

DNA bronopsporing op 12 locaties voor RWS in 2024

KWR 2025.004

Datum

27 februari 2025

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat

Meer informatie

G.S. Elsinga BSc

T 0306069674

E goffe.elsinga@kwrwater.nl

Auteur(s)

G.S. Elsinga

Opdrachtnummer

404742

Kwaliteitsborger(s)

L. Heijnen (gedelegeerd namens G. Medema)

Projectmanager

dr. B. Van der Zaan

Pagina

1/30

Inhoud

1	Inleiding	3
2	Methode en aanpak	4
2.1	Verzamelen van watermonsters	4
2.2	Filtratie	4
2.3	Keuze van te analyseren monsters	4
2.4	Interpretatie van de analyse resultaten	5
2.5	DNA analyse	5
3	Resultaten en discussie	7
3.1	De opbrengst van de inhibitie en rendementscontrole	7
3.2	Resultaten DNA analyse en kweek	7
3.2.1	De Oude Pol, meetpunt B	7
3.2.2	De Oude Pol, meetpunt C	10
3.2.3	RCN Strand	11
3.2.4	Rivièra Beach Noord	13
3.2.5	Beachstrand Eemhof	14
3.2.6	Recreatiepark 't Kleine Zeetje	15
3.2.7	Strand Pieterman	17
3.2.8	Strandbad Edam	18
3.2.9	Andijk Zwemstrand	20
3.2.10	Zeestrand Eemshotel	21
3.2.11	Zeestrand Termunten	23
3.2.12	Noordwijk aan Zee Boulevard	24
4	Conclusies	27
5	Referenties	29

1 Inleiding

In het beheergebied van Rijkswaterstaat (hierna: RWS) liggen diverse zwemwaterlocaties. De zwemwaterkwaliteit van deze locaties valt niet altijd in de categorie 'uitstekend' of 'goed'. Conform de Europese zwemwaterrichtlijn is voor de zwemwaterkwaliteitsklasse 'goed' de bovengrenswaarde voor *E. coli* 1000 kve/100 ml, voor intestinale enterococci is dit 400 kve/100 ml. In Nederland wordt de grens van 1800 kolonievormende eenheden (kve)/100 ml met betrekking tot *E. coli* aangehouden als signaalwaarde voor overschrijding van het acute risico (Stuurgroep Water, 2013). Voor intestinale enterococci ligt die grens bij 400 kve /100 ml.

Voor de waterbeheerder is het van belang om de belangrijkste bronnen in beeld te krijgen die bijdragen aan de overschrijdingen van bovengrens- of signaalwaarden in concentraties *E. coli* en intestinale enterococci. Deze indicatorbacteriën komen algemeen voor in darmen van warmbloedige dieren. De concentratie van deze bacteriën in oppervlaktewater geeft daarom een indruk van de concentratie fecaal materiaal in het water en daarmee van de potentiële aanwezigheid van ziekteverwekkende micro-organismen, zoals virussen en bacteriën.

Fecale verontreiniging in oppervlaktewater kan afkomstig zijn van een heel scala aan bronnen. Te denken valt aan de aanwezigheid van (water)vogels, vervuiling door recreanten, afspoeling van agrarisch gebied, effluentlozing door RWZI's, overstorten uit rioolwater- of hemelwaterriolering, aanwezigheid van wilde fauna en afspoeling van honden- en/of paardenfeces. Welk van dergelijke bronnen bijdraagt aan de verminderde (zwem)waterkwaliteit is op basis van alleen de indicator bacteriën (*E. coli* en intestinale enterococci) niet te achterhalen. Met specifieke DNA-methoden is echter wel onderscheid te maken tussen diergroep specifieke bacteriën met een fecale herkomst en kan DNA uit dierlijke cellen worden getypeerd waarvan in de feces hoge concentraties aanwezig zijn (Heijnen & Learbuch 2013, Heijnen et al. 2014, Becker et al. 2017). Zo kunnen dergelijke bacteriën of dierlijke cellen gedetecteerd en gekwantificeerd worden. De diergroepen die momenteel in het laboratorium van KWR met zulke DNA merkers onderscheiden kunnen worden zijn: fecale bacteriën van mensen, vogels, varkens, herkauwers (als groep), runderen (uit de groep van herkauwers) en paarden, en DNA uit cellen van honden en de bruine rat. In het vervolg zal kortheidshalve worden gesproken over 'DNA merkers' voor de verschillende groepen.

De potentiële bronnen van fecale verontreiniging op een officiële zwemwaterlocatie zijn beschreven in zogenaamde zwemwaterprofielen. Met de resultaten van de DNA analyse in de hand kan de (water)beheerder gerichter maatregelen nemen. Deze zijn erop gericht om de invloed van aangetoonde bronnen te minimaliseren en zo de (zwem)waterkwaliteit te verbeteren dan wel te garanderen. Deze proberen de invloed van aangetoonde bronnen te minimaliseren en zo de (zwem)waterkwaliteit te verbeteren dan wel te garanderen. Het doel van het in dit rapport beschreven DNA-onderzoek is om te achterhalen of de in 2024 met DNA merkers onderzochte diergroepen op twaalf zwemwaterlocaties inderdaad hebben bijgedragen aan overschrijdingen van de fecale parameters *E. coli* en intestinale enterococci gedurende het zwemwaterseizoen.

Het gaat om negen zwemwaterlocaties gelegen in zoetwater en drie zwemwaterlocaties in zeeewater. De zoetwaterlocaties zijn meetpunt B (uitmonding Bijsselsche beek) en meetpunt C (aan strandje bij EuroParcs Veluwemeer) van De Oude Pol aan het Veluwemeer t.h.v. Nunspeet, RCN strand bij Zeewolde aan het Veluwemeer, Rivièra Beach Noord liggend ongeveer tegenover Elburg aan het Veluwemeer, Beachstrand Eemhof liggend tegenover Spakenburg aan het Eemmeer, 't Kleine Zeetje bij Spakenburg aan het Eemmeer, Strand Pieterman bij Volendam aan het Markermeer, Strandbad Edam aan het Markermeer en Andijk Zwemstrand bij Kerkbuurt aan het

IJsselmeer. De zoutwaterlocaties zijn Zeestrand Eemshotel in Delfzijl, Zeestrand Termunten en Noordwijk aan Zee Boulevard.

2 Methode en aanpak

2.1 Verzamelen van watermonsters

De onderzochte locaties zijn voor dit onderzoek tussen de 11 en 18 maal bemonsterd (in de periode tussen 22 april tot en met 23 september 2024) voor de bepaling van indicator bacteriën (*E. coli* en intestinale enterococcen). Daarbij is ook steeds extra water verzameld voor de DNA bronanalyse. Volgens afspraak was het de bedoeling om uiterlijk 48 uur na monstername de verzamelde watermonsters conform de voorschriften van KWR te filtreren en te conserveren voor latere analyse op de aanwezigheid van DNA merkers van fecale bronnen. Hunze & Aa's heeft alle monsters op de dag van monstername kunnen filtreren en conserveren. Intertek is er niet altijd in geslaagd om de gestelde termijn van 48 uur te halen, het betrof monsters die niet geanalyseerd zijn voor DNA bronopsporing in dit project. Alle monsters die door Normec Dumea gefiltreerd en geconserveerd zijn, werden door de monster nemende partij (AWS) bevroren bij hun aangeleverd. Hierdoor is Normec Dumea niet in staat geweest om de monsters conform KWR voorschrift te filtreren en te conserveren. De monsters zijn uiteindelijk op 14 oktober en 11 november, na ontdooien, gefiltreerd en geconserveerd. Het effect van het invriezen van de monsters is niet exact bekend, maar heeft naar verwachting een negatieve invloed op het conserveren en daarmee de recovery van de DNA merkers uit deze monsters. De monsters die ingevroren zijn geweest zijn de monsters van alle negen zoetwaterlocaties: De Oude Pol meetpunt B en C, RCN Strand, Rivière Beach Noord, Beachstrand Eemhof, 't Kleine Zeetje, Strand Pieterman, Strandbad Edam en Andijk Zwemstrand.

2.2 Filtratie

Na monstername is in de meeste gevallen 100 ml en in sommige gevallen 60 ml van een monster onder vacuüm gefiltreerd over een polycarbonaat (PC) membraanfilter (Track-edge filters, Sartorius) met een porie-grootte van 0,2 µm en een doorsnede van 4,7 cm. Bij elke monsternameronde is tevens een blanco filter (in alle gevallen 100 ml DNA vrij water) geprepareerd om daarmee het optreden van eventuele contaminaties of vals-positieve reacties vast te kunnen stellen. Na het filtreren van het monster is het filter gespoeld door filtratie met 10 ml van een 0,5 M ammonium-oxalaat oplossing om ijzer te onttrekken uit ijzerhoudende monsters. Dit verbetert het rendement van de DNA extractie van dergelijke monsters aanzienlijk. Na filtratie met ammonium-oxalaat zijn de filters nagespoeld met 20-30 ml PBS oplossing (fosfaat gebufferde fysiologisch zoutoplossing, Gibco – Life Technologies) om restanten ammonium-oxalaat te verwijderen en de pH te neutraliseren. Gedurende de monsternamecampagne zijn de filters ingevroren in lysis buffer totdat de verdere DNA analyses plaatsvonden.

2.3 Keuze van te analyseren monsters

Uit de, per locatie, beschikbare watermonsters zijn er één tot vijf gekozen voor de DNA analyse. Deze keuze is in overleg met RWS-WVL gemaakt en is met name bepaald door de resultaten van de analyses voor fecale indicatorbacteriën (zowel *E. coli* als de intestinale enterococcen) zoals die gedurende het zwemseizoen verkregen werden met de MPN-methode (hierna uitgedrukt als kolonievormende eenheden (kve) per 100 ml). Bij de selectie van de te analyseren monsters is in principe gekozen voor tenminste één datum met verhoogde waarden van

fecale indicatoren, en één datum met lage waarden (als referentie voor de waarden van de DNA merkers bij lage bacteriewaarden)). Om reden van kostenbesparing is door RWS-WVL besloten om in 2024 voor een aantal locaties geen referentie monster te bewerken, maar gebruik te maken van DNA merker referentiegegevens uit meetcampagnes van eerdere jaren. Dit betekent dat voor de betreffende locaties niet is uit te sluiten dat in 2024 mogelijk andere DNA merker referentiewaarden zouden kunnen zijn opgetreden. Het gaat om de locaties De Oude Pol meetpunt B (referentie uit 2022), Beachstrand Eemhof (referentie uit 2018), Recreatiepark 't Kleine Zeetje (referentie uit 2020), Andijk Zwemstrand (referentie uit 2019), Zeestrand Eemshotel (referentie uit 2015) en Zeestrand Termunten (referentie uit 2020).

2.4 Interpretatie van de analyse resultaten

Bij de vergelijking van DNA merker resultaten voor een monster met lage concentratie en een monster met hoge concentratie fecale indicatorbacteriën is de verwachting dat de concentratie DNA merkers in het monster met hoge concentratie informatie geeft over de verontreinigingsbron(nen) die op dat moment verantwoordelijk is voor de verhoogde concentratie fecale indicatorbacteriën. Deze verwachting gaat uit van een goede relatie tussen de concentratie van DNA merkers en de concentratie fecale indicatororganismen. Door verschillende omstandigheden kan deze relatie niet in alle gevallen goed zijn:

- Door het toepassen van verschillende detectietechnieken (qPCR/kweek) kunnen er verschillen optreden. Met de kweek zullen alleen de indicatororganismen, die in staat zijn tot vermeerdering in een selectief kweekmedium, worden gedetecteerd terwijl met qPCR DNA wordt aangetoond. Dit betekent dat DNA-merkers over een langere periode in water detecteerbaar kunnen zijn dan kweekbare indicatorbacteriën.
- Van *E. coli* en enterococci is bekend dat er situaties zijn waarbij deze ook in het milieu kunnen overleven en vermeerderen zodat deze niet altijd een goede indicatie zijn voor de aanwezigheid van fecaal materiaal (en dus van mogelijke ziekteverwekkers).
- De gemiddelde concentraties DNA-merkers en fecale indicatororganismen zijn hoog in feces, waarbij de concentratie DNA merkers gemiddeld hoger zijn dan de concentratie indicatororganismen. Er zijn echter grote variaties in de concentraties van beide parameters in individuele fecesmonsters mogelijk (Heijnen, 2015).

Door bovenstaande punten kunnen er situaties optreden waarin geen fecale indicatororganismen worden aangetoond en wel DNA merkers; en soms ook omgekeerd. Deze situaties worden vooral waargenomen in monsters met verhoogde concentraties fecale indicatorbacteriën waarbij de signaalwaarden voor overschrijding van het acute risico niet worden overschreden. Hoewel door deze verschillen niet altijd een directe relatie kan worden gelegd tussen de concentraties indicatorbacteriën en de concentratie DNA merkers geven de metingen van DNA merkers ook in deze situaties inzicht in de herkomst van fecale verontreinigingen op de bemeeten locatie.

2.5 DNA analyse

De DNA-analyse is op te splitsen in een aantal stappen: DNA-isolatie, DNA-analyse (met behulp van qPCR) en kwaliteitscontrole. Zowel voor de DNA-isolatie als voor de qPCR-analyses is gebruik gemaakt van KWR-werkvoorschriften.

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van qPCR methoden gericht op het voorkomen van fecale verontreiniging van mensen, honden, herkauwers, paarden en vogels. Voor het bepalen van DNA indicatief voor bronnen afkomstig van mensen, herkauwers en paarden is gebruik gemaakt van groepspecifieke bacteriën uit de bacteriegroep *Bacteroides*. Voor het opsporen van verontreinigingen van vogels is gebruik gemaakt van de in hoge concentraties in vogel uitwerpselen voorkomende *Helicobacter* bacterie. Voor het aantonen van fecale verontreiniging van

honden is een methode gebruikt die zich richt op DNA uit honden cellen in plaats van fecaal gerelateerd bacterie materiaal. Fecaliën van honden bevatten veel van dergelijke cellen afkomstig van de darmwand. De resultaten worden hierna weergegeven op een loglineaire schaal als DNA kopieën/L.

De hierboven genoemde vijf qPCR methoden, voor het detecteren van de merkers voor mens, hond, herkauwer, paard en vogel, zijn door de opdrachtgever niet voor elke locatie aangevraagd. Voor de locaties RCN Strand, Riviera Beach Noord en Beachstrand Eemhof zijn alleen mens, hond en vogel aangevraagd. KWR heeft hier wel de qPCR methode voor herkauwer uitgevoerd. Voor locatie Strand Edam zijn alleen mens, herkauwer en vogel aangevraagd. KWR heeft hier ook de qPCR methode voor hond uitgevoerd. Voor de locaties Zeestrand Eemshotel en Zeestrand Termunten zijn alleen mens, hond en herkauwer aangevraagd. KWR heeft hier ook de qPCR methode voor vogel uitgevoerd. De extra uitgevoerde qPCR analyses op monsters van hierboven genoemde locaties paste beter in de workflow en heeft geen extra tijd kost gekost. Hier zijn dan ook geen extra kosten aan verbonden.

De kwaliteitscontrole bevat drie onderdelen:

- In de analyse wordt gebruik gemaakt van een interne controle zodat zicht ontstaat op het rendement van de DNA-extractie en het verloop de qPCR-analyse.
- De analyse van een blanco monster om inzicht te krijgen in het eventueel optreden van contaminaties.
- Een controle van de juistheid van alle gerapporteerde uitkomsten door een collega-laborant.

3 Resultaten en discussie

3.1 De opbrengst van de inhibitie en rendementscontrole

Om te bepalen of de oppervlaktewatermonsters geschikt waren voor qPCR-analyses is de DNA opbrengst van de interne controle (IC) bepaald in elk monster. Door het toevoegen van een bekende hoeveelheid IC-DNA kan men aan de hand van de hoeveelheid DNA die men na DNA extractie en analyse terug meet berekenen hoe goed de isolatie van IC-DNA en de qPCR analyses zijn verlopen: het rendement. Het rendement wordt uitgedrukt als percentage van de bekende hoeveelheid IC-DNA die aan de monsters toegevoegd is. Dit rendement wordt gebruikt om de gevonden hoeveelheden van het target DNA te kunnen corrigeren. Rendementen kunnen negatief beïnvloed worden door de aanwezigheid van stoffen die extractie of de PCR reactie verstoren, dat noemen we remming van de PCR analyse. Het IC DNA wordt na de filtratie stap toegevoegd aan het monster en is daarom geen indicator voor de stappen die voor de filtratie zijn uitgevoerd. In het geval van de monsters van Normec Dumea, die niet conform protocol zijn voorbehandeld, zegt het rendement dus niks over de eventuele verminderde opbrengst van de DNA merkers uit deze monsters.

De rendementen van de DNA-extracties (zie Tabel 1, 3 t/m 7, 9, 10, 12, 14, 16 en 18) bleken voor bijna alle geanalyseerde monsters en de blanco's goed (rendementen tussen 37,1 en 69,5%). Deze uitkomst geeft aan dat de watermonsters afkomstig van deze meetlocaties zich goed lieten behandelen.

De rendementen voor locatie Noordwijk aan Zee van 6 en 22 mei bleken matig, 19,0%, en slecht, 4,9%. De bijbehorende blanco's zijn ook matig, 14,3% en 19,2%. De rendementen van de overige monsters die in dezelfde reeks geëxtraheerd zijn bij KWR, waaronder locatie Noordwijk aan Zee van 13 augustus en 10 september, bleken goed te zijn. Dit geeft aan dat het waarschijnlijk is dat bij de filtratie en/of conservatie op 6 en 22 mei iets niet goed is gegaan.

In de blanco monsters werden geen DNA merkers aangetroffen, zodat er naar alle waarschijnlijkheid geen kruisbesmettingen tussen de gerelateerde monsters zijn opgetreden.

3.2 Resultaten DNA analyse en kweek

3.2.1 De Oude Pol, meetpunt B

Meetpunt B, van de Oude pol bevindt zich op het punt waar de Bijsselsche beek uitmondt in het Veluwemeer nabij zwemlocatie de Oude Pol (zie Afbeelding 1). De zwemlocatie zelf is volgens het zwemwaterprofiel (Arcadis, 2024) van De Oude Pol meer Zuidwestelijk van meetpunt B, net boven de Camping De Oude Pol (Punt A in Afbeelding 1).

In Tabel 1 zijn de DNA concentraties van de onderzochte bronnen van fecale herkomst aangegeven voor meetpunt B van locatie De Oude Pol. Op alle vijf meetmomenten is de DNA merker voor mens aangetroffen. Daarnaast wordt de DNA merker voor herkauwer op 17 juni en 15 juli aangetoond en de DNA merker voor vogels op 1 en 15 juli.

In Figuur 1 zijn de resultaten weergegeven van de met kweek bepaalde waarden voor *E. coli* en intestinale enterococci in de periode waarin DNA monsters zijn genomen op deze locatie. Ook de resultaten van de vastgestelde DNA waarden voor de fecale merkers voor mens, herkauwer en vogel worden hier weergegeven



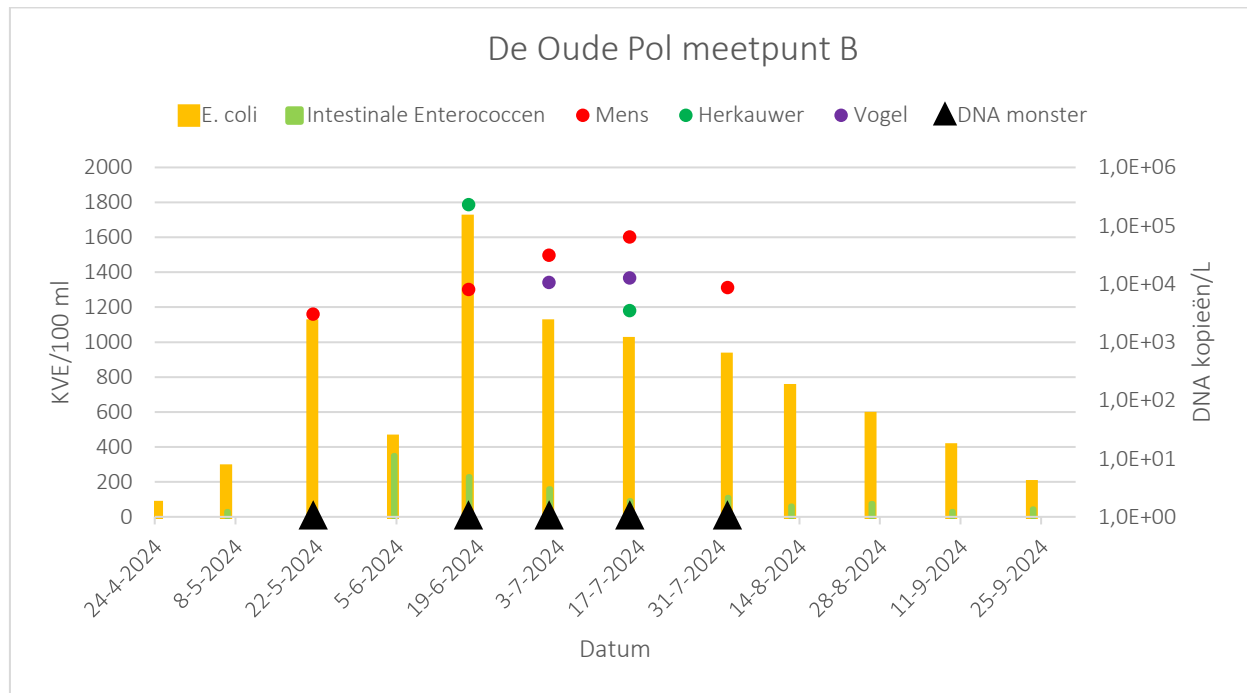
Afbeelding 1. Plattegrond van de omgeving van Camping De Oude Pol aan het Veluwemeer, met daarin; Punt A, de zwemwaterlocatie; Punt B, meetpunt B bij de uitmonding van de Bijsselse beek in het Veluwemeer; Punt C, meetpunt C nabij een strandje bij EuroParcs Veluwemeer aan het Veluwemeer.

Tabel 1. DNA concentraties (kopieën/L) zoals gedetecteerd voor de vijf onderzochte veldmonsters van meetpunt B van locatie De Oude Pol. Gegevens met een '<' betreffen waarden beneden de detectiegrens.

Monster code	Datum / Volume (ml)	Omschrijving	Rendement (%)	DNA kopieën/L				
				Mens	Hond	Herkauwer	Paard	Vogel
LMB-201894-OW	21-mei 100	De Oude Pol meetpunt B	52,9	3,0E+03	<1,4E+03	<1,4E+03	<1,4E+03	<7,1E+03
LMB-201895-OW	17-jun 100	De Oude Pol meetpunt B	60,0	8,1E+03	<1,3E+03	2,3E+05	<1,3E+03	<6,3E+03
LMB-201896-OW	1-jul 100	De Oude Pol meetpunt B	47,7	3,1E+04	<1,6E+03	<1,6E+03	<1,6E+03	1,1E+04
LMB-201897-OW	15-jul 100	De Oude Pol meetpunt B	53,5	6,4E+04	<1,4E+03	3,5E+03	<1,4E+03	1,3E+04
LMB-201898-OW	1-aug 100	De Oude Pol meetpunt B	48,2	8,7E+03	<1,6E+03	<1,6E+03	<1,6E+03	<7,8E+03

Bij alle vijf onderzochte veldmonsters is er sprake van een verhoging of overschrijding van de signaalwaarden voor *E. coli*, waarbij op 21 mei, 17 juni, 1 juli en 15 juli de waarde van 1000 kve/100 ml wordt overschreden en op 1 augustus wordt deze net niet overschreden. Hierbij wordt in alle vijf gevallen de DNA merker voor mens aangetroffen. Daarnaast is de DNA merker voor herkauwer in een hoge concentratie aanwezig op 17 juni, bij de hoogste *E. coli* piek, en in een lagere concentratie op 15 juli. De DNA merker voor vogel wordt in de veldmonsters

van 1 juli en 15 juli aangetroffen. De signaalwaarde voor intestinale enterococchen is alleen op 4 juni verhoogd, maar op dit veldmonster zijn geen DNA analyses uitgevoerd.



Figuur 1. Meetwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococchen van meetpunt B van locatie De Oude Pol, en de vastgestelde DNA-resultaten van potentiële fecale bronnen. *E. coli* en intestinale enterococchen zijn uitgedrukt in een lineaire schaal in kve (kolonievormende eenheden) per 100 ml; de DNA-merkers zijn uitgedrukt op een loglineaire schaal in DNA kopie aantallen/L. De vijf data met DNA analyses zijn weergegeven met een zwarte driehoek op de horizontale as.

Het zwemwaterprofiel (Arcadis, 2024) voor De Oude Pol (Zie Afbeelding 1, Punt A) beschrijft de zwemwaterlocatie en niet specifiek meetpunt B of C (Zie Afbeelding 1, Punt B en Punt C). Het zwemwaterprofiel geeft eveneens aan dat mensen, vogels en herkauwers een rol kunnen spelen bij het optreden van verhoogde bacteriewaarden. Bij mensen vormt de recreatievaart en jachthaven Camping Polsmaten, dat beschikt over 150 ligplaatsen en geen vuilwaterstation, het grootste risico. In het geval van vogels gaat het om de watervogels die soms in grote getale aanwezig zijn op of in omgeving van de zwemwaterlocatie. Voor de herkauwers vormt het agrarisch achterland dat via de Bijsselsche beek uitmondt in het Veluwemeer nabij De Oude Pol, het grootste risico.

Bij eerder onderzoek met DNA merkers werden voor dezelfde locatie ook mensen, vogels, herkauwers en incidenteel honden als bron aangewezen (zie Tabel 2; Kardinaal & Heijnen, 2014, 2015; Hootsmans 2020 t/m 2022; Elsinga & Hootsmans, 2023). Het veldmonster voor DNA merker referentiewaarden is van 14 juni 2022 en er werden hierin geen DNA merkers aangetroffen.

Tabel 2. Overzicht van de DNA merkers zoals vastgesteld in de periode 2014 t/m 2016, 2019, 2021 t/m 2024 op locatie De Oude Pol. De **vetgedrukte tekst** in de kolommen geeft aan welke merker in een meetjaar als indicator voor de voornaamste bron aangemerkt is.

omschrijving	Aangetoonde fecale merkers							
	2014	2015	2016	2019	2021	2022	2023	2024
De oude Pol	mens	vogel, mens, herkauwer, hond	mens, herkauwer, vogel	mens, hond, vogel	mens, herkauwer, vogel	mens, vogel	mens, vogel, herkauwer	mens, vogel, herkauwer

Op basis van deze resultaten met DNA merkers kunnen met name mensen, maar ook herkauwers en vogels worden aangewezen als de meest waarschijnlijke fecale bron voor de verhoogde en overschrijdende bacteriewaarden van *E. coli* op 21 mei, 17 juni, 1 juli en 15 juli en 1 augustus.

3.2.2 De Oude Pol, meetpunt C

Meetpunt C van de Oude pol bevindt zich Noordoostelijk ten opzichte van meetpunt B, aan een strandje vlakbij EuroParcs Veluwemeer (zie Afbeelding 1.) In Tabel 3 zijn de DNA concentraties van de onderzochte bronnen van fecale herkomst aangegeven voor meetpunt C van locatie De Oude Pol. Op meetpunt C wordt op 15 juli de DNA merker voor mens en herkauwer aangetroffen en op 26 augustus alleen de DNA merker voor herkauwer.

Tabel 3. DNA concentraties (kopieën/L) zoals gedetecteerd voor de drie onderzochte veldmonsters van meetpunt C van locatie De Oude Pol. Gegevens met een '<' betreffen waarden beneden de detectiegrens.

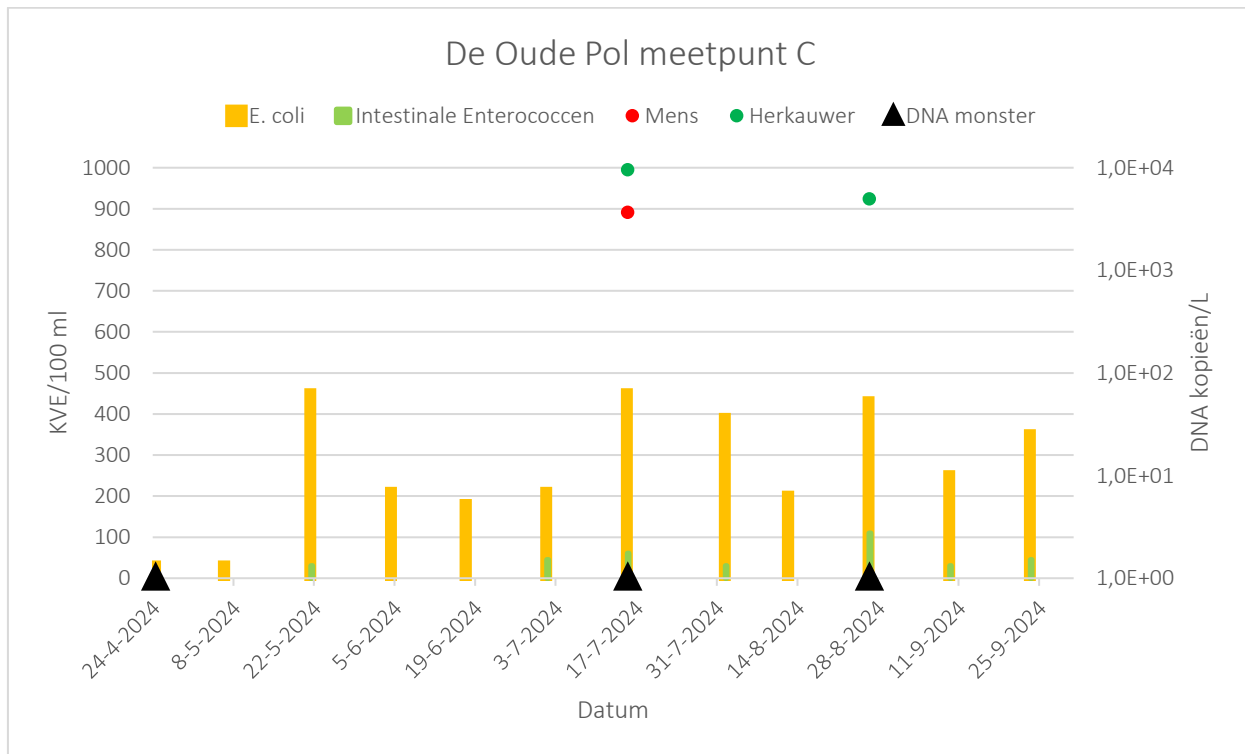
Monster code	Datum / Volume (ml)	Omschrijving	Rendement (%)	DNA kopieën/L				
				Mens	Hond	Herkauwer	Paard	Vogel
LMB-201899-OW	24-apr 100	De Oude Pol extra meetpunt C	47,4	<1,6E+03	<1,6E+03	<1,6E+03	<1,6E+03	<7,9E+03
LMB-201900-OW	15-jul 100	De Oude Pol extra meetpunt C	61,3	3,7E+03	<1,2E+03	9,5E+03	<1,2E+03	<6,1E+03
LMB-201901-OW	26-aug 100	De Oude Pol extra meetpunt C	49,0	<1,5E+03	<1,5E+03	4,9E+03	<1,5E+03	<7,7E+03

In Figuur 2 zijn de resultaten weergegeven van de met kweek bepaalde waarden voor *E. coli* en intestinale enterococci in de periode waarin DNA monsters zijn genomen op deze locatie. Ook de resultaten van de vastgestelde DNA waarden voor de fecale merkers voor mens en herkauwer worden hier weergegeven.

Over het hele zwemwaterseizoen worden er geen overschrijdingen van de signaalwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococci waargenomen. Het veldmonster voor DNA merker referentiewaarden van 24 april heeft een lage *E. coli* waarde en bij de veldmonsters van 15 juli en 26 augustus laten een lichte verhoging van *E. coli* zien. In het veldmonster van 26 augustus is er ook sprake van een lichte verhoging van intestinale enterococci. In het referentie monster worden geen DNA merkers aangetroffen. In het veldmonster van 15 juli worden de DNA merkers voor mens en herkauwer aangetroffen en in het veldmonster van 26 augustus alleen de DNA merker voor herkauwer.

Het zwemwaterprofiel (Arcadis, 2024) voor De Oude Pol (Zie Afbeelding 1, Punt A) beschrijft de zwemwaterlocatie en niet specifiek meetpunt B of C (Zie Afbeelding 1, Punt B en Punt C). Dit zwemwaterprofiel geeft wel aan dat mensen en herkauwers een rol kunnen spelen bij het optreden van verhoogde bacteriewaarden.

Op basis van deze resultaten met DNA merkers kunnen mensen en herkauwers worden aangewezen als de meest waarschijnlijke fecale bron voor de licht verhoogde bacteriewaarden van *E. coli* op 15 juli. Voor de licht verhoogde bacteriewaarden van *E. coli* en intestinale enterococci op 26 augustus kunnen herkauwers worden aangewezen als meest waarschijnlijke fecale bron.



Figuur 2. Meetwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococcon van meetpunt C van locatie De Oude Pol, en de vastgestelde DNA-resultaten van potentiële fecale bronnen. *E. coli* en intestinale enterococcon zijn uitgedrukt in een lineaire schaal in kve (kolonievormende eenheden) per 100 ml; de DNA-merkers zijn uitgedrukt in een loglineaire schaal in DNA kopieën/L. De drie data met DNA analyses zijn weergegeven met een zwarte driehoek op de horizontale as.

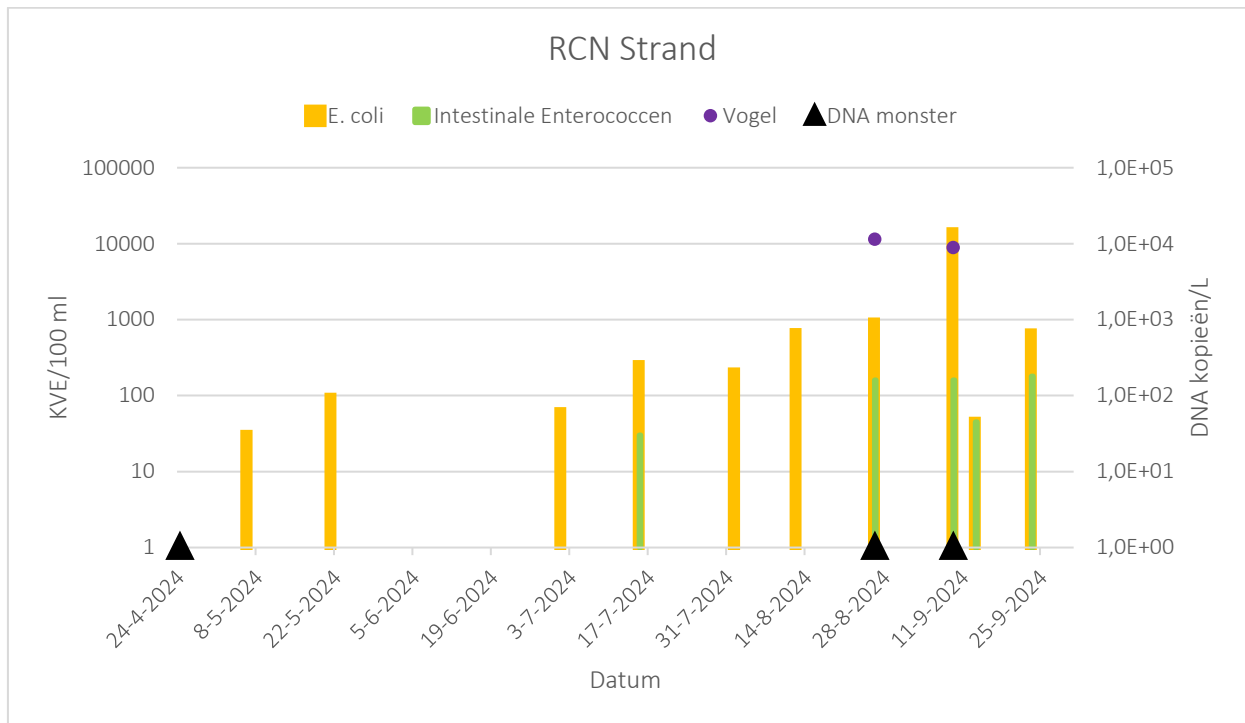
3.2.3 RCN Strand

In Tabel 4 zijn de DNA concentraties van de onderzochte bronnen van fecale herkomst aangegeven voor locatie RCN Strand. In de veldmonsters van 26 augustus en 9 september wordt de DNA merker voor vogel aangetroffen.

Tabel 4. DNA concentraties (kopieën/L) zoals gedetecteerd voor de drie onderzochte veldmonsters van locatie RCN Strand. Gegevens met een '<' betreffen waarden beneden de detectiegrens.

Monster code	Datum / Volume (ml)	Omschrijving	Rendement (%)	DNA kopieën/L			
				Mens	Hond	Herkauwer	Vogel
LMB-201904-OW	24-apr 100	RCN Strand	53,9	<1,4E+03	<1,4E+03	<1,4E+03	<7,0E+03
LMB-201905-OW	26-aug 100	RCN Strand	48,6	<1,5E+03	<1,5E+03	<1,5E+03	1,1E+04
LMB-201906-OW	9-sep 100	RCN Strand	55,2	<1,4E+03	<1,4E+03	<1,4E+03	8,9E+03

In Figuur 3 zijn de resultaten weergegeven van de met kweek bepaalde waarden voor *E. coli* en intestinale enterococcon in de periode waarin DNA monsters zijn genomen op deze locatie. Ook de resultaten van de vastgestelde DNA waarden voor de fecale merker voor vogel wordt hier weergegeven



Figuur 3. Meetwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococcen van locatie RCN strand, en de vastgestelde DNA-resultaten van potentiële fecale bronnen. *E. coli* en intestinale enterococcen zijn uitgedrukt in een loglineaire schaal in kve (kolonievormende eenheden) per 100 ml; de DNA-merkers zijn ook uitgedrukt in een loglineaire schaal in DNA kopie aantallen/L. De drie data met DNA analyses zijn weergegeven met een zwarte driehoek op de horizontale as.

Op 12 en 26 augustus en 23 september zijn de waarden voor *E. coli* verhoogd waarbij op 26 augustus en 23 september ook een lichte verhoging van intestinale enterococcen wordt waargenomen (waarden in loglineaire schaal). Op 9 september wordt de signaalwaarde voor *E. coli* sterk overschreden waarbij er ook een lichte verhoging van intestinale enterococcen wordt waargenomen. Het veldmonster voor DNA merker referentiewaarden van 24 april laat geen signaal zien voor *E. coli* en intestinale enterococcen. Ook worden hierin geen DNA merkers aangetroffen. In de veldmonsters van 26 augustus en 9 september worden beide keren de DNA merker voor vogels aangetoond. Dat de gevonden concentratie van de DNA merker voor vogel in beide monsters ongeveer even hoog is terwijl de gevonden bacteriewaarden voor met name *E. coli* in beide monsters wel erg van elkaar verschillen kan verschillende oorzaken hebben (zie “2.4 Interpretatie van de analyse resultaten”).

Bij eerder onderzoek met DNA merkers in 2018 was er gedurende het zwemwaterseizoen sprake van een overschrijding van de signaalwaarde voor *E. coli* en een verhoging van de signaalwaarde voor intestinale enterococcen op 21 augustus 2018 (Kardinaal, 2018). Toen werden de DNA merkers voor mens, hond, herkauwer, paard en vogel niet aangetroffen in de veldmonsters.

Het zwemwaterprofiel (Arcadis, 2023) voor locatie RCN Strand geeft aan dat vogels een rol kunnen spelen bij het optreden van verhoogde bacteriewaarden.

Op basis van deze resultaten met DNA merkers kunnen vogels worden aangewezen als de meest waarschijnlijke fecale bron voor de verhoogde bacteriewaarden van *E. coli* en intestinale enterococcen op 26 augustus en voor de overschrijdende bacteriewaarden van *E. coli* op 9 september, waarbij de waarden voor intestinale enterococcen verhoogd waren.

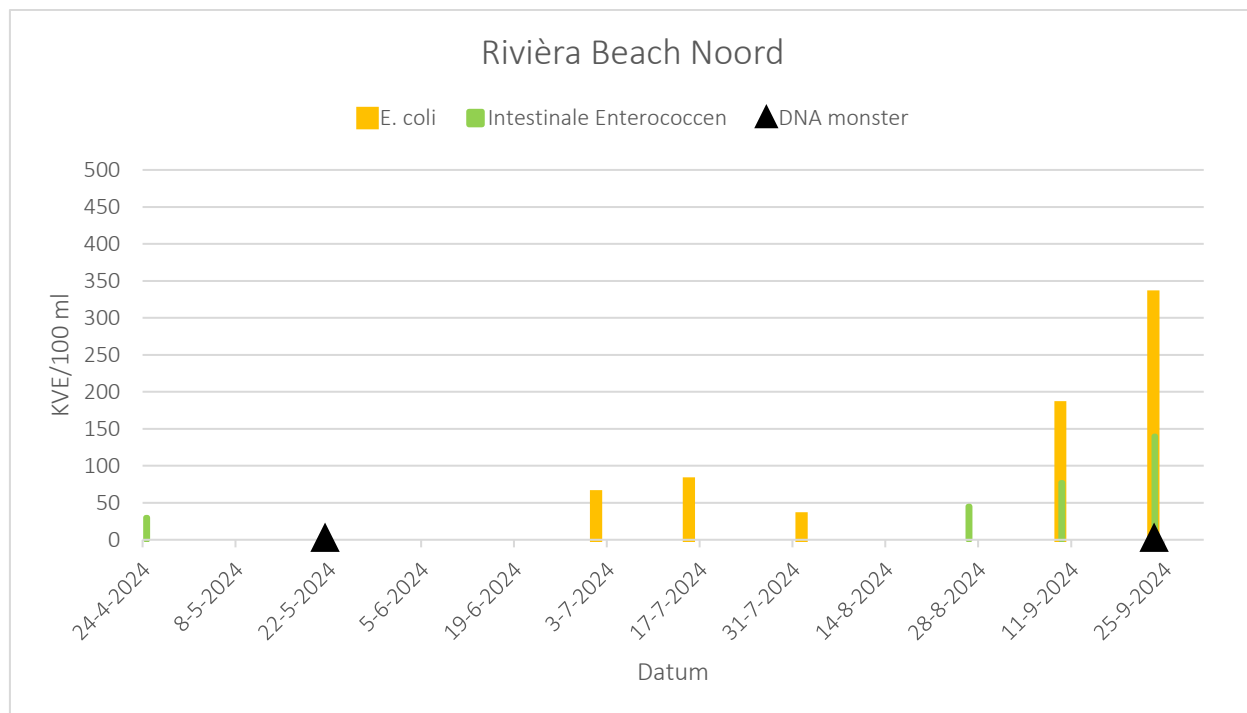
3.2.4 Rivièra Beach Noord

In Tabel 5 zijn de DNA concentraties van de onderzochte bronnen van fecale herkomst aangegeven voor locatie Rivièra Beach Noord. In de veldmonsters zijn geen DNA merkers van mens, hond, herkauwer of vogel aangetroffen.

Tabel 5. DNA concentraties (kopieën/L) zoals gedetecteerd voor de twee onderzochte veldmonsters van locatie Rivièra Beach Noord. Gegevens met een '<' betreffen waarden beneden de detectiegrens.

Monster code	Datum / Volume (ml)	Omschrijving	Rendement (%)	Mens	Hond	Herkauwer	Vogel
				DNA kopieën/L			
LMB-201910-OW	21-mei 100	Rivièra Beach Noord	50,0	<1,5E+03	<1,5E+03	<1,5E+03	<7,5E+03
LMB-201911-OW	23-sep 60	Rivièra Beach Noord	47,2	<2,6E+03	<2,6E+03	<2,6E+03	<1,3E+04

In Figuur 4 zijn de resultaten weergegeven van de met kweek bepaalde waarden voor *E. coli* en intestinale enterococchen in de periode waarin DNA monsters zijn genomen op deze locatie.



Figuur 4. Meetwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococchen van locatie Rivièra Beach Noord. *E. coli* en intestinale enterococchen zijn uitgedrukt in een lineaire schaal in kve (kolonievormende eenheden) per 100 ml; De twee data met DNA analyses zijn weergegeven met een zwarte driehoek op de horizontale as.

Over het hele zwemwaterseizoen worden er geen overschrijdingen van de signaalwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococchen waargenomen. Van 29 juli zijn geen kweek resultaten van *E. coli* en intestinale enterococchen beschikbaar. Op 23 september is er sprake van een lichte verhoging van de signaalwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococchen. Het veldmonster voor DNA merker referentiewaarden van 21 mei laat geen signaal zien voor *E. coli* en intestinale enterococchen. Ook worden hierin geen DNA merkers aangetroffen. In het veldmonster van 23 september worden geen DNA merkers aangetroffen.

Bij eerder onderzoek met DNA merkers werden voor deze locatie mensen en honden als bron aangewezen bij een overschrijding van de signaalwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococcen op 18 september 2023 (Elsinga & Hootsmans, 2023).

Het zwemwaterprofiel (Arcadis, 2024) voor locatie Rivière Beach Noord geeft aan dat mensen (bezoekers, recreatievaart) en vogels een mogelijke rol kunnen spelen bij het optreden van verhoogde bacteriewaarden.

Op basis van de resultaten met DNA merkers kan geen fecale bron worden aangewezen voor de licht verhoogde bacteriewaarden van *E. coli* en intestinale enterococcen op 23 september.

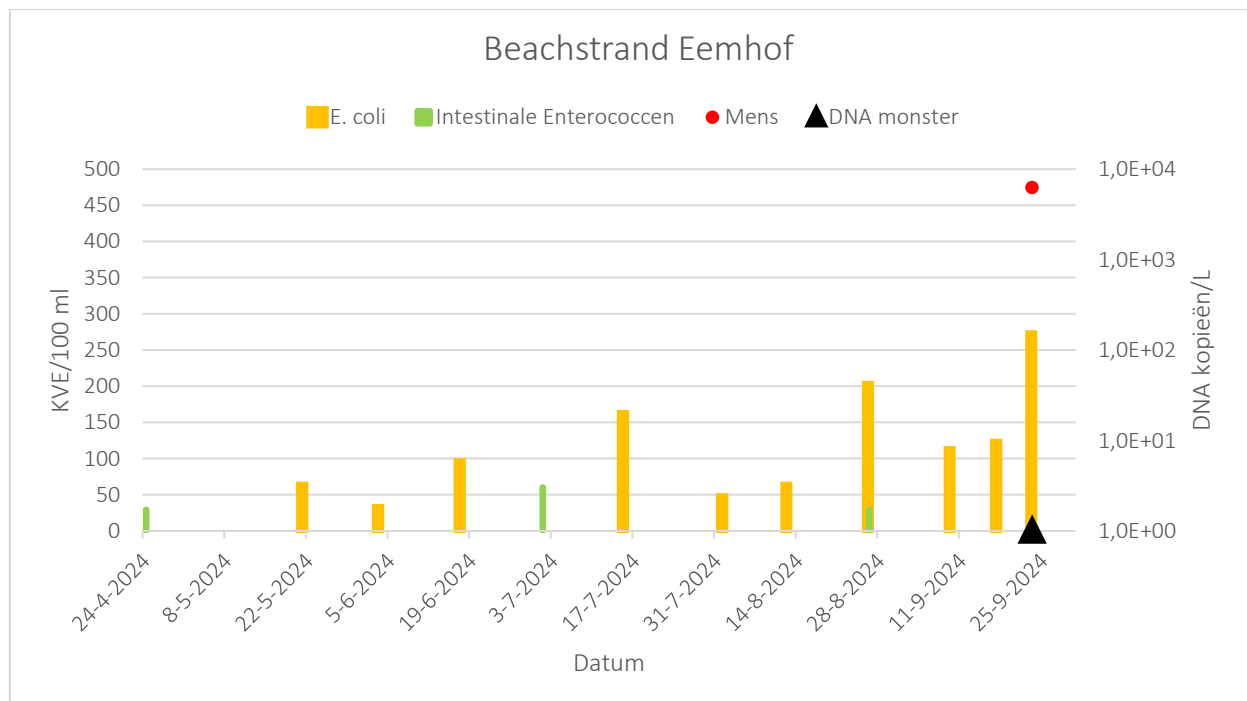
3.2.5 Beachstrand Eemhof

In Tabel 6 zijn de DNA concentraties van de onderzochte bronnen van fecale herkomst aangegeven voor locatie Beachstrand Eemhof. In het veldmonster van 23 september is de DNA merker voor mens aangetroffen.

Tabel 6. DNA concentraties (kopieën/L) zoals gedetecteerd voor het onderzochte veldmonster van locatie Beachstrand Eemhof. Gegevens met een '<' betreffen waarden beneden de detectiegrens.

Monster code	Datum / Volume (ml)	Omschrijving	Rendement (%)	Mens	Hond	Herkauwer	Vogel
				DNA kopieën/L			
LMB-201912-OW	23-sep 100	Beachstrand Eemhof	53,0	6,3E+03	<1,4E+03	<1,4E+03	<7,1E+03

In Figuur 5 zijn de resultaten weergegeven van de met kweek bepaalde waarden voor *E. coli* en intestinale enterococcen in de periode waarin DNA monsters zijn genomen op deze locatie.



Figuur 5. Meetwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococcen van locatie Beachstrand Eemhof, en de vastgestelde DNA-resultaten van potentiële fecale bronnen. *E. coli* en intestinale enterococcen zijn uitgedrukt in een lineaire schaal in kve (kolonievormende eenheden) per 100 ml; de DNA-merkers zijn uitgedrukt op een loglineaire schaal in DNA kopie aantallen/L. De datum met DNA analyses is weergegeven met een zwarte driehoek op de horizontale as

Over het hele zwemwaterseizoen worden er geen overschrijdingen van de signaalwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococci waargenomen. Op 23 september is er wel sprake van een lichte verhoging van de signaalwaarden voor *E. coli*. In dat veldmonster wordt ook de DNA merker voor mens aangetroffen. Van 29 juli en 18 september zijn geen kweek resultaten van *E. coli* en intestinale enterococci beschikbaar. Het veldmonster voor DNA merker referentiewaarden is van 4 september 2018 en hierin werden de DNA markeringen voor mens en vogel aangetroffen (Kardinaal, 2018). Ook bij de veldmonsters uit het eerdere onderzoek met DNA markeringen in 2018 was er gedurende het zwemwaterseizoen geen sprake van overschrijding van de signaalwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococci, maar wel sprake van lichte verhogingen (Kardinaal, 2018). Toen werd de DNA merker van mens ook aangetroffen naast die van vogel.

Het zwemwaterprofiel (Arcadis, 2024) voor locatie Beachstrand Eemhof geeft aan dat mensen (bezoekers, recreatievaart) en vogels een mogelijke rol kunnen spelen bij het optreden van verhoogde bacteriewaarden.

Op basis van de resultaten met DNA markeringen kunnen mensen worden aangewezen als de meest waarschijnlijke fecale bron voor de licht verhoogde bacteriewaarden van *E. coli* op 23 september.

3.2.6 Recreatiepark 't Kleine Zeetje

In Tabel 7 zijn de DNA concentraties van de onderzochte bronnen van fecale herkomst aangegeven voor locatie Recreatiepark 't Kleine Zeetje. Op 21 mei, 1 augustus, 12 augustus en 16 augustus wordt de DNA merker voor mens aangetroffen. Op 16 augustus wordt ook de DNA merker voor vogel gevonden.

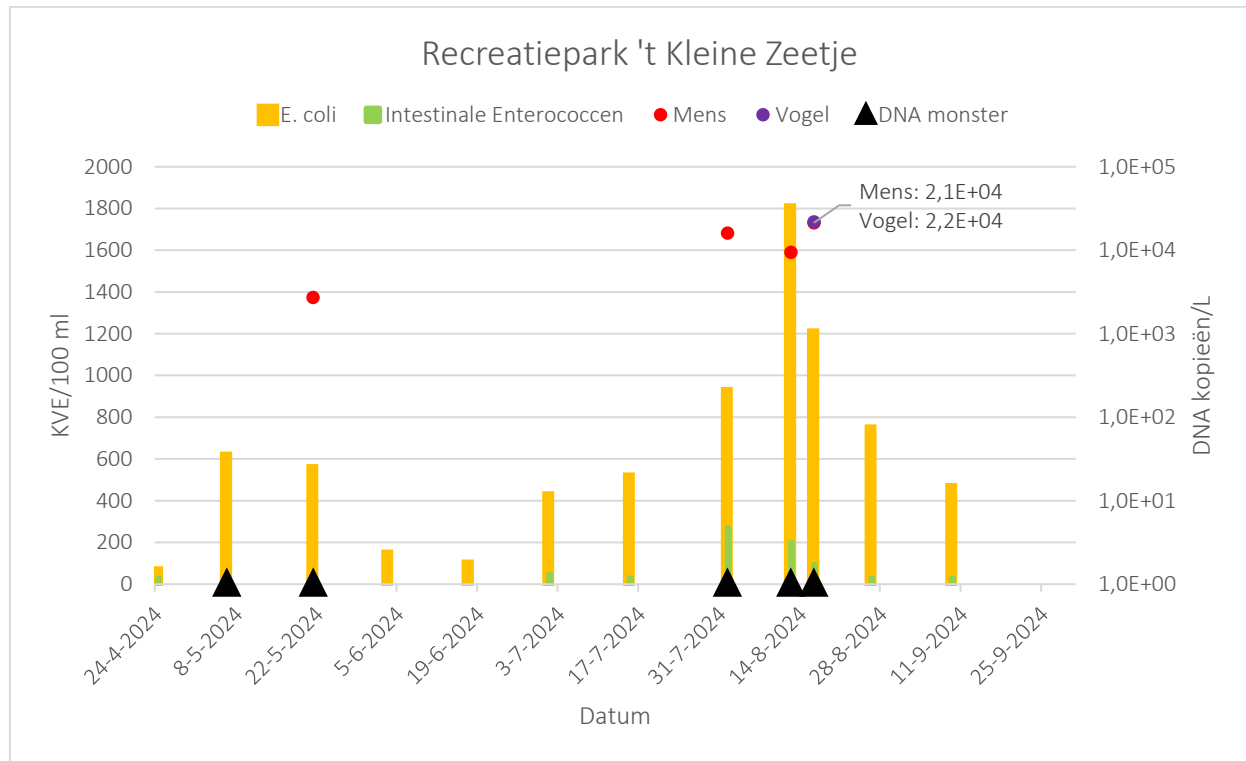
Tabel 7. DNA concentraties (kopieën/L) zoals gedetecteerd voor de vijf onderzochte veldmonsters van locatie Recreatiepark 't Kleine Zeetje. Gegevens met een '<' betreffen waarden beneden de detectiegrens.

Monster code	Datum / Volume (ml)	Omschrijving	Rendement (%)	DNA kopieën/L				
				Mens	Hond	Herkauwer	Paard	Vogel
LMB-201915-OW	6-mei 100	Recreatiepark 't Kleine Zeetje	43,6	<1,7E+03	<1,7E+03	<1,7E+03	<1,7E+03	<8,6E+03
LMB-201916-OW	21-mei 100	Recreatiepark 't Kleine Zeetje	45,7	2,7E+03	<1,6E+03	<1,6E+03	<1,6E+03	<8,2E+03
LMB-201917-OW	1-aug 100	Recreatiepark 't Kleine Zeetje	46,7	1,6E+04	<1,6E+03	<1,6E+03	<1,6E+03	<8,0E+03
LMB-201918-OW	12-aug 100	Recreatiepark 't Kleine Zeetje	49,9	9,4E+03	<1,5E+03	<1,5E+03	<1,5E+03	<7,5E+03
LMB-201919-OW	16-aug 100	Recreatiepark 't Kleine Zeetje	48,6	2,1E+04	<1,5E+03	<1,5E+03	<1,5E+03	2,2E+04

In Figuur 6 zijn de resultaten weergegeven van de met kweek bepaalde waarden voor *E. coli* en intestinale enterococci in de periode waarin DNA monsters zijn genomen op deze locatie. Ook de resultaten van de vastgestelde DNA waarden voor de fecale markeringen voor mens, herkauwer en vogel worden hier weergegeven. Op de momenten dat de veldmonsters genomen zijn, zijn er ook verhogingen van de signaalwaarden voor *E. coli* waargenomen (>500 kve/100 ml) en op 12 en 16 augustus worden de signaalwaarden voor *E. coli* overschreden (>1000 kve/100 ml). Daarbij is er ook sprake van verhogingen van de signaalwaarden voor intestinale enterococci op 1 en 12 augustus.

In het veldmonster van 6 mei zijn geen DNA markeringen gevonden. In de overige veldmonsters wordt de DNA merker voor mens aangetroffen en op 16 augustus daarbij ook de DNA merker voor vogel. Het veldmonster voor DNA

merker referentiewaarden is van 3 juni 2020 en hierin werden geen DNA merkers voor mens, hond, herkauwer, paard en vogel aangetroffen (Hootsmans, 2020).



Figuur 6. Meetwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococcen van locatie Recreatiepark 't Kleine Zeetje, en de vastgestelde DNA-resultaten van potentiële fecale bronnen. *E. coli* en intestinale enterococcen zijn uitgedrukt in een lineaire schaal in kve (kolonievormende eenheden) per 100 ml; de DNA-merkers zijn uitgedrukt op een loglineaire schaal in DNA kopie aantallen/L. De data met DNA analyses zijn weergegeven met een zwarte driehoek op de horizontale as.

Bij eerder onderzoek met DNA merkers werden voor dezelfde locatie naast mensen en vogels ook herkauwers en honden als bron aangewezen (zie Tabel 8; Kardinaal & Heijnen, 2014, 2015; Hootsmans 2020 t/m 2022; Elsinga & Hootsmans, 2023). In de periode 2016 tot en met 2019 zijn geen DNA metingen gedaan. Er zijn in 2020 voor deze locatie waarbij sprake was van enkele overschrijdingen van de signaalwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococcen geen DNA merkers aangetroffen (Hootsmans, 2020). In 2023 zijn ook geen DNA merkers aangetroffen op momenten dat er overschrijdingen voor de signaalwaarden van *E. coli* werden waargenomen, wat mogelijk het gevolg was van een fecale besmetting met een bron die niet geanalyseerd is in die opdracht of één van de andere redenen die uitgelegd zijn in “2.4 Interpretatie van de analyseresultaten”. In 2023 was de mogelijke verwisseling van blanco monsters met veldmonsters ook niet uit te sluiten (Elsinga & Hootsmans, 2023).

Tabel 8. Overzicht van de DNA merkers zoals gemeten in 2014, 2015, en 2020 t/m 2024 op locatie Recreatiepark 't Kleine Zeetje. De **vetgedrukte** tekst in de kolommen geeft aan welke merker in een meetjaar als indicator voor de voornaamste bron aangemerkt is.

omschrijving	Aangetoonde fecale merkers						
	2014	2015	2020	2021	2022	2023	2024
Recreatiepark 't Kleine Zeetje	mens, herkauwer, vogel	mens, vogel, hond	geen	mens, herkauwer, vogel	mens, vogel	geen	mens, vogel

Het zwemwaterprofiel (Arcadis, 2024) voor locatie Recreatiepark 't Kleine Zeetje geeft aan dat mensen (bezoekers, recreatievaart) en vogels een mogelijke rol kunnen spelen bij het optreden van verhoogde bacteriewaarden.

Op basis van de resultaten met DNA merkers kunnen mensen en vogels worden aangewezen als de meest waarschijnlijke fecale bron voor overschreden signaalwaarden van *E. coli* op 16 augustus. Daarnaast zijn mensen de meest waarschijnlijke fecale bron voor de verhoogde signaalwaarden van *E. coli* en intestinale enterococcen op 1 augustus en ook voor de overschreden signaalwaarde van *E. coli* en de verhoogde signaalwaarde van intestinale enterococcen op 12 augustus.

3.2.7 Strand Pieterman

In Tabel 9 zijn de DNA concentraties van de onderzochte bronnen van fecale herkomst aangegeven voor locatie Strand Pieterman bij Volendam. In de veldmonsters zijn geen DNA merkers van mens, hond, herkauwer of vogel aangetroffen.

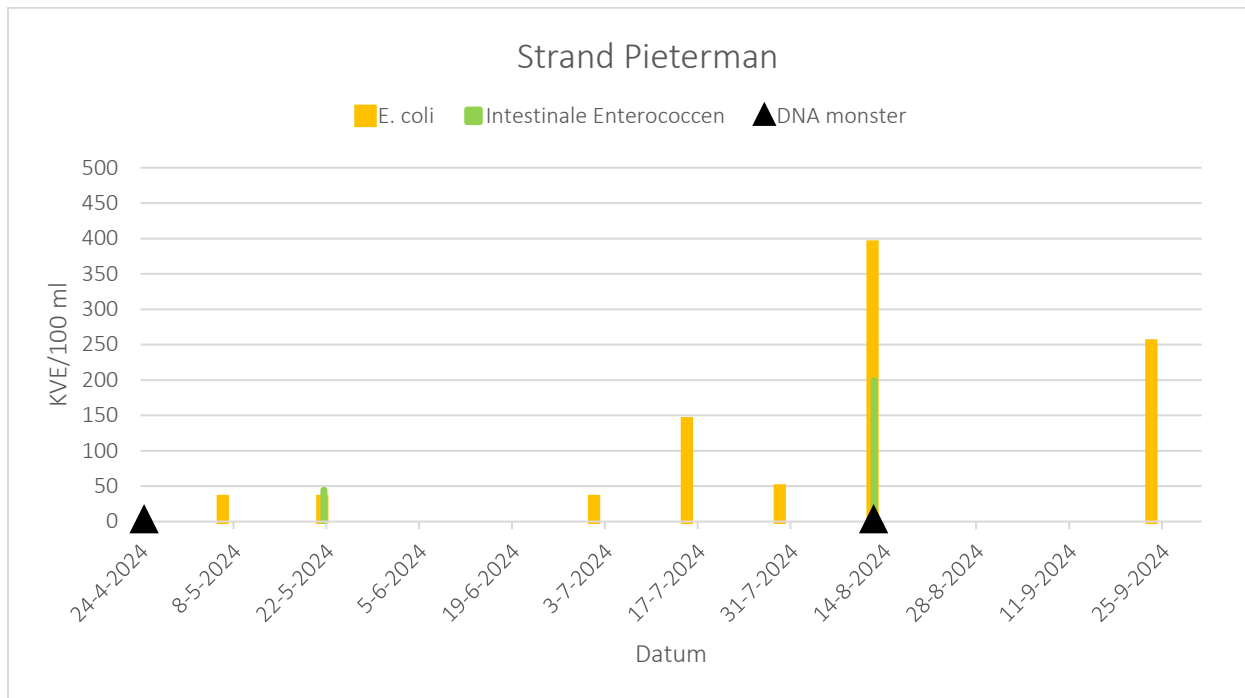
Tabel 9. DNA concentraties (kopieën/L) zoals gedetecteerd voor de twee onderzochte veldmonster van locatie Strand Pieterman. Gegevens met een '<' betreffen waarden beneden de detectiegrens.

Monster code	Datum / Volume (ml)	Omschrijving	Rendement (%)	DNA kopieën/L			
				Mens	Hond	Herkauwer	Vogel
LMB-201902-OW	24-apr 100	Strand Pieterman Volendam	59,8	<1,3E+03	<1,3E+03	<1,3E+03	<6,3E+03
LMB-201903-OW	12-aug 100	Strand Pieterman Volendam	49,3	<1,5E+03	<1,5E+03	<1,5E+03	<7,6E+03

In Figuur 7 zijn de resultaten weergegeven van de met kweek bepaalde waarden voor *E. coli* en intestinale enterococcen in de periode waarin DNA monsters zijn genomen op deze locatie. Het veldmonster voor DNA merker referentiewaarden van 24 april laat geen signaal zien voor *E. coli* en intestinale enterococcen. Ook worden hierin geen DNA merkers aangetroffen. In het veldmonster van 12 augustus is er sprake van een verhoging van *E. coli* en intestinale enterococcen, maar hier worden ook geen DNA merkers aangetroffen.

Het zwemwaterprofiel (Arcadis, 2024) voor locatie Strand Pieterman geeft aan dat met name mensen (bezoekers, recreatievaart) en vogels een mogelijke rol kunnen spelen bij het optreden van verhoogde bacteriewaarden.

Op basis van de resultaten met DNA merkers kan geen fecale bron worden aangewezen voor de verhoogde bacteriewaarden van *E. coli* en intestinale enterococcen op 12 augustus.



Figuur 7. Meetwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococcen van locatie Strand Pieterman. *E. coli* en intestinale enterococcen zijn uitgedrukt in een lineaire schaal in kve (kolonievormende eenheden) per 100 ml. De data met DNA analyses zijn weergegeven met een zwarte driehoek op de horizontale as.

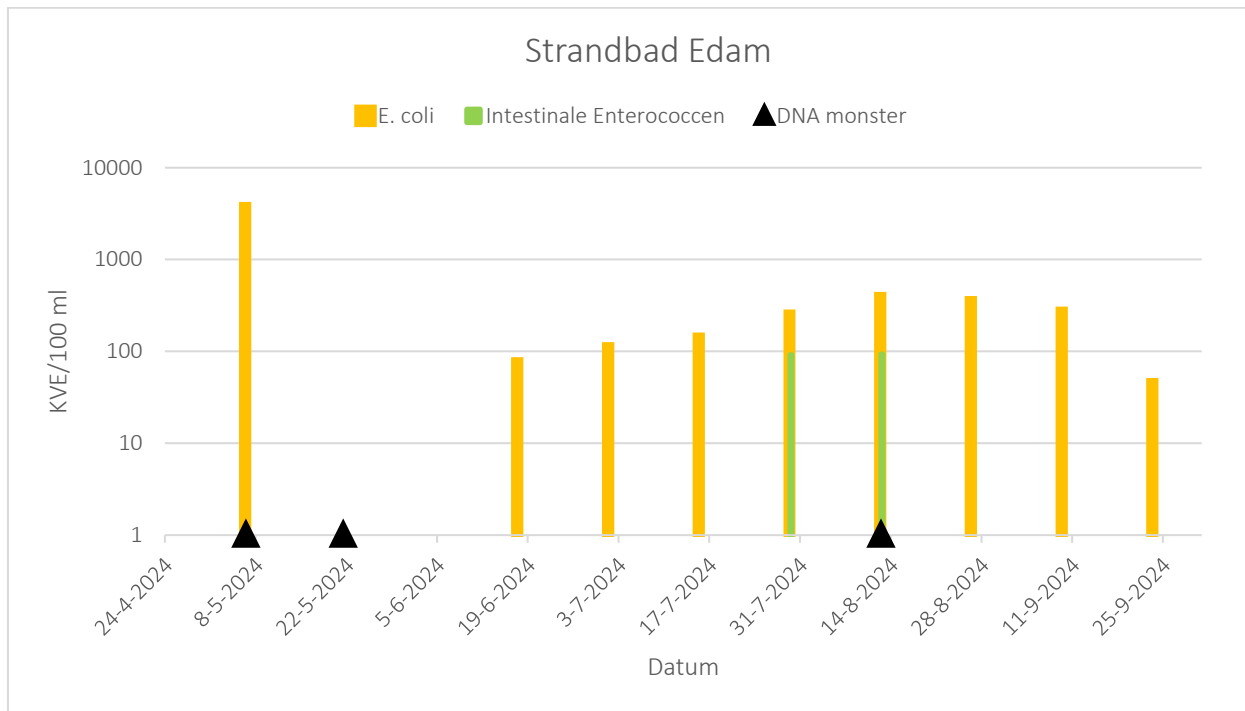
3.2.8 Strandbad Edam

In Tabel 10 zijn de DNA concentraties van de onderzochte bronnen van fecale herkomst aangegeven voor locatie Strandbad Edam. In de veldmonsters zijn geen DNA merkers van mens, hond, herkauwer of vogel aangetroffen.

Tabel 10. DNA concentraties (kopieën/L) zoals gedetecteerd voor de drie onderzochte veldmonster van locatie Strandbad Edam. Gegevens met een '<' betreffen waarden beneden de detectiegrens.

Monster code	Datum / Volume (ml)	Omschrijving	Rendement (%)	DNA kopieën/L			
				Mens	Hond	Herkauwer	Vogel
LMB-201907-OW	6-mei 100	Strand Edam	55,4	<1,4E+03	<1,4E+03	<1,4E+03	<6,8E+03
LMB-201908-OW	21-mei 100	Strand Edam	55,0	<1,4E+03	<1,4E+03	<1,4E+03	<6,8E+03
LMB-201909-OW	12-aug 100	Strand Edam	53,3	<1,4E+03	<1,4E+03	<1,4E+03	<7,0E+03

In Figuur 8 zijn de resultaten weergegeven van de met kweek bepaalde waarden voor *E. coli* en intestinale enterococcen in de periode waarin DNA monsters zijn genomen op deze locatie. Op 6 mei is er sprake van een overschrijding van de signaalwaarden voor *E. coli* en op 1, 15 en 29 juli, 12 en 26 augustus en 9 september zijn de signaalwaarden voor *E. coli* licht verhoogd. Daarbij is er op 29 juli en 12 augustus ook een lichte verhoging van de signaalwaarden voor intestinale enterococcen waargenomen. Het veldmonster voor DNA merker referentiewaarden van 21 mei laat geen signaal zien voor *E. coli* en intestinale enterococcen. Ook worden hierin geen DNA merkers aangetroffen, net als in de veldmonsters van 6 mei en 12 augustus.



Figuur 8. Meetwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococcen van locatie Strandbad Edam. *E. coli* en intestinale enterococcen zijn uitgedrukt in een loglineaire schaal in kve (kolonievormende eenheden) per 100 ml. De data met DNA analyses zijn weergegeven met een zwarte driehoek op de horizontale as.

Bij eerder onderzoek met DNA merkers werden voor dezelfde locatie naast herkauwers ook mensen, honden en vogels als bron aangewezen (zie Tabel 11; Kardinaal & Heijnen, 2016; Kardinaal, 2017, 2018; Hootsmans, 2019, 2020, 2021, 2022). In 2023 zijn geen DNA metingen gedaan.

Tabel 11. Overzicht van de DNA merkers zoals vastgesteld in de periode 2016 t/m 2022 en 2024 op locatie Strandbad Edam. De **vetgedrukte** tekst in de kolommen geeft aan welke merker in een meetjaar als indicator voor de voornaamste bron aangemerkt is.

omschrijving	Aangetoonde fecale merkers							
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2024
Badstrand Edam	mens , hond, vogel	mens , herkauwer	vogel , herkauwer, hond, mens	hond	mens	herkauwer	geen	geen

Het zwemwaterprofiel (Arcadis, 2024) voor locatie Strandbad Edam geeft aan dat met mensen (bezoekers, recreatievaart), vogels en herkauwers (afspoeling agrarisch achterland) een mogelijke rol kunnen spelen bij het optreden van verhoogde bacteriewaarden.

Op basis van de resultaten met DNA merkers kan geen fecale bron worden aangewezen voor de overschrijding van de signaalwaarden voor *E. coli* op 6 mei en de verhoging van de bacteriewaarden voor *E. coli* en intestinale enterococcen op 12 augustus.

3.2.9 Andijk Zwemstrand

In Tabel 12 zijn de DNA concentraties van de onderzochte bronnen van fecale herkomst aangegeven voor locatie Andijk Zwemstrand. In de beide veldmonsters is de DNA merker van mens aangetroffen. In eerste instantie leek het erop dat het veldmonster van 26 augustus niet aanwezig was. Op verzoek van RWS is toen besloten om het veldmonster van 15 juli daarvoor in de plaats te analyseren. Bij nadere inspectie bleek het veldmonster van 26 augustus wel aanwezig te zijn onder een andere codering (Koopm DDR) en is deze, naast die van 15 juli, ook geanalyseerd. Hieraan zijn geen extra kosten verbonden.

Tabel 12. DNA concentraties (kopieën/L) zoals gedetecteerd voor de twee onderzochte veldmonster van locatie Andijk Zwemstrand. Gegevens met een '<' betreffen waarden beneden de detectiegrens.

Monster code	Datum / Volume (ml)	Omschrijving	Rendement (%)	DNA kopieën/L			
				Mens	Hond	Herkauwer	Vogel
LMB-201913-OW	15-jul 100	Andijk zwemstrand	48,2	3,8E+03	<1,6E+03	<1,6E+03	<7,8E+03
LMB-201914-OW	26-aug 100	Andijk zwemstrand	45,8	2,2E+03	<1,6E+03	<1,6E+03	<8,2E+03

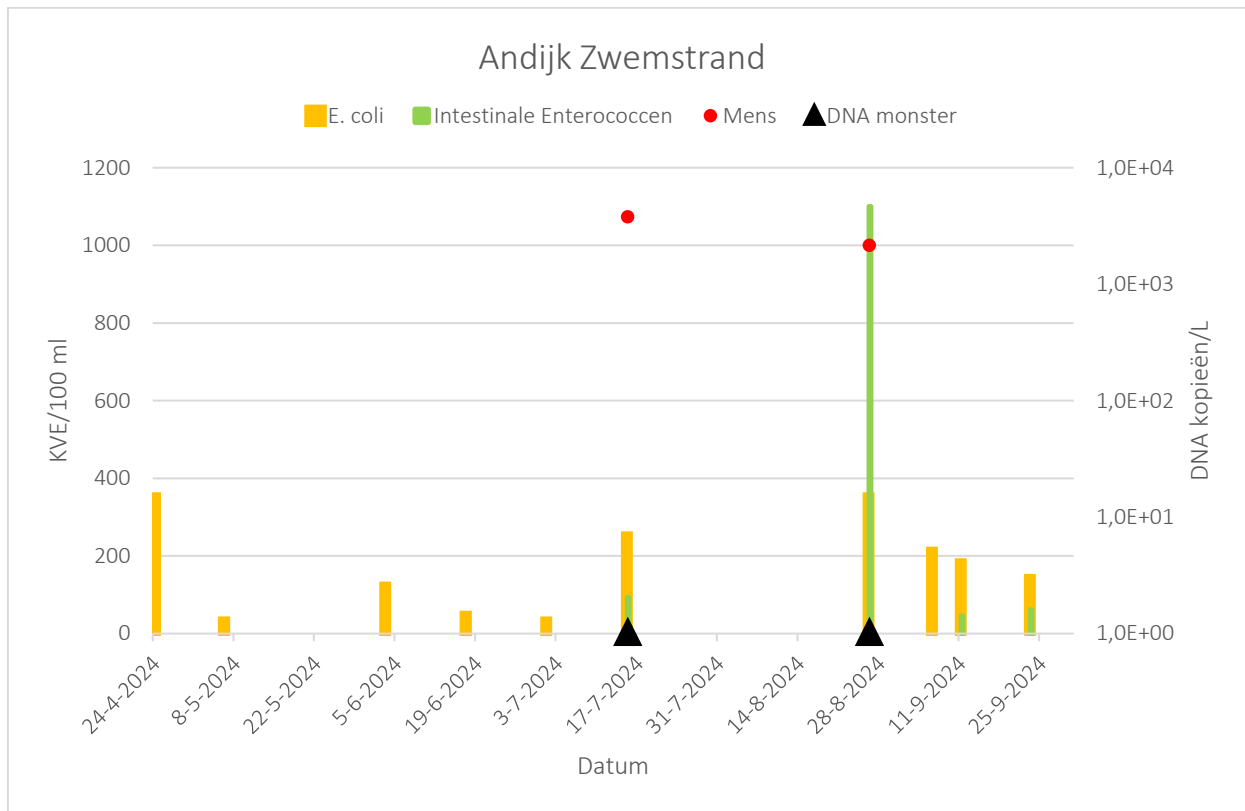
In Figuur 9 zijn de resultaten weergegeven van de met kweek bepaalde waarden voor *E. coli* en intestinale enterococci in de periode waarin DNA monsters zijn genomen op deze locatie. Ook de resultaten van de vastgestelde DNA waarden voor de fecale merkers voor mens, herkauwer en vogel worden hier weergegeven. Van 8 en 22 juli, 19 augustus en 9 september zijn geen kweek resultaten van *E. coli* en intestinale enterococci beschikbaar.

Voor *E. coli* wordt de signaalwaarde niet overschreden, wel zijn er lichte verhogingen waargenomen op 24 april, 15 juli en 26 augustus. De signaalwaarde voor intestinale enterococci wordt ruimschoots overschreden op 26 augustus. In beide veldmonsters, van 15 juli en 26 augustus, wordt de DNA merker voor mens aangetroffen. Het veldmonster voor DNA merker referentiewaarden is van 25 april 2019 en daar werden de DNA merkers voor mens en hond in aangetroffen in dezelfde orde van grootte als in dit onderzoek zijn gevonden.

Bij eerder onderzoek met DNA merkers werden voor dezelfde locatie mensen en vogels als bron aangewezen (zie Tabel 13; Kardinaal & Heijnen, 2014; Hootsmans, 2019, 2021). In 2015 t/m 2018, 2020, 2022 en 2023 zijn geen DNA metingen gedaan.

Het zwemwaterprofiel (Arcadis, 2024) voor locatie Andijk Zwemstrand geeft aan dat met mensen (bezoekers, RWZI Wervershoof) en vogels een mogelijke rol kunnen spelen bij het optreden van verhoogde bacteriewaarden.

Omdat in het referentiemonster van 24 april 2019 ook de DNA merker voor mens werd aangetroffen in dezelfde orde van grootte als in de veldmonsters van 15 juli en 26 augustus in dit onderzoek, kan er geen eenduidige fecale bron worden aangewezen voor de licht verhoogde signaalwaarde voor *E. coli* op 15 juli en ook niet voor de overschrijdende signaalwaarde voor intestinale enterococci en verhoogde signaalwaarde voor *E. coli* op 26 augustus. Het aantonen van DNA merkers voor fecale verontreinigingen van mensen in beide geanalyseerde monsters geeft wel aan dat fecale verontreinigingen van mensen waarschijnlijk invloed hebben op de kwaliteit van het water op deze locatie.



Figuur 9. Meetwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococcen van locatie Andijk Zwemstrand, en de vastgestelde DNA-resultaten van potentiële fecale bronnen. *E. coli* en intestinale enterococcen zijn uitgedrukt in een lineaire schaal in kve (kolonievormende eenheden) per 100 ml; de DNA-merkers zijn uitgedrukt op een loglineaire schaal in DNA kopieën/L. De data met DNA analyses zijn weergegeven met een zwarte driehoek op de horizontale as.

Tabel 13. Overzicht van de DNA merkers zoals vastgesteld in de periode 2016 t/m 2022 en 2024 op locatie Andijk Zwemstrand.

omschrijving	Aangetoonde fecale merkers			
	2014	2019	2021	2024
Andijk Zwemstrand	mens, vogel	geen	mens, vogel	geen

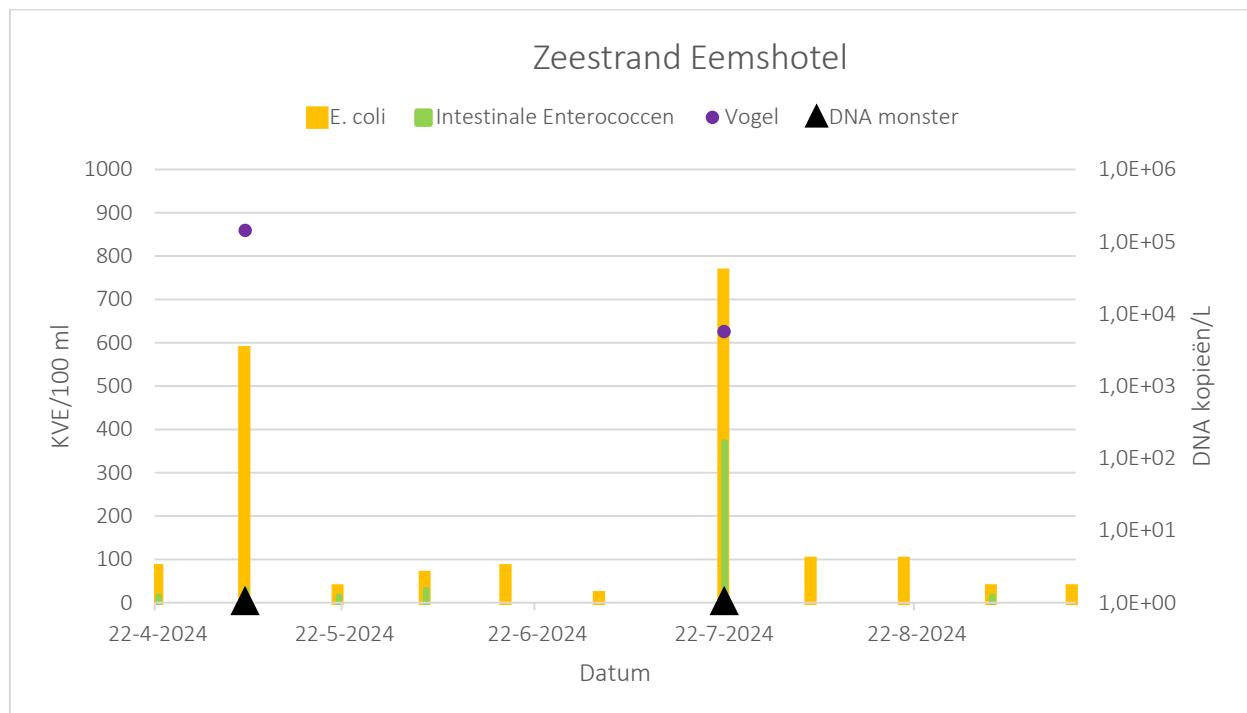
3.2.10 Zeestrand Eemshotel

In Tabel 14 zijn de DNA concentraties van de onderzochte bronnen van fecale herkomst aangegeven voor locatie Zeestrand Eemshotel. In de twee veldmonsters zijn de DNA merker voor vogel aangetroffen.

Tabel 14. DNA concentraties (kopieën/L) zoals gedetecteerd voor de twee onderzochte veldmonster van locatie Zeestrand Eemshotel. Gegevens met een '<' betreffen waarden beneden de detectiegrens.

Monster code	Datum / Volume (ml)	Omschrijving	Rendement (%)	DNA kopieën/L			
				Mens	Hond	Herkauwer	Vogel
LMB-201877-OW	6-mei 100	Zeestrand Eemshotel, Delfzijl M2406900	61,8	<1,2E+03	<1,2E+03	<1,2E+03	1,4E+05
LMB-201885-OW	22-jul 100	Zeestrand Eemshotel, Delfzijl M2411600	69,5	<1,1E+03	<1,1E+03	<1,1E+03	5,7E+03

In Figuur 10 zijn de resultaten weergegeven van de met kweek bepaalde waarden voor *E. coli* en intestinale enterococchen in de periode waarin DNA monsters zijn genomen op deze locatie. Ook de resultaten van de vastgestelde DNA waarden voor de fecale merkers voor mens, hond, herkauwer en vogel worden hier weergegeven. Op 6 mei en 22 juli zijn de signaalwaarden voor *E. coli* verhoogd en op 22 juli zijn ook de waarden voor intestinale enterococchen verhoogd. Dat zijn ook de data van beide veldmonsters en daarin wordt de DNA merker voor vogel gevonden. Het veldmonster voor DNA merker referentiewaarden is van 2 juni 2015 en daarin werden geen DNA merkers voor mens, hond, herkauwer, paard en vogel in aangetroffen.



Figuur 10. Meetwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococchen van locatie Zeestrand Eemshotel, en de vastgestelde DNA-resultaten van potentiële fecale bronnen. *E. coli* en intestinale enterococchen zijn uitgedrukt in een lineaire schaal in kve (kolonievormende eenheden) per 100 ml; de DNA-merkers zijn uitgedrukt op een loglineaire schaal in DNA kopie aantallen/L. De data met DNA analyses zijn weergegeven met een zwarte driehoek op de horizontale as.

Bij eerder onderzoek met DNA merkers werden voor dezelfde locatie afwisselend mensen, herkauwers en vogels als bron aangewezen (zie Tabel 15; Kardinaal & Heijnen, 2014, 2015; Hootsmans, 2021). In 2016 t/m 2020, 2022 en 2023 zijn geen DNA metingen gedaan.

Tabel 15. Overzicht van de DNA merkers zoals vastgesteld in de periode 2016 t/m 2022 en 2024 op locatie Zeestrand Eemshotel.

omschrijving	Aangetoonde fecale merkers			
	2014	2015	2021	2024
Andijk Zwemstrand	mens, herkauwer	mens	mens, vogel	vogel

Het zwemwaterprofiel (Arcadis, 2023) voor locatie Zeestrand Eemshotel geeft aan dat mensen (bezoekers, beroeps- en recreatievaart), vogels en zeehonden een mogelijke rol kunnen spelen bij het optreden van verhoogde bacteriewaarden.

Op basis van de resultaten met DNA merkers kunnen vogels worden aangewezen als de meest waarschijnlijke fecale bron voor de verhoogde signaalwaarden van *E. coli* op 6 mei en 22 juli en voor de verhoogde signaalwaarde van intestinale enterococcon op 22 juli.

3.2.11 Zeestrand Termunten

In Tabel 16 zijn de DNA concentraties van de onderzochte bronnen van fecale herkomst aangegeven voor locatie Zeestrand Termunten. In het veldmonster van 4 juni wordt de DNA merker voor mens aangetroffen, in het veldmonster van 22 juli wordt de DNA merker voor herkauwer gevonden en in het veldmonster van 3 september de DNA merker voor vogel.

Tabel 16. DNA concentraties (kopieën/L) zoals gedetecteerd voor de drie onderzochte veldmonster van locatie Zeestrand Termunten. Gegevens met een '<' betreffen waarden beneden de detectiegrens.

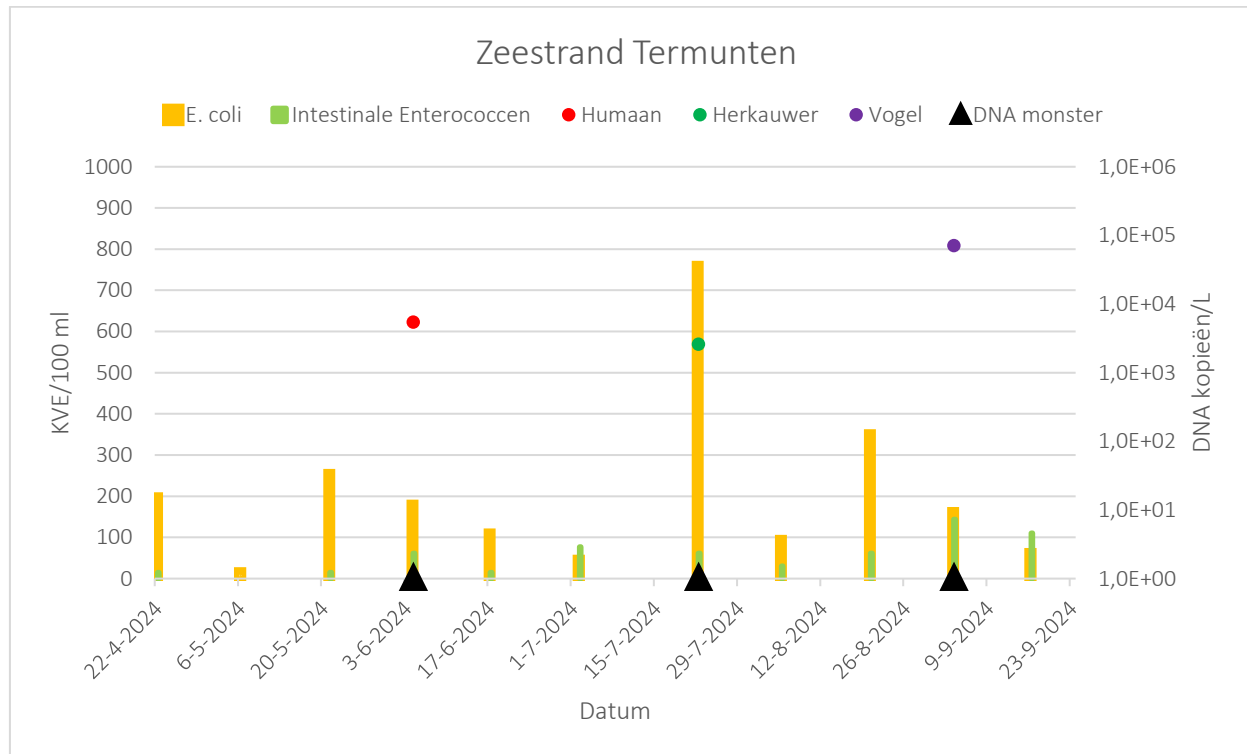
Monster code	Datum / Volume (ml)	Omschrijving	Rendement (%)	DNA kopieën/L			
				Mens	Hond	Herkauwer	Vogel
LMB-201883-OW	4-jun 100	Termunten M2408517	63,7	5,4E+03	<1,2E+03	<1,2E+03	<5,6E+03
LMB-201886-OW	22-jul 100	Termunten M2411602	52,7	<1,4E+03	<1,4E+03	2,6E+03	<7,1E+03
LMB-201890-OW	3-sep 100	Termunten M2414198	63,1	<1,2E+03	<1,2E+03	<1,2E+03	7,1E+04

In Figuur 11 zijn de resultaten weergegeven van de met kweek bepaalde waarden voor *E. coli* en intestinale enterococcon in de periode waarin DNA monsters zijn genomen op deze locatie. Ook de resultaten van de vastgestelde DNA waarden voor de fecale merkers voor mens, hond, herkauwer en vogel worden hier weergegeven. Op 22 juli is er sprake van een verhoging van de waarde voor *E. coli* en in dat veldmonster wordt de DNA merker voor herkauwer aangetroffen. In het veldmonster van 3 september wordt de DNA merker voor vogel gevonden en er is op dat moment sprake van een lichte verhoging van intestinale enterococcon. Op 4 juni kan er niet gesproken worden van een verhoging van de signaalwaarden voor zowel *E. coli* als intestinale enterococcon, maar in dat veldmonster wordt wel de DNA merker voor mens gevonden. Het veldmonster voor DNA merker referentiewaarden is van 14 september 2020 en daarin werd ook de DNA merkers voor mens in aangetroffen.

Bij eerder onderzoek met DNA merkers werden voor dezelfde locatie naast met name herkauwers ook nog mensen, honden en vogels als bron aangewezen (zie Tabel 17; Heijnen & Kardinaal, 2013, 2014; Kardinaal, 2015, 2016; Hootsmans 2020). In 2017 t/m 2019, 2021 t/m 2023 zijn geen DNA metingen gedaan. Het beeld is dat herkauwers over de jaren steeds aanwezig zijn waardoor te verwachten is dat fecale verontreinigingen van herkauwers een belangrijke invloed hebben op de waterkwaliteit van Zeestrand Termunten.

Het zwemwaterprofiel (Arcadis, 2023) voor locatie Zeestrand Termunten geeft aan dat voor april 2022 herkauwers, in de vorm van schapen, de meest waarschijnlijke bron voor fecale verontreiniging is. In april 2002 zijn hekken geplaatst waardoor schapen geen toegang meer hebben tot het strand. Daarnaast kunnen ook mensen

(recreatievaart, gemaal Rozema) en vogels een mogelijke rol spelen bij het optreden van verhoogde bacteriewaarden volgens het zwemwaterprofiel.



Figuur 11. Meetwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococcon van locatie Zeestrand Termunten, en de vastgestelde DNA-resultaten van potentiële fecale bronnen. *E. coli* en intestinale enterococcon zijn uitgedrukt in een lineaire schaal in kve (kolonievormende eenheden) per 100 ml; de DNA-merkers zijn uitgedrukt op een loglineaire schaal in DNA kopie aantallen/L. De data met DNA analyses zijn weergegeven met een zwarte driehoek op de horizontale as.

Tabel 17. Overzicht van de bronnen zoals vastgesteld in de periode 2013 t/m 2020 op locatie Zeestrand Termunten. De vetgedrukte tekst in de kolommen geeft aan welke bron in een meetjaar als voornaamste aangemerkt is.

omschrijving	Aangetoonde fecale verontreinigingsbronnen					
	2013	2014	2015	2016	2020	2024
Zeestrand Termunten	herkauwer	mens, herkauwer	mens, vogel, herkauwer	mens, vogel, hond, herkauwer	herkauwer	Herkauwer , vogel

Op basis van de resultaten met DNA merkers kunnen herkauwers worden aangewezen als meest waarschijnlijke fecale bron voor de verhoging van de signaalwaarden voor *E. coli* op 22 juli. Voor de licht verhoogde signaalwaarde voor intestinale enterococcon op 3 september kunnen vogels worden aangewezen als meest waarschijnlijke fecale bron. Op 4 juni worden humane fecale merkers aangetoond tijdens lage concentraties *E. coli* en intestinale enterococcon.

3.2.12 Noordwijk aan Zee Boulevard

In Tabel 18 zijn de DNA concentraties van de onderzochte bronnen van fecale herkomst aangegeven voor locatie Noordwijk aan Zee Boulevard. De rendementen voor locatie Noordwijk aan Zee van 6 en 22 mei zijn matig, 19,0%,

en slecht, 4,9%. Wanneer het rendement beneden de 20% is wordt er alleen een kwalitatief resultaat gerapporteerd. Wanneer het rendement beneden de 10% is wordt er alleen een kwalitatief resultaat gerapporteerd als er sprake is van een positief resultaat in de qPCR analyse. Zo zijn er in het veldmonster van 6 mei geen DNA merkers aangetroffen. In het veldmonster van 22 mei is de DNA merker voor mens aangetroffen. Over de DNA merkers voor hond, herkauwer, paard en vogel kan voor het veldmonster van 22 mei niks gezegd worden. Ook in het veldmonster van 13 augustus wordt de DNA merker voor mens aangetroffen. Het veldmonster van 10 september is negatief voor alle geanalyseerde DNA merkers.

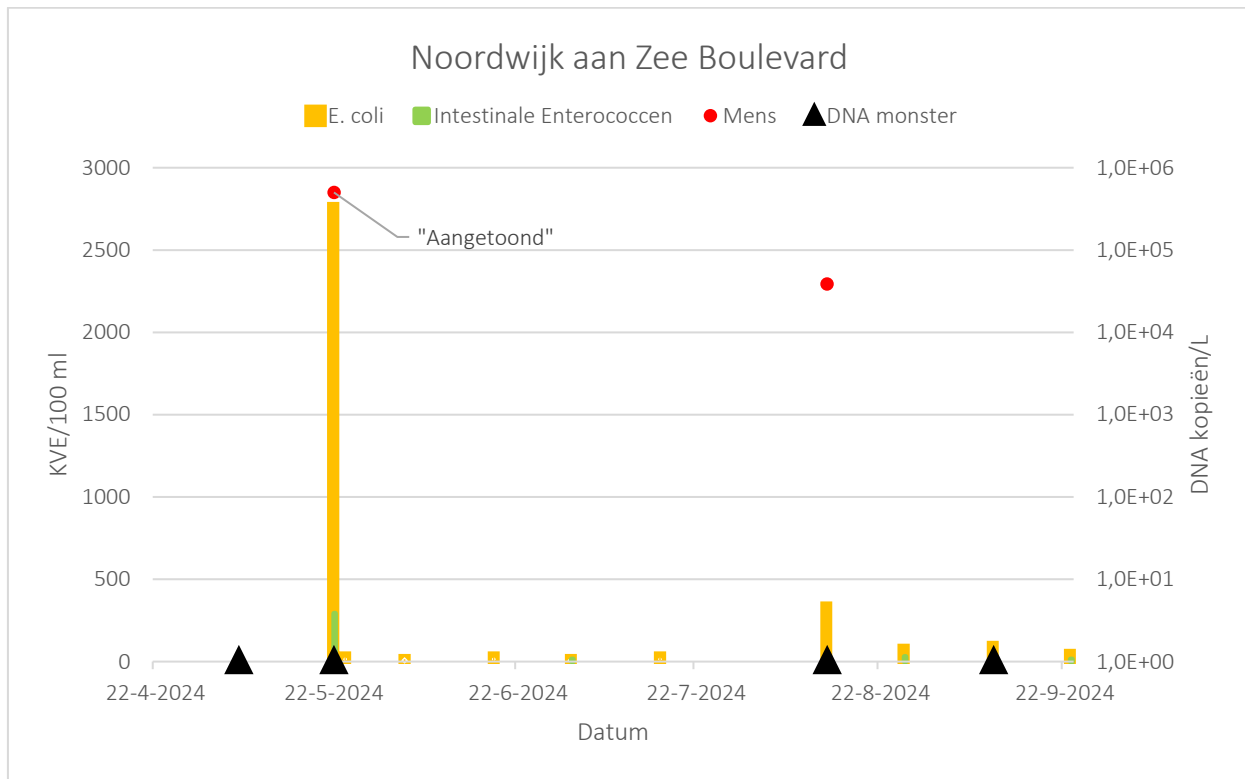
Tabel 18. DNA concentraties (kopieën/L) zoals gedetecteerd voor de twee onderzochte veldmonster van locatie Noordwijk aan Zee Boulevard. Gegevens met een '<' betreffen waarden beneden de detectiegrens.

Monster code	Datum / Volume (ml)	Omschrijving	Rendement (%)	Mens	Hond	Herkauwer	Paard	Vogel
				DNA kopieën/L				
LMB-201879-OW	6-mei 100	Noordwijk aan Zee 23529141	19,0	Niet aangetoond	Niet aangetoond	Niet aangetoond	Niet aangetoond	Niet aangetoond
LMB-201881-OW	22-mei 100	Noordwijk aan Zee 23532259	4,9	Aangetoond	R te laag	R te laag	R te laag	R te laag
LMB-201888-OW	13-aug 100	Noordwijk aan Zee 23558758	54,1	3,9E+04	<1,4E+03	<1,4E+03	<1,4E+03	<6,9E+03
LMB-201892-OW	10-sep 100	Noordwijk aan Zee 23574433	50,8	<1,5E+03	<1,5E+03	<1,5E+03	<1,5E+03	<7,4E+03

In Figuur 12 zijn de resultaten weergegeven van de met kweek bepaalde waarden voor *E. coli* en intestinale enterococci in de periode waarin DNA monsters zijn genomen op deze locatie. Ook de resultaten van de vastgestelde DNA waarden voor de fecale merkers voor mens, hond, herkauwer, paard en vogel worden hier weergegeven. Op 22 mei wordt de signaalwaarde voor *E. coli* overschreden en op die datum is er ook sprake van een verhoging van de signaalwaarde voor intestinale enterococci. In het veldmonster van 22 mei wordt de DNA merker voor mens gevonden. Hiervan is alleen een kwalitatief resultaat bekend omdat het rendement van dit veldmonster beneden de 10% is. Het is wel aannemelijk dat de concentratie van de DNA merker voor mens een stuk hoger is dan die van het veldmonster van 13 augustus, omdat in de qPCR analyse van het veldmonster van 22 mei veel meer DNA kopieën van de DNA merker voor mens zijn teruggevonden dan in het veldmonster van 13 augustus. Het veldmonster van 13 augustus heeft een licht verhoogde signaalwaarde voor *E. coli*. Het veldmonster voor DNA merker referentiewaarden van 6 mei laat geen signaal zien voor *E. coli* en intestinale enterococci. Ook worden hierin geen DNA merkers aangetroffen. Dit geldt ook voor het veldmonster van 10 september waarin lage waarden voor *E. coli* en intestinale enterococci worden waargenomen.

Het zwemwaterprofiel (TAUW, 2021) voor locatie Noordwijk aan Zee Boulevard geeft eveneens aan dat mensen (bezoekers, overstort rioolstelsel en RWZI Katwijk) een mogelijke rol spelen bij het optreden van verhoogde bacteriewaarden volgens het zwemwaterprofiel. Daarnaast vormen honden, paarden en vogels een mogelijk risico volgens het zwemwaterprofiel.

Op basis van de resultaten met DNA merkers kunnen mensen worden aangewezen als meest waarschijnlijke fecale bron voor de overschrijding van de signaalwaarden voor *E. coli* op 22 mei. Voor de licht verhoogde signaalwaarde van *E. coli* op 13 augustus kunnen ook mensen worden aangewezen als meest waarschijnlijke fecale bron.



Figuur 12. Meetwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococcen van locatie Noordwijk aan Zee Boulevard, en de vastgestelde DNA-resultaten van potentiële fecale bronnen. *E. coli* en intestinale enterococcen zijn uitgedrukt in een lineaire schaal in kve (kolonievormende eenheden) per 100 ml; de DNA-merkers zijn uitgedrukt op een loglineaire schaal in DNA kopie aantallen/L. Het resultaat van de DNA merker voor mens van het veldmonster van 22 mei is kwalitatief en aangegeven met "aangetoond". De data met DNA analyses zijn weergegeven met een zwarte driehoek op de horizontale as.

4 Conclusies

RWS heeft diverse zwemwaterlocaties in beheer, waarvan de zwemwaterkwaliteit niet altijd in de categorie 'uitstekend' of 'goed' valt. Voor RWS is het van belang om de belangrijkste fecale bronnen in beeld te krijgen die bijdragen aan de overschrijdingen van bovengrens- of signaalwaarden in concentraties van *E. coli* en intestinale enterococci. KWR heeft daarom in 2024 van RWS de opdracht gekregen om voor 12 zwemwaterlocaties monsters te analyseren op specifieke DNA merkers, waarmee het mogelijk is om onderscheid te maken tussen diergroep specifieke bacteriën met een fecale herkomst en DNA uit dierlijke cellen waarvan in feces hoge concentraties aanwezig zijn.

Niet alle watermonsters zijn binnen de afgesproken 48 uur gefiltreerd en geconserveerd voor latere DNA-analyses. Bij de monsters die gefiltreerd en geconserveerd zijn door Intertek betrof het alleen monsters die niet geselecteerd zijn voor DNA analyses. Bij de monsters die gefiltreerd en geconserveerd zijn door Normec Dumea betrof het alle monsters omdat deze ingevroren werden aangeleverd door de monster nemende partij (AWS). De monsters die ingevroren zijn geweest zijn monsters van alle negen zoetwaterlocaties. Het effect van het invriezen heeft naar alle verwachtingen een zekere mate van negatieve invloed op het conserveren en daarmee de recovery van de DNA merkers uit deze monsters gehad. Het daarom aan te bevelen dat het belang van het correct voorbehandelen van watermonsters, in de toekomst, extra onder de aandacht wordt gebracht bij alle betrokken partijen. Verder zijn de DNA-analyses van vrijwel alle monsters naar behoren verlopen, zonder enige indicatie van remming die van invloed zou kunnen zijn op de betrouwbaarheid van de hier gerapporteerde resultaten. Voor een tweetal veldmonsters van locatie Noordwijk aan Zee Boulevard waren matig (19,0%) en slecht (4,9%), net als de bijbehorende blanco monsters (14,3%) en (19,2%).

Voor locatie De Oude Pol, meetpunt B in 2024 kunnen met name mensen, maar ook herkauwers en vogels worden aangewezen als de meest waarschijnlijke fecale bron voor de verhoogde en overschrijdende bacteriewaarden van *E. coli* op 21 mei, 17 juni, 1 juli en 15 juli en 1 augustus.

Op meetpunt C van De Oude Pol worden over het hele zwemwaterseizoen geen overschrijdingen van de signaalwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococci waargenomen. Bij een licht verhoogde bacteriewaarde van *E. coli* op 15 juli kan mensen en herkauwers worden aangewezen als de meest waarschijnlijke fecale bron.

Voor locatie RCN Strand kunnen vogels worden aangewezen als de meest waarschijnlijke fecale bron voor de verhoogde bacteriewaarden van *E. coli* en intestinale enterococci op 26 augustus en voor de overschrijdende bacteriewaarden van *E. coli* op 9 september, waarbij de waarden voor intestinale enterococci verhoogd waren.

Voor locatie Riviera Beach Noord zijn er alleen licht verhoogde bacteriewaarden van *E. coli* en intestinale enterococci op 23 september waargenomen. Hierbij kan er geen fecale bron worden aangewezen.

Op locatie Beachstrand Eemhof was op 23 september sprake van een licht verhoogde bacteriewaarden van *E. coli* en daarvoor kunnen mensen worden aangewezen als de meest waarschijnlijke fecale bron.

Voor locatie Recreatiepark 't Kleine Zeetje kunnen mensen en vogels worden aangewezen als de meest waarschijnlijke fecale bron voor de overschreden signaalwaarden van *E. coli* op 16 augustus. Daarnaast zijn mensen

de meest waarschijnlijke fecale bron voor de verhoogde signaalwaarden van *E. coli* en intestinale enterococci op 1 augustus en ook voor de overschreden signaalwaarde van *E. coli* en de verhoogde signaalwaarde van intestinale enterococci op 12 augustus.

Voor locatie Strand Pieterman zijn er alleen licht verhoogde bacteriewaarden van *E. coli* en intestinale enterococci op 12 augustus waargenomen. Hierbij kan er geen fecale bron worden aangewezen.

Voor locatie Strandbad Edam kan er geen fecale bron worden aangewezen voor de overschrijding van de signaalwaarden voor *E. coli* op 6 mei en de verhoging van de bacteriewaarden voor *E. coli* en intestinale enterococci op 12.

Voor locatie Andijk Zwemstrand kan geen eenduidige fecale bron worden aangewezen voor de overschrijdende signaalwaarde voor intestinale enterococci en verhoogde signaalwaarde voor *E. coli* op 26 augustus, ondanks dat daar wel de DNA merker voor mens in is aangetroffen. In het referentiemonster van 24 april 2019 is namelijk ook de DNA merker voor mens werd aangetroffen in dezelfde orde van grootte als in het veldmonster van 26 augustus. Het aantonen van DNA markeringen voor fecale verontreinigingen van mensen op beide datums geeft wel aan dat de kwaliteit van het water op deze locatie wordt beïnvloed door fecale verontreinigingen van mensen.

Vogels kunnen worden aangewezen als de meest waarschijnlijke fecale bron op locatie Zeestrand Eemshotel voor de verhoogde signaalwaarden van *E. coli* op 6 mei en 22 juli en voor de verhoogde signaalwaarde van intestinale enterococci op 22 juli.

Voor locatie Zeestrand Termunten kunnen herkauwers worden aangewezen als meest waarschijnlijke fecale bron voor de verhoging van de signaalwaarden voor *E. coli* op 22 juli.

In het geval van locatie Noordwijk aan Zee Boulevard kunnen mensen worden aangewezen als meest waarschijnlijke fecale bron voor de overschrijding van de signaalwaarden voor *E. coli* op 22 mei en voor de licht verhoogde signaalwaarde van *E. coli* op 13 augustus.

5 Referenties

- Arcadis, (2023). Zwemwaterprofiel RCN Strand, Referentie: NLBW92_RCNZWMSTR, 16 pp.
- Arcadis, (2023). Zwemwaterprofiel Zeestrand Marconi (Eemshotel), Delfzijl, Referentie: NLBW81_DELFZBSD, 18 pp.
- Arcadis, (2023). Zwemwaterprofiel Zeestrand Termunten, Referentie: NLBW81_TERMTZBSD, 17 pp.
- Arcadis, (2024). Zwemwaterprofiel Andijk Zwemstrand, Referentie: NLBW92_KOOPMPDR2, 22 pp.
- Arcadis, (2024). Zwemwaterprofiel Beachstrand Eemhof, Referentie: NLBW92_EEMHOFSTR, 20 pp.
- Arcadis, (2024). Zwemwaterprofiel De Oude Pol, Referentie: NLBW92_OUDPL, 19 pp.
- Arcadis, (2024). Zwemwaterprofiel Recreatiepark 't Kleine Zeetje, Referentie: NLBW92_SPAKBBBD, 21 pp.
- Arcadis, (2024). Zwemwaterprofiel Rivière Beach Noord, Referentie: NLBW92_RIVRCPZSOT, 18 pp.
- Arcadis, (2024). Zwemwaterprofiel Strand Pieterman, Volendam, Referentie: NLBW92_PIETMNBSD, 20 pp.
- Arcadis, (2024). Zwemwaterprofiel Strandbad Edam, Referentie: NLBW92_EDBSD, 18 pp.
- Becker, E., Ruiter, H., Ahmed, A., Goris, M., Wullings, B.A., & Kardinaal, W.E.A., (2017). Nieuw DNA-instrument voor opsporen van ziekte van Weil bacteriën en de bron in oppervlaktewater. *WaterMatters* (2017) 2, pp.28-31.
- Elsinga, G.S. & Hootsmans, M.J.M., (2023). DNA bronopsporing op vijf zwemwaterlocaties RWS in 2023. Rapport KWR 2023.127
- Heijnen, L., (2015). Eigenschappen van DNA-merkers voor fecale verontreiniging. KWR BTO rapport 2015.023.
- Heijnen, L., & Learbuch, K., (2013). Ontwikkeling en toepassing van kwantitatieve PCR methoden voor het identificeren van de bron van fecale besmettingen BTO rapport 2013.014.
- Heijnen, L., Learbuch, K., Kardinaal, E., Rotteveel, S., Ruiter, H., & Leenen, I., (2014). Fecale verontreiniging in zwemwater identificeren met DNA-merkers. H2O April 2014.
- Hootsmans, M.J.M., (2019). DNA bronopsporing op vier zwemwaterlocaties in Midden-Nederland in 2019. Rapport KWR 2019.104.
- Hootsmans, M.J.M., (2020). DNA bronopsporing voor RWS op zes zwemwaterlocaties in 2020. Rapport KWR 2020.132
- Hootsmans, M.J.M., (2021). DNA bronopsporing voor RWS op tien zwemwaterlocaties in 2021. Rapport KWR 2021.103
- Hootsmans, M.J.M., (2022). DNA bronopsporing voor RWS op zes zwemwaterlocaties in 2022. Rapport KWR 2022.115

Kardinaal, E., (2017). Bronosporen fecale verontreiniging in zwemwater 2017. Rapport KWR 2017.077.

Kardinaal, E., (2018). Bronosporen fecale verontreiniging in Rijkswateren 2018. Rapport KWR 2018.129.

Kardinaal, E., & Heijnen, L., (2014). Bronosporen fecale verontreiniging in zwemwater 2014. Rapport KWR2014.098.

Kardinaal, E., & Heijnen, L., (2015). Bronosporen fecale verontreiniging in zwemwater 2015. Rapport KWR 2015.079.

Kardinaal, E., & Heijnen, L., (2016). Bronosporen fecale verontreiniging in zwemwater 2016. Rapport KWR 2016.118.

Stuurgroep Water, (2013). Beslisnotitie werkwijze individuele metingen en meetfrequentie microbiologische parameters zwemwaterrichtlijn, vastgesteld op 14 maart 2013.

Tauw, (2021). Zwemwaterprofiel Noordwijk aan Zee Boulevard, Referentie: NLBW95_NOORDWBSD, 11 pp

Website: <https://waterkaart.net/>

[Marina Camping de Oude Pol in Nunspeet - Water Map Live](#)

Jaar van publicatie
2025

Meer informatie
Goffe Elsinga BSc
T 0306069674
E goffe.elsinga@kwrwater.nl

Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR 2025.004 | 27 februari 2024 ©KWR

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

Keywords

fecale verontreiniging, DNA bronopsporing, zwemwater