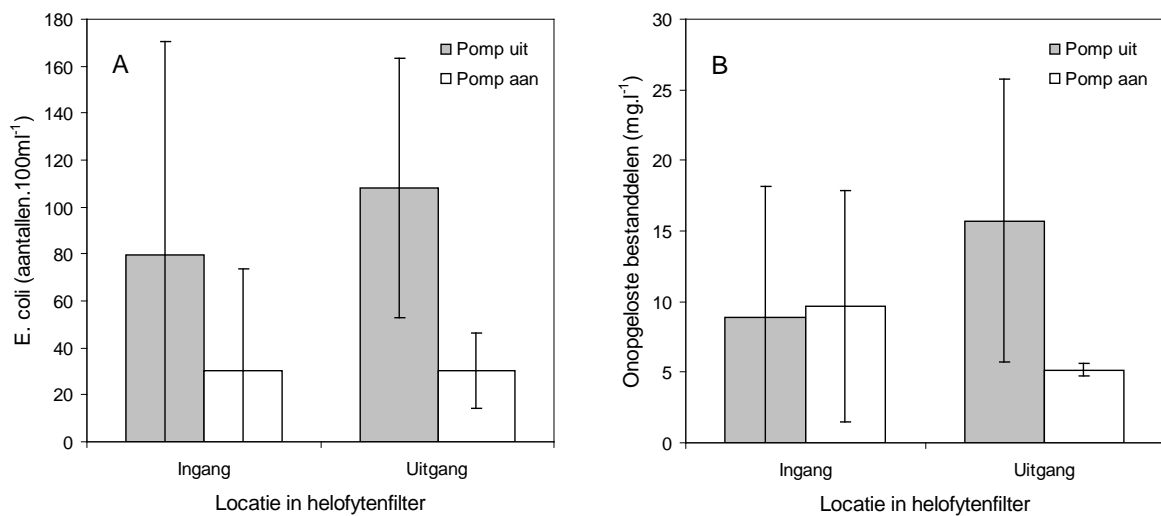
Figuur 15

Het effect van het plaatsen van een vlonder in de zuidelijke plas op de verhouding tussen het aantal vogels in de westelijke zwemplas en de zuidelijke plas..

De verhouding van het aantal vogels in en langs de westelijke plas (vlakken Strand1, West1-3 en Noord1; figuur 2) en dat in de zuidelijke plas (vlakken Zuid1-2) werd niet beïnvloed door het plaatsen van een vlonder in vlak Zuid2 (figuur 15, $F_{1,3} = 2.46$, $P = 0.48$). Over het algemeen werden op de vlonder zeer lage aantallen vogels waargenomen. Vaak ging het om één of enkele Aalscholers (zie bijvoorbeeld figuur 3). Op de nabijgelegen drooggevallen krib zaten veelal wel behoorlijke aantallen vogels van uiteenlopende soorten. Omdat de waterstand laag was in verband met een relatief droog jaar lagen veel kribben langere tijd droog. Of de vlonder wel werkt in een nat jaar als de kribben langdurig onder water staan is nu niet te zeggen.

3.5 Hoe kunnen fecale bacteriën in de waterkolom zo snel mogelijk geneutraliseerd worden?

De concentraties *E. coli* en onopgeloste bestanddelen waren niet significant hoger bij de ingang dan bij de uitgang van het helofytenfilter (figuur 16; respectievelijk $F_{1,8} = 0.32$, $P = 0.588$ en $F_{1,8} = 0.01$, $P = 0.914$). Er was sprake van een trend van lagere concentraties *E. coli* in het helofytenfilter als het water rondgepompt werd ($F_{1,8} = 3.2$, $P = 0.111$). Dit was niet het geval bij de onopgeloste bestanddelen ($F_{1,8} = 0.9$, $P = 0.371$), vooral omdat bij de ingang van het helofytenfilter vergelijkbare concentraties werden gemeten met of zonder rondpompen van het water (figuur 16). Het aan- of uitstaan van de pomp had geen significant effect op het verschil in *E. coli*-concentratie tussen de in- en uitgang van het helofytenfilter (interactie pomp.locatie: $F_{1,8} < 0.96$, $P > 0.355$).

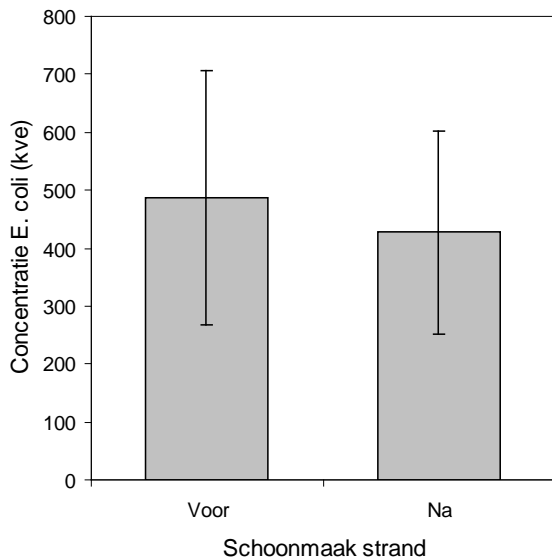


Figuur 16

Het verschil in (A) de *E. coli* concentratie en (B) de concentratie onopgeloste bestanddelen tussen de ingang en de uitgang van het helofytenfilter in het Park van Luna, terwijl het water wordt rondgepompt (Pomp aan) of stilstaat (Pomp uit).

3.6 Wat is de effectiviteit van schoonmaakwerkzaamheden van het strand op de concentratie fecale bacteriën in de strandbodem?

Het zand van het recreatiestrand in het Park van Luna bevatte zeer lage concentraties *E. coli* (figuur 17). Ter vergelijking, de gemiddelde concentratie *E. coli* in alle vogelfeces monsters bedroeg 63 miljoen kve. De *E. coli* concentraties verschilden niet significant voor en na het schoonmaken van het strand ($F_{1,18} = 0.05$, $P = 0.823$).



Figuur 17

*De concentratie *E. coli* in het zand voor en na schoonmaakwerkzaamheden van het recreatiestrand in het Park van Luna.*

4 Discussie

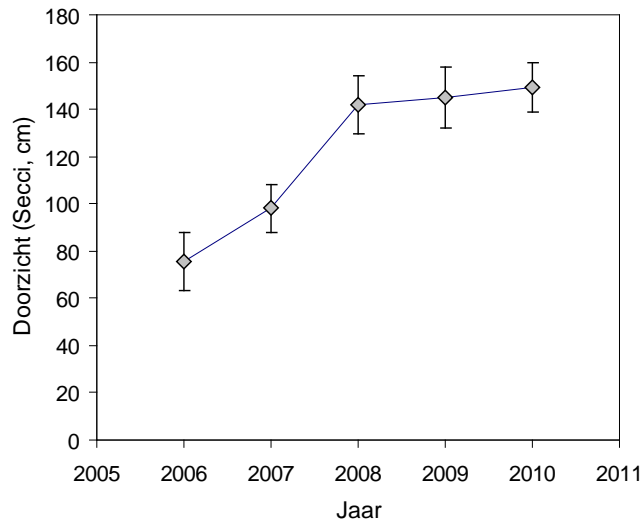
Deze studie laat zien dat de plassen in het Park van Luna grote aantallen watervogels herbergen van een brede reeks van soorten. Gemiddeld genomen werd in en om de plassen per telronde ongeveer 1700 vogels van ongeveer achttien soorten waargenomen. De meeste soorten watervogels zijn algemene soorten maar er werden soms ook bijzonderder soorten zoals de Roerdomp waargenomen. De hoge aantallen Meerkoeten, maar ook Tafeleenden, Krakeenden en Kuifeenden worden vermoedelijk veroorzaakt door de overvloedige beschikbaarheid van kranswieren en fonteinkruiden, een belangrijke voedselbron van deze soorten. De meeste watervogels houden zich vooral op in de zuidelijke en westelijke plassen, niet toevallig de twee grootste waar (in de winter) de minste menselijke verstoring is. Ook het helofytenfilter herbergt grote aantallen watervogels van divers pluimage. De aantallen vogels fluctueren sterk in de tijd. Zoals gebruikelijk bij watervogels worden de hoogste aantallen vastgesteld in de winter (november-februari) en de laagste in de lente en zomer (bv. Van Roomen et al., 2009). Het overgrote deel van de watervogels die zich 's winters in de plassen van het Park van Luna ophouden zijn wintergasten uit meer noordelijke streken (Kuifeenden, Tafeleenden, Kieviten) of zijn broedvogels uit de wijde omtrek van Heerhugowaard. Zo werd bijvoorbeeld op 19 januari 2011 een Grauwe gans met halsband SSZ waargenomen die in juli 2009 20 km noordelijker in het Zwanenwater (nabij Callantssoog) geringd is en sindsdien vooral in de omgeving van Petten werd waargenomen. Slechts een beperkt aantal vogels zal ook daadwerkelijk (proberen te) broeden in de plassen van het Park van Luna. In de broedperiode die grofweg van maart tot juli loopt en daarmee het grootste deel van het zwemseizoen omvat, zijn de aantallen watervogels in het Park van Luna dan ook relatief laag.

4.1 *E. coli* vooral gerelateerd aan onopgeloste bestanddelen in het water

De belangrijkste factor die de concentratie *E. coli* verklaarde was de concentratie onopgeloste bestanddelen. Dit resultaat bevestigt dus de bevindingen van de verkennende analyse die in maart 2010 in dezelfde plassen zijn uitgevoerd (Kleijn et al., 2010). Bij aanvang van deze studie was de verwachting dat de concentratie onopgeloste bestanddelen in belangrijke mate zou worden beïnvloed door de stroming van de waterkolom. Deze studie laat echter zien dat de concentratie onopgeloste bestanddelen (en daarmee ook de *E. coli* concentratie) niet stelselmatig hoger is op locaties, of in situaties, met meer stroming (tabel 3). De relatief grote verschillen in *E. coli* concentratie met of zonder rondpompen van het water en in of buiten de stroombaan (figuren 11, 12) werden vooral veroorzaakt door de uitschieter in *E. coli* concentratie gemeten op 27 augustus in vlak Zuid2 (pomp uit, buiten stroombaan, zie bijlage 2). Een mogelijke verklaring voor de afwezigheid van een duidelijk verband tussen stroomsnelheid en de concentratie onopgeloste bestanddelen kan zijn dat de stroming niet alleen zorgt voor resuspensie van bodembestanddelen en daarmee hogere concentraties onopgeloste bestanddelen, maar ook zorgt voor de aanvoer van schoon water (uit diepere delen van de plas) waardoor concentraties onopgeloste bestanddelen juist verlaagd worden. Hieruit volgt dat het probleem van te hoge concentraties fecale bacteriën in de zwemplas niet eenvoudig is op te lossen door manipulatie van de pompsnelheid of het openen dan wel sluiten van waterinlaten in het helofytenfilter.

Uit waterkwaliteitsmetingen die routinematig door het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier worden uitgevoerd in de plassen van het Park van Luna blijkt dat het doorzicht in de plassen in de periode 2006-2010 gestaag is verbeterd (figuur 18). Doorzicht verhoudt zich negatief tot de concentratie onopgeloste bestanddelen (Roozen et al., 2003). Aangezien de plassen van het Park van Luna betrekkelijk weinig algen bevatten (G. van Ee, persoonlijke mededelingen) zullen onopgeloste bestanddelen vooral bestaan uit anorganisch

geresuspendeerd materiaal. Een mogelijke verklaring is dat de toenemende ontwikkeling van de macrophyten in de plassen in het Park van Luna heeft gezorgd voor een sterkere vastlegging van de bodem en daarmee een kleinere kans op resuspensie (Scheffer et al., 1994). In recente jaren is een gestage vermindering van het jaarlijks percentage overschrijdingen van de waterkwaliteit zichtbaar (jaarlijks percentage metingen met een te hoge *E. coli*concentratie: 2007: 50%; 2008: 65%; 2009: 21%; 2010: 0%). In 2010 is dus voor het eerst sinds het meten van de waterkwaliteit in de zwemplas van het Park van Luna begon geen overschrijding van de kwaliteitsnorm vastgesteld. Het is niet ondenkbaar dat, met de sterk ontwikkelde waterplantenvegetatie die momenteel aanwezig is in de plassen, gecombineerd met de stabilisatie van de waterbodem, overschrijdingen van de waterkwaliteitsnorm tot het verleden behoren. Garanties kunnen echter niet gegeven worden.



Figuur 18
De ontwikkeling in de helderheid van het water in de plassen van het Park van Luna in de periode waarvoor metingen beschikbaar waren.
Bron: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

De belangrijkste openstaande vraag is waarom in het zuidwestelijke deel van de plassen van het Park van Luna stelselmatig hoge concentraties onopgeloste bestanddelen gemeten worden. De zuidelijke plassen zijn relatief ondiep, maar niet veel ondieper dan de oostelijke plas of de zone langs het strand in de westelijke plas, waar lage concentraties onopgeloste bestanddelen gemeten worden. De bedekking met waterplanten in het westelijk deel van de zuidelijke plas is vrijwel volledig met vooral soorten als Schedefonteinkruid (*Potamogeton pectinatus*), Teer Kransblad (*Chara virgata*), Gewoon Kransblad (*Chara vulgaris* var. *vulgaris*) en Smalle waterpest (*Elodea nuttallii*) (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, ongepubliceerde resultaten). Met uitzondering van het diepe deel van de zwemplas is de waterplantenvegetatie in de plassen van het Park van Luna vrijwel overal goed ontwikkeld, hoewel de soortensamenstelling in verschillende delen wel behoorlijk verschilt.

4.2 Relatie tussen watervogels en *E. coli*

De relatie tussen de concentratie *E. coli* in het water en het aantal waargenomen vogels ten tijde van de bemonstering was niet significant. Er was zelfs geen sprake van een trend. In tegenstelling hiermee vonden Benton et al. (1983) in Schotland wel een significante correlatie tussen aantallen meeuwen en de hoeveelheid *E. coli* die zich in het water van een meer bevond. Door soortspecifieke noodkreten van meeuwen te laten horen, werd getracht de meeuwen te verjagen. Dit bleek een succesvolle methode: het zorgde ervoor dat het aantal bacteriën in het water werd gereduceerd tot het niveau van een onvervuild reservoir (Benton et al., 1983).

De bemonstering van de feces maakt wel duidelijk dat de belasting van het zwemwater met fecale bacteriën in belangrijke mate toegeschreven kan worden aan de watervogels. Zoals verwacht was de concentratie *E. coli* in de feces van de omnivore meeuwen (Hatch, 1996) hoger dan die in feces van de grotendeels (Meerkoet) of volledig (Grauwe gans) herbivore vogelsoorten. De concentratie fecale bacteriën wordt vermoedelijk vooral

bepaald door de ecologie van de soorten. Zo vonden Nelson et al. (2008) dat de concentratie *E. coli* in feces van de Zilvermeeuw met gemiddeld $1.0 \cdot 10^6$ kve g^{-1} nat gewicht beduidend hoger was dan dat van de Grote mantelmeeuw (*L. marinus*, $8.7 \cdot 10^4$ kve g^{-1}). Door typering van de *E. coli* stammen kwam men erachter dat de meeuwen de bacteriën vooral opdoen door inname van afval van een vuilnisbelt of terwijl ze in afvalwater baden. Omdat de Zilvermeeuwen voor hun voedsel meer afhankelijk waren van antropogene bronnen dan Grote mantelmeeuwen pikte vooral deze soort veel *E. coli* op.

De in deze studie gevonden concentraties zijn in grote lijnen in overeenstemming met eerdere studies. In een vergelijkende studie vonden Alderisio en DeLuca (1999) gemiddeld $3.68 \cdot 10^8$ kve fecale coliformen per gram feces bij Ringsnavelmeeuwen (*L. delawarensis*), terwijl feces van Canadese ganzen gemiddeld $1.53 \cdot 10^4$ kve. $gram^{-1}$ bevatte. Beduidend minder dus. Vooral de feces van meeuwen zijn veelvuldig onderzocht op het voorkomen van fecale bacteriën. In een studie van Levesque et al. (1993) waarin werd gekeken naar de invloed van de Ringsnavelmeeuw op de microbiologische kwaliteit van recreatief oppervlaktewater vond men dat 99% van de fecale coliforme bacteriën bestond uit *E. coli*. De bacteriële concentratie fecale coliformen bacteriën varieerde van $1.1 \cdot 10^6$ tot $2.4 \cdot 10^7$ (Levesque et al., 1993). In een eerdere studie (Gould en Fletcher, 1978) werden $7.1 \cdot 10^7$ fecale coliforme bacteriën gevonden in feces van Zilvermeeuwen, $5.2 \cdot 10^7$ in dat van Stormmeeuwen, $2.7 \cdot 10^7$ in dat van Kokmeeuwen en $3.7 \cdot 10^8$ in dat van Kleine mantelmeeuwen. Dit zijn getallen die overeenkomen met wat in deze studie gevonden is. Er zijn ons geen studies bekend die de concentraties fecale bacteriën in uitwerpselen van Meerkoeten heeft bekeken.

Het besmettingsgevaar hangt niet alleen af van de concentratie *E. coli* in de uitwerpselen van vogels. Ook het aantal vogels dat poept en de hoeveelheid feces dat een vogel gemiddeld produceert bepaalt hoeveel *E. coli* in het water terecht komt (Gould en Fletcher, 1978). Tabel 6 illustreert dat als de aantallen vogels en de hoeveelheid uitwerpselen die ze produceren mede in beschouwing genomen worden, de potentiële belasting van oppervlaktewater met *E. coli* door de drie soorten vrijwel gelijk is. Bij ganzen wordt de lagere concentratie *E. coli* in de feces gecompenseerd door de hogere productie van uitwerpselen, terwijl dit bij Meerkoet vooral gecompenseerd wordt door de hogere aantallen vogels die zich in het gebied ophouden. Tabel 6 dient echter vooral ter illustratie van het feit dat het besmettingsrisico veroorzaakt door een soort niet alleen afhangt van de concentratie *E. coli* in de uitwerpselen. Er kunnen aan deze tabel geen harde conclusies verbonden worden. Er zijn namelijk veel meer factoren die de besmetting van oppervlaktewater door watervogels beïnvloeden. Zo poepen ganzen vooral tijdens het foerageren, wat ze voornamelijk op het land doen. Hoe dit zit bij de verschillende soorten meeuwen en de Meerkoet is onbekend. Op basis van de ecologie mag verwacht worden dat van de drie soorten de Meerkoet het meest in het water poept omdat deze soort, in tegenstelling tot ganzen en meeuwen, zowel foerageert als rust op het water.

4.3 Het helofytenfilter speelt geen rol bij het verwijderen van fecale bacteriën uit het oppervlaktewater

Deze studie vond geen aanwijzingen dat het helofytenfilter op effectieve wijze fecale bacteriën uit het water filtert. Het al dan niet rondpompen van het water had ook geen significant effect op de *E. coli*-concentratie bij de in- of uitgang van het helofytenfilter. Als er al sprake was van een trend dan was de concentratie *E. coli* bij uitgeschakelde pomp eerder hoger dan lager. Mogelijk werd dat veroorzaakt doordat in het kleine water-volume van het filter relatief veel vogels poepen wat bij rondpompen van het water continu verdund wordt maar zonder rondpompen niet. Door Kleijn et al. (2010) werd gesuggereerd dat de filterende werking van het helofytenfilter verbeterd zou kunnen worden door de momenteel kale watergangen in het filter dicht te laten groeien met Riet (*Phragmites australis*) en andere waterplanten. Gezien de grote aantallen watervogels die in deze studie in het helofytenfilter zijn waargenomen is het echter de vraag of Riet of andere waterplanten zich überhaupt kunnen uitbreiden onder de grote graasdruk in de winter. In de winter van 2010/2011 werden bijvoorbeeld regelmatig vele honderden grauwe ganzen foeragerend in het helofytenfilter waargenomen.

Grauwe ganzen eten in de winter veelal wortelstokken en andere energierijke ondergrondse plantendelen die ze met hun snavel opgraven. Grauwe ganzen kunnen dan ook een sterk negatief effect hebben op de uitbreiding en zelfs aanwezigheid van waterriet (Bakker, 2010; Vulink et al., 2010).

Tabel 6

Een grove schatting van de potentiële E. coli-besmetting die door de belangrijkste soorten(groepen) watervogels in de plassen van het Park van Luna veroorzaakt worden in de maanden juli en augustus 2010. De potentiële besmetting is berekend als de som van de gemiddelde concentratie E. coli in de feces, de gemiddelde fecale productie en het gemiddeld aantal vogels dat tijdens de vier telrondes in juli en augustus 2010 zijn waargenomen. Geschatte fecale productie (g versgewicht/dag/vogel) voor ganzen en meeuwen is afkomstig van respectievelijk Manny et al. (1975) en Gould en Fletcher (1978). Voor Meerkoet zijn dit soort gegevens niet beschikbaar. Ook voor soorten met vergelijkbaar formaat en dieet zoals Tafeleend (Aythya ferina) of Krakeend (Anas strepera) was dit niet bekend. Daarom is voor Meerkoet de fecale productie van de ongeveer 50% grotere Wilde eend (Anas platyrhynchos, Marion et al. 1994) genomen.

Soort(engroep)	<i>E. coli</i> kve.g	Gem. # vogels	Geschatte fecale productie	Potentiële <i>E. coli</i> besmetting
Grauwe gans	8.8*10 ⁶	51	160	7.2* 10 ¹⁰
Meerkoet	1.0*10 ⁷	666	16.7	1.1 * 10 ¹¹
meeuwen	1.2*10 ⁸	63	14.4	1.1*10 ¹¹

Uit oogpunt van de effectiviteit van het helofytenfilter voor de verwijdering van fecale bacteriën is de beperkte begroeiing vermoedelijk geen probleem. Het water van de westelijke zwemplas dat in het helofytenfilter wordt ingelaten bevat namelijk relatief lage concentraties *E. coli* (figuur 9). De delen van de plassen die het zwaarst besmet zijn met *E. coli* liggen daarentegen net benedenstrooms van het helofytenfilter. Zelfs een optimaal functionerend helofytenfilter zou dus nauwelijks fecale bacteriën uit het water kunnen halen en dit schone water zou vervolgens in de zuidelijke plas onmiddellijk besmet raken met *E. coli* dan wel vermengd worden met water met hogere concentraties *E. coli*. Bij de huidige stroomrichting van het water in de plassen van het Park van Luna is dus geen rol van betekenis weggelegd voor het helofytenfilter bij het schonen van met fecale bacteriën besmet water.

4.4 Watervogels laten zich moeilijk verplaatsen

Het bieden van een alternatieve rustplaats in de zuidelijke plas leidde niet tot vermindering van de hoeveelheid watervogels in de zwemplas en het daaraan grenzende strand. Dit heeft mogelijk te maken met het feit dat de aangeboden rustplaats klein was (slechts 6 m²) in vergelijking met het oppervlak van het strand waar de vogels weggevoerd moesten worden. Tegelijkertijd was in de onmiddellijke nabijheid van de vlonder een aantal drooggevallen kribben beschikbaar die veel (soorten) vogels een veel aantrekkelijkere rustplaats boden dan de vlonder (figuur 3). De kribben blijken jaarlijks in de zomermaanden droog te vallen (Klaas Jan de Hart, persoonlijke mededelingen) en tonen aan dat het bieden van een rustplek die volledig is omgeven door water op zich hoge aantallen vogels aan kan trekken. Of dat er vervolgens toe leidt dat er elders in het gebied minder vogels voorkomen is de vraag. Voor ganzen en Meerkoeten lijkt een belangrijke waarde van het strand te zijn dat het een rustplaats biedt die direct grenst aan hun foerageerplekken (gazon respectievelijk de waterplanten in de westelijke plas).

4.5 Geen effect van schonen strandzand op E. coli concentraties

Het schonen van het strand op de wijze waarop dat regulier gebeurt in het Park van Luna had geen effect op de *E. coli* concentraties. De gevonden concentraties *E. coli* lagen in de range van eerder gevonden waarden (Ishii et al., 2006: de grootste dichtheden in periode februari-mei 1 kve g⁻¹ en in de periode juni-oktober 3000

kve g⁻¹). In andere studies werden wisselende effecten van het schonen van stranden op *E. coli*-concentraties gevonden. Kinzelman et al. (2003) vonden meer *E. coli* na mechanisch omwoelen dan na harken of bij de controle. Er was echter geen verschil tussen harken en de controle (Kinzelman et al., 2003). De resultaten van de huidige analyse suggereren dat het schonen van het strand in ieder geval niet leidt tot een verergering van het probleem. Het belangrijkste argument om de vogelpoep van het strand te verwijderen lijkt daarmee de esthetische waarde van een schoon strand te zijn. Toch kan ook het regelmatig verwijderen van de bron van *E. coli*, de uitwerpselen van vogels, indirect een positief effect op de waterkwaliteit in de zwemplas hebben. De lage *E. coli*-concentraties suggereren weliswaar dat het strand geen belangrijke bron van vervuiling is, maar er valt niet uit te sluiten dat *E. coli* uit uitwerpselen die op het strand liggen via laterale afstroming toch in de zwemplas kunnen belanden. Wegens gebrek aan gegevens valt hier weinig over te zeggen.

4.6 Conclusies

Uit dit onderzoek blijkt dat een aantal mogelijke oorzaken van, en daarmee mogelijke oplossingen voor, de hoge concentraties fecale bacteriën in de zwemplas van het Park van Luna doorgestreept kunnen worden.

Het pompregime heeft geen invloed op de concentratie fecale bacteriën in de plassen. Meer of minder pompen biedt dan geen soelaas voor het verlagen van de concentratie fecale bacteriën in het zwemwater.

Het eventueel gebrekkig functioneren van het helofytenfilter is niet (mede) debet aan de hoge concentraties fecale bacteriën in het zwemwater van het Park van Luna. Het helofytenfilter zal zelfs bij optimaal functioneren de waterkwaliteit niet kunnen verbeteren, omdat er relatief schoon water ingaat en de hoogste *E. coli* besmettingen direct benedenstrooms van het helofytenfilter liggen.

Het strandzand blijkt geen belangrijke bron van *E. coli* te zijn. Het schonen van het strand heeft ook geen invloed op de concentratie *E. coli* in het strandzand. Schonen van het strand heeft dan ook vooral een visueel effect en voorkomt mogelijk (dit is niet onderzocht) besmetting van de waterplas via laterale afstroming van vogelpoep.

Meerkoet, meeuwen en Grauwe gans zijn de belangrijkste producenten van *E. coli* in de plassen van het Park van Luna. Alle drie de soorten leveren een belangrijke bijdrage maar het relatieve belang van de drie soortengroepen verschilt afhankelijk van hoe de potentiële belasting met *E. coli* berekend wordt.

De ruimtelijke verdeling van watervogels blijkt moeilijk te beïnvloeden met eenvoudig uit te voeren, betaalbare maatregelen, zoals het aanbieden van alternatieve rustplaatsen.

4.7 Synthese

Deze studie vindt een relatie tussen het voorkomen van *E. coli* en onopgeloste bestanddelen. Er werd geen verband gevonden tussen *E. coli* en de watervogels die de belangrijkste bron van *E. coli* lijken te zijn. Het meest aannemelijke mechanisme dat de concentratie *E. coli* in het water bepaalt is dat het voorkomen van *E. coli* afhangt van zowel (het poepen van) watervogels als de aanwezigheid van onopgeloste bestanddelen. Watervogels zorgen ervoor dat *E. coli* in de waterkolom komt, maar zonder onopgeloste bestanddelen zal *E. coli* niet lang overleven. Onopgeloste bestanddelen vergroten de overleving van *E. coli* maar alleen als er door watervogels *E. coli* wordt aangevoerd. Een dergelijke getrapte relatie kan verklaren waarom in deze studie geen relatie gevonden werd met de aantallen watervogels en ook de relatie met onopgeloste bestanddelen niet erg rechtlijnig was (figuur 11).

Een belangrijke vraag is hoe lang *E. coli* kan overleven bij verschillende concentraties onopgeloste bestanddelen. Als deze periode lang genoeg is kan dit een alternatieve verklaring bieden waarom in deze studie geen relatie werd gevonden met de aantallen watervogels. De *E. coli*-concentratie kan dan bijvoorbeeld ook gerelateerd zijn aan de aantallen vogels die een of meerdere dagen voor de bemonstering op de plassen aanwezig waren.

Het probleem van de hoge concentraties fecale bacteriën in de plassen van het Park van Luna lijkt daarmee veroorzaakt te worden door de interacties tussen watervogels als bron van fecale bacteriën en autonome processen in de plassen die bepalen hoe goed en hoe lang fecale bacteriën kunnen overleven in deze plassen. Hoewel daar in deze studie geen waarnemingen aan zijn gedaan is aannemelijk dat de macrofytenvegetatie bepaalt hoeveel onopgeloste bestanddelen in de waterkolom aanwezig zijn en daarmee indirect hoe groot de kans is op hoge concentraties fecale bacteriën. Tegelijkertijd beïnvloedt de macrofytenvegetatie, als belangrijke voedselbron van watervogels, vermoedelijk ook het aantal watervogels dat op de plassen aanwezig is. Deze processen kunnen de lange termijn trends in concentraties fecale bacteriën goed verklaren. Ze bieden echter geen afdoende verklaring voor de hoge concentraties onopgeloste bestanddelen en *E. coli* in de zuidwest hoek van de plassen van het Park van Luna.

Een onderbouwing van de hierboven geponeerde hypothese vergt meer diepgaand onderzoek naar de interactie tussen watervogels, macrofyten, onopgeloste bestanddelen en *E. coli*-concentraties.

Literatuur

Alderisio, K.A. en N. DeLuca, 1999. Seasonal enumeration of fecal coliform bacteria from the feces of ring-billed gulls (*Larus delawarensis*) and Canada geese (*Branta canadensis*). *Appl. Environ. Microbiol.* 65(12): pp. 5628-5630.

Bakker, E.S., 2010. Effect van zomerbegrazing door Grauwe ganzen op de uitbreiding van waterriet. *De Levende Natuur* 111, pp. 57-59.

Benton, C., F. Khan, P. Monaghan, W.N. Richards en C.B. Shedden, 1983. The contamination of a major water supply by gulls (*Larus* sp.): A study of the problem and remedial action taken. *Water Res.* 17(7): pp. 789-798.

Fogarty, L.R., S.K. Haack, M.J. Wolcott en M.J. Whitman, 2003. Abundance and characteristics of the recreational water quality indicator bacteria *Escherichia coli* and enterococci in gull feces. *J. Appl. Microbiol.* 94(5): pp. 865-878.

Gould, D.J., en M.R. Fletcher, 1978. Gull droppings and their effects on water quality. *Water Res.* 12 (9): pp. 665-67.

Hatch, J.J., 1996. Threat to public health from gulls (*Laridae*). *Internat. J. Environ. Health Res.* 6(1): pp. 5-16.

Hustings, F., K. Koffijberg, E. van Winden en M. van Roomen, *SOVON Ganzen- en Zwanenwerkgroep & Soldaat L. 2009. Watervogels in Nederland in 2007/2008. SOVON-monitoringrapport 2009/02, Waterdienst-rapport 2009.020.* SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.

Kinzelman, J.L., R.L. Whitman, M. Byappanahalli, E. Jackson en R.C. Bagley, 2003. Evaluation of Beach Grooming Techniques on *Escherichia coli* Density in Foreshore Sand at North Beach, Racine, WI. *Lake and Reservoir Management* 19: pp. 349-354.

Kleijn, D., B.G. Meerburg en J. Harmsen, 2010. *Fecale bacteriën in de plassen van het Park van Luna, Heerhugowaard - een verkenning van oorzaken en oplossingen.* Alterra-rapport 2057, Alterra, Wageningen.

Levesque, B., P. Brousseau, P. Simard, E. Dewailly, M. Meisels, D. Ramsay en J. Joly, 1993. Impact of the Ring-Billed Gull (*Larus delawarensis*) on the Microbiological Quality of Recreational Water. *Appl. Environ. Microbiol.* 59(4): pp. 1228-1230.

Nelson, M., S.H. Jones, C. Edwards en J.C. Ellis, 2008. Characterization of *Escherichia coli* populations from gulls, landfill trash, and wastewater using ribotyping. *Dis. Aquat. Org.* 81 (special 3): pp. 53-63.

Roozen, F.C.J. M., G.J. van Geest, B.W. Ibelings, R. Roijackers, M. Scheffer en A.D. Buijse, 2003. Lake age and water level affect the turbidity of floodplain lakes along the lower Rhine. *Freshwater Biology* 48, pp. 519-531.

Scheffer M., M. van den Berg, A.W. Breukelaar, C. Breukers, H. Coops, R.W. Doef en M.-L. Meijer, 1994. Vegetated areas with clear water in turbid shallow lakes. *Aquatic Botany* 49, pp. 193-196.

Vulink, T., M. Tosserams, J. Daling, H. van Manen en M. Zijlstra, 2010. Begrazing door Grauwe ganzen is een bepalende factor voor de ontwikkeling van oevervegetatie in Nederlandse wetlands. *De Levende Natuur* 111, pp. 52-56.

Bijlage 1 De waargenomen aantallen vogels in de veertien telrondes die uitgevoerd zijn in het Park van Luna

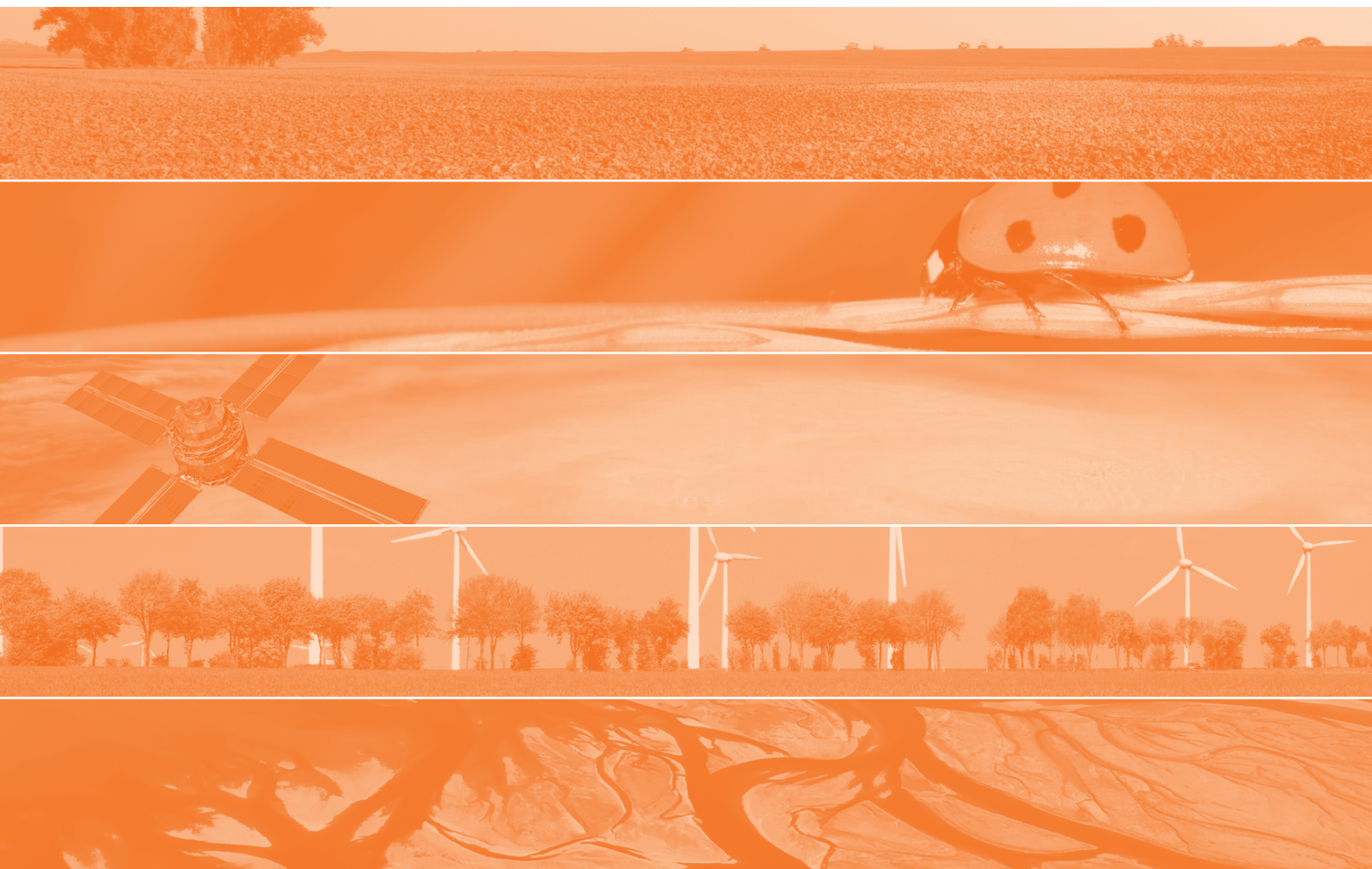
Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	2010									
		1-mrt	1-mrt	2-mrt	2-mrt	2-mrt	15-jul	30-jul	13-aug	27-aug	
		r. 1	r. 2	r. 1	r. 2	r. 3					
Aalscholver	<i>Phalacrocorax carbo</i>	9	17				6	20	31	29	
Bergeend	<i>Tadorna tadorna</i>										
Blauwe reiger	<i>Ardea cinerea</i>	2	12				3			2	
Bonte Strandloper	<i>Calidris alpina</i>							1			
Brandgans	<i>Branta leucopsis</i>	8	10	10			2	3	1	1	
Canadese Gans	<i>Branta canadensis ssp</i>						6	6			
Dodaars	<i>Tachybaptus ruficollis</i>									1	
Fuut	<i>Podiceps cristatus</i>	9	14	3	2	10	29	14	10	40	
Grauwe gans	<i>Anser anser</i>	51	39	85	56	25	6	27	1	1	
Grutto	<i>Limosa limosa</i>		6								
Indische Gans	<i>Anser indicus</i>										
Kauw	<i>Corvus monedula</i>										
Kievit	<i>Vanellus vanellus</i>	50	34				23		3		
Kleine Mantelmeeuw	<i>Larus fuscus</i>		1				33	20		6	
Kleine Zilverreiger	<i>Egretta garzetta</i>							1			
Knobbelzwaan	<i>Cygnus olor</i>	8	2				8			7	
Kokmeeuw	<i>Larus ridibundus</i>	127	135	40	25	27	4	21	12	61	
Krakeend	<i>Mareca strepera</i>									22	
Kuifeend	<i>Aythya fuligula</i>	74	77	63	132	14	45		10	76	
Meerkoet	<i>Fulica atra</i>	217	163	55	143	170	394	619	529	1059	
Muskuseend	<i>Cairina moschata</i>										
Nijlgans	<i>Alopochen aegyptiacus</i>	4			2	1	3	10	4	1	
Oeverloper	<i>Actitis hypoleucos</i>						3			7	
Roerdomp	<i>Botaurus stellaris</i>										
Scholekster	<i>Haematopus ostralegus</i>	260	142	100	20	40	9	6			
Slobeend	<i>Anas clypeata</i>						2				
Smient	<i>Mareca penelope</i>										
Soepgans	<i>Anser unox</i>	4		2			23	56	18	43	
Sperwer	<i>Accipiter nisus</i>										
Stormmeeuw	<i>Larus canus</i>						2				
Tafeleend	<i>Aythya ferina</i>	60	22	2	67	18	28			1	
Tapuit	<i>Oenanthe oenanthe</i>										
Tureluur	<i>Tringa totanus</i>	2					3				
Visdief	<i>Sterna hirundo</i>									9	
Waterhoen	<i>Gallinula chloropus</i>									1	
Watersnip	<i>Gallinago gallinago</i>										
Wilde Eend	<i>Anas platyrhynchos</i>						79	3		61	
Wintertaling	<i>Anas crecca</i>	15	142								
Witgat	<i>Tringa ochropus</i>									1	
Zilvermeeuw	<i>Larus argentatus</i>	4	100	22	18	121	30	11	53	31	
Zwarte Kraai	<i>Corvus corone</i>										

Bijlage 1, Vervolg

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	2010						2011	
		22-sep	28-sep	30-okt	9-nov	26-nov	15-dec	13-jan	19-jan
Aalscholver	<i>Phalacrocorax carbo</i>	58	32	46	49	40	1	8	12
Bergeend	<i>Tadorna tadorna</i>								3
Blauwe reiger	<i>Ardea cinerea</i>	5	1	4	3	1	1	3	5
Bonte Strandloper	<i>Calidris alpina</i>								
Brandgans	<i>Branta leucopsis</i>			1					1
Canadese Gans	<i>Branta canadensis ssp</i>	1	1	1	2			9	8
Dodaars	<i>Tachybaptus ruficollis</i>			6	8	4			
Fuut	<i>Podiceps cristatus</i>	41	62	37	34	43	1	35	7
Grauwe gans	<i>Anser anser</i>	631	22	259	22	373		20	906
Grutto	<i>Limosa limosa</i>								
Indische Gans	<i>Anser indicus</i>					1			
Kauw	<i>Corvus monedula</i>						2		
Kievit	<i>Vanellus vanellus</i>	63	295	201	102	204		26	174
Kleine Mantelmeeuw	<i>Larus fuscus</i>	7	15	5					1
Kleine Zilverreiger	<i>Egretta garzetta</i>								
Knobbelzwaan	<i>Cygnus olor</i>	18	7	18	18	22	9	3	14
Kokmeeuw	<i>Larus ridibundus</i>	5	25	190	43	72	103	49	78
Krakeend	<i>Mareca strepera</i>	258	246	139	206	339		12	77
Kuifeend	<i>Aythya fuligula</i>	104	101	150	157	167	6	184	266
Meerkoet	<i>Fulica atra</i>	1225	1345	2137	2126	2309	706	714	671
Muskuseend	<i>Cairina moschata</i>				1				
Nijlgans	<i>Alopochen aegyptiacus</i>	19	14	9		18		4	
Oeverloper	<i>Actitis hypoleucos</i>		1			1			
Roerdomp	<i>Botaurus stellaris</i>						1		
Scholekster	<i>Haematopus ostralegus</i>	3	1		2	1			6
Slobeend	<i>Anas clypeata</i>			15	29	42		7	
Smient	<i>Mareca penelope</i>		144	194	170	237	440	188	391
Soepgans	<i>Anser unox</i>	34	20	54	40	45	22	29	72
Sperwer	<i>Accipiter nisus</i>	1							
Stormmeeuw	<i>Larus canus</i>		85						
Tafeleend	<i>Aythya ferina</i>	19	12	77	56	40		12	42
Tapuit	<i>Oenanthe oenanthe</i>	1							
Tureluur	<i>Tringa totanus</i>					5	1		
Visdief	<i>Sterna hirundo</i>								
Waterhoen	<i>Gallinula chloropus</i>	2	2	1		4			
Watersnip	<i>Gallinago gallinago</i>	16	4		31	33			
Wilde Eend	<i>Anas platyrhynchos</i>	88	114	62	59	87	13	101	50
Wintertaling	<i>Anas crecca</i>	16	4	6	23	28	5		
Witgat	<i>Tringa ochropus</i>								
Zilvermeeuw	<i>Larus argentatus</i>	47	71	59	55	17	104	12	38
Zwarte Kraai	<i>Corvus corone</i>	1					1		

Bijlage 2 Een overzicht van de resultaten van de bemonstering van *E. coli* en onopgeloste bestanddelen op verschillende locaties in de plassen van het Park van Luna

Vlak	E. coli (kve.100 ml ⁻¹)					Onopgeloste bestanddelen (mg.l ⁻¹)				
	2/3	15/7	30/7	13/8	27/8	2/3	15/7	30/7	13/8	27/8
HF_in	25	61	144	0	15	3	15	15	4	2
HF_uit	*	54	46	8	171	*	5	25	6	7
Noord1	100	30	215	61	46	6	8	7	4	4
Noord2	*	30	30	110	30	*	6	4	4	2
Oost1	*	15	0	0	0	*	6	5	7	5
Oost2	*	0	30	0	0	*	2	4	3	3
Oost3	22	30	0	15	94	6	2	3	5	3
West1	*	15	0	61	144	*	4	4	8	10
West2	*	30	438	0	61	*	5	8	5	5
West3	25	0	232	94	94	5	4	7	3	2
West4	23	179	15	94	15	3	5	7	6	1
Zuid1	*	791	110	270	1494	*	7	11	7	10
Zuid2	*	661	330	720	3181	*	5	15	11	12
Zuid3	337	15	0	0	94	8	4	7	7	11
Zuid4	200	534	0	0	143	7	5	6	4	7
Zuid5	300	0	110	0	177	7	4	5	3	7
Zuid6	*	0	15	0	46	*	5	4	3	6



Alterra is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen negen gespecialiseerde en meer toegepaste onderzoeksinstituten, Wageningen University en hogeschool Van Hall Larenstein hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 40 vestigingen (in Nederland, Brazilië en China), 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de vooraanstaande kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen natuurwetenschappelijke, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines vormen het hart van de Wageningen Aanpak.

Alterra Wageningen UR is het kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

Meer informatie: www.alterra.wur.nl