

DNA bronopsporing voor RWS op vijf zwemwaterlocaties in 2023

KWR 2023.127

Datum

17 januari 2024

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat

Meer informatie

G.S. Elsinga BSc

T 0306069674

E goffe.elsinga@kwrwater.nl

Auteur(s)

G.S. Elsinga en M.J.M. Hootsmans

Opdrachtnummer

404742

Kwaliteitsborger(s)

L. Heijnen (gedelegeerd namens G. Medema)

Projectmanager

M.J.M. Hootsmans

Pagina

1/19

Inhoud

1	Inleiding	3
2	Methode en aanpak	4
2.1	Verzamelen van watermonsters	4
2.2	Filtratie	5
2.3	Keuze van te analyseren monsters	5
2.4	Interpretatie van de analyse resultaten	5
2.5	DNA analyse	6
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	Rivièra Beach Noordoost	7
3.2.2	Recreatiepark 't Kleine Zeetje	9
3.2.3	De Oude Pol	11
3.2.4	Katwijk aan Zee, Boulevard Noord	13
3.2.5	Katwijk aan Zee, Boulevard Zuid	15
4	Conclusies	17
5	Referenties	18

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 enterococconen 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 enterococconen 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 enterococconen. 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 enterococconen) 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 korthedshalve 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 gericht maatregelen nemen om 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 2023 onderzochte diergroepen op vijf zwemwaterlocaties inderdaad hebben bijgedragen aan fecale verontreiniging en overschrijdingen van de fecale parameters *E. coli* en intestinale enterococconen gedurende het zwemwaterseizoen. Het gaat om drie zwemwaterlocaties gelegen in zoetwater en twee zwemwaterlocaties in zeeewater. De zoetwaterlocaties zijn Riviëra Beach Noordoost, Recreatiepark 't Kleine Zeetje en De Oude Pol Extra meetpunt B, Bijsselschebeek. De zoutwaterlocaties zijn beide bij Katwijk aan Zee: Boulevard Noord en Boulevard Zuid. Deze beide zoutwaterlocaties liggen aan de Noordzee ter hoogte van Katwijk en worden gescheiden door Het Uitwateringskanaal. Dit water wordt sterk beïnvloed door de aanwezige RWZI en riooloverstorten vanuit Katwijk en achterland. Afgelopen jaren heeft Gemeente Katwijk al een aantal grote riooloverstorten aangepast en huizen afgekoppeld van het rioolstelsel. Het water van het Uitwateringskanaal verspreidt zich na spuien via het Koning Willem-Alexander gemaal van Katwijk naar de zwemzones ten noorden en ten zuiden van het Uitwateringskanaal.

2 Methode en aanpak

2.1 Verzamelen van watermonsters

De onderzochte locaties zijn, door Omegam/Normec AWS en Intertek, in de periode tussen 17 april tot en met 29 september 2023 ca. 2-wekelijks bemonsterd (tabel 1) t.b.v. de reguliere bepaling van indicator bacteriën (*E. coli* en intestinale enterococconen). De monsternamen voor DNA-analyse heeft voor de meeste datums gelijktijdig plaats gevonden, voor een beperkt aantal datums is monsternamen voor DNA-analyse niet uitgevoerd (tabel 1). Voor DNA-analyses zijn de filtraties uitgevoerd en de filters geconserveerd conform de voorschriften van KWR, echter bij de monsters van de locaties in Katwijk is voor een groot deel van de monsters niet voldaan aan de gestelde termijn van filtratie en conservering binnen 48 uur na monsternamen (tabel 1). Bij de monsters van de andere locaties is de datum waarop de filtratie en conservering is uitgevoerd niet geregistreerd en waren niet alle buisjes met blanco monsters voorzien van een datum.

Tabel 1. Data waarop bemonsteringen hebben plaats gevonden voor de vijf zwemwaterlocaties. In rood is aangegeven wanneer er geen monster voor DNA conservatie aanwezig is. Voor locaties Rivièra Beach Noordoost, Recreatiepark 't Kleine Zeeetje en De Oude Pol Extra meetpunt B, Bijsselschebeek zijn de filtratiedata niet bekend. Voor locaties Katwijk aan Zee, Boulevard Noord en Katwijk aan Zee, Boulevard Zuid zijn de filtratiedata wel bekend.

Rivièra Beach Noordoost	Recreatiepark 't Kleine Zeeetje	De Oude Pol Extra	Katwijk aan Zee, Boulevard Noord		Katwijk aan Zee, Boulevard Zuid	
Monsternamen/-conservatie: Eurofins Omegam/Normec AWS			Monsternamen/-conservatie: Intertek			
Datum monsternamen	Datum monsternamen	Datum monsternamen	Datum monsternamen	Datum DNA Conservatie	Datum monsternamen	Datum DNA Conservatie
17-04-2023	25-04-2023	18-04-2023	25-04-2023	28-4-2023	25-04-2023	28-4-2023
01-05-2023	09-05-2023	02-05-2023	28-04-2023	-	08-05-2023	12-5-2023
15-05-2023	23-05-2023	16-05-2023	02-05-2023	12-5-2023	23-05-2023	25-5-2023
30-05-2023	06-06-2023	30-05-2023	08-05-2023	12-5-2023	05-06-2023	8-6-2023
12-06-2023	20-06-2023	13-06-2023	23-05-2023	25-5-2023	20-06-2023	22-6-2023
26-06-2023	04-07-2023	27-06-2023	05-06-2023	8-6-2023	03-07-2023	6-7-2023
10-07-2023	18-07-2023	11-07-2023	20-06-2023	22-6-2023	07-07-2023	20-7-2023
24-07-2023	24-07-2023	25-07-2023	03-07-2023	6-7-2023	18-07-2023	20-7-2023
07-08-2023	01-08-2023	08-08-2023	07-07-2023	20-7-2023	31-07-2023	3-8-2023
21-08-2023	04-08-2023	22-08-2023	18-07-2023	20-7-2023	02-08-2023	3-8-2023
04-09-2023	15-08-2023	05-09-2023	31-07-2023	3-8-2023	04-08-2023	17-8-2023
18-09-2023	29-08-2023	19-09-2023	02-08-2023	3-8-2023	08-08-2023	17-8-2023
22-09-2023	01-09-2023	26-09-2023	04-08-2023	17-8-2023	15-08-2023	-
	12-09-2023	29-09-2023	08-08-2023	17-8-2023	28-08-2023	14-9-2023
	26-09-2023		15-08-2023	17-8-2023	12-09-2023	14-9-2023
	29-09-2023		28-08-2023	14-9-2023	25-09-2023	28-9-2023
			12-09-2023	14-9-2023		
			25-09-2023	28-9-2023		

2.2 Filtratie

Na monsternamen is het monster behandeld conform het voorschrift van KWR waarbij 100 ml van elk monster onder vacuüm is 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. Echter, bij de monsters die door Eurofins Omegam/Normec AWS in behandeling zijn genomen is er niet bij elke monsternameronde een blanco filter is geprepareerd en is niet van elk blanco monster achterhalen aan welke monsterserie dit monster gekoppeld moet worden .

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 monsternamercampagne zijn de filters ingevroren in lysis buffer totdat de verdere DNA analyses plaatsvonden.

2.3 Keuze van te analyseren monsters

Uit de beschikbare watermonsters zijn er, per locatie, twee tot vier geselecteerd voor de DNA analyse. Deze keuze is in overleg met RWS gemaakt en is met name bepaald door de resultaten van de analyses voor fecale indicatorbacteriën (zowel *E. coli* als de intestinale enterococci) 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 besloten om in 2023 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 2023 mogelijk andere DNA merker referentiewaarden zouden kunnen zijn opgetreden. Het gaat om de locaties Recreatiepark 't Kleine Zee (referentie uit 2020) en De Oude Pol Extra meetpunt B (referentie uit 2022). Daarnaast is voor locatie Katwijk aan Zee, Boulevard Noord een veldmonster van de locatie Katwijk aan Zee, Boulevard Zuid gebruikt als referentiewaarde.

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 vóórkomen 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. Met deze merker kan geen onderscheid gemaakt worden tussen verschillende soorten (groepen) vogels. De merker kan dus zowel afkomstig zijn van lokale vogelconcentraties op het water, als instromen vanuit agrarisch achterland. 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 Riviëra Beach Noordoost zijn alleen mens en vogel aangevraagd. Voor De Oude Pol Extra meetpunt B, Bijsselschebeek zijn mens, hond, herkauwer en vogel aangevraagd. Toch heeft KWR alle onderzochte locaties met de vijf genoemde qPCR methoden geanalyseerd omdat dit beter paste in de workflow en het geen extra tijd heeft 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 alle 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.

De rendementen van de DNA-extracties (zie Tabel 2, 3, 5, 7 en 8) bleken voor alle geanalyseerde monsters en de blanco's goed (rendement minimaal 44% en gemiddeld bijna 60%). Deze uitkomst geeft aan dat de watermonsters afkomstig van deze meetlocaties zich goed lieten behandelen. In de meeste blanco monsters werden geen DNA merkers aangetroffen, zodat er naar alle waarschijnlijkheid geen kruisbesmettingen tussen de gerelateerde monsters zijn opgetreden. In het blanco monster van 28-8-2023 is de merker voor mens aangetroffen en in het blanco monster van 4-10-2023 zijn de merkers voor herkauwer en vogel aangetroffen. De concentraties DNA merkers zijn in deze monsters dusdanig hoog dat het optreden van een contaminatie tijdens filtratie, DNA extractie en/of de PCR analyse zeer onwaarschijnlijk is. Het vermoeden bestaat dat bij deze blanco monsters een verwisseling heeft plaats gevonden met veldmonsters. .

3.2 Resultaten DNA analyse en kweek

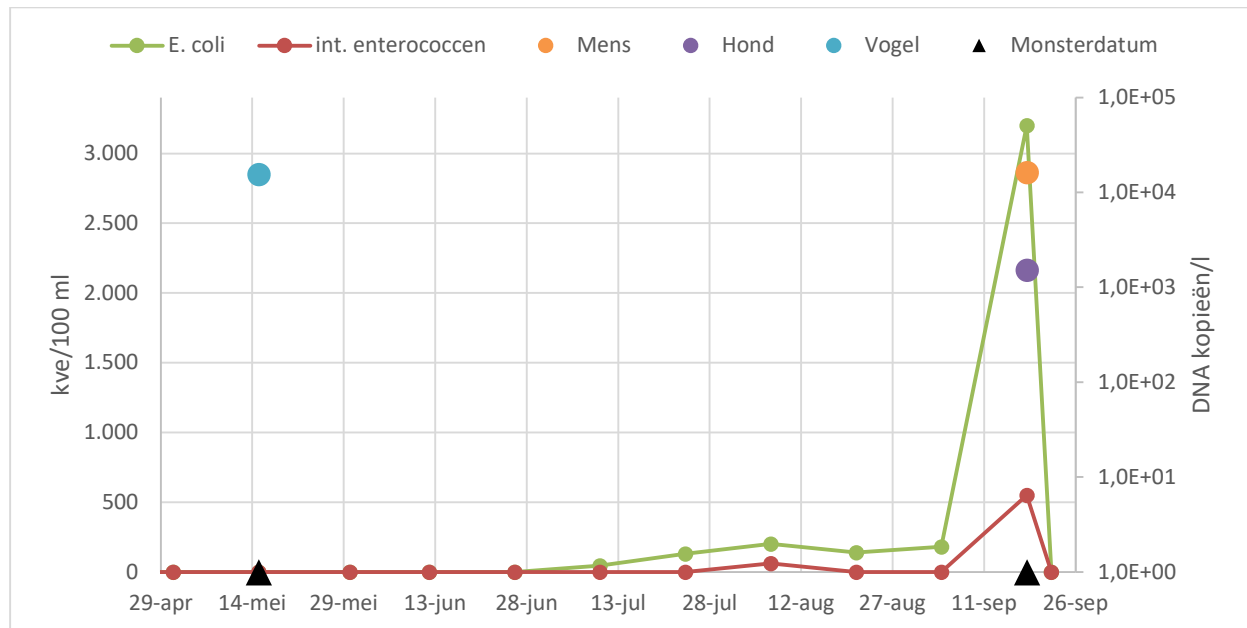
3.2.1 Rivièra Beach Noordoost

In onderstaande Tabel 2 zijn de DNA concentraties van de onderzochte bronnen van fecale herkomst aangegeven voor de locatie Rivièra Beach Noordoost. Twee veldmonsters gaven signalen van DNA merkers: op 15 mei voor vogel, en op 18 september voor mens en hond.

Tabel 2. DNA concentraties (kopieën/l) zoals gedetecteerd voor de twee onderzochte veldmonsters van de locatie Rivièra Beach Noordoost en de bijbehorende blanco's. Gegevens met een '<' betreffen waarden beneden de detectiegrens.

monster code	datum / volume	omschrijving	rendement (%)	DNA kopieën/l				
				Mens	Hond	Herkauwer	Paard	Vogel
LMB-179391-OW	15-mei 100 ml	Rivièra Beach Noordoost	58,9	<1,3E+03	<1,3E+03	<1,3E+03	<1,3E+03	1,6E+04
LMB-179392-UW	onbekend 100 ml	Blanco	60,0	<1,3E+03	<1,3E+03	<1,3E+03	<1,3E+03	<6,3E+03
LMB-179401-OW	18-sep 100 ml	Rivièra Beach Noordoost	69,2	1,6E+04	1,5E+03	<1,1E+03	<1,1E+03	<5,4E+03
LMB-179402-UW	onbekend 100 ml	Blanco	58,8	<1,3E+03	<1,3E+03	<1,3E+03	<1,3E+03	<6,4E+03

In Figuur 1 zijn de resultaten weergegeven van de met kweek bepaalde waarden voor *E. coli* en intestinale enterococconen 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 hond worden hier weergegeven.



Figuur 1. Meetwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococconen op de locatie Riviera Beach Noordoost, en de vastgestelde DNA-resultaten van potentiële fecale bronnen. *E. coli* en intestinale enterococconen 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 twee datums met DNA analyses zijn weergegeven met een zwarte driehoek op de horizontale as.

Op 15 mei worden er geen *E. coli* en de intestinale enterococconen gemeten. Wel wordt er op 15 mei de merker voor vogels aangetroffen. Op 18 september worden de signaalwaarden voor zowel *E. coli* als intestinale enterococconen overschreden. Daarbij worden de merkers voor mens en hond aangetroffen.

Het zwemwaterprofiel (Tauw/RPS, 2020) voor Riviera Beach Noordoost geeft eveneens aan dat mensen en vogels een rol kunnen spelen bij het optreden van verhoogde bacteriewaarden. Dat er op 18 september ook de merker voor honden wordt aangetoond is opmerkelijk, omdat er een verbod geldt voor honden. Mogelijk dat afspoeling door regen of de recreatievaart hier een rol in speelt.

Op basis van deze resultaten met DNA merkers kunnen mensen en honden worden aangewezen als de meest waarschijnlijke fecale bron voor de overschrijdende bacteriewaarden van *E. coli* en intestinale enterococconen op 18 september. Het feit dat op 15 mei de DNA merker afkomstig van vogel is aangetoond, terwijl er geen sprake is van een overschrijding of verhoging van de bacteriewaarden, kan mogelijk verklaard worden door het toepassen van verschillende detectietechnieken voor kweek en qPCR (zie 2.4 Interpretatie van de analyseresultaten). De aanwezigheid van de DNA merker afkomstig van vogel kan bijvoorbeeld nog het gevolg zijn van een fecale besmetting die heeft plaats gevonden voor de monsternamen datum. Hierbij zijn de eventuele verhoogde bacteriewaarden op de monsternamen datum niet meer waarneembaar, maar die van de DNA merkers nog wel.

3.2.2 Recreatiepark 't Kleine Zeeetje

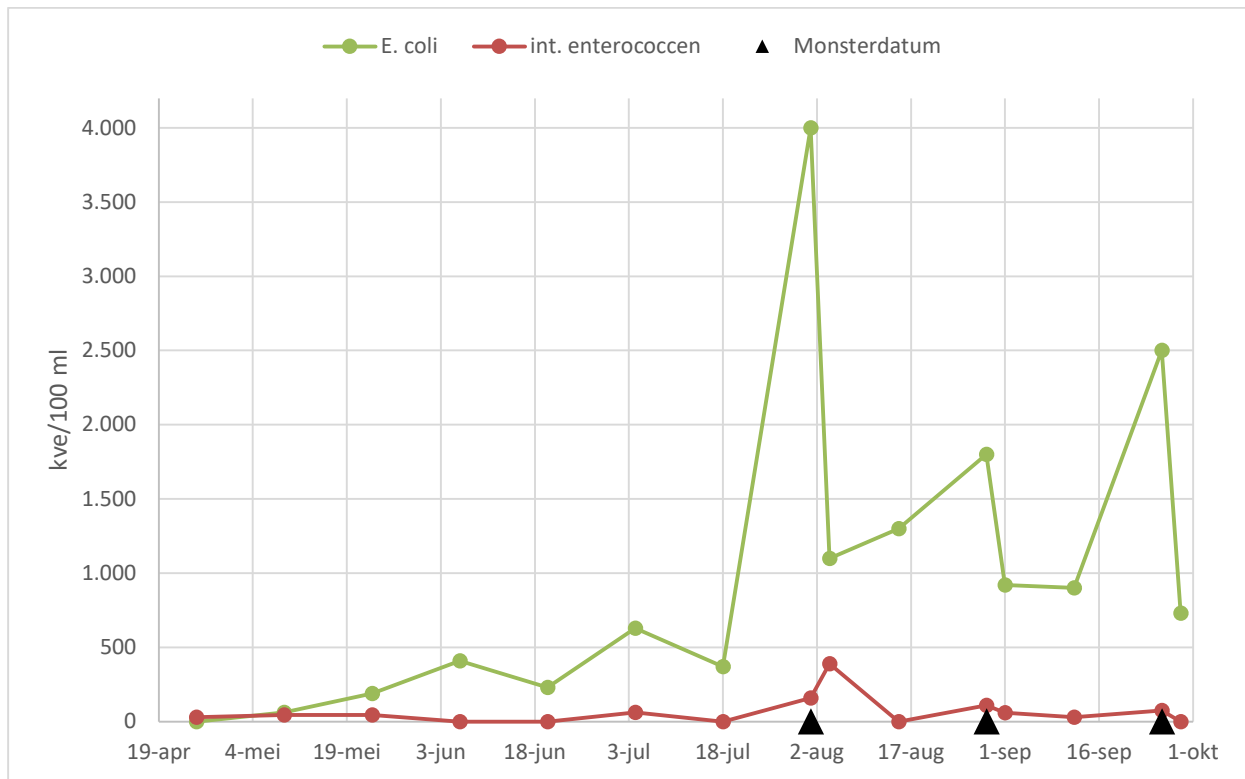
In onderstaande Tabel 3 zijn de DNA concentraties van de onderzochte bronnen van fecale herkomst aangegeven voor de locatie Recreatiepark 't Kleine Zeeetje. Geen van de drie veldmonsters gaven signalen voor DNA merkers. Het blanco monster van 4 oktober geeft wel een signaal voor de DNA merkers herkauwer en vogel.

Tabel 3. DNA concentraties (kopieën/l) zoals gedetecteerd voor de drie onderzochte veldmonsters van de locatie Recreatiepark 't Kleine Zeeetje en de bijbehorende blanco's. Gegevens met een '<' betreffen waarden beneden de detectiegrens.

monster code	datum / Volume	omschrijving	rendement (%)	DNA kopieën/l				
				Mens	Hond	Herkauwer	Paard	Vogel
LMB-179393-OW	1-aug 100 ml	Recreatiepark 't Kleine Zeeetje	69,3	<1,1E+03	<1,1E+03	<1,1E+03	<1,1E+03	<5,4E+03
LMB-179394-UW	4-aug 100 ml	Blanco	63,5	<1,2E+03	<1,2E+03	<1,2E+03	<1,2E+03	<5,9E+03
LMB-179399-OW	29-aug 100 ml	Recreatiepark 't Kleine Zeeetje	58,8	<1,3E+03	<1,3E+03	<1,3E+03	<1,3E+03	<6,4E+03
LMB-179400-UW	Onbekend 100 ml	Blanco	55,4	<1,4E+03	<1,4E+03	<1,4E+03	<1,4E+03	<6,8E+03
LMB-179405-OW	26-sep 100 ml	Recreatiepark 't Kleine Zeeetje	62,4	<1,2E+03	<1,2E+03	<1,2E+03	<1,2E+03	<6,0E+03
LMB-179406-UW	4-okt 100 ml	Blanco	59,0	<1,3E+03	<1,3E+03	5,1E+04	<1,3E+03	3,0E+04

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.

De metingen voor *E. coli* en de intestinale enterococci blijven de eerste helft van het seizoen ruim onder de betreffende signaalwaarden. Op 1 augustus, wordt er een ruime overschrijding van de signaalwaarde voor *E. coli* waargenomen. Ook op 29 augustus en 26 september worden er overschrijdingen van de signaalwaarde voor *E. coli* waargenomen. Op deze datums worden er geen DNA merkers aangetoond.



Figuur 2. Meetwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococci op de locatie Recreatiepark 't Kleine Zeeetje. *E. coli* en intestinale enterococci zijn uitgedrukt in een lineaire schaal in kve (kolonievormende eenheden) per 100 ml. De drie datums met DNA analyses zijn weergegeven met een zwarte driehoek op de horizontale as.

Het zwemwaterprofiel (RPS/Tauw/KWR, 2019) voor Recreatiepark 't Kleine Zeeetje geeft aan dat mensen (bezoekers, recreatievaart en RWZI Woudenberg) en vogels een rol kunnen spelen bij het optreden van verhoogde bacteriewaarden

Bij eerder onderzoek met DNA merkers werden voor dezelfde locatie naast mensen en vogels ook herkauwers en honden als bron aangewezen (zie Tabel 4; Kardinaal & Heijnen, 2014, 2015; Hootsmans 2020 t/m 2022). In de periode 2016 tot en met 2019 zijn geen DNA metingen gedaan. Het veldmonster voor DNA merker referentiewaarden is van 3 juni 2020 en er werden hierin geen DNA merkers aangetroffen. Er zijn in 2020 voor deze locatie op 21 april met een overschrijding van intestinale enterococci en 25 augustus met een overschrijding van *E. coli*, ook geen DNA merkers aangetroffen.

Tabel 4. Overzicht van de DNA merkers zoals gemeten in 2014, 2015, en 2020 t/m 2023 op locatie 't Kleine Zeeetje.

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

Op basis van deze resultaten met DNA merkers kunnen er helaas geen bronnen worden aangewezen voor de overschrijdende bacteriewaarden van *E. coli* op 1 augustus, 29 augustus en 26 september. Dit kan het gevolg zijn van een fecale besmetting met een bron die niet geanalyseerd is in deze opdracht of een van de andere redenen die uitgelegd zijn in "2.4 Interpretatie van de analyseresultaten". Ook is het verwisselen van blanco monsters met

veldmonster niet uit te sluiten in deze situatie. Zo geeft het blanco monster van 4 oktober, dat gekoppeld is aan het monster van 26 september (laatste monster in de reeks met de laatste blanco in de reeks), een signaal voor de merkers herkauwer en vogel. Deze waarden zijn dusdanig hoog dat met grote zekerheid kan worden uitgesloten dat het om een contaminatie tijdens filtratie, DNA extractie en/of de PCR analyse gaat.

3.2.3 De Oude Pol

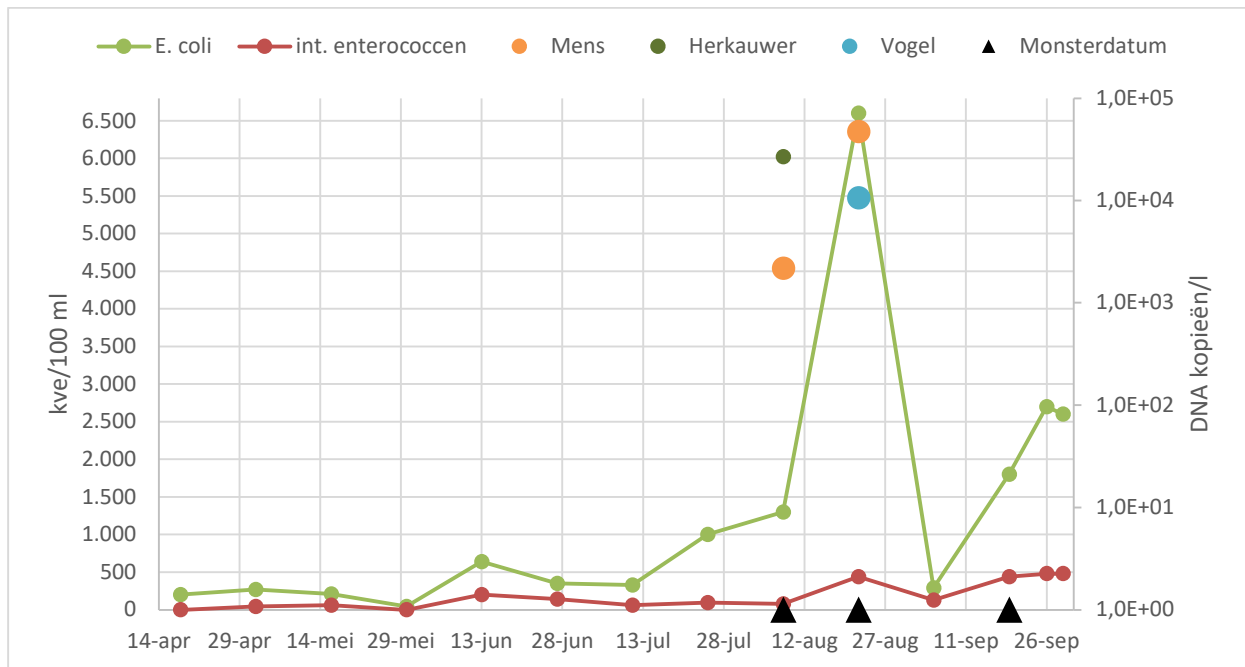
Bij de Oude Pol is het vermoeden dat de Bijsselsche beek een belangrijke aanvoer van verontreinigingen is. Dit jaar zijn daarom extra monsters genomen waar de Bijsselsche beek uitmondt in het Veluwemeer nabij zwemlocatie de Oude Pol. De volledige naam van de nu onderzochte locatie is De Oude Pol Extra meetpunt B, Bijsselsche beek (Hierna De Oude Pol). In onderstaande Tabel 5 zijn de DNA concentraties van de onderzochte bronnen van fecale herkomst aangegeven voor de locatie De Oude Pol. Twee veldmonsters gaven signalen van DNA merkers: op 8 augustus voor mens en herkauwer, en op 22 augustus voor mens en vogel.

Tabel 5. DNA concentraties (kopieën/l) zoals gedetecteerd voor de drie onderzochte veldmonsters van de locatie De Oude Pol en de bijbehorende blanco's. Gegevens met een '<' betreffen waarden beneden de detectiegrens.

monster code	datum / volume	omschrijving	rendement (%)	DNA kopieën/l				
				Mens	Hond	Herkauwer	Paard	Vogel
LMB-179395-OW	8-aug 100 ml	De Oude Pol	69,4	2,2E+03	<1,1E+03	2,7E+04	<1,1E+03	<5,4E+03
LMB-179396-UW	onbekend 100 ml	Blanco	60,9	<1,2E+03	<1,2E+03	<1,2E+03	<1,2E+03	<6,2E+03
LMB-179397-OW	22-aug 100 ml	De Oude Pol	63,4	4,7E+04	<1,2E+03	<1,2E+03	<1,2E+03	1,1E+04
LMB-179398-UW	25-aug 100 ml	Blanco	63,4	<1,2E+03	<1,2E+03	<1,2E+03	<1,2E+03	<5,9E+03
LMB-179403-OW	19-sep 100 ml	De Oude Pol	56,0	<1,3E+03	<1,3E+03	<1,3E+03	<1,3E+03	<6,7E+03
LMB-179404-UW	onbekend 100 ml	Blanco	63,4	<1,2E+03	<1,2E+03	<1,2E+03	<1,2E+03	<5,9E+03

In Figuur 3 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 hond worden hier weergegeven.

De metingen voor *E. coli* en de intestinale enterococci blijven de eerste helft van het seizoen ruim onder de betreffende signaalwaarden. Op 8 en 22 augustus en op 19 september worden de signaalwaarden voor *E. coli* overschreden, waarbij op 22 augustus de signaalwaarden ruim worden overschreden. Ook de signaalwaarden voor intestinale enterococci worden op 22 augustus en 19 september overschreden. Op 8 augustus correspondeert de overschrijding met de DNA merkers voor herkauwer en mens. Op 22 augustus corresponderen de overschrijdingen met de DNA merkers voor mens en vogel. Bij de overschrijdingen van 19 september worden geen DNA merkers aangetoond. De signaalwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococci worden op 26 en 29 september ook overschreden, maar hier zijn geen DNA monsters voor beschikbaar.



Figuur 3. Meetwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococci op de locatie De Oude Pol en de vastgestelde DNA-resultaten van potentiële fecale bronnen. *E. coli* en intestinale enterococci 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 drie datums met DNA analyses zijn weergegeven met een zwarte driehoek op de horizontale as.

Bij eerder onderzoek met DNA merkers werden voor dezelfde locatie ook mensen, vogels, herkauwers en incidenteel honden als bron aangewezen (zie Tabel 6; Kardinaal & Heijnen, 2014, 2015; Hootsmans 2020 t/m 2022). In de periode 2016 tot en met 2019 zijn geen DNA metingen gedaan. Het zwemwaterprofiel (Tauw/RPS, 2020) voor De Oude Pol geeft eveneens aan dat mensen (bezoekers, recreatievaart en overstorten), vogels en agrarisch achterland (herkauwers) een rol kunnen spelen bij het optreden van verhoogde bacteriewaarden. Het veldmonster voor DNA merker referentiewaarden is van 14 juni 2022 en er werden hierin geen DNA merkers aangetroffen.

Tabel 6. Overzicht van de DNA merkers zoals vastgesteld in de periode 2014 t/m 2016, 2019, 2021 t/m 2023 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
De oude Pol	mens	vogel, mens, herkauwer, hond	mens, herkauwer, vogel	mens, hond, vogel	mens, herkauwer, vogel	mens, vogel	mens, vogel, herkauwer

Op basis van deze resultaten met DNA merkers kunnen herkauwers en mensen worden aangewezen als de meest waarschijnlijke fecale bron voor de overschrijdende bacteriewaarden van *E. coli* op 8 augustus. Voor de overschrijdende bacteriewaarden van *E. coli* en intestinale enterococci op 22 augustus kunnen mensen en vogels worden aangewezen als de meest waarschijnlijke bron. Er kan geen bron worden aangewezen voor de overschrijdende bacteriewaarden van *E. coli* en intestinale enterococci op 19 september. Dit kan het gevolg zijn van een fecale besmetting met een bron die niet geanalyseerd is in deze opdracht of een van de andere redenen die uitgelegd zijn in “2.4 Interpretatie van de analyseresultaten”.

3.2.4 Katwijk aan Zee, Boulevard Noord

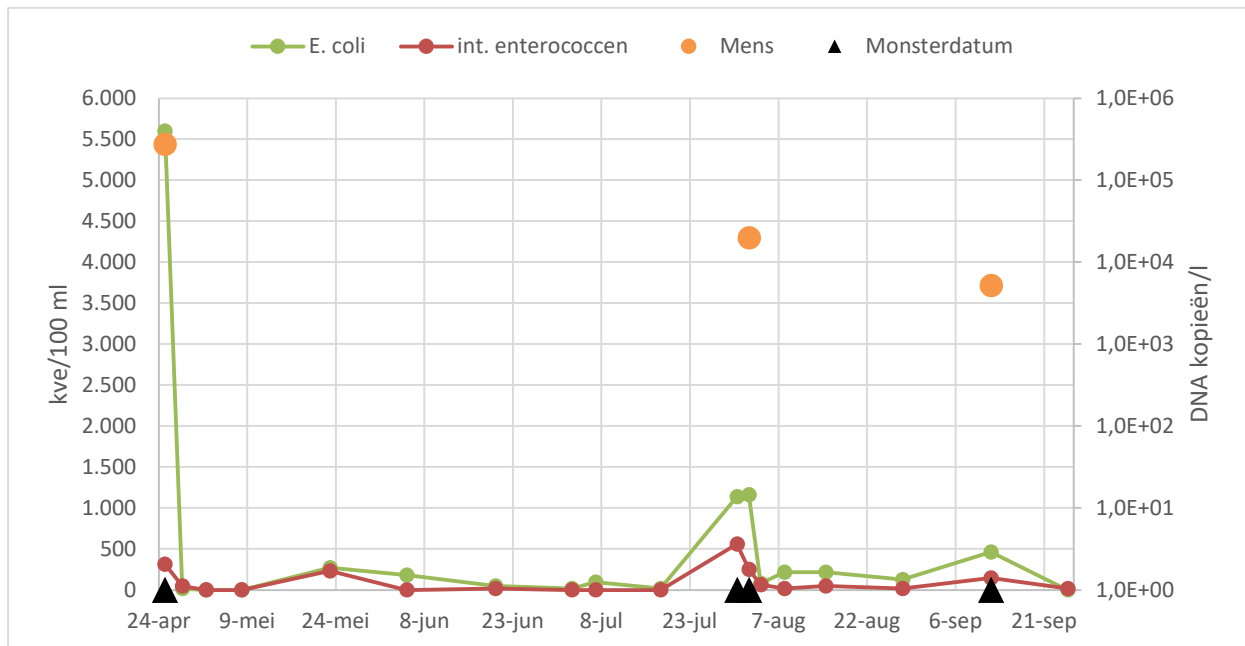
In onderstaande Tabel 7 zijn de DNA concentraties van de onderzochte bronnen van fecale herkomst aangegeven voor de locatie Katwijk aan Zee, Boulevard Noord. Drie veldmonsters gaven signalen van DNA merkers voor mens op 25 april, 2 augustus en 12 september.

Tabel 7. DNA concentraties (kopieën/l) zoals gedetecteerd voor de zes onderzochte veldmonsters van de locatie Katwijk aan Zee, Boulevard Noord en de bijbehorende blanco's. Gegevens met een '<' betreffen waarden beneden de detectiegrens.

monster code	datum / volume	omschrijving	rendement (%)	DNA kopieën/l				
				Mens	Hond	Herkauwer	Paard	Vogel
LMB-179309-OW	25-apr 100 ml	Katwijk aan Zee, Boulevard Noord	64,0	2,7E+05	<1,2E+03	<1,2E+03	<1,2E+03	<5,9E+03
LMB-179308-UW	28-apr 100 ml	Blanco	44,7	<1,7E+03	<1,7E+03	<1,7E+03	<1,7E+03	<8,4E+03
LMB-179314-OW	31-jul 100 ml	Katwijk aan Zee, Boulevard Noord	65,9	<1,1E+03	<1,1E+03	<1,1E+03	<1,1E+03	<5,7E+03
LMB-179315-OW	2-aug 100 ml	Katwijk aan Zee, Boulevard Noord	63,2	2,0E+04	<1,2E+03	<1,2E+03	<1,2E+03	<5,9E+03
LMB-179313-UW	3-aug 100 ml	Blanco	58,6	<1,3E+03	<1,3E+03	<1,3E+03	<1,3E+03	<6,4E+03
LMB-179319-OW	12-sep 100 ml	Katwijk aan Zee, Boulevard Noord	69,4	5,2E+03	<1,1E+03	<1,1E+03	<1,1E+03	<5,4E+03
LMB-179318-UW	14-sep 100 ml	Blanco	54,5	<1,4E+03	<1,4E+03	<1,4E+03	<1,4E+03	<6,9E+03

In Figuur 4 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 hond worden hier weergegeven.

De metingen voor *E. coli* en de intestinale enterococci laten op 25 april en 2 augustus een overschrijding van de signaalwaarden voor *E. coli* zien en een verhoging van de intestinale enterococci. Op 31 juli wordt er een overschrijding van de signaalwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococci waargenomen. De signaalwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococci worden op 12 september niet overschreden maar zijn wel verhoogd. De overschrijdingen en verhogingen van 25 april, 2 augustus en 12 september correspondeert met een verhoogde waarde voor de DNA merker voor mens. Op 31 juli worden geen DNA merkers aangetoond. Het veldmonster voor DNA merker referentiewaarden is van 20 juni 2023 van de locatie Katwijk aan Zee, Boulevard Zuid en er werden hierin geen DNA merkers aangetroffen (zie Figuur 5).



Figuur 4. Meetwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococci op de locatie Katwijk aan Zee, Boulevard Noord en de vastgestelde DNA-resultaten van potentiële fecale bronnen. *E. coli* en intestinale enterococci 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 vier datums met DNA analyses zijn weergegeven met een zwarte driehoek op de horizontale as.

Het zwemwaterprofiel (RPS/Tauw/KWR, 2019) voor Katwijk aan Zee, Boulevard Noord geeft eveneens aan dat vooral mensen een rol kunnen spelen bij het optreden van verhoogde bacteriewaarden. Dit kan in de vorm van bezoekers en beroeps- en recreatievaart zijn. Maar het grootste risico is waarschijnlijk het Uitwateringskanaal Katwijk dat aangrenzend ten zuiden van de zwemwaterlocatie ligt. Hierlangs wordt water van de Katwijkse boezem via het Koning Willem-Alexander gemaal de Noordzee in gepompt. De kwaliteit van het boezemwater wordt onder meer beïnvloed door AWZI Katwijk en de riool overstorten in het achterland.

Op basis van deze resultaten met DNA merkers kunnen mensen worden aangewezen als de meest waarschijnlijke fecale bron voor de overschrijdende en verhoogde bacteriewaarden van *E. coli* en intestinale enterococci op 25 april, 2 augustus en 12 september. Er kan geen bron worden aangewezen voor de overschrijdende bacteriewaarden van *E. coli* en intestinale enterococci op 31 juli. Dit kan het gevolg zijn van een fecale besmetting met een bron die niet geanalyseerd is in deze opdracht of een van de andere redenen die uitgelegd zijn in “2.4 Interpretatie van de analysesresultaten”.

3.2.5 Katwijk aan Zee, Boulevard Zuid

In onderstaande Tabel 8 zijn de DNA concentraties van de onderzochte bronnen van fecale herkomst aangegeven voor de locatie Katwijk aan Zee, Boulevard Zuid. Twee veldmonsters gaven signalen van DNA merkers voor mens op 25 april en 15 augustus.

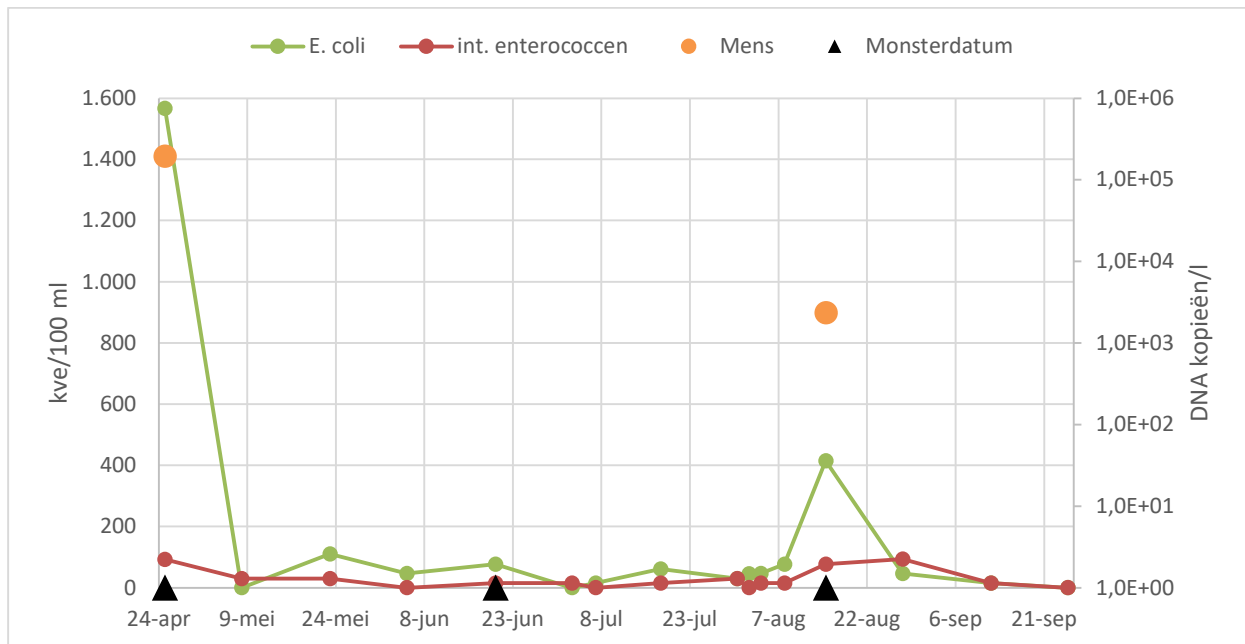
Tabel 8. DNA concentraties (kopieën/l) zoals gedetecteerd voor de zes onderzochte veldmonsters van de locatie Katwijk aan Zee, Boulevard Zuid en de bijbehorende blanco's. Gegevens met een '<' betreffen waarden beneden de detectiegrens.

monster code	datum / volume	omschrijving	rendement (%)	DNA kopieën/l				
				Mens	Hond	Herkauwer	Paard	Vogel
LMB-179310-OW	25-apr 100 ml	Katwijk aan Zee, Boulevard Zuid	54,5	2,0E+05	<1,4E+03	<1,4E+03	<1,4E+03	<6,7E+03
LMB-179308-UW	28-apr 100 ml	Blanco	44,7	<1,7E+03	<1,7E+03	<1,7E+03	<1,7E+03	<8,4E+03
LMB-179312-OW	20-jun 100 ml	Katwijk aan Zee, Boulevard Zuid	55,4	<1,4E+03	<1,4E+03	<1,4E+03	<1,4E+03	<6,8E+03
LMB-179311-UW	22-jun 100 ml	Blanco	53,2	<1,4E+03	<1,4E+03	<1,4E+03	<1,4E+03	<7,1E+03
LMB-179317-OW	15-aug 100 ml	Katwijk aan Zee, Boulevard Zuid	50,0	2,3E+03	<1,5E+03	<1,5E+03	<1,5E+03	<7,5E+03
LMB-179316-UW	17-aug 100 ml	Blanco	54,5	<1,4E+03	<1,4E+03	<1,4E+03	<1,4E+03	<6,9E+03

In Figuur 5 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 hond worden hier weergegeven.

De metingen voor *E. coli* en de intestinale enterococci blijven het hele seizoen door, behalve op 25 april en 18 augustus, ruim onder de betreffende signaalwaarden. Op 25 april wordt er, net als op locatie Boulevard Noord, een ruime overschrijding van de signaalwaarde voor *E. coli* waargenomen. Op 18 augustus is er geen sprake van een overschrijding, maar wordt er wel een verhoging van *E. coli* waargenomen. Op 20 juni wordt er geen verhoging van zowel *E. coli* als intestinale enterococci waargenomen. De overschrijding van 25 april en de verhoging van 18 augustus voor *E. coli* corresponderen met een verhoogde waarde voor de DNA merker voor mens. Het veldmonster voor DNA merker referentiewaarden is van 20 juni voor deze locatie en er werden hierin geen DNA merkers aangetroffen.

Het zwemwaterprofiel (Arcadis, 2023) voor Katwijk aan Zee, Boulevard Zuid geeft eveneens aan dat een rol kunnen spelen bij het optreden van verhoogde bacteriewaarden. Dit met name in de vorm van het Uitwateringskanaal Katwijk dat direct ten noorden van de zwemwaterlocatie ligt. Hierlangs wordt water van de Katwijkse boezem via het Koning Willem-Alexander gemaal de Noordzee in gepompt. De kwaliteit van het boezemwater wordt onder meer beïnvloed door AWZI Katwijk en de riool overstorten in het achterland. De AWZI Katwijk ligt op ongeveer 3 km van de zwemzone en stroomt richting het Uitwateringskanaal. Daarbij zijn er nog meer RWZI's/AWZI's in het binnenland die lozen op de Oude Rijn/Uitwateringskanaal. Rioolwater overstorten zijn aanwezig in het achterland en monden uit op het Uitwateringskanaal. Katwijk heeft op veel plekken nog geen gescheiden rioolstelsel.



Figuur 5. Meetwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococcen op de locatie Katwijk aan Zee, Boulevard Zuid 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 zes datums met DNA analyses zijn weergegeven met een zwarte driehoek op de horizontale as.

Op basis van de resultaten met DNA merkers kunnen mensen worden aangewezen als de meest waarschijnlijke fecale bron voor de overschrijdende bacteriewaarden van *E. coli* op 25 april en de verhoogde bacteriewaarden van *E. coli* op 15 augustus.

4 Conclusies

De DNA-analyses zijn naar behoren verlopen, zonder enige indicatie van remming die van invloed zou kunnen zijn op de betrouwbaarheid van de hier gerapporteerde resultaten. Echter, niet alle watermonsters zijn gefiltreerd en geconserveerd conform de voorschriften van KWR. Waarschijnlijk is er één keer sprake geweest van een verwisseling tussen een veldmonster en een blanco monster (zie ook 3.2.2 Recreatiepark 't Kleine Zeetje). Bovenstaande constatering kan van invloed zijn op de gerapporteerde resultaten, met name voor locatie Recreatiepark 't Kleine Zeetje.

Voor locatie Riviera Beach Noordoost in 2023 kunnen mensen en honden worden aangewezen als de meest waarschijnlijke fecale bron voor de op 18 september geconstateerde overschreden bacteriewaarden voor *E. coli* en intestinale enterococci. Daarnaast is op die locatie ook de DNA merker vogel op 15 mei aangetoond zonder dat er sprake was van overschreden of verhoogde bacteriewaarden.

Voor locatie Recreatiepark 't Kleine Zeetje kunnen geen bronnen worden aangewezen voor de overschrijdende bacteriewaarden van *E. coli* op 1 augustus, 29 augustus en 26 september.

Bij De Oude Pol kunnen herkauwers en mensen worden aangewezen als de meest waarschijnlijke fecale bron voor de overschrijdende bacteriewaarden van *E. coli* op 8 augustus. Voor de overschrijdende bacteriewaarden van *E. coli* en intestinale enterococci op 22 augustus kunnen mensen en vogels worden aangewezen als de meest waarschijnlijke bron. Voor de overschrijdende bacteriewaarden van *E. coli* en intestinale enterococci op 19 september kan geen bron worden aangewezen.

Voor beide locaties van Katwijk aan Zee (Boulevard Noord en Zuid), kunnen mensen worden aangewezen als de meest waarschijnlijke fecale bron voor de overschrijdende en verhoogde bacteriewaarden. Voor Boulevard Noord geldt dat voor de overschrijdende en verhoogde bacteriewaarden van *E. coli* en intestinale enterococci op 25 april, 2 augustus en 12 september. Voor de overschrijdende bacteriewaarden van *E. coli* en intestinale enterococci op 31 juli kan geen bron worden aangewezen. Bij Boulevard Zuid gaat het om overschrijdende bacteriewaarden van *E. coli* op 25 april en de verhoogde bacteriewaarden van *E. coli* op 15 augustus waarvoor mensen kunnen worden aangewezen als de meest waarschijnlijke fecale bron.

5 Referenties

- Arcadis, (2023). Zwemwaterprofiel Katwijk aan Zee Boulevard Zuid, Referentie: NLBW95_KATWZBSD, 19 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.
- 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 KWR 2014.098.
- 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.
- RPS/Tauw/KWR, (2019). Zwemwaterprofiel Katwijk aan Zee Boulevard Noord, Referentie: NLBW95_KATWNBSD, 15 pp.
- RPS/Tauw/KWR, (2019). Zwemwaterprofiel Recreatiepark 't Kleine Zeetje, Referentie: NLBW92_SPAKBBBD, 17 pp.

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

Tauw/RPS, (2020). Zwemwaterprofiel De Oude Pol, Referentie: NLBW92_OUDPL, 10 pp.

Tauw/RPS, (2020). Zwemwaterprofiel Rivière Beach Noordoost, Referentie: NLBW92_RIVRCPZSOT, 9 pp.

Jaar van publicatie
2024

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

Keywords

fecale verontreiniging, DNA bronopsporing,
zwemwater

Groninghaven 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 2023.127 | 17 januari 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.