

# Klimaatimpact op waterkwaliteit in Flevoland

12-06-2023, Lelystad



**Student:** Marije Ridder

**School:** Aeres Hogeschool Almere

**Opleiding:** Toegepaste Biologie

**Stagedocent:** Martijn Hammers



## Voorwoord

Voor u ligt de scriptie “Klimaatimpact op waterkwaliteit in Flevoland”. Dit onderzoeksrapport is geschreven als afsluiting van de opleiding Toegepaste Biologie aan Aeres Hogeschool Almere. In de periode van februari tot juli 2023 heb ik parallel aan mijn stage bij Waterschap Zuiderzeeland gewerkt aan deze scriptie.

Tijdens de onderzoeksperiode ben ik erachter gekomen hoe gecompliceerd het is om een tijdsgebonden toegepaste onderzoeksmethode op te zetten. Ik heb geleerd hoe ik tijd en kennis zo efficiënt mogelijk in kan zetten. Daarnaast heb ik een waardevolle ervaring opgedaan in het werken met vakspecialisten van Waterschap Zuiderzeeland. Dit heeft me de nodige diepgang in het onderzoek weten aan te brengen waar ik naar zocht.

Ik wil graag iedereen van Waterschap Zuiderzeeland bedanken die mij gedurende het onderzoek hebben ondersteund in zowel het opzetten als het uitvoeren van het onderzoek. Daarnaast zal ik in het bijzonder Martijn Hokken willen bedanken voor de goede begeleiding en luisterend oor. Tot slot wil ik graag mijn afstudeerdocent Martijn Hammers bedanken voor het geven van nuttige feedback en het ondersteunen van het rapportageproces.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Marije Ridder

12 juni 2023

# Inhoudsopgave

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| Voorwoord .....                                          | 2  |
| Samenvatting .....                                       | 5  |
| Summary .....                                            | 6  |
| Hoofdstuk 1. Inleiding .....                             | 7  |
| 1.1 Aanleiding .....                                     | 7  |
| 1.2 Doelstelling .....                                   | 9  |
| Hoofdstuk 2. Aanpak .....                                | 11 |
| 2.1 Algemene methode .....                               | 11 |
| 2.2 Deelvraag 1: Literatuuronderzoek .....               | 14 |
| 2.3 Deelvraag 2: Trendanalyse .....                      | 16 |
| 2.4 Deelvraag 3: Vergelijking natte en droge jaren ..... | 17 |
| Hoofdstuk 3: Literatuuronderzoek .....                   | 18 |
| 3.1 Klimaatverandering en waterkwaliteit .....           | 18 |
| 3.2 Eutrofiëring .....                                   | 18 |
| 3.3 Verzilting .....                                     | 20 |
| 3.4 Interne nalevering .....                             | 21 |
| 3.5 Verschil tochten en vaarten .....                    | 23 |
| 3.6 Clusters en aanpak .....                             | 24 |
| 3.7 Clusteromschrijvingen .....                          | 24 |
| Cluster 1 (ABC1 en ABC2) .....                           | 25 |
| Cluster 2 (FGIK, DE en H) .....                          | 26 |
| Cluster 3 (tochten J) .....                              | 27 |
| Cluster 4 (tochten lage afdeling NOP) .....              | 28 |
| Cluster 5 (tochten hoge afdeling NOP) .....              | 28 |
| Cluster 6: Vaarten NOP .....                             | 29 |
| Cluster 7 (Hoge Vaart) .....                             | 30 |
| Cluster 8 (Lage Vaart) .....                             | 31 |
| Hoofdstuk 4: Trendanalyse .....                          | 32 |
| 4.1 Chemische Trendanalyse .....                         | 32 |
| 4.1.1 Ammonium .....                                     | 32 |
| 4.1.2 Nitraat .....                                      | 32 |
| 4.1.3 Totaal stikstof .....                              | 33 |
| 4.1.4 Totaal fosfor .....                                | 33 |
| 4.1.5 Orthofosfaat .....                                 | 34 |
| 4.1.6 Chlorofyl-A .....                                  | 34 |
| 4.1.6 Chloride .....                                     | 35 |
| 4.1.7 Geleidbaarheid .....                               | 35 |
| 4.1.8 Sulfaat .....                                      | 36 |

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.2 Klimatologische trendanalyse.....                                     | 37 |
| 4.2.1 Watertemperatuur .....                                              | 37 |
| 4.2.2 Luchttemperatuur .....                                              | 38 |
| 4.2.3 Neerslag.....                                                       | 39 |
| 4.2.4 Verdamping .....                                                    | 39 |
| Hoofdstuk 5: Vergelijking natte en droge jaren .....                      | 41 |
| 5.1 Oldebroektocht .....                                                  | 41 |
| 5.2 Lepelaartocht .....                                                   | 42 |
| 5.3 Swiftervaart .....                                                    | 42 |
| 5.4 Voorstertocht.....                                                    | 43 |
| 5.5 Enservaart.....                                                       | 43 |
| 5.6 Larservaart .....                                                     | 44 |
| 5.7 Luttelgeestervaart .....                                              | 44 |
| 5.8 Lage Vaart, Lage Knarsluis .....                                      | 45 |
| Hoofdstuk 6: Discussie .....                                              | 46 |
| Deelvraag 1: Theoretisch effect van droogte .....                         | 46 |
| Deelvraag 2: Trendanalyse chemische en klimatologische parameters .....   | 47 |
| Deelvraag 3: Vergelijking natte en droge jaren .....                      | 48 |
| Vervolgonderzoek.....                                                     | 49 |
| Hoofdstuk 7: Conclusie en aanbeveling .....                               | 50 |
| Deelvraag 1: Theoretisch effect van droogte .....                         | 50 |
| Deelvraag 2: Trendanalyse chemische en klimatologische parameters .....   | 50 |
| Deelvraag 3 vergelijking natte en droge jaren.....                        | 51 |
| Hoofdvraag .....                                                          | 51 |
| Aanbevelingen .....                                                       | 52 |
| Bronnenlijst .....                                                        | 53 |
| Bijlagen.....                                                             | 55 |
| Bijlage A: Selectie chemische meetpunten.....                             | 55 |
| Bijlage B: Risicoanalyse van klimaateffecten per cluster .....            | 56 |
| Bijlage C: Kaartweergave van trendanalyse chemische parameters .....      | 57 |
| Bijlage D: Kaartweergave van trendanalyse klimatologische parameters..... | 66 |
| Bijlage E: Selectie meetpunten per cluster .....                          | 70 |
| Bijlage F: Trendanalyse resultaten van chemische parameters .....         | 71 |
| Bijlage G: Trendanalyse resultaten van klimatologische parameters.....    | 80 |
| Bijlage H: Onderbouwing van de selectie droogtejaren .....                | 84 |
| Bijlage I: Boxplot grafieken vergelijking droge en natte jaren.....       | 87 |
| Bijlage J: Onderbouwing steekproefpunten .....                            | 95 |

## Samenvatting

Het klimaat verandert en beïnvloedt ons leven op steeds meer manieren. De winters worden natter en zomers worden droger. De waterschappen dragen in Nederland de verantwoordelijkheid om beleid te voeren wat ons veilig stelt voor het water en schoon en voldoende water geeft. Waterschap Zuiderzeeland heeft de speciale taak om het beheer van de wateren in Flevoland klimaatbestendig te maken. Flevoland heeft met zijn kunstmatige ontstaansgeschiedenis en actief peilbeheer een uitzonderlijke situatie wat betreft waterbeheer. Maar welke invloed heeft de klimaatverandering op de waterkwaliteit en hoe moet het beleid hierop worden aangepast? Dit zijn belangrijke vraagstukken die bij de Nederlandse waterschappen nog niet systematisch met een uniforme methode worden beantwoord. De vraag die in dit onderzoek zal worden beantwoordt luidt; “Hoe beïnvloeden extreem droge jaren de chemische waterkwaliteit in Flevoland?”.

Allereerst is een literatuuronderzoek gedaan naar het theoretische effect van klimaatverandering en de klimaatrisico's die hier naar verwachting mee gepaard gaan. Daarnaast is een risicoanalyse opgesteld waarvoor het beheergebied is opgedeeld in clusters van vergelijkbaar functionerende meetpunten. Vervolgens is met behulp van een trendanalyse geobserveerd hoe de relevante klimatologische en chemische parameters zich de afgelopen decennia hebben gedragen. Ook kon aan de hand hiervan worden geanalyseerd of het theoretisch verwachte klimaateffect al terug te zien was in de trendpatronen. Tot slot is specifiek het effect van de extreem droge jaren onderzocht door de chemische parameters in een selectie niet droge jaren als nul-situatie te vergelijken met de stofgehalten van deze parameters tijdens de selectie extreem droge jaren. Deze analyse is uitgevoerd voor de selectie steekproefmeetpunten die uit ieder cluster zijn geselecteerd.

Uit de resultaten valt te concluderen dat voor Flevoland voornamelijk de stijgende temperatuur en het veranderende neerslagpatroon relevante klimaateffecten zijn om te onderzoeken. Deze zorgen naar verwachting voor toename van eutrofiëring, verzilting en interne nalevering. De onderzochte parameters zijn dan ook geselecteerd op basis van deze klimaatrisico's. In de trendanalyse is te zien dat de lucht- en watertemperatuur in Flevoland inderdaad significant toeneemt. Het veranderend neerslagpatroon is in dit onderzoek niet significant aangetoond. De verwachte ontwikkelingen van verzilting en toenemende interne nalevering zijn ook significant aangetoond. Het verwachte patroon van eutrofiëring is niet significant aan te tonen in Flevoland. Er is zelfs een licht dalende trend te zien. Dit kan mogelijk worden verklaard door de verduurzaming van de landbouw waardoor de algemene aanvoer van nutriënten afneemt. De ontwikkeling van een uniforme methode om systematisch klimaatonderzoek uit te voeren is essentieel om het waterbeheer klimaatbestendig te maken en houden.

## Summary

Climate change is changing and affecting our lives in more and more ways. Winters are becoming wetter, and summers are getting drier. In the Netherlands, the water authorities bear responsibility for implementing policies that ensure our safety from water and provide clean and sufficient water. Water authority Zuiderzeeland has the special task of climate-proofing water management in Flevoland. Flevoland, with its artificial history and active water level management, presents an exceptional situation in terms of water management. However, the specific influence of climate change on water quality and the necessary policy adjustments are not yet systematically tackled by the Dutch water boards using a uniform method. The research question to be answered in this study is: "How do extremely dry years affect the chemical water quality in Flevoland?"

Firstly, a literature review was conducted to explore the theoretical effect of climate change and the expected climate risks associated with it. Additionally, a risk analysis was performed, dividing the research area into clusters of similarly functioning measurement points. A trend analysis was then used to observe the behavior of relevant climatological and chemical parameters over the past decades. This analysis aimed to determine whether the theoretically expected climate effect was already reflected in the trend patterns. Finally, the effect of extremely dry years was examined by comparing the chemical parameters during a selection of non-dry years as a baseline with the substance levels of these parameters during the selected extremely dry years. This analysis was performed for the sample measurement points chosen from each cluster.

The results indicate that, for Flevoland, the rising temperature and changing precipitation pattern are the most relevant climate effects to investigate. These are expected to lead to increased eutrophication, salinization, and internal phosphate loading. The selected parameters are based on these climate risks. The trend analysis shows that air and water temperature are indeed increasing significantly in Flevoland. The changing precipitation pattern has not been proven to be significant in this study. The expected trends of salinization and increasing internal phosphate loading were also statistically proven. However, the expected pattern of eutrophication could not be statistically confirmed in Flevoland. In fact, a slight decreasing trend was observed, which could potentially be explained by the sustainable practices in agriculture leading to reduced nutrient influx. The development of a uniform method for systematically conducting climate research is essential to develop and maintain water management climate-resilient.

# Hoofdstuk 1. Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Klimaatverandering vormt een van de grootste uitdagingen van de 21<sup>e</sup> eeuw (Oo et al., 2019). Naast het feit dat wetenschappers al jaren aantonen dat het milieu verandert, heeft klimaatverandering steeds vaker een merkbaar effect op ons leven (*KNMI - Klimaatverandering*, z.d.). Het is een actueel en wereldwijd probleem dat op veel aspecten van onze samenleving aangrijpt (Oo, et al., 2019). Ondanks dat er nog veel onduidelijk is over hoe het klimaat precies zal veranderen, is aangetoond dat een significante verschuiving zal plaatsvinden in deze eeuw (Battarbee, et al, 2008).

Ook Nederland kampt met de gevolgen van klimaatverandering (Klein Tank et al., 2014). In de klimaatscenario's van het KNMI uit 2014 is voorspeld dat er verschillende effecten van klimaatverandering in Nederland merkbaar gaan zijn (Klein Tank et al., 2014). De gemiddelde temperatuur stijgt, de hoeveelheid en de intensiteit van de neerslag neemt toe en weerextremen komen vaker voor (Minnen et al., 2012). Voor een land als Nederland, wat grotendeels onder de zeespiegel ligt, is waterveiligheid van groot belang (*KNMI – Klimaatverandering*, z.d.). Het is dan ook geen verrassing dat veel van deze klimaateffecten deze waterveiligheid in gevaar brengen. Zeespiegelstijging geeft een direct waterveiligheidsrisico omdat ons dijkenstelsel hier nog niet op is aangepast (Ritzema & Van Loon-Steensma, 2018). De temperatuurstijging in combinatie met de toename van neerslag zorgt ervoor dat er meer smelt- en regenwater af te voeren is (Kosten & Schep, 2011). Dit levert wederom een risico in waterveiligheid, aangezien Nederland als laaggelegen land veel regen- en smeltwater afvoert vanuit andere landen (Ritzema & Van Loon-Steensma, 2018). De Nederlandse rivieren zullen dus meer water af te voeren hebben (Kosten & Schep, 2011).

Maar aan de andere kant van het spectrum dreigt toenemende droogte. Door de weersextremen nemen ook de langere periodes van droogte toe (Kosten & Schep, 2011). Samen met de temperatuur die toeneemt zorgt dit voor een uitdaging van de weerbaarheid van de Nederlandse natuur (Gilissen, 2013). Het zal dan ook niet tot de verbeelding spreken dat klimaatverandering niet alleen inspeelt op de kwantiteit van het water maar ook op de kwaliteit (Gilissen, 2013). Waterkwaliteit is een breed begrip en kan zowel ecologisch als chemisch benaderd worden (Kosten & Schep, 2011). De meeste klimaateffecten spelen direct in op de chemische waterkwaliteit en indirect op de ecologie (Kosten & Schep, 2011). Het chemische toestand van het oppervlaktewater, ook wel chemische waterkwaliteit genoemd, vormt namelijk de basis van het ecosysteem wat hier voorkomt (Kosten & Schep, 2011). Dit wordt bepaald door de gehalten en samenstellingen van 33 stoffen (*Chemische waterkwaliteit KRW*, 2022). Hier vallen systeem eigen stoffen zoals voedingsstoffen, zouten en zuurstof onder, maar ook systeemvreemde of verontreinigende stoffen (Kosten & Schep, 2011).

De stijging in temperatuur en het veranderende neerslagpatroon zijn de klimaateffecten met de meeste invloed op de chemische waterkwaliteit. De temperatuurstoename zorgt, eventueel in combinatie met een lage waterstand, voor grotere fluctuaties in dag- en nachtconcentraties van zuurstof. Hiermee neemt de kans op langere perioden met zeer lage zuurstofgehalten toe. Dit is nadelig voor het systeem omdat er vissterfte op kan treden en een verschuiving zal plaatsvinden in de macrofauna samenstelling. Bovendien heeft dit qua chemische toestand als gevolg dat interne nalevering van voedingsstoffen uit de bodem wordt versterkt (Kosten & Schep, 2011). Interne eutrofiëring is een bodemproces waardoor extra meststoffen, zoals fosfaat en ammonium, vanuit de waterbodem zich naar de waterfase verplaatsen (Smolders et al., 2019). Onder invloed van hogere sulfaatconcentraties in de waterfase én de aanwezigheid van een zuurstofloze toplaag in de organische waterbodem wordt de normaal sterke chemische binding tussen IJzer en Fosfaat (FePO<sub>4</sub>) instabiel (Smolders et al., 2019). Extra fosfaat en ammonium als meststoffen veroorzaken in de waterfase verhoogde eutrofiëringseffecten (Smolders et al., 2019). Interne nalevering is dan ook één van de verwachte klimaatrisico's.

Het neerslagpatroon laat steeds meer extreme weersomstandigheden zien (Klein Tank et al., 2014). Dit heeft als gevolg dat het aantal piekafvoeren en daarmee de externe stikstof- en fosforbelasting toeneemt (Kosten & Schep, 2011). Hiermee wordt het systeem gevoed met extra nutriënten, ook wel eutrofiëring genoemd. Eutrofiëring is een proces dat in de Nederlandse wateren als een van de grootste stressoren wordt beschouwd en veel problemen oplevert (Verdonschot et al., 2022). De stijgende temperatuur levert ook een bijdrage aan eutrofiëring, omdat bij hogere temperaturen de mineralisatiesnelheid toeneemt (Kosten & Schep, 2011). Micro-organismen zetten organische stof sneller om tot anorganische verbindingen. Er komen dus wederom meer voedingsstoffen in het systeem (Kosten & Schep, 2011).

Een toenemende voedselrijkheid heeft doorgaans veel negatieve gevolgen voor het functioneren van het ecosysteem (Verdonschot et al., 2022). Elk waterlichaam reageert echter anders op eutrofiëring, afhankelijk van of het stikstof- of fosfaat gelimiteerd is en of het een algen- of planten gedomineerd systeem is (Verdonschot et al., 2022). Over het algemeen zorgt eutrofiëring voor massale waterplantengroei, overmatige algengroei, vertroebeling, zuurstofverlies, vissterfte en verlies aan biodiversiteit (Verdonschot et al., 2022). Eutrofiëring is dus een belangrijk tweede klimaatrisico voor de Nederlandse waterkwaliteit.

Tot slot krijgen de Nederlandse wateren te maken met een stijging van chlorideconcentratie door verdamping als gevolg van een hogere temperatuur en langere periodes van droogte (Kosten & Schep, 2011). Bovendien wordt de waterkwaliteit niet alleen direct beïnvloed door een toename in temperatuur en een verandering in neerslagpatroon, maar ook indirect door de mens die zich aanpast aan het veranderende klimaat (Kosten & Schep, 2011). Zo wordt in droge periodes door de agrarische sector het land vaker beregend, waardoor er uitspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater plaatsvindt (Kosten & Schep, 2011; Iglesias & Garrote, 2015). Dit draagt wederom bij aan het klimaatrisico eutrofiëring (Kosten & Schep, 2011). Daarnaast wordt er de hoeveelheid ingelaten water vanuit de grote rivieren tijdens droge perioden groter, terwijl de chlorideconcentraties in de rivieren dan juist erg hoog zijn (Kosten & Schep, 2011). Dit draagt bij aan de verzilting, wat het laatste klimaatrisico vormt.

Schoon en veilig water is van enorm belang voor zowel de volksgezondheid, de ecologische toestand van het aquatisch systeem en omgeving als voor de watervoorziening (Kosten & Schep, 2011). In Nederland zijn de waterschappen verantwoordelijk voor het gezond houden van de regionale wateren. Ze zorgen bijvoorbeeld voor zuivering van het rioolwater, het op peil houden van de visstand en voldoende waterbeschikbaarheid voor de agrarische sector (Zuiderzeeland, 2023). De waterschappen beschermen het land ook tegen overstromingen door het reguleren van de waterstand met gemalen en sluizen (Zuiderzeeland, 2023). Al met al hebben de waterschappen veel verantwoordelijkheid over de kwantiteit én kwaliteit van het Nederlandse water. Het is dan ook van belang dat de effecten van klimaatverandering op waterkwaliteit bekend zijn zodat de waterschappen met deze kennis in het achterhoofd beleid kunnen voeren (Zoetendal et al., 2012). Ook kunnen zo betere adaptatiestrategieën worden ontwikkeld om klimaat gerelateerde schade aan de waterkwaliteit te voorkomen (Van de Haterd et al., 2020). Chemische waterkwaliteit is een complex van samenhangende sleutelfactoren die als eenheid functioneren. Het vergt veel begrip van het betreffende systeem om voorspellingen te kunnen doen over wat klimaatverandering voor gevolgen zal hebben in een bepaald gebied (Zoetendal, 2012).

Flevoland wordt geconfronteerd met een unieke uitdaging op het gebied van waterbeheer en klimaatverandering (Zuiderzeeland, 2023). Flevoland is een provincie die voornamelijk bestaat uit polders en kunstmatig gecreëerd land waarin het waterpeil actief wordt beheerd (Zuiderzeeland, 2023). Door deze onnatuurlijke situatie kan gesteld worden dat door de ontstaansgeschiedenis van Flevoland de conventionele wetten en aannames voor klimaatverandering niet altijd van toepassing

zijn (Zoetendal et al., 2012). Het is bijvoorbeeld niet te verwachten dat temperatuurstijging eenzelfde effect heeft op een natuurlijk water in Limburg als op een kunstmatige tocht of vaart in Flevoland. Maar op welke manier en in welke mate heeft klimaatverandering nu een effect op de chemische waterkwaliteit in Flevoland?

Dit is een vraagstuk dat bij Waterschap Zuiderzeeland, het waterschap van de provincie Flevoland, nog onbeantwoord is. Daarbij ontbreekt bovendien een uniforme methode die alle waterschappen kunnen gebruiken om klimaatonderzoek uit te voeren (Van de Haterd et al., 2020). Waterschap Zuiderzeeland heeft in het verleden verschillende klimaatrapporten opgesteld waarin een begin is gemaakt aan het onderzoeken van de effecten van klimaatverandering op het beheergebied. Zo concludeerde Zoetendal et al. (2012) dat klimaatverandering grote invloed heeft op de waterkwaliteit in het beheersgebied van het Waterschap Zuiderzeeland. Ook is in dit onderzoek een algemene interpretatie geleverd van de klimatologische risico's die spelen in Flevoland en hoe dit aan de hand van gebiedseigen kenmerken te interpreteren is. Statistisch significante correlaties tussen klimatologische factoren en de waterkwaliteit zijn nog niet aangetoond en het is tijd dat er aanvullend en actueel klimaatonderzoek wordt gedaan.

Sinds dit onderzoek in 2012 heeft Nederland te maken gehad met een aantal extreem droge jaren (*KNMI - Klimaatverandering, z.d.*). De impact die deze droge jaren hebben gehad op de chemische waterkwaliteit is nog niet bekend bij het waterschap. Gezien de trend dat weerextremen en lange droge perioden steeds vaker voor zullen komen, is het van belang dat deze vraag wordt beantwoord. Extreem droge jaren zullen op basis van voldoende ervaring en onderzoek beter kunnen worden aangepakt (Gilissen, 2013). Inzicht in de invloed van droogte op de chemische waterkwaliteit zal kunnen worden gebruikt voor het opstellen van een extreem droogtemaatregelenpakket door het calamiteiten team van Waterschap Zuiderzeeland. Dit onderzoek zal zich richten op het beantwoorden van deze onderzoeksvraag;

“Hoe beïnvloeden extreem droge jaren de chemische waterkwaliteit in Flevoland?”

Deze vraag zal worden beantwoord aan de hand van de volgende deelvragen;

- Welke klimaatrisico's zijn van toepassing op het stroomgebied van de kunstmatige wateren in Flevoland?
- Welke trends vertonen de chemische waterkwaliteitsparameters en de klimatologische parameters in de periode 2005 tot en met 2022?
- Hoe verschillen chemische waterkwaliteitsparameters tijdens de extreem droge jaren ten opzichte van de jaren zonder extreme droogte?

## 1.2 Doelstelling

Dit onderzoek verschaft inzicht in het effect van extreem droge jaren op klimaat gerelateerde waterkwaliteitsparameters. Allereerst zal er door middel van literatuuronderzoek een overzicht worden gecreëerd van de theoretische effecten van klimaatverandering op chemische waterkwaliteit. Er zal aan de hand van gebiedseigen kenmerken een verwachting worden opgesteld van de relevante klimaatrisico's in het onderzoeksgebied. Vervolgens zal worden aangetoond of de klimatologische en chemische parameters over de gehele onderzoeksperiode eenzelfde trendpatroon laat zien. Dit verschaft inzicht in de algemene ontwikkelingen van de chemie en weerspatronen in het onderzoeksgebied. Tot slot zal het effect van de extreem droge jaren op de chemische parameters worden beoordeeld. Dit zal bevestigen of er een effect van de extreem droge jaren zichtbaar is en zo ja, hoe dit zich uit in de meetwaarden van de chemische parameters.

Dit onderzoek zal bevestigen of in het meetnet van Waterschap Zuiderzeeland op de gekozen parameters een effect van klimaatverandering zichtbaar is. Inzichten uit dit onderzoek zullen bruikbaar zijn voor verschillende doeleinden binnen Waterschap Zuiderzeeland. Zo is het waardevol om te weten of de chemische waterkwaliteit achteruitgaat, zodat er tijdig kan worden ingegrepen met nieuwe droogtemaatregelen. Daarnaast kan in geval van een zichtbaar effect van klimaatverandering op waterkwaliteit aan de hand van de uitkomst een voorspelling worden gemaakt van toekomstige veranderingen in waterkwaliteitsparameters door klimaatverandering. Ook geeft dit antwoord op de vraag of Flevoland een dergelijke uitzonderingspositie heeft qua functioneren dat de waterkwaliteit daar anders reageert op klimaatverandering dan in andere provincies. Tot slot verschaft het onderzoek inzicht in of het huidige meetnet van het waterschap uitvoerig en betrouwbaar genoeg is om in de toekomst klimaatonderzoeken mee uit te voeren.

## Hoofdstuk 2. Aanpak

### 2.1 Algemene methode

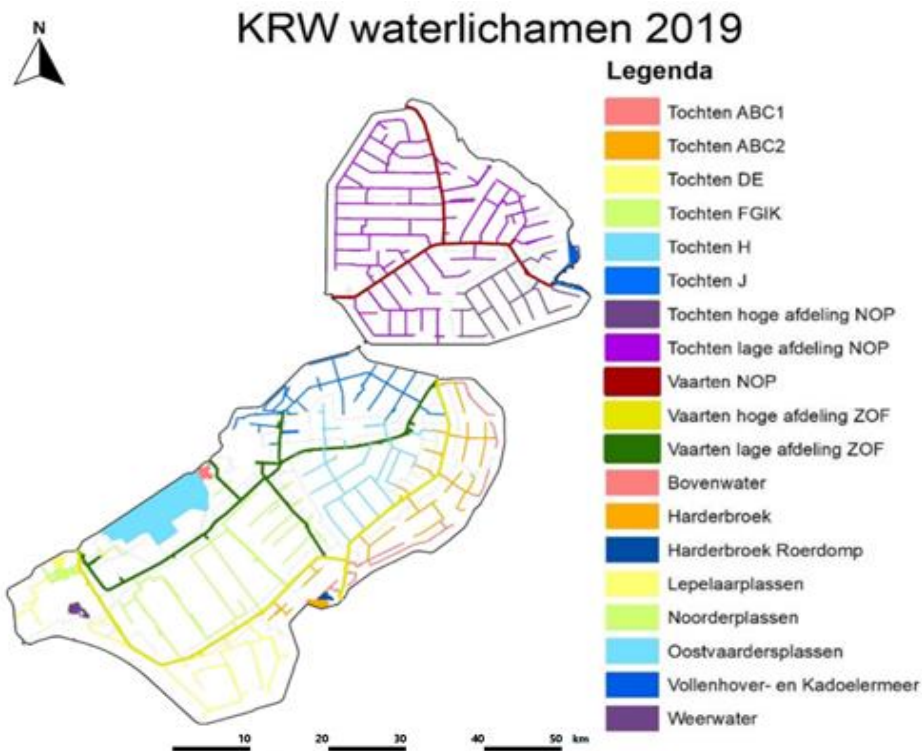
In dit hoofdstuk zal worden toegelicht hoe het onderzoek is aangepakt om de onderzoeksvraag “Hoe beïnvloeden extreem droge jaren de chemische waterkwaliteit in Flevoland?” te beantwoorden. Deze vraag is onderverdeeld in drie deelvragen die in losse deelonderzoeken worden beantwoord. Ondanks deze verdeling is de onderzoeksvraag zonder afbakeningen te groot om met de middelen en tijd van deze scriptie volledig te beantwoorden. Daarom is het onderzoek op verschillende vlakken afgebakend zoals onderzoeksperiode, onderzoeksgebied, aantal meetpunten en aantal chemische parameters. Deze afbakeningen en de redeneringen hierachter zullen één voor één worden toegelicht.

Allereerst beperkt het onderzoek zich tot het stroomgebied van de kunstmatige wateren in Flevoland. De provincie Flevoland is een duidelijke afbakening binnen het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland. Daarnaast is besloten om alleen de kunstmatige wateren te onderzoeken, omdat hier het grootste deel van het stroomgebied onder valt en het beleid van het waterschap hierop van toepassing is. De natuurlijke wateren worden bijvoorbeeld door natuurpartners zoals Staatsbosbeheer beheerd (Zuiderzeeland, z.d.). De stedelijke wateren zijn ook buiten het onderzoek gehouden omdat in deze waterlichamen hele andere achtergrondfactoren een rol spelen en klimaatverandering naar verwachting op een andere manier invloed heeft op de waterkwaliteit (Evers et al., 2012). Voor de haalbaarheid van het onderzoek is dus gekozen om dit niet te analyseren. In Figuur 1 zijn de verschillende waterlichamen zichtbaar waar de kunstmatige wateren van Flevoland in zijn verdeeld.

Vervolgens is ervoor gekozen om de term ‘waterkwaliteit’ af te bakenen. Waterkwaliteit is een veelomvattend begrip dat vanuit verschillende hoeken benaderd kan worden. Zo is er bijvoorbeeld onderscheid te maken tussen ecologische, fysische of chemische waterkwaliteit (Kosten & Schep, 2011). Voor dit onderzoek is alleen de chemische waterkwaliteit van het oppervlaktewater geanalyseerd. Chemische parameters reageren namelijk sneller op veranderingen in de omgeving dan ecologische parameters zoals visstand (Kosten & Schep, 2011). Hiermee zijn chemische parameters dus makkelijker te gebruiken als indicatiemiddel voor een effect van klimaatverandering op de waterkwaliteit (Kosten & Schep, 2011). Daarnaast is het meetnet van chemische parameters meer uniform, omdat het, behalve geleidbaarheid, allemaal stofgehaltenes zijn. Dit maakt het beter haalbaar om een methode voor data-analyse op te stellen voor chemische data dan voor ecologische data.

Waterschap Zuiderzeeland heeft al jaren verschillende meetnetten om de waterkwaliteit in haar beheergebied te monitoren. Dit zijn verschillende meetnetten voor bijvoorbeeld ecologische, chemische en kwantitatieve data. Ook is er onderscheid te maken in de frequentie waarop er data wordt verzameld per meetnet. Tot slot heeft elk meetnet een verschillend moment vanaf wanneer de gegevens zijn gevalideerd en de methode van data verzamelen constant is. Dit zijn twee belangrijke voorwaarden waaraan het meetnet moet voldoen om betrouwbare data te bevatten waar mee gewerkt kan worden (Zoetendal, 2012).

Voor dit onderzoek zijn de chemische waterkwaliteitsgegevens nodig. Door de chemische meetnetten te gebruiken ontstaat er een beperking tot de periode waarin het meetnet vast en gevalideerd is. Dit bedraagt de periode 2005 t/m 2022. Dit is hiermee ook de gekozen onderzoeksperiode. In overleg met hydroloog Michiel Oudendijk bij Waterschap Zuiderzeeland is geconcludeerd dat deze periode theoretisch gezien te kort is om over klimaatverandering te spreken. Dit mag namelijk alleen als er een periode van 30 jaar of langer wordt geanalyseerd (Klein Tank et al., 2014). Als er dus veranderingen in klimatologische parameters worden geanalyseerd zal het dus niet



Figuur 1 Een overzichtkaart van Flevoland met daarin de KRW-waterlichamen. De waterlichamen hebben een kleurcode gekregen in de legenda. Dit zijn de waterlichamen vanuit waar de meetnetten van Waterschap Zuiderzeeland zijn opgesteld.

als klimaatverandering mogen worden benoemd, maar als verandering in weerpatroon (M. Oudendijk, persoonlijke communicatie, 2 maart 2023). Door de geobserveerde veranderingen naast de bewezen en voorspelde klimaatveranderingen te leggen, kan echter wel worden gekeken of het klimaatverandering gerelateerde observaties zijn.

Vervolgens is besloten dat er binnen de onderzoeksperiode minimaal één keer per maand voor ieder jaar meetgegevens moeten zijn om een betrouwbare dataset te hebben om analyse mee uit te voeren. Dit is besloten in overleg met ecooloog Martijn Hokken. Dit heeft als gevolg dat de roulerende meetnetten, waarin eens in de drie jaar een jaar is gemeten, worden overgeslagen. De selectie meetpunten die aan al deze voorwaarden voldoen zijn afkomstig uit de zogenaamde hoofd- en thermometer punten (zie Bijlage A).

Na het vaststellen van de onderzoeksperiode en de selectie meetpunten, zijn er keuzes gemaakt in de onderzochte parameters om de chemische waterkwaliteit te bepalen. Deze afbakening is zowel op basis van de expert-judgement van Martijn Hokken als literatuuronderzoek vastgesteld. Om een weloverwogen keuze te maken is het namelijk van belang om een beeld te hebben van welke parameters relevant zijn voor de onderzoeksvraag. Er is besloten om de chemische parameters te onderzoeken die theoretisch gezien als eerste invloed zouden ondervinden van klimaatverandering. Dit zijn chemische stoffen die te relateren zijn aan eutrofiëring, verzilting en interne nalevering. Dat zijn namelijk de verwachte klimaatrisico's voor de chemische waterkwaliteit in Flevoland. De volgende chemische parameters worden in dit onderzoek geanalyseerd; ammonium, nitraat, totaal stikstof, orthofosfaat, totaal fosfor, chlorofyl-A, chloride, geleidbaarheid en sulfaat (zie Tabel 1). Op de functie en verwachte verandering van elke parameter als gevolg van klimaatverandering is in Hoofdstuk 3.7 gedetailleerd op ingegaan.

Aan de hand van de door het KNMI gepubliceerde klimatologische data uit de meetstations in Lelystad en Marknesse zijn de weerpatronen tijdens de onderzoeksperiode geobserveerd (KNMI - *Dagwaarden neerslagstations*, z.d.). Samen met literatuuronderzoek, is een selectie klimatologische

parameters opgesteld die in dit onderzoek worden geanalyseerd. Dit zijn de parameters; neerslag, verdamping en temperatuur (zie Tabel 2). Qua relevantie zou de grondwaterstand ook als parameter kunnen worden meegenomen (Kløve et al., 2014). Hier waren echter geen betrouwbare en voldoende meetgegevens van beschikbaar.

De observaties van deze klimatologische gegevens van het KNMI hebben ook de basis gevormd voor de selectie van droge jaren. Zoals genoemd word er gewerkt met een onderzoeksperiode die niet lang genoeg is om over klimaatverandering te spreken. Het is ook een relatief korte periode om significante trends in te zoeken, dus is ervoor gekozen om specifiek het effect van de extreem droge jaren op de waterkwaliteit te onderzoeken. Bovendien was er in de tijd van het vorige klimaatrapport van Waterschap Zuiderzeeland nog geen sprake van ‘extreem droge jaren’ zoals we deze in de afgelopen 5 jaar hebben gehad. Er is dus gekozen om specifiek deze extreem droge jaren tegenover de jaren zonder extreme droogte te zetten en de manier waarop de chemische parameters zich gedragen te vergelijken. Om de selectie extreem droge jaren te maken is gebruik gemaakt van de definitie van droogte van het KNMI (*Meerjarige droogtes in Nederland waterland?*, 2022). De extreem droge jaren zijn de jaren 2018, 2019, 2020 en 2022 (zie Tabel 2). Op basis van neerslagtekortgrafieken van het KNMI zijn een aantal jaren geselecteerd zonder extreme droogte die een relatief constant droogtepatroon laten zien en die over de hele onderzoeksperiode gelijk verspreid zijn (*KNMI – Droogtemonitor, z.d.*). Deze jaren vormen de nul-situatie waarmee de extreem droge jaren zullen worden vergeleken. De nul-situatie jaren zijn 2005, 2012, 2014, 2016 en 2021 (zie Tabel 2). Deze selectie is gecontroleerd door hydroloog Kristiaan Petie van Waterschap Zuiderzeeland. De onderbouwing van deze selectie en een overzicht van de neerslagtekorten is te vinden in Bijlage J. Er is gekozen om deze keuze te baseren op de neerslagtekorten per jaar, omdat dit een beeld geeft van de combinatie van verdamping als gevolg van temperatuur en neerslag. Dit zijn naar verwachting de belangrijkste klimatologische parameters om rekening mee te houden als het effect van klimaatverandering wordt onderzocht (Minnen et al., 2012 ; K. Petie, persoonlijke communicatie 23 maart 2023).

*Tabel 1 Overzicht van de geselecteerde chemische parameters en bijbehorende parametergroep. Voor elke voorspelde klimaatrisico is een parametergroep opgesteld.*

| Parametergroep            | Parameter       |
|---------------------------|-----------------|
| <b>Eutrofiëring</b>       | Ammonium        |
|                           | Nitraat         |
|                           | Totaal stikstof |
|                           | Orthofosfaat    |
|                           | Totaal fosfaat  |
|                           | Chlorofyl-A     |
| <b>Verzilting</b>         | Chloride        |
|                           | Geleidbaarheid  |
| <b>Interne nalevering</b> | Sulfaat         |

*Tabel 2 Een overzicht van de geselecteerde jaren met extreme droogte die worden vergeleken met de selectie jaren zonder extreme droogte die de nul-situatie vormen. In de rechterkolom staan de klimatologische parameters op basis waarvan deze selectie is gemaakt en welke later in het onderzoek worden gebruikt voor de trendanalyse.*

| Selectie jaren extreme droogte | Selectie jaren nul-situatie | Klimatologische parameters |
|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 2018                           | 2005                        | Temperatuur                |
| 2019                           | 2012                        | Neerslag                   |
| 2020                           | 2014                        | Verdamping                 |
| 2022                           | 2016                        |                            |
|                                | 2018                        |                            |
|                                | 2021                        |                            |

In grote lijnen is dit onderzoek opgedeeld in drie deelvragen die samengenomen antwoord geven op de hoofdvraag “Hoe beïnvloeden extreem droge jaren de chemische waterkwaliteit in Flevoland?”.

Voor de eerste deelvraag is er literatuuronderzoek uitgevoerd om de relevante klimaatrisico's op het gekozen stroomgebied duidelijk te maken. Vervolgens is er een trendanalyse uitgevoerd om algemene trends over de gehele onderzoeksperiode te analyseren voor zowel de chemische als klimatologische parameters (zie Tabel 1 en 2). Tot slot is er een vergelijking gemaakt tussen het verloop van de chemische parameters tijdens de extreem droge jaren in vergelijking met de nul-situatie (zie bij 2). De aanpak per deelvraag zal hieronder verder worden toegelicht.

## 2.2 Deelvraag 1: Literatuuronderzoek

Om antwoord te geven op de eerste deelvraag; “Welke klimaatrisico's zijn van toepassing op het stroomgebied van de kunstmatige wateren in Flevoland?”, is een literatuuronderzoek uitgevoerd. Allereerst is er gebruik gemaakt van de literatuur die door Waterschap Zuiderzeeland beschikbaar zijn gesteld voor gebruik tijdens dit onderzoek (Whitehead et al., 2009; Kosten & Schep, 2011; Kosten & Schep, 2011; Zoetendal, 2012; Torenbeek, 2020). Deze selectie bedroeg oude klimaatrapporten van het waterschap of relevante artikelen met betrekking tot klimaatverandering en waterkwaliteit. Daarnaast is met behulp van verschillende zoekprogramma's is naar wetenschappelijke literatuur gezocht. Er is voornamelijk gebruik gemaakt van Google Scholar, maar ook van zoekmachines als Springer, Green-I en Science Direct. Er is gezocht op verschillende zoektermen in zowel Engels als Nederlands, zoals “effecten klimaatverandering chemische waterkwaliteit”, “chemische waterkwaliteit Flevoland”, “klimaatverandering Flevoland”, “droogte effect watersysteem”, “warmte effect chemische waterkwaliteit”.

Allereerst zijn de bronnen gecheckt op relevantie met de onderzoeksvraag. De bronnen die via een dergelijke zoekmachine zijn gevonden, zijn vervolgens aan een aantal voorwaarden getest. Zo zijn er geen bronnen gebruikt met een publicatiedatum van meer dan 10 jaar geleden. Daarnaast dienen de bronnen minimaal 20 keer geciteerd en peer-reviewed te zijn. Op deze manier is de gebruikte informatie actueel en betrouwbaar.

Er zijn echter een aantal bronnen gebruikt die niet voldoen aan deze voorwaarden, maar naar verwachting wel betrouwbare informatie bevatten die zijn gebruikt bij dit rapport. Een uitzondering op deze voorwaarden zijn bijvoorbeeld bronnen die informatie verstrekken over voorspelde klimaateffecten. Klimaatvoorspellingen worden namelijk altijd voor een periode van 30 jaar gemaakt, wat de informatie nog steeds relevant maakt. Ook zijn er verouderde klimaatrapporten gebruikt als vergelijkingsmateriaal qua methode of statistische analyse. Een andere uitzondering is het gebruik van door STOWA gepubliceerde rapporten. Deze rapporten worden veel gebruikt door ecologen bij waterschappen door heel Nederland. Ze geven ondanks dat ze meer dan 10 jaar geleden zijn gepubliceerd nog steeds een betrouwbaar overzicht van de effecten van klimaatverandering op waterkwaliteit. De betrouwbaarheid van deze en andere vergelijkbare bronnen is bevestigd door de expert-judgement van ecooloog Martijn Hokken van Waterschap Zuiderzeeland. Er wordt dus geen gebruik gemaakt van verouderde informatie die de betrouwbaarheid van dit rapport negatief kan beïnvloeden.

Om een volledige risicoanalyse te geven van de effecten van klimaatverandering op het stroomgebied, is in trechtersvorm onderzoek gedaan. Zo zijn eerst de algemene effecten van klimaatverandering op chemische waterkwaliteit vastgelegd en is de definitie van droogte bepaald. Er is gebruik gemaakt van de klimatologische gegevens van het KNMI om de weerspatronen in Flevoland van 2005 tot 2022 te observeren en de extreem droge jaren vast te stellen, zoals genoemd in de algemene methode (*KNMI – Dagwaarden neerslagstations, z.d.*). Door een beter beeld te schetsen van welke klimatologische veranderingen er in Flevoland spelen, is er ook meer duidelijk

over welke chemische parameters naar verwachting invloed hieraan zullen ondervinden. Dit is beredeneerd in de selectie klimatologische parameters die bij de trendanalyse zullen worden gebruikt.

Deze klimaatrisico's kunnen op regionale schaal anders uitpakken (Zoetendal, 2012). Het is daarom belangrijk om een gedetailleerde interpretatie van de klimaatscenario's te maken voor het onderzoeksgebied (Zoetendal, 2012). Vanwege de afbakening van dit onderzoek is ervoor gekozen om niet alle meetpunten los van elkaar te analyseren, maar om de meetpunten te clusteren. Het resultaat is een selectie van 9 clusters met meetpunten die naar verwachting vergelijkbaar functioneren en dezelfde klimaatrisico's hebben (Evers et al., 2012). Deze clustering is gemaakt op basis van expert-judgement van ecooloog Martijn Hokken van Waterschap Zuiderzeeland en kennis van het huidige functioneren van de watersystemen (Evers et al., 2012; Torenbeek, 2012; Zoetendal et al., 2012; Waterschap Zuiderzeeland, 2022).

Er is specifiek gekeken naar gebiedskenmerken die theoretisch gezien invloed kunnen hebben op de chemische parameters die in dit rapport worden geanalyseerd. Zo is voor de achtergrondgehalten gekeken naar stoffen die invloed hebben op de drie opgestelde parametergroepen, namelijk eutrofiëring, verzilting en interne nalevering (Witteveen+Bos, 2005). Daarnaast is wat betreft fysieke gebiedskenmerken gekeken naar de kweldruk en de afkomst en kwaliteit van de kwel omdat dit een belangrijke ondertoon is van de plaatselijke waterkwaliteit (Evers et al., 2012; Zoetendal, 2012). Zo kan in Flevoland kwel afkomstig zijn van de Veluwe, wat meestal schone ijzerarme kwel is, of van veengebied wat voedsel- en ijzerrijkere kwel is (Zoetendal, 2012). Tot slot is de geografische ligging in overweging genomen en zijn meetpunten binnen hetzelfde waterlichaam niet in verschillende clusters geplaatst, met uitzondering van waterlichaam H, verklaringen hiervoor worden nader gegeven. Waterlichaam J wordt niet meegenomen aangezien er geen hoofd- of thermometerpunten van tochten binnen dit waterlichaam vallen.

Aan de hand van de eigenschappen van de meetpunten in de gevormde clusters kan aan elk cluster een mate van gevoeligheid voor klimatologische veranderingen worden toegekend. Daarbij dient te worden opgemerkt dat het gaat om de relatieve gevoeligheid ten opzichte van andere waterlichamen in het beheersgebied van het waterschap Zuiderzeeland. Dit zal in de discussie gebruikt worden voor het interpreteren van de resultaten uit de data analyse. Per cluster zal één representatief meetpunt worden gekozen om verder te analyseren op significante verschillen van de chemische parameters tijdens de droge en natte jaren. Er is gekozen om maar één meetpunt per cluster in detail te analyseren omdat het niet wenselijk is om alle meetpunten als eenheid te beschouwen gezien het feit dat zelfs binnen eenzelfde cluster de meetpunten zich toch zeer verschillend gedragen. Dit hangt samen met de vele achtergrondfactoren die op lokale schaal invloed hebben op de parameters (Zoetendal, 2012).

Per cluster is een steekproefmeetpunt geselecteerd die verder in detail zal worden geanalyseerd in Hoofdstuk 3. Er is gekozen om een steekproefmeetpunt te kiezen die zo gemiddeld mogelijk in het cluster valt. Zo zijn de steekproefpunten qua locatie zo centraal mogelijk gelegen in het cluster. Daarnaast is het steekproefpunt niet opvallend afwijkend wat betreft de achtergrondgehalten van voedingsstoffen, chloride of ijzer. Ook in de meetwaarden van de chemische parameters zijn de steekproefpunten niet afwijkend. Al met al is een steekproefmeetpunt zo representatief mogelijk voor de gebiedseigen kenmerken van het cluster. Op deze manier zouden, onder de nodige voorzichtigheid, de conclusies over de steekproefpunten kunnen worden doorgetrokken voor de overige meetpunten in het cluster. Daarbij dient te worden vermeld dat dit altijd op basis van expert-judgement en actuele gebiedskennis moet worden gebaseerd. Ook dan is hierbij niet aangetoond dat deze meetpunten op een vergelijkbare manier functioneren, alleen dat ze vergelijkbare geografische,

fysische en chemische kenmerken hebben. De clustering is opgesteld door Martijn Hokken, ecooloog bij Waterschap Zuiderzeeland.

De gebiedseigen kenmerken van deze clusters zijn toegelicht in het literatuuronderzoek. Tot slot is er een tabel gemaakt met een overzicht van de gevoeligheid per cluster voor de relevante klimaatrisico's (zie Tabel 2).

### 2.3 Deelvraag 2: Trendanalyse

Om de tweede deelvraag; "Welke trends vertonen de chemische waterkwaliteitsparameters en de klimatologische parameters in de periode 2005 tot en met 2022?" te beantwoorden is een trendanalyse uitgevoerd. Er zijn veel verschillende toetsen om een trend mee te berekenen. Welke toets het meest geschikt is, hangt af van de verdeling en eigenschappen van de data (Baggelaar & Van der Meulen, 2009). Zo moeten factoren als autocorrelatie, homogeniteit en de aanwezigheid van hiaten in overweging worden genomen (Baggelaar & Van der Meulen, 2009).

Er is een losse trendanalyse voor de chemische en de klimatologische parameters uitgevoerd. De trendanalyse van de chemische parameters is uitgevoerd met het programma Trendanalist. Dit programma selecteert voor elke meetreeks de meest geschikte combinatie van trendtoets en trendschatter en past deze vervolgens toe (Baggelaar & Van der Meulen, 2009). In deze trendanalyse worden trends tussen meetpunten vergeleken en geaggregeerd. Een voorwaarde om dit uit te voeren is dat de informatiedichtheid van de meetreeksen vergelijkbaar moeten zijn. Bovendien dient meer dan 20% van de waarden binnen de detectiegrenzen van het meetapparaat vallen (Baggelaar & Van der Meulen, 2009). Tot slot moeten de meetwaarden voldoende homogeen zijn verdeeld over de tijdreeks, zonder grote hiaten.

De methode die is aangehouden voor dit deelonderzoek is opgesteld en uitgevoerd door hydroloog Michiel Oudendijk. Deze analyse is als conceptversie uitgevoerd, maar nooit gepubliceerd of afgemaakt. Met toestemming van Michiel Oudendijk mogen de figuren en resultaten van de analyse in dit rapport worden gebruikt. Dit betekent echter wel dat er een aantal details van de analyse anders zijn dan wanneer het specifiek voor dit onderzoek was uitgevoerd. Zo is de trendanalyse uitgevoerd over de periodes van 2003 t/m 2020, 2009 t/m 2020 en 2015 t/m 2020 (Baggelaar & Van der Meulen, 2009). De onderzoeksperiode begint dus twee jaar voordat de gegevens volgens de methode van dit onderzoek betrouwbaar genoeg waren om te gebruiken. Dit is belangrijk om in overweging te nemen bij de interpretatie van de gegevens.

De rest van deze analyse is uitgevoerd aan de hand van de "Trendanalist Gebruikersaanwijzing" van Baggelaar & Van der Meulen (2009). De toets die door Trendanalist is gekozen als meest geschikte test is de Mann-Kendall toets. Er is gebruik gemaakt van een 95% betrouwbaarheidsinterval. De gevonden trends zijn aan de hand van de relatieve trend geclassificeerd op de grootte van de trend. Een relatieve trend is gedefinieerd als de verhouding van de geschatte jaartrend (helling van de trendlijn) en de mediane waarde van de betreffende meetreeks (Baggelaar & Van der Meulen, 2009). Als voorbeeld bij een mediaan chloridegehalte van 400 mg/l en een jaartrend van 4 mg/l is de relatieve trend -1% ( $-4/400 \cdot 100\%$ ). Vervolgens zijn deze gegevens gevisualiseerd in tabellen en via ArcGis in een kaart geplaatst in Hoofdstuk 4.2.

Voor de klimatologische parameters is een handmatige trendanalyse uitgevoerd. Aangezien de trends van de chemische parameters hiermee worden vergeleken is de methode van Trendanalist zo goed mogelijk nagebootst. Er is gekozen om een lineaire trendanalyse uit te voeren in plaats van de Mann-Kendall toets. Het uitvoeren van de trendanalyse op basis van de Mann-Kendall was voor deze gegevens binnen de beschikbare tijd niet mogelijk. Naar verwachting zijn de resultaten van beide toetsen voldoende vergelijkbaar voor het beantwoorden van de deelvraag (Baggelaar & Van der Meulen, 2008; Mustapha & Abdu, 2012). De deelvraag heeft namelijk vooral als functie om een

globaal inzicht te bieden over hoe de trends van de klimatologische en chemische parameters met elkaar te vergelijken zijn.

Er is ook een 95% betrouwbaarheidsinterval gebruikt en dezelfde periode voor de klimatologische parameters. De gebruikte meetgegevens zijn afkomstig van de openbare klimatologische database van het KNMI (*KNMI – Dagwaarden meetstations, z.d.*). De parameters neerslag, temperatuur en verdamping zijn geanalyseerd (zie Tabel 2). Deze gegevens voldoen aan de voorwaarden gesteld aan de chemische data wat betreft de informatiedichtheid zonder grote hiaten. De handmatige analyse is uitgevoerd in Excel. Deze trendgegevens zijn vervolgens gevisualiseerd en vergeleken met het trendpatroon van de chemische parameters.

## 2.4 Deelvraag 3: Vergelijking natte en droge jaren

In het laatste deelonderzoek wordt de derde deelvraag beantwoord; “Hoe verschillen chemische waterkwaliteitsparameters tijdens de extreem droge jaren ten opzichte van de jaren zonder extreme droogte?”. Om deze vergelijking eerlijk en zichtbaar uit te voeren is gebruik gemaakt van Box-Whisker plots als visualisatiemiddel en tweezijdige onafhankelijke t-toetsen.

Allereerst zijn de meetgegevens van de chemische parameters over de periode van 2005 t/m 2022 geëxporteerd vanuit het programma Delft FEWS naar Excel. Delft FEWS is het programma waar alle kwaliteit- en kwantiteitsgegevens van alle meetnetten van het waterschap worden verzameld. Ondanks dat de gegevens zijn gevalideerd zijn alle meetreeksen handmatig gecontroleerd op uitschieters. Er is met vakinhoudelijke kennis van de chemische parameters en de meetpunten beoordeeld welke metingen wel en niet betrouwbaar zijn. Grote onbetrouwbare uitschieters zijn uit de dataset verwijderd.

Zoals genoemd in de algemene methode is ervoor gekozen om in de data analyse niet de data van meerdere meetpunten samen te nemen (M. Visser, persoonlijke communicatie, 1 maart 2023). Dit voorkomt namelijk de onjuiste aanname dat de meetpunten als eenheid beschouwd kunnen worden en zich hetzelfde gedragen. Er is dus gekozen om voor het beantwoorden van deze deelvraag alleen gebruik te maken van de meetgegevens van de steekproefmeetpunten. Van de negen steekproefmeetpunten is voor elke parameter de vergelijking gemaakt tussen de groep extreem droge en de niet droge jaren. Dit is in eerste instantie visueel gedaan met behulp van Box-Whiskerplots. Deze plots geven in één oogopslag inzicht in het gemiddelde, de mediaan, de verdeling en de extremen van de meetreeksen (zie Bijlage H). Per steekproefpunt en parameter is een Boxplot gemaakt met boxen voor elk van de jaren uit de extreem droge jaren en één box voor de nul-situatie jaren bij elkaar genomen. De droge jaren zijn los weergegeven omdat deze zeer uiteenlopende droogtepatronen laten zien op basis van de neerslagtekortgegevens van het KNMI (*KNMI – Droogteportaal, z.d.*). Het zou dus onjuist zijn om deze gegevens als eenheid te beschouwen en ze samen te voegen.

Door eerst de verschillen of overeenkomsten visueel te beschouwen wordt voorkomen dat er met statistische toetsen correlaties of overeenkomsten worden getoetst die onjuiste vergelijkingen zijn. Vervolgens zijn met behulp van een tweezijdige onafhankelijke t-toets de gemiddelden van de losse droge jaren met de nul-situatie vergeleken. De resultaten hiervan hebben een kleurcode gekregen op basis van significantie en zijn visueel weergegeven in een tabel. Deze resultaten zijn in de discussie nader geïnterpreteerd aan de hand van de gebiedseigen kenmerken van de bijbehorende clusters. Ook worden andere achtergrondfactoren die specifiek voor elk meetpunt van toepassing zijn in overweging genomen.

## Hoofdstuk 3: Literatuuronderzoek

### 3.1 Klimaatverandering en waterkwaliteit

In dit hoofdstuk zal antwoord worden gegeven op de eerste deelvraag; “Welke klimaatrisico’s zijn van toepassing op het stroomgebied van de kunstmatige wateren in Flevoland?”. Voor dit onderzoek is het belangrijk om de vertaalslag te leggen van de globale en nationale klimaatvoorspellingen naar welke klimaatrisico’s hiervan van toepassing zijn op het onderzoeksgebied. Dit betreft het stroomgebied van de kunstmatige wateren in Flevoland.

De effecten van klimaatveranderingen zitten complexer in elkaar dan simpelweg een tekort aan water of een te hoge temperatuur (Klein Tank et al., 2014). Zoals eerder genoemd zijn volgens een eerder uitgebracht klimaatrapport van Waterschap Zuiderzeeland de belangrijkste klimaatfactoren een veranderend neerslagpatroon en een algemene stijging in temperatuur (Zoetendal, 2012). De klimaatrisico’s die hiermee gepaard gaan zijn eutrofiëring, verzilting en interne nalevering (Kosten & Schep, 2011). Om deze klimaatrisico’s te analyseren is de selectie chemische parameters uit Tabel 1 onderzocht.

Waterkwaliteit bestaat uit chemische, fysische en biologische kenmerken van water (Kosten & Schep, 2011). Deze onderdelen zijn sterk met elkaar in samenhang en een verandering in één van de onderdelen heeft effect op de rest van de waterkwaliteit (Kosten & Schep, 2011). De chemische waterkwaliteit wordt bepaald door stofgehalten in het water (Kosten & Schep, 2011). Een aantal belangrijke chemische componenten die de waterkwaliteit bepalen zijn pH, zuurstofgehalte, nutriënten, zware metalen, verontreinigende stoffen en zouten (Kosten & Schep, 2011). De onderzochte parameters in dit onderzoek vallen binnen de groepen nutriënten en zouten.

### 3.2 Eutrofiëring

Binnen het klimaatrisico eutrofiëring zijn de stofgehalten van ammonium, nitraat, totaal stikstof, orthofosfaat, totaal fosfaat en chlorofyl-A onderzocht. Dit zijn allemaal stoffen die de productiviteit van het water beïnvloeden (Kosten & Schep, 2011). Om het theoretische effect van klimaatverandering op deze productiviteitsparameters te voorspellen is het belangrijk om te weten hoe deze stoffen zich onder ‘normale’ omstandigheden gedragen.

Binnen de geselecteerde parameters zijn alle stoffen stikstof- en andere fosfaat gerelateerd. Dit zijn namelijk de twee belangrijkste nutriënten die in een watersysteem aanwezig zijn (Verdonschot & Verdonschot, 2022). Elk ecosysteem heeft een andere verhouding van deze twee stoffen (Hoogenboom, 2014). Zo kan een systeem stikstof- of fosfaat gelimiteerd zijn. In een stikstof gelimiteerd systeem is bijvoorbeeld stikstof de beperkende factor voor de groei van algen en waterplanten (Hoogenboom, 2014). Zowel stikstof als fosfor zijn nodig voor de groei van biomassa (Hoogenboom, 2014).

Begrip over welke voedingsstof de limiterende factor is van het watersysteem is belangrijk voor het uitvoeren van effectief beheer (Kosten & Schep, 2011). Zo kan in fosfaat gelimiteerde systemen algenbloei worden verminderd door het beperken van de fosfaatbelasting (Kosten & Schep, 2011).

Fosfor en stikstof zijn dus beiden belangrijke nutriënten die in verschillende vormen in het systeem voorkomen (Kosten & Schep, 2011). Zo komt stikstof voornamelijk voor in de vorm van ammonium, nitriet en nitraat (Verdonschot & Verdonschot, 2022).

Stikstof komt vrij uit organische stof tijdens mineralisatie (Verdonschot & Verdonschot, 2022). In water met een hoge pH zal het worden omgezet in ammoniak, wat giftig is voor veel organismen in grote concentraties (Verdonschot & Verdonschot, 2022). In water met een lagere pH komt het stikstof vrij als ammonium (Kosten & Schep, 2011). Deze vorm van stikstof is direct beschikbaar voor algen en planten als voedingsstof (Kosten & Schep, 2011). Stikstof vormt hiermee een goede

indicator van de voedselrijkheid van het water (Zoetendal, 2012). Tijdens een proces genaamd nitrificatie wordt ammonium omgezet tot nitraat door nitrificerende bacteriën (Kosten & Schep, 2011). Nitriet komt hier als tussenproduct bij vrij. Nitraat, de geoxideerde vorm van stikstof, is de meest voorkomende vorm van stikstof in een watersysteem (Hoogenboom, 2014). Bovendien is dit de voedingsstof die vaak als gevolg van menselijke activiteiten, zoals landbouw en afvoer van stedelijk afvalwater het watersysteem verrijken (Kosten & Schep, 2011). Deze vorm van eutrofiëring is gevaarlijk aangezien het algenbloei kan veroorzaken wat het ecosysteem ontregelt en zuurstofloosheid kan veroorzaken (Kosten & Schep, 2011). Deze zuurstofloosheid gaat gepaard met vissterfte en sterfte van waterplanten (Kosten & Schep, 2011).

Fosfaat komt ook voor in verschillende vormen (Verdonschot & Verdonschot, 2022). Hierbij valt vooral onderscheid te maken tussen gebonden en beschikbaar fosfaat (Verdonschot & Verdonschot, 2022). Orthofosfaat is de vorm van fosfaat die direct beschikbaar is voor planten en algen (Hoogenboom, 2014). Daarnaast kan fosfaat gebonden aan zwevende of vaste sedimenten in het watersysteem voorkomen (Verdonschot & Verdonschot, 2022). Tot slot kan fosfaat in organische verbindingen zoals fosfolipiden en nucleïnezuren voorkomen in het water. Deze stoffen komen vrij bij afbraakprocessen van organische stof (Hoogenboom, 2014).

Zoals genoemd vormen stikstof en fosfaat de bouwstenen voor planten en algen in het systeem (Hoogenboom, 2014). Om een volledig beeld te krijgen van de productiviteit van een systeem is het van belang om naast de stikstof en fosfaat gerelateerde parameters ook een beeld te krijgen van de hoeveelheid organische stof in het systeem (Kosten & Schep, 2011). Hiervoor is de parameter chlorofyl-A geselecteerd. Dit is namelijk de groene kleurstof die in zowel algen als waterplanten aanwezig zijn voor het proces fotosynthese (Hoogenboom, 2014).

De totale selectie parameters binnen het klimaatrisico eutrofiëring geven dus een beeld van de nutriënten die direct beschikbaar zijn voor planten en algen, de gebonden nutriënten en de hoeveelheid planten en algen in een systeem. Onder normale omstandigheden zonder rekening te houden met klimaatverandering wordt een dalende trend van nutriënten verwacht (Zoetendal, 2012). Flevoland is een provincie waarin veel van het landgebruik voor agrarische doeleinden is (Zoetendal, 2012). De tochten en vaarten die in dit onderzoek worden geanalyseerd ondervinden dus veel nutriëntenaanvoer (Zoetendal, 2012). Aangezien de trend in de landbouw de afgelopen jaren steeds meer ecologisch maaibeheer en verminderde landbouwemissies laten zien, wordt verwacht dat de nutriënten in de wateren van Flevoland ook afnemen (M. Hokken, persoonlijke communicatie, 12 mei 2023).

Het theoretisch effect van klimaatverandering op de nutriënten laat echter een ander patroon zien. Een algemene toename aan neerslag en de toename van piekbuien zorgt voor een hogere uitspoeling van nutriënten uit de bodem naar het oppervlaktewater (Kosten & Schep, 2014). Echter nemen ook het aantal lange periodes van droogte toe waarin juist minder nutriënten worden uitgespoeld wat de totale stikstofconcentratie doet dalen (Kosten & Schep, 2014). Temperatuurstijging zorgt ervoor dat biochemische processen sneller verlopen (Verdonschot & Verdonschot, 2022). Maar omdat denitrificatie sterker reageert op een temperatuurstijging dan nitrificatie zal dit resulteren in lagere stikstofgehalten (Smolders et al., 2019). Daarnaast neemt door temperatuurstijging als gevolg van verhoogde nalevering de fosfaatconcentraties juist toe (Smolders et al., 2019). Hier zal tijdens het hoofdstuk over interne nalevering verder op worden ingegaan.

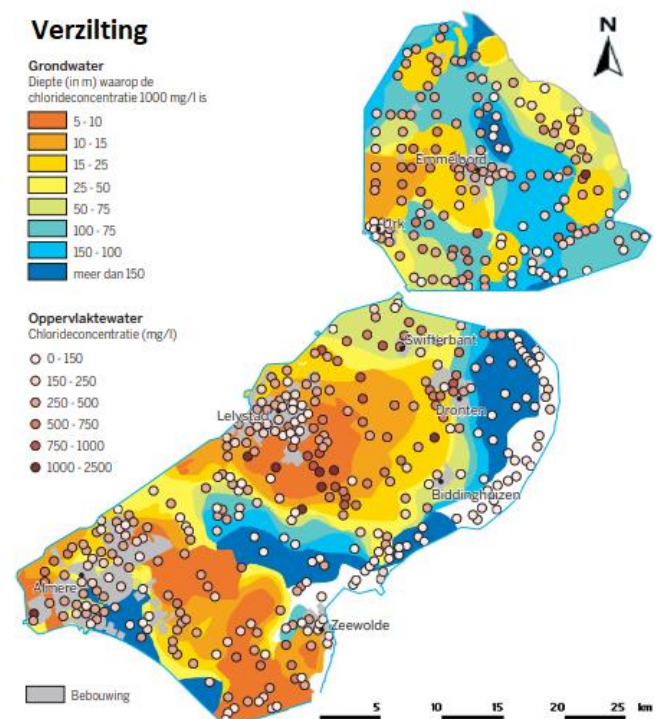
Naast de directe invloeden van klimaatverandering zijn er ook indirecte invloeden op de menselijke activiteiten als gevolg van klimaatverandering die de waterkwaliteit beïnvloeden (Kosten & Schep, 2014). Zo zal er in agrarisch gebied meer worden beregend wat zorgt voor een verhoogde uitspoeling van nutriënten. Ook kan een aangepast gebruik van meststoffen invloed hebben op de hoeveelheid uitgespoelde nutriënten.

Het is dus lastig te zeggen of klimaatverandering de eutrofiëringsparameters zal laten doen stijgen of dalen, maar het zal wel zorgen voor een grotere instabiliteit van het aquatisch milieu (Kosten & Schep, 2014). Nutriënten zullen zowel qua uitspoeling en via processen als mineralisatie op minder gelijkmatige manier vrijkomen (Kosten & Schep, 2014). Er zullen meer extremen en instabiliteit van biochemische componenten plaatsvinden wat het systeem gevoeliger maakt voor algenbloei (Kosten & Schep, 2014). Algen zijn namelijk in staat om sneller nutriënten op te nemen dan waterplanten (Kosten & Schep, 2014).

In combinatie met de voorspelde daling van nutriënten als gevolg van dalende landbouwemissies en duurzaam maaibeheer wordt verwacht dat er in het groeiseizoen geen aantoonbare trends of verschillen te zien zijn voor de nutriënten en chlorofyl-A (Minnen et al., 2012). Een toename zal in de winterperiode beter aantoonbaar kunnen zijn aangezien er dan geen waterplanten zijn en alle extra vrijgekomen nutriënten dus zullen in het systeem blijven (Kosten & Schep, 2014). Daarnaast zullen de piekafvoeren in de winter toenemen waardoor de effecten van afspoeling beter zichtbaar zouden zijn (Minnen, et al., 2012). In dit onderzoek wordt er echter uitsluitend gekeken naar het groeiseizoen vanwege de beperkte beschikbaarheid van data.

### 3.3 Verzilting

Om het klimaatrisico verzilting te onderzoeken zijn de parameters geleidbaarheid en chloride geselecteerd. Geleidbaarheid is het vermogen van het water om stroom te geleiden (Minnen et al., 2012). Dit wordt bepaald door opgeloste ionen als chloride, nitraat, sulfaat, ijzer en calcium (Verdonschot & Verdonschot, 2022). Deze zouten vervullen verschillende rollen binnen een aquatisch systeem. Hierin is vooral de stabiliteit van de zoutconcentraties van belang (Verdonschot & Verdonschot, 2022). Zo fungeren zouten als buffer voor pH veranderingen in een watersysteem (Hoogenboom, 2014). Ze helpen de pH-waarde van het water te stabiliseren en voorkomen dat de pH te snel verandert wanneer zuren of basen aan het systeem worden toegevoegd (Hoogenboom, 2014). Veel biologische processen zijn gevoelig voor veranderingen in pH en een stabiele pH is van cruciaal belang voor een gezond ecosysteem (Hoogenboom, 2014). Hetzelfde geldt voor de zoutconcentraties zelf. Zo spelen zouten in aquatische organismen een rol in de osmoregulatie (Hoogenboom, 2014). Een forse toename of afname in zoutconcentratie kan vissterfte of ontregeling van het ecosysteem tot gevolg hebben (Hoogenboom, 2014).



*Figuur 2 Een overzichtkaart van Flevoland met in kleur aangegeven op welke diepte een chlorideconcentratie van 1000 mg/l te vinden is.*

Onder normale omstandigheden worden zouten als chloride vooral aangevoerd in de vorm van kwelwater (Zoetendal, 2012). Dit is in Flevoland (zie Figuur 2) een belangrijke aanvoerbron van water aangezien het gebied langs de volledige Oostkant van de provincie kwel ontvangt (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Deze mineralen zijn afkomstig uit de mineraalrijke zeeleibodem waar het kwel doorheen stroomt en de zouten uitspoelt (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Deze voorraad mineralen in de voormalig zeebodem is echter niet oneindig, er vindt een proces genaamd bodemrijping of bodemuitloging plaats (Kosten & Schep, 2014). Dit houdt in dat bepaalde mineralen

en oplosbare organische stoffen uit de bodem verdwijnen als gevolg van de verplaatsing van grondwater (Kosten & Schep, 2014). Deze trend is zichtbaar in Flevoland (KNMI – *Zure regen*, z.d.). Er komen dus ook steeds minder mineralen in het oppervlaktewater via het kwelwater. Naar verwachting neemt onder normale omstandigheden de chlorideconcentratie en geleidbaarheid van het water langzaam af.

Echter, de effecten van klimaatverandering kunnen niet vergeten worden. Voor verzilting is vooral temperatuurstijging een klimaatfactor om rekening mee te houden (Kosten & Schep, 2014). Als de luchttemperatuur en watertemperatuur toenemen neemt daarbij de verdamping toe (Van den Hurk et al., 2007). Dit zorgt voor indikking van het water waarbij het water verzilt en relatief gezien de zoutconcentraties toenemen (Kosten & Schep, 2014).

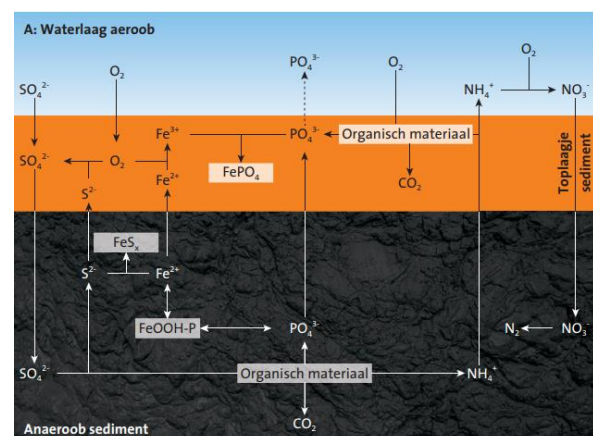
Chloride is een van deze zouten die een goede indicatie vormt van de grootte van de waterkolom (Verdonschot & Verdonschot, 2022). Chloride heeft namelijk een relatief constant stofgehalte aangezien het niet wordt opgenomen door planten of andere organismen (Verdonschot & Verdonschot, 2022). Bij verdamping neemt de hoeveelheid water af, maar chloride verdampt niet en blijft dus qua stofgehalte gelijk (Verdonschot & Verdonschot, 2022). Relatief gezien neemt de zoutconcentratie dan toe. Daarnaast verlopen onder hogere temperaturen de mineralisatieprocessen sneller waarbij meer zouten vrijkomen als afbraakproducten (Kosten & Schep, 2014).

Al met al vindt er dus een natuurlijke dalende trend plaats van zouten in Flevoland als gevolg van uitloging van de bodem (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Als gevolg van klimaatverandering zouden de zoutconcentraties naar verwachting juist toenemen door verhoogde verdamping en het sneller verlopen van mineralisatieprocessen (Kosten & Schep, 2014). Het is dus de vraag of verzilting aantoonbaar is in de kunstmatige wateren in Flevoland (Waterschap Zuiderzeeland, 2022).

### 3.4 Interne nalevering

Tot slot is de concentratie van sulfaat geselecteerd om de interne fosfaalnalevering te analyseren. Zoals genoemd in het hoofdstuk over nutriënten is er een proces, genaamd interne nalevering, wat invloed kan hebben op de nutriëntconcentraties in het water (Smolders et al., 2019). Dit is te verklaren aan de hand van twee processen.

Beide processen beginnen bij sulfaatreductie (Smolders et al., 2019). Dit is het proces waarbij onder anaerobe omstandigheden sulfaat uit de waterfase verplaatst naar de bodemfase en daar in reactie met organische stoffen wordt omgezet in sulfide (Smolders et al., 2019). Bij deze reactie met organische stoffen komen nutriënten in de vorm van fosfaat en ammonium vrij die zich verplaatsen naar de waterfase (Smolders et al., 2019). Hierbij draagt sulfaatreductie uit de waterfase bij aan de toename van beschikbare nutriënten in het watersysteem (Smolders et al., 2019). Dit proces vindt vooral plaats in sedimenten en watersystemen met een lage zuurstofconcentratie (Kosten & Schep, 2014). Dit proces is zichtbaar in de systematische weergave van de sulfaatcyclus in Figuur 3.



*Figuur 3 Een systematische weergave van de sulfaatcyclus waarin te zien is hoe sulfaat bijdraagt aan verschillende chemische processen in zowel de waterlaag als de bodemlaag.*

Daarnaast komt ijzergebonden fosfor onder zuurstofloze condities vrij door interacties met sulfaat in de waterkolom (Smolders et al., 2019). Deze reactie vindt met name plaats als er door sulfaatreductie ijzersulfides gevormd worden (Kosten & Schep, 2014). Bij deze reactie, genaamd fosfaatprecipitatie ontstaat de stof ijzer(II)fosfaat ( $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ ) of calciumfosfaat ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) (Smolders et al., 2019). Onder invloed van hogere sulfaatconcentraties in de waterfase én de aanwezigheid van een zuurstofloze toplaag in de organische waterbodem wordt de normaal sterke chemische binding tussen ijzer en fosfaat ( $\text{FePO}_4$ ) instabiel (Kosten & Schep, 2014). Hierbij komt fosfaat vrij als beschikbaar nutriënt in de waterfase (Smolders et al., 2019).

Onder normale omstandigheden wordt in Flevoland als gevolg van uitloging van de bodem verwacht dat er op natuurlijke wijze minder zwavel via kwelwater in de oppervlaktewateren zal komen (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Toch zijn de sulfaatconcentraties in het oppervlakte- en grondwater de afgelopen decennia sterk toegenomen volgens het rapport “Frisse blik op warmer water” van STOWA in 2011. Dit is volgens het rapport te wijten aan de grote atmosferische zwaveldepositie en uitspoeling uit agrarische gebieden. Echter, we zien in Flevoland in de afgelopen jaren een trend van verduurzaming van de akkerbouw waardoor depositiehoeveelheden langzaam afnemen (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Zo is er volgens ecooloog Martijn Hokken al aantoonbaar minder sprake van zwaveldepositie vanuit de atmosfeer, de zure regen neemt af. Zwaveldepositie via de bodem is echter een ander verhaal. De bodem heeft namelijk een bufferende werking door zijn vermogen om stoffen op te nemen en niet direct los te laten (Hoogenboom, 2014). Het duurt dus langer voordat de verhoogde zwavelconcentraties uit de bodem zijn uitgespoeld dan de zwaveldepositie uit de atmosfeer zijn afgenomen (Hoogenboom, 2014). Hiermee vormt de bodem een vertragende factor voor het detecteren van de huidige dalende trend van zwaveldepositie. Onder normale omstandigheden wordt in Flevoland dus een dalende trend van sulfaat voorspeld of in ieder geval een afname van het stijgende patroon dat in de afgelopen decennia heeft plaatsgevonden (Zoetendal, 2012).

Zoals genoemd zorgt een toename van de watertemperatuur voor een snellere verloop van mirealisatieprocessen waardoor zuurstofloosheid toeneemt (Kosten & Schep, 2014). Ook het proces van sulfaatreductie neemt hierdoor toe (Smolders et al., 2019). Dit wordt bovendien versterkt door het feit dat sulfaatreductie een anaeroob proces is en dit dus in verhoogde mate zal plaatsvinden door de toenemende zuurstofloosheid (Smolders et al., 2019). Hiermee zal de sulfaatgestuurde eutrofiëring toenemen (Smolders et al., 2019).

Daarentegen kan het veranderend weerpatroon met langere periodes van droogte juist zorgen voor verhoogde zwavelbelasting (Kosten & Schep, 2014). Lagere grondwaterstanden en daarmee een toename van de relatieve aanvoer van kwel zal zorgen voor hogere zwavelconcentraties (Kosten & Schep, 2014). Dit draagt bij aan de interne eutrofiëring doordat de instabilisatie van ijzergebonden fosfor onder hoge zwavelconcentraties toeneemt en hierbij fosfaat vrijkomt in het watersysteem (Smolders et al., 2019).

Verwacht wordt dat ondanks de stijgende zwavelbelasting door langere periodes van droogte de totale sulfaattrend als gevolg van dalende landbouwemissies, uitloging van de bodem en door klimaatverandering zal toenemen in Flevoland (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Voor de sulfaatgehalten geldt echter net als voor nutriëntconcentraties dat de kans op detectie van een concentratiestijging in de winter groter is dan in de zomer. In de winter zijn er namelijk geen waterplanten waardoor de vrijgekomen nutriënten beschikbaar in het systeem blijven (Kosten & Schep, 2014). Daarnaast worden in de winter meer piekbuien voorspeld waardoor het effect van het veranderende neerslagpatroon, met als gevolg een verhoogde uitspoeling, beter zichtbaar is (Minnen et al., 2012). Er wordt verwacht dat in de zomer vooral de biologische processen als sulfaatreductie en de instabilisatie van ijzergebonden fosfaat plaatsvinden die zorgen voor het vrijkomen van

nutriënten en het dalen van de sulfaatgehaltes. In de winter zal dit proces van interne eutrofiëring voortzetten en beter detecteerbaar zijn in de chemische stofgehaltes (Minnen et al., 2012).

### 3.5 Verschil tochten en vaarten

Om de hierboven genoemde theoretische effecten van klimaatverandering op de chemische parameters toe te passen op het onderzoeksgebied, moet de vertaalslag worden gemaakt naar gebiedseigen kenmerken die ook een rol spelen in het functioneren van de parameters. Hiervoor is het allereerst van belang om de lijnvormige kunstmatige wateren te onderscheiden in twee groepen, tochten en vaarten.

Vaarten zijn brede diepe watergangen die voornamelijk bedoeld zijn voor transportdoeleinden en waterafvoer

(Zoetendal, 2012). Door zuidoost Flevoland stromen twee hoofdvaarten namelijk de Hoge Vaart en de Lage Vaart (Zoetendal, 2012). Hierbij is het voornaamste verschil dat het stroomgebied van de Hoge Vaart meer voedselarme kwel ontvangt van omliggende gebieden en helderder heeft dan de Lage Vaart (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). In de Noordoostpolder vinden we een vaartsysteem dat uit de Lemstervaart, Urkervaart, Zwolsevaart en Enservaart bestaat (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Dit vaartsysteem ontvangt fosfaatarme en ijzerrijke kwal en het water is over het algemeen troebel (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Op het functioneren van de verschillende vaarten zal in het Hoofdstuk 3.7 verder worden ingegaan.

Tochten zijn over het algemeen smalle waterlopen die dienen als afwateringskanalen (Zoetendal, 2012). Tochten verdelen het water van de vaarten over het land en voeren zo nodig overtollig water uit de polders af naar de vaart en reguleren het waterpeil (Zoetendal, 2012).

Deze algemene verschillen qua omvang hebben niet alleen effect op het gebruik van de waterlichamen maar ook op het functioneren van de aquatische systemen (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Zo zijn tochten planten gedomineerde systemen en vaarten algen gedomineerde systemen (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Tochten zijn namelijk ondiep genoeg voor het licht om de bodem te bereiken waardoor er waterplanten kunnen groeien (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Een watergang dat wordt gedomineerd door waterplanten in plaats van algengroei is meestal helder en heeft een betere waterkwaliteit dan een algen gedomineerd systeem (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). In het geval van de vaarten in Flevoland zijn de watergangen te diep om het licht tot de bodem te laten reiken, waardoor het algen gedomineerde systemen zijn (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Hier bestaat het grootste deel van de plantaardige biomassa uit algen (Minnen et al., 2012).

Deze twee systemen verschillen qua functioneren op een aantal manieren. Zo zal in een planten gedomineerd systeem ten tijde van droogte én de daarmee gepaard gaande langere verblijftijden van het water in het systeem, de ondergedoken vegetatie steeds beter in staat zijn de meststoffen in de waterfase vast te leggen (Kosten & Schep, 2014). De meststoffen in de waterfasen nemen als gevolg hiervan af waardoor de chemische eutrofiëringsgraad lager wordt (Kosten & Schep, 2014).



*Figuur 4 Afbeelding van een vaart (A) en een tocht (B) waarin verschil in omvang te zien is.*

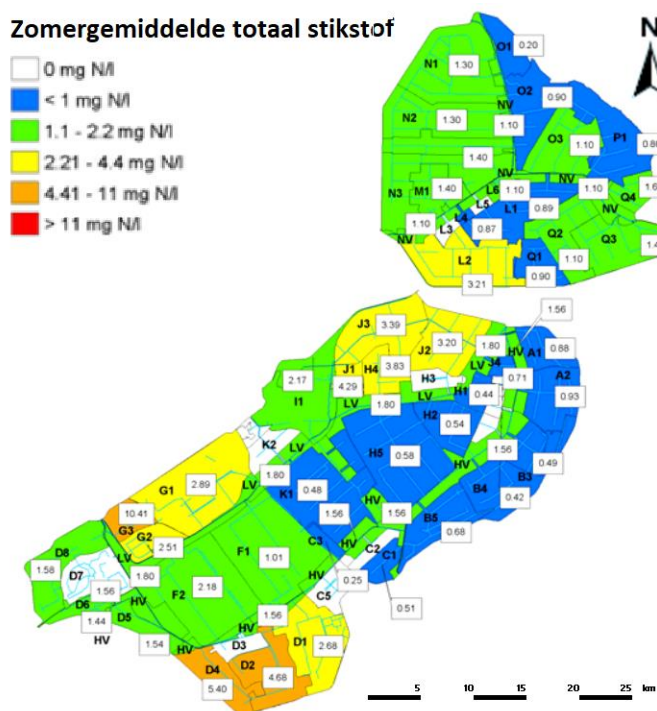
In algen gedomineerde systemen zullen onder dezelfde omstandigheden echter de alge steeds beter in staat zijn om meststoffen uit de waterfase te benutten voor groei (Kosten & Schep, 2014). Dit resulteert in algenbloei wat voor eutrofiëringsverschijnselen zorgt (Kosten & Schep, 2014). Zo is de algemene waterkwaliteit in deze systemen minder goed dan in tochten met planten gedomineerde systemen (Kosten & Schep, 2014).

### 3.6 Clusters en aanpak

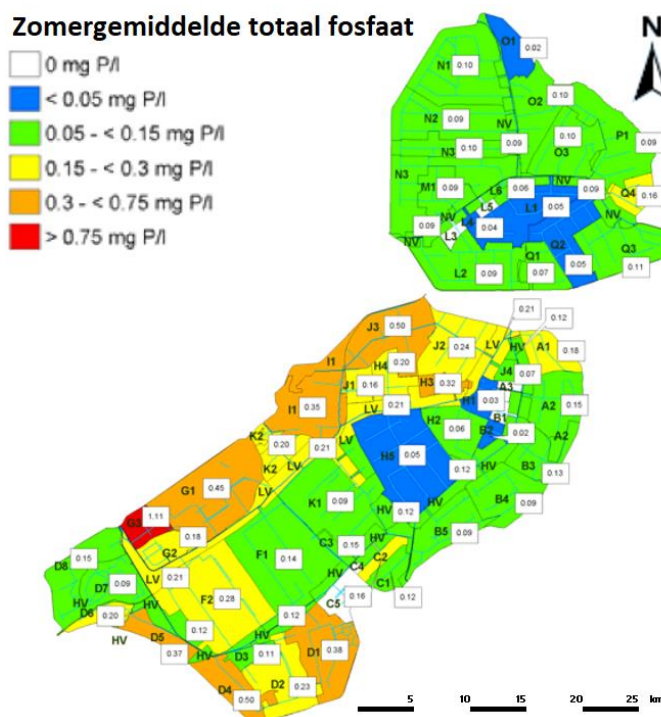
Om specifiek in te gaan op de gebiedseigen eigenschappen die invloed hebben op het effect van klimaatverandering op de Flevolandse watersystemen, wordt verder ingezoomd op de verschillende gebieden binnen het onderzoeksgebied.

Zoals genoemd in de materiaal en methode zijn de meetpunten vanwege afbakening van het onderzoek geclusterd. Dit is gedaan op basis van gebiedskenmerken die theoretisch gezien invloed kunnen hebben op de chemische parameters die in dit rapport worden geanalyseerd. Zo is er naar achtergrondgehalten gekeken, de geografische ligging en fysieke gebiedskenmerken zoals kweldruk en de afkomst en kwaliteit van de kwel. Tot slot is aan elk cluster een mate van gevoeligheid voor klimatologische veranderingen worden toegekend. Deze zijn samengevat in Tabel B.1 in Bijlage B. De selectie meetpunten per cluster is overzichtelijk weergegeven in Bijlage E.

### 3.7 Clusteromschrijvingen



Figuur 5 Een overzichtskaart van Flevoland met de bijbehorende achtergrondgehalten van het zomergemiddelde van stikstof.



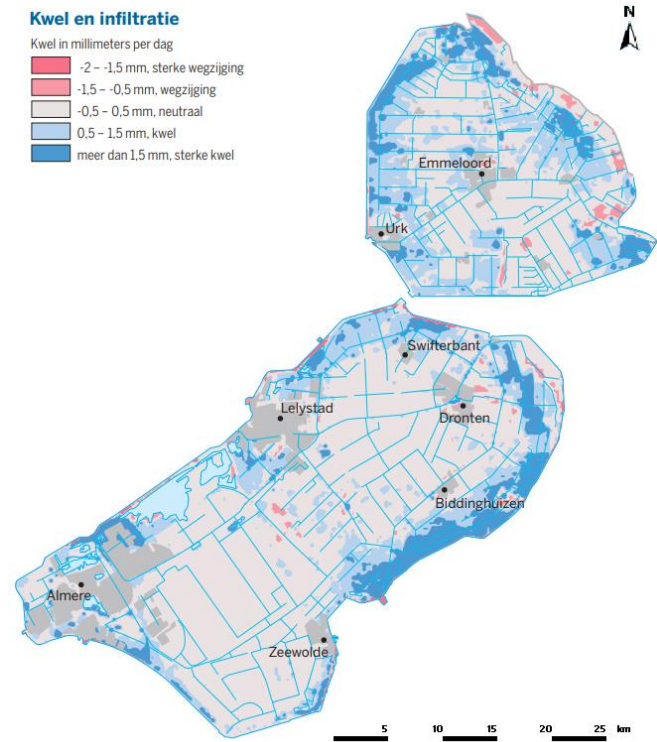
Figuur 6 Een overzichtskaart van Flevoland met de bijbehorende achtergrondgehalten van het zomergemiddelde van fosfaat.

### Cluster 1 (ABC1 en ABC2)

Cluster 1 bestaat uit de meetpunten uit de waterlichamen ABC1 en ABC2. Beide zijn gelegen in Oostelijk Flevoland (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Het noordelijke deel van de waterlichamen bestaan uit de bovenstroomse (ABC1) en benedenstroomse (ABC2) tochten die afwateren op de Hoge Vaart (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). De achtergrondgehalten van het stroomgebied zijn laag voor chloride, ijzer en stikstof. Fosfaat en sulfaat geven lage tot matige achtergrondgehalten (Witteveen+Bos, 2005). De natuurlijk achtergrondgehalten in combinatie met de hogere kwelflux en de kwaliteit ervan maakt het cluster minder gevoelig voor verzilting en laag tot matig gevoelig voor eutrofiëring en interne nalevering (Waterschap Zuiderzeeland, 2022).

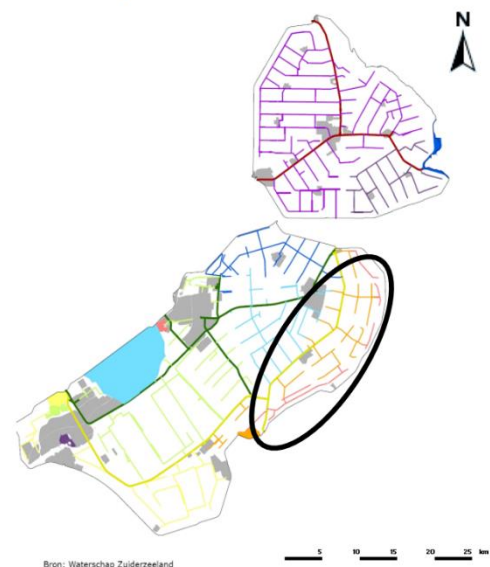
Door de geografische ligging van het cluster worden de tochten gevoed met voedsel- en ijzerarme kwel vanaf de Veluwe (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Aanvoer van kwel zorgt ervoor dat opwarming van het water wordt getemperd, aangezien kwel relatief koel water is (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Dit zorgt ervoor dat dit cluster minder gevoelig is voor de stijgende temperaturen (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Daarnaast zijn deze watergangen in het benedenstroomse gebied (ABC2) relatief breed wat voor een grotere waterkolom, wat wederom de opwarming van het water tempert (Evers et al., 2012).

Het landgebruik van het stroomgebied van cluster 1 gaat van bos- en natuurgebied bij ABC1 tot agrarisch gebied bij ABC2 (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Door het agrarisch landgebruik is de gevoeligheid voor uitspoeling van nutriënten, met als gevolg eutrofiëring van het oppervlaktewater, groter (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Dit maakt het cluster gevoeliger voor de klimaatfactor veranderend neerslagpatroon, omdat de toenemende piekafvoeren voor meer uitspoeling van de bodem zorgen (Kosten & Schep, 2011). Het bos- en natuurgebied rondom waterlichaam ABC1 zorgt voor meer waterbergend vermogen van de bodem waardoor bij extreme regenval het water minder snel wordt afgevoerd (Kosten & Schep, 2011). Dit zorgt juist weer voor minder uitspoeling van nutriënten uit de bodem. Bosgebied heeft echter een hogere verdampingsgraad waardoor niet alle neerslag het oppervlaktewater bereikt, maar ook een deel het gebied verlaat als verdamping (Minnen et al., 2012). Dit kan de gevolgen van droogte in een periode met weinig regenval versterken, omdat er van de neerslag die wel valt een deel verdampst (Minnen et al., 2012). De permanente aanvoer van kwelwater zorgt er echter



Figuur 7 Een overzichtskaart van Flevoland met de bijbehorende kwel of wegzijging in millimeters per dag.

### Cluster 1, tochten ABC1 en ABC2



Figuur 8 Een overzichtskaart van Flevoland met de verschillende waterlichamen ingekleurd. Het gebied waar de meetpunten van cluster 1 in vallen is zwart omcirkeld.

voor dat het peil niet snel zal uitzakken bij een veranderend neerslagpatroon (Waterschap Zuiderzeeland, 2022).

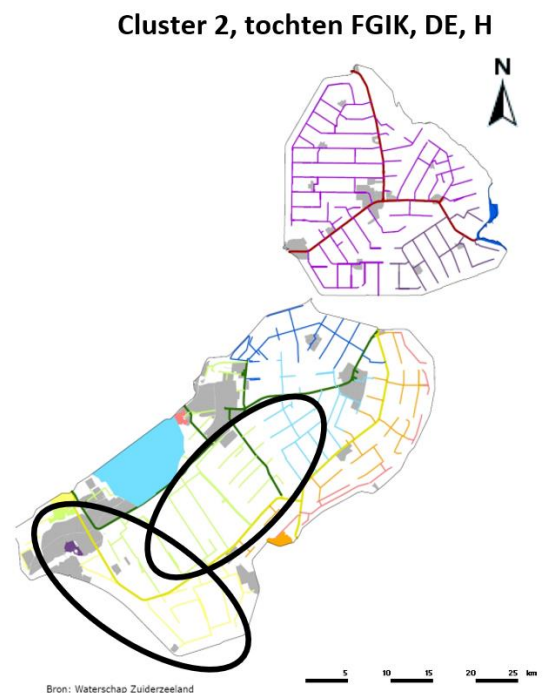
#### Cluster 2 (FGIK, DE en H)

Cluster 2 wordt gevormd door de meetpunten uit de waterlichamen FGIK en DE. Daarnaast zijn er twee meetpunten vanuit waterlichaam H toegevoegd aan dit cluster, omdat deze zich vergelijkbaar gedragen als de tochten uit waterlichaam FGIK volgens ecooloog Martijn Hokken. Alle tochten zijn gelegen in Zuidoostelijk Flevoland (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Het noordelijke cluster tochten bestaat uit de tochten binnen waterlichaam FGIK en H en de zuidelijker gelegen tochten vormen waterlichaam DE (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). De achtergrondgehalten van het stroomgebied zijn hoog tot zeer hoog voor chloride (Witteveen+Bos, 2005). Hierbij hebben de tochten van FGIK een lager achtergrondgehalte voor verzilting dan de tochten van DE (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Ook voor het achtergrondgehalte sulfaat worden in het hele cluster hoge tot zeer hoge waarden gemeten (Witteveen+Bos, 2005). Wat betreft productiviteit en nutriënten vindt een duidelijke gradiënt plaats van Noord naar Zuid (Witteveen+Bos, 2005). De noordelijke tochten van waterlichaam FGIK hebben laag tot matige achtergrondgehalten voor stikstof en fosfaat (Witteveen+Bos, 2005). Bewegend richting het Zuiden nemen de achtergrondgehalten toe tot zeer hoog in de zuidelijkste tochten van DE (Witteveen+Bos, 2005).

Door de geografische ligging van het cluster worden de tochten gevoed met maar een kleine hoeveelheid van kwel en op sommige plekken vindt er zelfs wegzijging plaats (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Het noordoostelijke deel van het cluster ontvangt in kleine mate nutriëntrijke kwel (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). In het midden van het cluster vindt wegzijging plaats en in het Zuiden van het cluster ontvangen de tochten nutriëntrijke kwel (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Aanvoer van kwel zorgt ervoor dat opwarming van het water wordt getemperd, aangezien die tempering in cluster 2 nauwelijks plaatsvindt is het cluster gevoelig voor de stijgende temperaturen (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Het cluster heeft daarmee een hoog risico op eutrofiëring en interne nalevering als gevolg van zuurstofloosheid door temperatuurstijging (Torenbeek, 2012). Hier zijn de tochten van DE minder gevoelig voor door de aanvoer van kwel (Waterschap Zuiderzeeland, 2022).

Wat betreft verandering van het neerslagpatroon zijn de tochten uit FGIK en DE beiden gevoelig voor een verhoogde afspoeling van nutriënten vanuit omliggende landbouwgebieden (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). De tochten van DE in bosgebied zoals de Groenewoudsetocht, Wielsetocht en de Lange Wetering zijn hier minder gevoelig voor (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Deze tochten worden echter niet geanalyseerd in dit onderzoek vanwege beperkte bruikbare data. Ook al zijn de achtergrondgehalten qua productiviteit dus niet hoog, is heel cluster 2 sterk gevoelig voor de twee klimaatfactoren temperatuurstijging en een veranderend neerslagpatroon omdat het beiden sterke eutrofiëringsverschijnselen tot gevolg kan hebben (Waterschap Zuiderzeeland, 2022).

Hetzelfde geldt voor de gevoeligheid voor interne eutrofiëring (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). De toenemende zuurstofloosheid in combinatie met de hoge achtergrondgehalten van sulfaat, maakt



*Figuur 9 Een overzichtskaart van Flevoland met de verschillende waterlichamen ingekleurd. Het gebied waar de meetpunten van cluster 2 in vallen is zwart omcirkeld.*

cluster 2 sterk gevoelig voor interne nalevering (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Ondanks de hoog tot zeer hoge achtergrondgehalten van chloride is niet het hele cluster gevoelig voor verzilting (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). De Noordelijke tochten zijn matig gevoelig en de Zuidelijke tochten zijn gevoelig voor verzilting (Waterschap Zuiderzeeland, 2022).

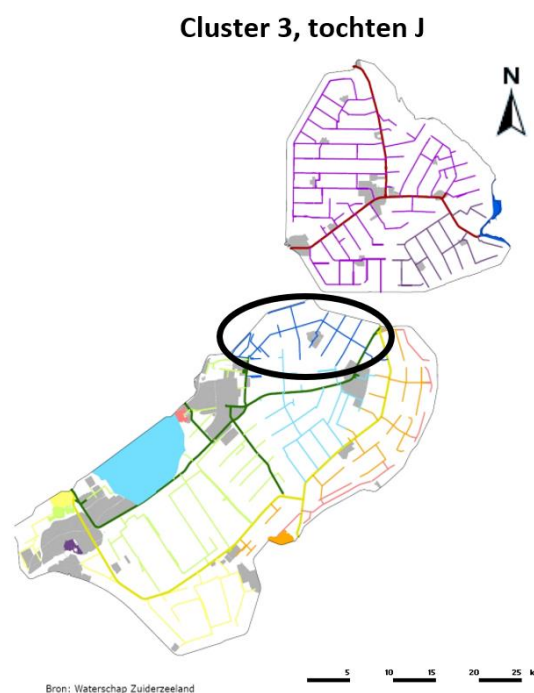
#### Cluster 3 (tochten J)

Cluster 3 wordt enkel gevormd door de meetpunten uit waterlichaam J. Deze tochten zijn gelegen in het Noorden van zuidoostelijk Flevoland (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). De meetpunten die in dit onderzoek voor cluster 3 zijn onderzocht zijn Noordertocht en Swiftervaart. De achtergrondgehalten van deze tochten zijn hoog voor chloride (Witteveen+Bos, 2005). Ook voor het achtergrondgehalte sulfaat worden in cluster hoge waarden gemeten (Witteveen+Bos, 2005). Qua stikstof en fosfaat heeft cluster 3 hoge tot zeer hoge achtergrondgehalten (Witteveen+Bos, 2005)

Door de noordelijke ligging van het cluster worden de tochten gevoed met fosfaat- en ijzerrijke kwel (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). De aanvoer van kwel zorgt ervoor dat opwarming van het water wordt getemperd (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Toch worden in cluster 3 in de zomer de norm van 25 °C overschreden (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Dit is een belangrijke drempelwaarde en als deze wordt overschreden heeft dit grote negatieve gevolgen op de waterkwaliteit van het systeem (Minnen et al., 2012). Door deze hoge watertemperaturen neemt de zuurstofloosheid naast de afbraakprocessen toe wat een risico vormt voor interne eutrofiëring (Waterschap Zuiderzeeland, 2022).

Ook is het cluster gevoelig voor een veranderende neerslagpatroon door de uitspoeling van nutriënten die hiermee gepaard gaan (Kosten & Schep, 2011). De tochten zijn namelijk omringd door langbouwgebieden (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Het cluster is echter minder gevoelig voor eutrofiëring, omdat de aanwezigheid van ijzer vanuit kwel en gebiedseigen achtergrondgehalte de algenbloei beperkt (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Daarnaast kan de interne nalevering toenemen als gevolg van zuurstofloosheid door temperatuurstijging (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Hier zijn de tochten van DE ook minder gevoelig voor door de aanvoer van temperende kwel (Waterschap Zuiderzeeland, 2022).

Ondanks dat de klimaatfactoren in lijken te spelen op het waterlichaam, is het lastig te voorspellen of de aankomende klimaatveranderingen aantoonbaar effect hebben op de waterkwaliteit, omdat cluster 3 over het algemeen al een slechte waterkwaliteit en de temperatuurnorm van 25 °C al wordt overschreden. Daarnaast worden zoals genoemd klimateffecten zoals temperatuurstijging naar verwachting getemperd door de kwelinput (Waterschap Zuiderzeeland, 2022).



*Figuur 10 Een overzichtkaart van Flevoland met de verschillende waterlichamen ingekleurd. Het gebied waar de meetpunten van cluster 3 in vallen is zwart omcirkeld.*

#### Cluster 4 (tochten lage afdeling NOP)

Cluster 4 wordt gevormd door alle tochten uit de lage afdeling van de Noordoostpolder, namelijk waterlichaam LMNOP. Deze tochten liggen voor het overgrote deel in agrarisch gebied (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Deze tochten vallen onder het peilvak van de lage afdeling (Torenbeek, 2020). Dit houdt in dat het een lager gelegen gebied is met een lagere peil dan de tochten uit de hoge afdeling die cluster 5 vormen (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Normaal gesproken mag worden aangenomen dat lager gelegen gebieden meer kwel ontvangen (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Daarmee zou worden verwacht dat de tochten uit de lage afdeling meer ijzerrijke kwel ontvangen dan de tochten uit de hoge afdeling. De tochten uit cluster 4 en 5 ontvangen echter ongeveer evenveel kwel, aangezien cluster 5 meer oostelijk gelegen is waar het kwel oorspronkelijk vandaan komt (Waterschap Zuiderzeeland, 2022).

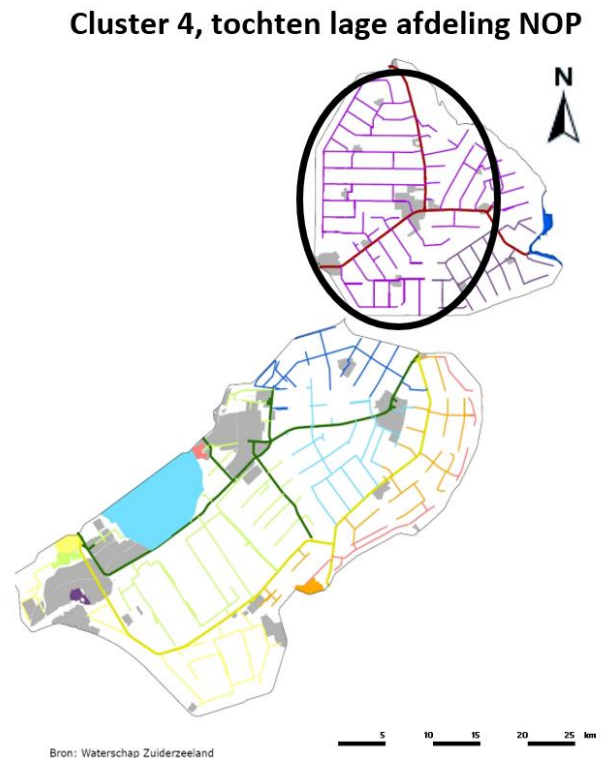
Binnen het cluster is er van nature veel variatie in nutriënten-, chloride- en ijzergehalten (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). In sommige gebieden komen zelfs hoge chloridegehalten voor (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Over het hele cluster gekeken zijn er gemiddeld gezien lage tot matige achtergrondgehalten qua productiviteit en interne nalevering (Witteveen+Bos, 2005). Het water is van nature relatief zuurstofarm en in combinatie met temperatuurstijging zal dit het risico op interne nalevering versterken (Waterschap Zuiderzeeland, 2022).

Dit cluster is gevoelig voor veranderende neerslagpatronen doordat het gelegen is in agrarisch gebied en piekafvoeren de uitspoeling van nutriënten tot gevolg zou hebben (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Toch zullen naar verwachting de eutrofiëringsverschijnselen beperkt zijn omdat de hoge ijzergehalten de algenbloei limiteren (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Tot slot is cluster 4 neutraal gevoelig voor temperatuurstijging, omdat de tochten ondiep tot matig diep zijn met zowel brede als smalle stukken (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Dit tempert de temperatuurstijging (Kosten & Schep, 2014).

#### Cluster 5 (tochten hoge afdeling NOP)

Cluster 5 bevat de tochten uit de hoge afdeling van de Noordoostpolder. Voor dit onderzoek kon er maar één meetpunt in de analyse worden meegenomen, namelijk de Voorstertocht. Het grootste verschil van dit waterlichaam ten opzichte van de tochten uit de lage afdeling van de Noordoostpolder is dat het water een hoger zuurstofgehalte heeft en het waterpeil hoger is (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Het waterlichaam ontvangt ongeveer evenveel ijzerrijke kwel als cluster 4 (Waterschap Zuiderzeeland, 2022).

Cluster 5 heeft grotendeels hoge achtergrondgehalten voor verzilting (Witteveen+Bos, 2005). Qua nutriënten hebben deze tochten matige achtergrondgehalten (Witteveen+Bos, 2005). Ook de achtergrondgehalten van sulfaat zijn laag tot matig (Witteveen+Bos, 2005). In combinatie met de



*Figuur 11 Een overzichtkaart van Flevoland met de verschillende waterlichamen ingekleurd. Het gebied waar de meetpunten van cluster 4 in vallen is zwart omcirkeld.*

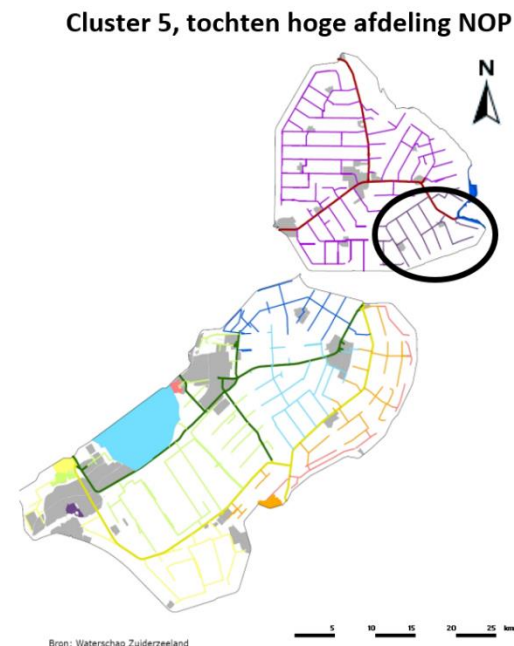
hogere zuurstofgehalten van het water lijkt interne eutrofiëring in dit cluster geen groot risico (Waterschap Zuiderzeeland, 2022).

Wel kan als gevolg van temperatuurstijging de nutriëntconcentraties toenemen (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Dit heeft echter naar verwachting, net als in cluster 4, weinig eutrofiëringsverschijnselen tot gevolg door de relatief ijzergehalten en sterke kwel (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Het cluster is dus matig gevoelig voor temperatuurstijging (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Wat betreft het veranderende neerslagpatroon is het cluster iets gevoeliger (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Net als veel van de clusters bevinden de tochten zich in agrarisch gebied en is er kans op uitspoeling van nutriënten door de toenemende piekbuien (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Wel zijn er meer natuurgebieden in dit cluster aanwezig waardoor deze gevoeligheid wat meer wordt getemperd (Kosten & Schep, 2014). Al met al is cluster 5 zowel matig gevoelig voor temperatuurstijging als voor een veranderend neerslagpatroon.

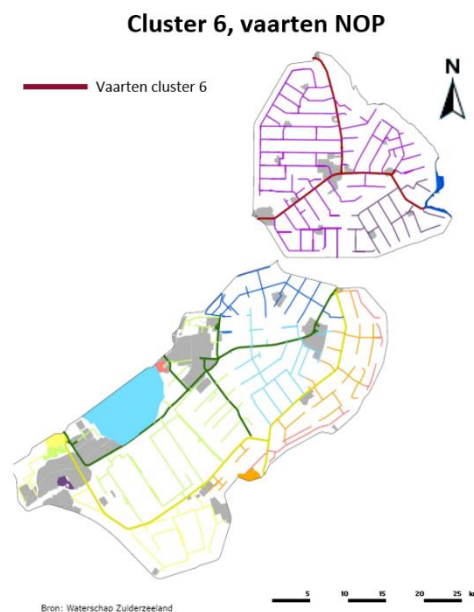
#### Cluster 6: Vaarten NOP

De laatste drie clusters bevatten de vaartsystemen in Flevoland. Cluster 6 wordt gevormd door alle vaarten uit de Noordoostpolder. Dit houdt in dat de vaarten worden gevoed met het water dat afkomstig is van de tochten uit de Noordoostpolder (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Cluster 6 is dan ook grotendeels afhankelijk van het functioneren van cluster 4 en 5. Zo zijn de achtergrondgehalten ook gebaseerd op de achtergrondgehalten van het stroomgebied van de aanliggende tochten. Zo zijn de achtergrondgehalten van de omliggende tochten voor eutrofiëring matig en wordt er in de vaarten van de NOP een dalende trend te zien (Witteveen+Bos, 2005). Wat betreft interne nalevering is het achtergrondgehalte van sulfaat vanuit de tochten matig (Witteveen+Bos, 2005). De verzilting is in de tochten hoog qua achtergrondgehalte, maar doordat chloride sterk afhankelijk is van de grootte van de waterkolom, wordt voor cluster 6 de verzilting als matig ingeschat (Witteveen+Bos, 2005; Minnen et al., 2012).

Het opwervelen van bodemslib door de scheepvaart zorgt voor troebel water en lichtlimitatie (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Algenbloei zal dus niet snel optreden in de vaarten van de Noordoostpolder (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Daarnaast is het belangrijk om voor de vaartsystemen ook de zeespiegelstijging als klimaatfactor mee te nemen. Dit heeft namelijk op sommige vaartsystemen, zoals cluster 6, invloed op de kwelinflux (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Voor de vaarten NOP zal ten gevolge van de IJsselmeerstijging een grotere ijzerrijke kwelinflux zijn (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Zoals eerder benoemd heeft een hoog ijzergehalte een temperende werking



*Figuur 12 Een overzichtskartaal van Flevoland met de verschillende waterlichamen ingekleurd. Het gebied waar de meetpunten van cluster 5 in vallen is zwart omcirkeld.*



*Figuur 13 Een overzichtskartaal van Flevoland met de verschillende waterlichamen ingekleurd. Het gebied waar de meetpunten van cluster 6 in vallen is zwart omcirkeld.*

op de algengroei (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Hierdoor zal er als gevolg van temperatuurstijging of verandering van neerslagpatroon geen algenbloei optreden in cluster 6 (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). De eerder genoemde lichtlimitatie draagt hieraan bij (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). De toename van ijzerrijke kwel brengt echter ook een negatief effect met zich mee, namelijk verhoogde zuurstofloosheid (Kosten & Schep, 2014). Dit heeft naar verwachting meer biologische consequenties dan chemische gevolgen, omdat de interne nalevering minder bepalend is in de grote waterkolom van een vaart (Waterschap Zuiderzeeland, 2022).

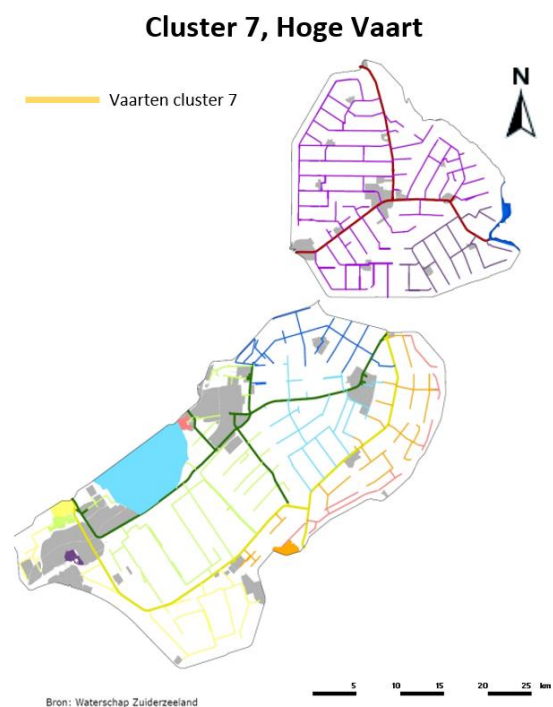
Wat betreft temperatuurstijging wordt er door de grote waterkolom geen significante opwarming verwacht (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). De gevoeligheid voor deze klimaatfactor is dus niet tot zeer matig. Wat betreft een veranderend neerslagpatroon zal de gevoeligheid ook zeer matig zijn, omdat de extra uitgespoelde nutriënten geen algenbloei zal veroorzaken door de lichtlimitatie, een snelle doorstroom van water en ijzergehalten (Waterschap Zuiderzeeland, 2022).

### Cluster 7 (Hoge Vaart)

Dit cluster omvat de Hoge Vaart en de Hoge Dwarsvaart. Dit zijn ondiepe kanalen met scheepvaart in het hoge peil vak van zuidoost Flevoland (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). De Hoge Vaart wordt gevoed door de tochten uit waterlichaam ABC1, ABC2 en DE, in dit rapport cluster 1 genoemd (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). De achtergrondgehalten worden dus bepaald door de stroomgebieden van dit cluster. Daarnaast wordt de Hoge Vaart tijdens langdurig droge perioden gebruikt om extra water uit het Markermeer te transporteren naar de randmeren om deze op peil te houden (Waterschap Zuiderzeeland, 2022).

Het noordelijke deel van de Hoge Vaart wordt gevoed met het relatief voedselarme water vanuit ABC1 en ABC2 en heeft daardoor een betere waterkwaliteit dan het zuidelijke deel dat wordt gevoed door het voedselrijkere water uit waterlichaam DE (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Daarnaast wordt in het zuidelijke deel stedelijk afvalwater vanuit Zeewolde geloosd wat het water voedselrijker maakt (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Het totale achtergrondgehalte van nutriënten wordt op matig geschat (Witteveen+Bos, 2005). Wat betreft verzilting en interne nalevering wordt hetzelfde achtergrondgehalte als cluster 1 aangehouden, namelijk laag tot matig voor verzilting en laag voor interne nalevering (Witteveen+Bos, 2005).

Zoal genoemd bij cluster 6 zijn vaarten relatief ongevoelig voor temperatuurstijging door de grootte van de waterkolom (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Ditzelfde geldt voor cluster 7. De Hoge Vaart is iets gevoeliger voor een veranderend neerslagpatroon dan de vaarten uit de Noordoostpolder (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Dit is te herleiden naar het lagere ijzergehalte in de Hoge Vaart waardoor algenbloei niet wordt beperkt en er meer eutrofiëringskenmerken zullen optreden als gevolg van uitspoeling van nutriënten door piekafvoeren (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Daarnaast is het water in deze vaart relatief helder waardoor er geen lichtlimitatie optreedt en algenbloei sneller kan plaatsvinden (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). De gevoeligheid voor een veranderend neerslagpatroon wordt gevoelig geschat. Voor de hoge vaart wordt als gevolg van een

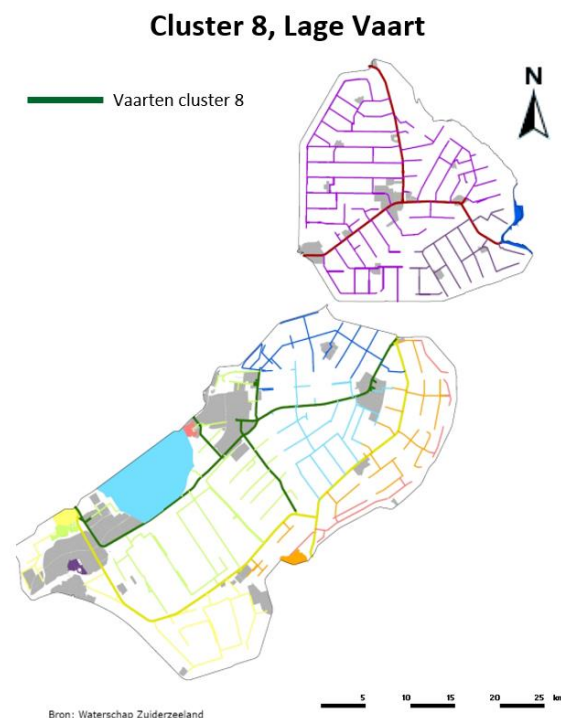


*Figuur 14 Een overzichtkaart van Flevoland met de verschillende waterlichamen ingekleurd. Het gebied waar de meetpunten van cluster 7 in vallen is zwart omcirkeld.*

toenemende kwelinflux als gevolg van zeespiegelstijging geen negatief effect verwacht (Waterschap Zuiderzeeland, 2022).

#### Cluster 8 (Lage Vaart)

Dit cluster omvat de Lage Vaart, de Lage Dwarsvaart, de Oostervaart en de Larservaart. Dit zijn net als cluster 7 grote ondiepe kanalen met scheepvaart. De vaarten zijn gelegen in de lage afdeling en ontvangen water van verschillende tochtssystemen die erg uiteenlopen qua waterkwaliteit (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Dit houdt in dat er binnen de vaarten in de lage afdeling veel verschillen zijn qua waterkwaliteit (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Zo ontvangt de Lage Dwarsvaart stedelijk water uit Lelystad en het zuidelijke deel van de Lage Vaart water uit Almere (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Stedelijk afvalwater heeft over het algemeen hoge nutriëntconcentraties en draaft dus bij aan een hoger 'achtergrondgehalte' qua eutrofiëring voor cluster 8 (Zoetendal, 2012). Wat betreft chlorideconcentratie ontvangt de Lage Vaart het relatief zoute water uit het gebied ten noorden van Lelystad (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Ook zijn de achtergrondgehalten van de tochten die op de Lage Vaart afwateren relatief hoog (Witteveen+Bos, 2005). Het achtergrondgehalte van verzilting wordt voor dit cluster dan ook hoog tot zeer hoog geschat. Voor de interne nalevering wordt het achtergrondgehalte van de verbonden tochtenclusters 2 en 3 aangehouden, namelijk matig (Witteveen+Bos, 2005).



*Figuur 15 Een overzichtkaart van Flevoland met de verschillende waterlichamen ingekleurd. Het gebied waar de meetpunten van cluster 8 in vallen is zwart omcirkeld.*

De Lage Vaart is wat betreft de gevoeligheid voor temperatuurstijging een uitzondering op de andere vaartclusters (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Ondanks de grote waterkolom van de Lage Vaart overschrijden in de zomer deze meetpunten de temperatuurnorm van 25 °C (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Het is echter niet bekend of dit een klimaat gerelateerde ontwikkeling is. De gevoeligheid voor deze klimaatfactor wordt daarom nog steeds op zeer klein geschat, omdat de norm al wordt overschreden dus extra opwarming met nadelige gevolgen onwaarschijnlijk lijkt.

Wat betreft een veranderend neerslagpatroon is cluster 8 het meest gevoelig van de vaartsystemen (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Dit komt doordat de tochten die afwateren op de Lage Vaart gevoelig zijn voor uitspoeling van nutriënten uit omringend landbouwgebieden (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). In tegenstelling tot de vaarten in de Noordoostpolder is er in de Lage Vaart geen lichtlimitatie en zal er algenbloei optreden (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Bovendien zijn de natuurlijk achtergrondgehalten van de Lage Vaart hoger dan de andere vaartenclusters door de aanvoer van stedelijk water en de achtergrondgehalten van het stroomgebied (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Daarnaast zorgt de zeespiegelstijging in de Lage Vaart voor meer fosfaatrijke kwel, wat ook bijdraagt aan de verhoogde eutrofiëring (Waterschap Zuiderzeeland, 2022). Al met al is cluster 8 sterk gevoelig voor een veranderend neerslagpatroon.

## Hoofdstuk 4: Trendanalyse

### 4.1 Chemische Trendanalyse

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de tweede deelvraag; “Welke trends vertonen de chemische waterkwaliteitsparameters en de klimatologische parameters in de periode van 2005 tot en met 2022?”. Om deze vraag te beantwoorden is een tweedelige trendanalyse uitgevoerd. Allereerst is er gebruik gemaakt van een reeds uitgevoerde chemische trendanalyse via het programma Trendanalist, uitgevoerd door hydroloog Michiel Oudendijk. Aansluitend is een handmatige trendanalyse uitgevoerd voor de klimatologische parameters.

Per parameter is een kaart gemaakt die de trends in beeld brengen. Deze kaarten zijn in Bijlage C zichtbaar. De schematische weergaven van de trendverdelingen over deze perioden zijn in dit hoofdstuk gepresenteerd. De kwantitatieve jaartrends van de chemische trendanalyse zijn in tabellen weergegeven in Bijlage F. De tabellen van de klimatologische trendanalyse zijn weergegeven in Bijlage G.

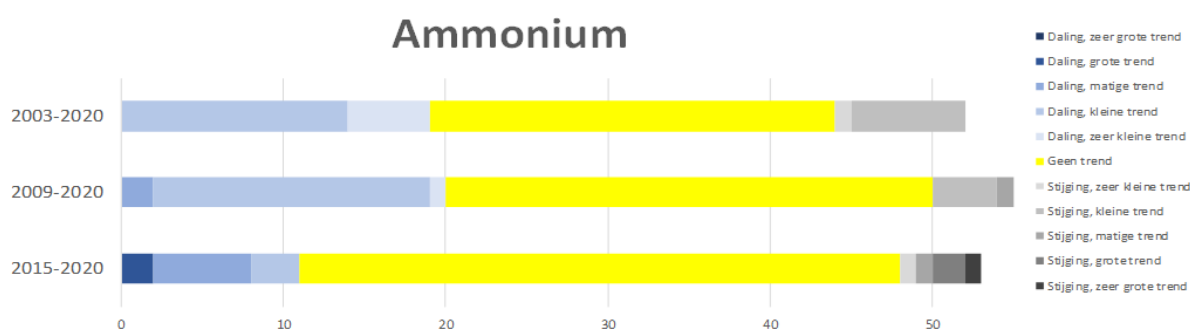
#### 4.1.1 Ammonium

Als eerste chemische parameter is het ammoniumgehalte onderzocht. In Figuur C.1 in Bijlage C is een overzichtkaart van Flevoland met de bijbehorende ammoniumtrends per locatie weergegeven.

Het algemene beeld van de ammoniumtrends geeft een overwegend dalend beeld. Ook zijn er veel punten zonder significante trend. De dalende trends die zichtbaar zijn hebben een zeer kleine tot kleine daling.

In Figuur 16 is de verdeling van de verschillende trends over 3 perioden weergegeven. Te zien is dat in de periode van 2015 – 2020 meer grote trends in zowel stijgende als dalende richting. Opvallend is dat het aantal meetpunten zonder trend niet lijkt te verschillen voor de verschillende perioden.

Belangrijk om mee te nemen in de discussie is dat er sterkere trends plaats hebben gevonden in de laatste periode, maar dat het algemene beeld van de trendverdeling gelijk is over de verschillende periodes.



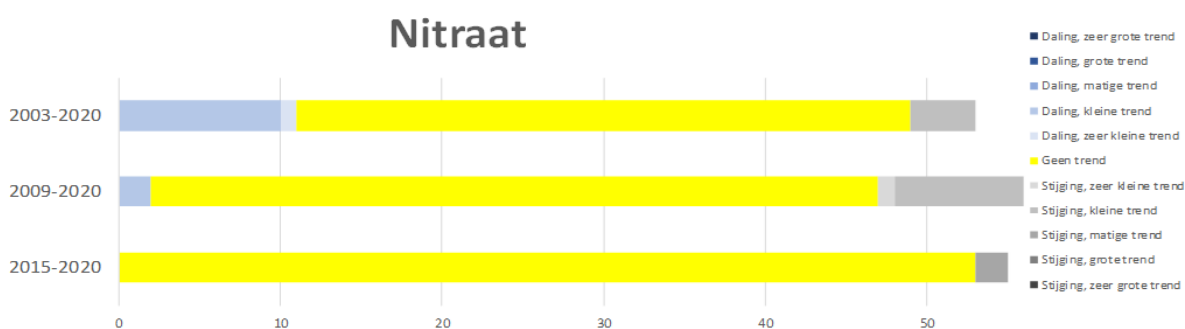
*Figuur 16 Een schematische weergave van de verdeling van de soorten trends voor 3 tijdvakken voor de parameter ammonium. De betekenis van de kleuren zijn weergegeven in de legenda. De perioden waarvoor de trendverdelingen zijn weergegeven zijn 2003-2020, 2009-2020 en 2015-2020.*

#### 4.1.2 Nitraat

Daarna is het nitraatgehalte onderzocht. In Figuur C.2 in Bijlage C is een overzichtkaart van Flevoland met de bijbehorende nitraattrends per locatie weergegeven.

Er zijn veel meetpunten waar geen significante trend is gevonden. De meetpunten met significante trend hebben een zeer kleine tot kleine daling. Ook zijn er enkele punten waar een stijging is waargenomen in het zuiden van Flevoland.

Zoals Figuur 17 aangeeft, is er in de periode van 2015 – 2020 geen dalende trend gevonden. Het aantal stijgende trends is ook afgenomen, maar dit zijn nu wel sterkere trends geworden. Het



aandeel meetpunten waar geen significante trend kan worden waargenomen is dus groter geworden over tijd.

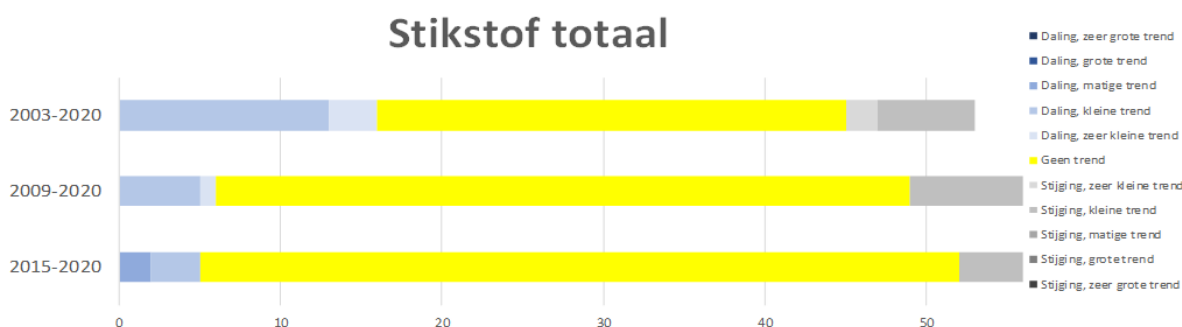
Figuur 17 Een schematische weergave van de verdeling van de soorten trends voor 3 tijdvakken voor de parameter nitraat. De betekenis van de kleuren zijn weergegeven in de legenda. De perioden waarvoor de trendverdelingen zijn weergegeven zijn 2003-2020, 2009-2020 en 2015-2020.

#### 4.1.3 Totaal stikstof

Als laatste stikstof gerelateerde parameter is stikstof totaal geanalyseerd. In de kaart van Figuur C.3 in Bijlage C is te zien dat een vergelijkbaar beeld als de trendkaart van ammonium. Het grootste deel van de meetpunten hebben geen significante trend, maar er zijn ook kleine tot matige stijgende en dalende trends. Daarbij zijn er meer dalende dan stijgende trends.

De meetpunten in de Noordoostpolder geven een gelijke verdeling van punten zonder trend en punten met een dalende trend. In Zuidoost Flevoland zijn ongeveer evenveel stijgende als dalende trends zichtbaar, maar het grootste deel van de meetpunten heeft geen trend.

In de onderstaande Figuur 18 is te zien dat het aandeel meetpunten zonder trends over de tijd is toegenomen. In de periode van 2015 tot 2020 zijn er meer meetpunten die geen trend hebben dan over de gehele periode van 2003 tot 2020.

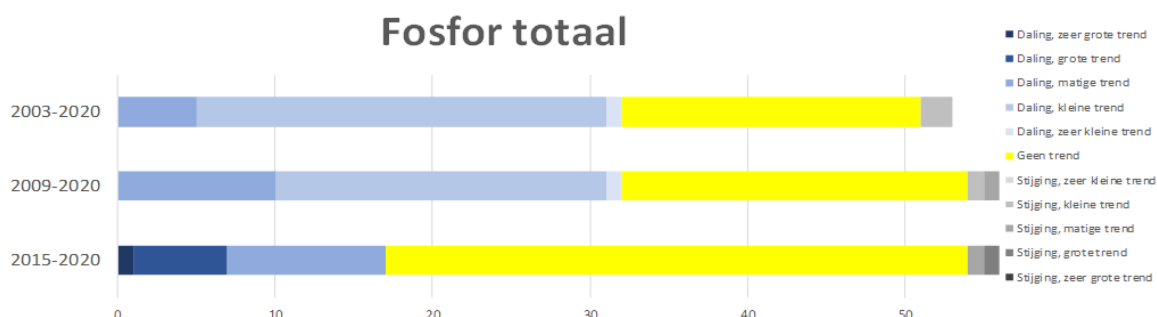


Figuur 18 Een schematische weergave van de verdeling van de soorten trends voor 3 tijdvakken voor de parameter stikstof totaal. De betekenis van de kleuren zijn weergegeven in de legenda. De perioden waarvoor de trendverdelingen zijn weergegeven zijn 2003-2020, 2009-2020 en 2015-2020.

#### 4.1.4 Totaal fosfor

Voor de fosfaat gerelateerde parameters is allereerst fosfor totaal geanalyseerd. In de kaart van Figuur C.4 in Bijlage C is een overwegend dalend beeld zichtbaar. In de Noordoostpolder hebben bijna alle meetpunten een dalende trend. Dit zijn vooral kleine tot matige trends. In Zuidoost Flevoland is een gelijke verdeling tussen meetpunten met een kleine tot matige trend en meetpunten zonder trend. Ook zijn er bij twee meetpunten stijgende trends gevonden.

In Figuur 19 is te zien hoe de trends zich over de verschillende perioden zijn verdeeld. Opvallend is dat het beeld van de periodes 2003 tot 2020 en 2009 tot 2020 erg vergelijkbaar zijn, maar de periode 2015 tot 2020 afwijkend is. Zo is te zien dat in de periode van 2015 tot 2020 meer sterk dalende trends te zien zijn, maar in totaal een kleiner aandeel van de meetpunten een dalende trend laat zien. Het aantal meetpunten wat geen significante trend laat zien is groter in de laatste periode van 2015 tot 2020.

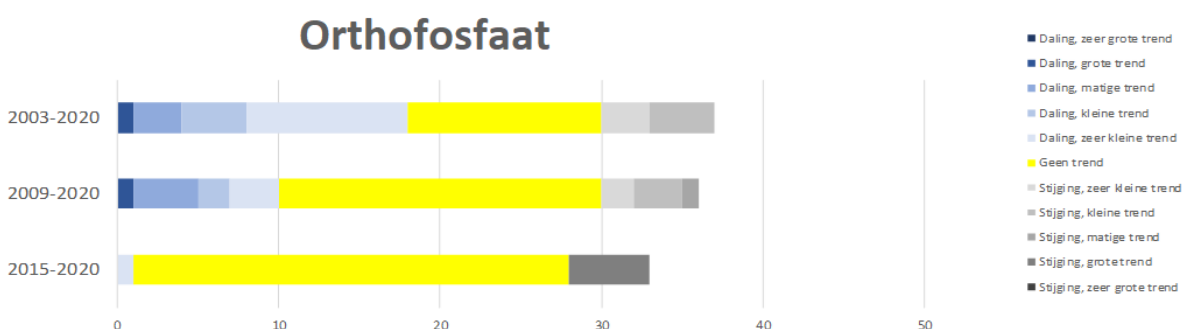


Figuur 19 Een schematische weergave van de verdeling van de soorten trends voor 3 tijdvakken voor de parameter fosfor totaal. De betekenis van de kleuren zijn weergegeven in de legenda. De perioden waarvoor de trendverdelingen zijn weergegeven zijn 2003-2020, 2009-2020 en 2015-2020.

#### 4.1.5 Orthofosfaat

Figuur C.5 in Bijlage C geeft de kaartweergave van de trends voor het orthofosfaatgehalte. Er is een afwisselend beeld van dalende en stijgende trends te zien. Ook zijn er veel meetpunten zonder significante trend te zien. In de Noordoostpolder zijn bijna alle trends licht dalend. In Zuidoost Flevoland vindt de grootste variatie aan trends plaats van klein tot matig stijgende naar klein tot matig dalende trends. De stijgende trends bevinden zich allemaal in of rondom stedelijk gebied.

In Figuur 20 is te zien dat gedurende latere perioden de dalende trends in aandeel zijn afgenomen. Het aantal meetpunten zonder significante trend is groter in de laatste periode van 2015 tot 2020. Deze periode bevat wel grotere stijgende trends, het aandeel van deze stijgende trends is gelijk met de andere perioden.

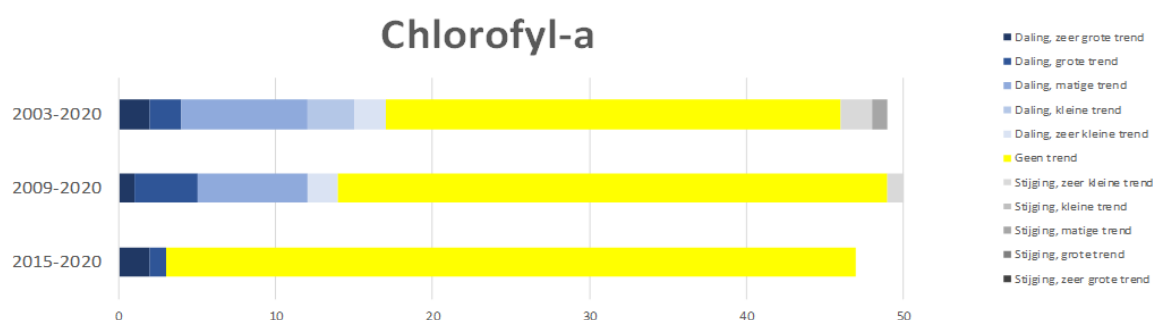


Figuur 20 Een schematische weergave van de verdeling van de soorten trends voor 3 tijdvakken voor de parameter orthofosfaat. De betekenis van de kleuren zijn weergegeven in de legenda. De perioden waarvoor de trendverdelingen zijn weergegeven zijn 2003-2020, 2009-2020 en 2015-2020.

#### 4.1.6 Chlorofyl-A

Als laatste eutrofiëringsparameter is chlorofyl-A geanalyseerd. Voor deze parameter heeft het grootste deel van de meetpunten geen significante trend. Dit is te zien in Figuur C.6 in Bijlage C. Er is geen duidelijk patroon te zien en er is weinig verschil in de verhoudingen van de trends in de Noordoostpolder en Zuidoost Flevoland. Beiden is er een verdeling tussen dalende trends en meetpunten zonder trends waarbij het aantal meetpunten zonder trend iets groter is. Daarnaast zijn er drie meetpunten in Zuidoost Flevoland die een lichte stijgende trend laten zien.

In Figuur 21 hieronder is eenzelfde beeld te zien. Het grootste deel van de meetpunten geeft geen significante trend. Dit beeld is het sterkst in de laatste periode van 2015 tot 2020. Over de gehele



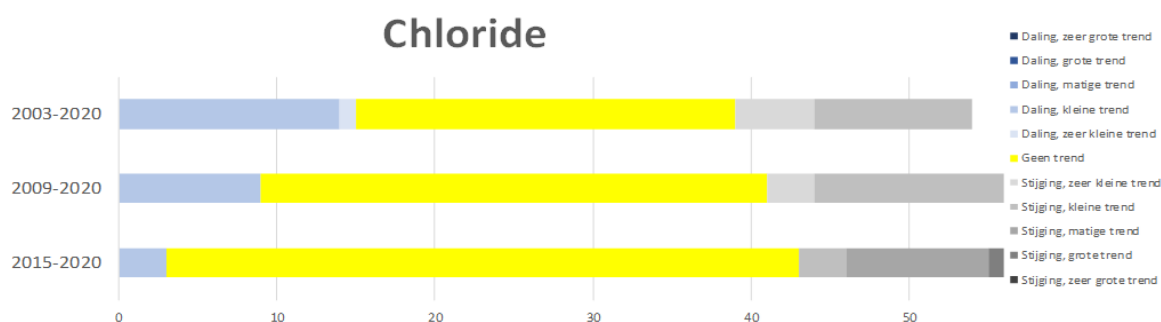
periode van 2003 tot 2020 zijn opvallend genoeg de meeste en grootste trends aanwezig. Dit geeft, kijkend naar deze figuur, een overwegend dalend beeld.

Figuur 21 Een schematische weergave van de verdeling van de soorten trends voor 3 tijdvakken voor de parameter chlorofyl-A. De betekenis van de kleuren zijn weergegeven in de legenda. De perioden waarvoor de trendverdelingen zijn weergegeven zijn 2003-2020, 2009-2020 en 2015-2020.

#### 4.1.6 Chloride

Als eerste verziltingsparameter is het chloridegehalte onderzocht. De kaartweergave van de chloridetrends in Figuur C.7 in Bijlage C geeft een zeer gevarieerd beeld weer. Zoals bevestigd in de verdeling van trends voor de periode van 2003 tot 2020 in Figuur 22 is de verdeling zonder trend, met dalende trend en met stijgende trend bijna gelijk. De verdeling van trends is in de Noordoostpolder en Zuidoost Flevoland ongeveer gelijk. Opvallend is dat rond een aantal vaarten zoals de Hoge Vaart, Lage Vaart en de Lemstervaart een aantal stijgende trends te zien zijn. Verder zijn er weinig patronen te herkennen en lijkt de verdeling van de trends willekeurig.

In onderstaande Figuur 22 is te zien dat in de periode van 2015 tot 2020 een groter aandeel van de meetpunten geen significante trend hebben. Dit is een patroon dat bijna alle parameters laten zien. Opvallend is dat in deze laatste periode het aantal dalende trends kleiner is dan over de hele periode en er juist sterkere stijgende trends te zien zijn.



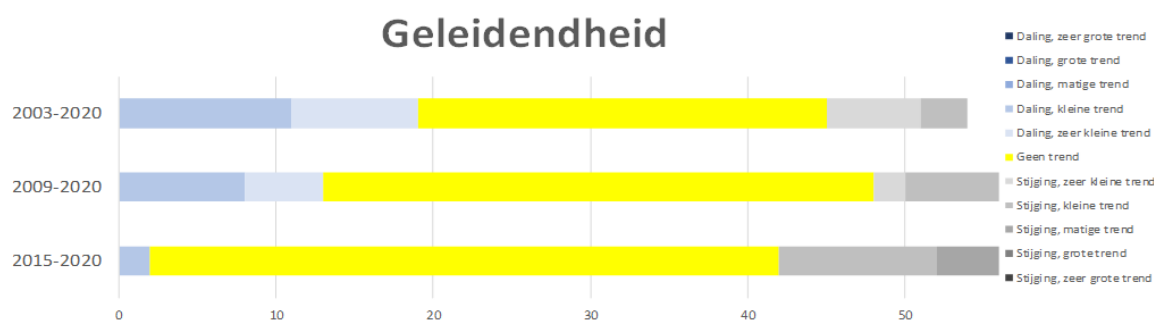
Figuur 22 Een schematische weergave van de verdeling van de soorten trends voor 3 tijdvakken voor de parameter chloride. De betekenis van de kleuren zijn weergegeven in de legenda. De perioden waarvoor de trendverdelingen zijn weergegeven zijn 2003-2020, 2009-2020 en 2015-2020.

#### 4.1.7 Geleidbaarheid

Naast chloride is ook geleidbaarheid onderzocht als verzilting parameter. Aan Figuur C.8 in Bijlage C is te zien dat er zowel stijgende als dalende trends qua geleidbaarheid voorkomen en wederom een aantal meetpunten geen significante trend laten zien. Het aantal meetpunten zonder trend is naar verhouding groter in de Noordoostpolder dan in Zuidoost Flevoland. In de Noordoostpolder zijn vooral punten zonder trend te zien, afgewisseld met enkele dalende en enkele stijgende trends. Er is geen patroon hierin te herkennen.

In Zuidoost Flevoland zijn er ongeveer evenveel meetpunten zonder trend als meetpunten met een dalende trend. Deze dalende trends variëren van zeer klein tot matig. Daarnaast zijn er enkele stijgende trends te zien langs de Lage vaart en willekeurig verspreid over het land.

In Figuur 23 is te zien hoe de trends zich verhouden tot elkaar in verschillende perioden. Er zijn weinig verschillen in de verhoudingen over de verschillende perioden. Wel is te zien dat in de periode van 2015 tot 2022 minder dalende trends en juist meer en grotere stijgende trends te zien zijn.

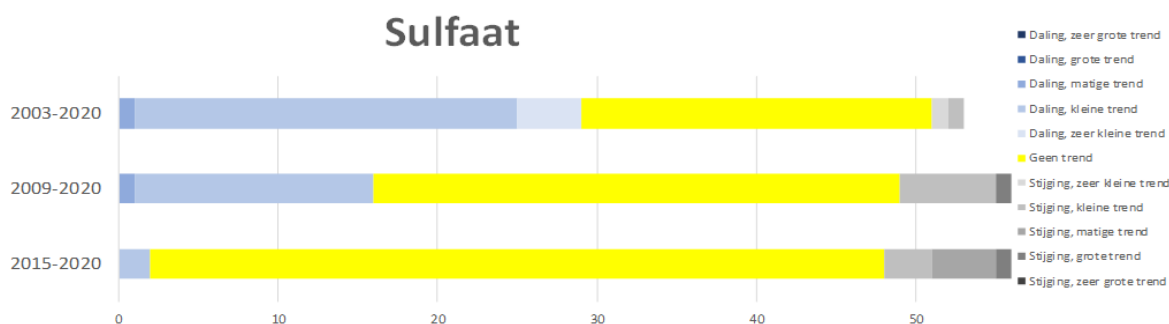


Figuur 23 Een schematische weergave van de verdeling van de soorten trends voor 3 tijdvakken voor de parameter geleidbaarheid. De betekenis van de kleuren zijn weergegeven in de legenda. De perioden waarvoor de trendverdelingen zijn weergegeven zijn 2003-2020, 2009-2020 en 2015-2020.

#### 4.1.8 Sulfaat

Tot slot is de interne eutrofiëringsparameter sulfaat geanalyseerd. Figuur C.9 in Bijlage C geeft de kaartweergave van de sulfaattrends van de meetpunten. Dit geeft een overwegend dalend beeld. De meetpunten met dalende trends bevinden zich voornamelijk in het midden-noordelijke deel van Zuidoost Flevoland. In het Zuiden van Zuidoost Flevoland zijn ook een aantal dalende trends te zien afgewisseld met meetpunten zonder trend en een enkele stijgende trend. In de Noordoospolder is juist voor het grootste deel van de meetpunten geen trend te zien.

In Figuur 24 is te zien hoe de trends zich in de verschillende perioden tot elkaar verhouden. Er is te zien dat in de laatste periode van 2015 tot 2020 het aantal meetpunten zonder significante trend is toegenomen. Daarnaast is het aantal dalende trends afgenomen.



Figuur 24 Een schematische weergave van de verdeling van de soorten trends voor 3 tijdvakken voor de parameter sulfaat. De betekenis van de kleuren zijn weergegeven in de legenda. De perioden waarvoor de trendverdelingen zijn weergegeven zijn 2003-2020, 2009-2020 en 2015-2020.

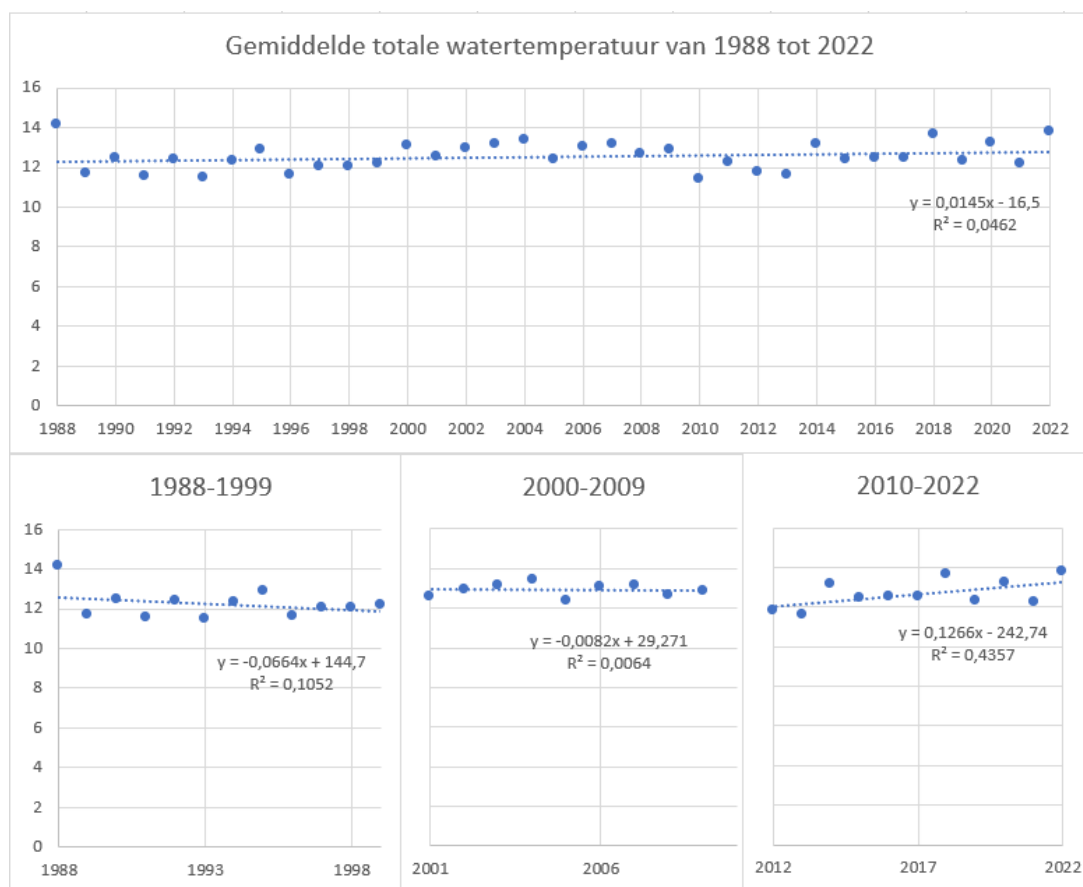
## 4.2 Klimatologische trendanalyse

In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd van de uitgevoerde trendanalyse van de klimatologische parameters. Hiervoor zijn de parameters watertemperatuur, luchttemperatuur, neerslag en verdamping geanalyseerd. De resultaten zijn op eenzelfde manier volgens dezelfde trendindeling op een kaart weergegeven in Bijlage D. Daarnaast geeft per parameter een grafiek weer hoe de trends zijn verdeeld over verschillende perioden. Hierin wordt een gemiddelde genomen van de meetpunten uit Lelystad en Marknesse.

### 4.2.1 Watertemperatuur

Allereerst is de watertemperatuur geanalyseerd. In Figuur 25 hieronder zijn de watertemperaturen van de selectie meetpunten samengenomen en in een spreidingsdiagram verwerkt. Op deze manier kan het verloop van de gemiddelde watertemperatuur per jaar over de onderzoeksperiode in één oogopslag worden beoordeeld. Kijkende naar de bovenste grafiek over de periode van 1988 tot 2022 is een lichte stijging in watertemperatuur te zien. Deze trend is echter niet significant. In de drie losse diagrammen hieronder is de onderzoeksperiode opgedeeld in drieën en zijn de trends per deelperiode zichtbaar. Opvallend is dat de perioden van 1988 tot 2000 en 2001 tot 2011 een licht dalende trend laten zien. De stijgende trend over de hele onderzoeksperiode lijkt dus afkomstig te zijn vanuit de laatste periode van 2012 tot 2022, waar een stijgende trend te zien is. Deze drie trends zijn echter ook niet significant.

In Figuur D.1 zijn op de kaart van Flevoland de trends over de periode van 1988 tot 2022 van de verschillende meetpunten te zien. Het grootste deel van de meetpunten heeft geen significante trend, maar drie meetpunten in het Zuiden van Zuidoost Flevoland laten een zeer kleine stijgende trend zien.

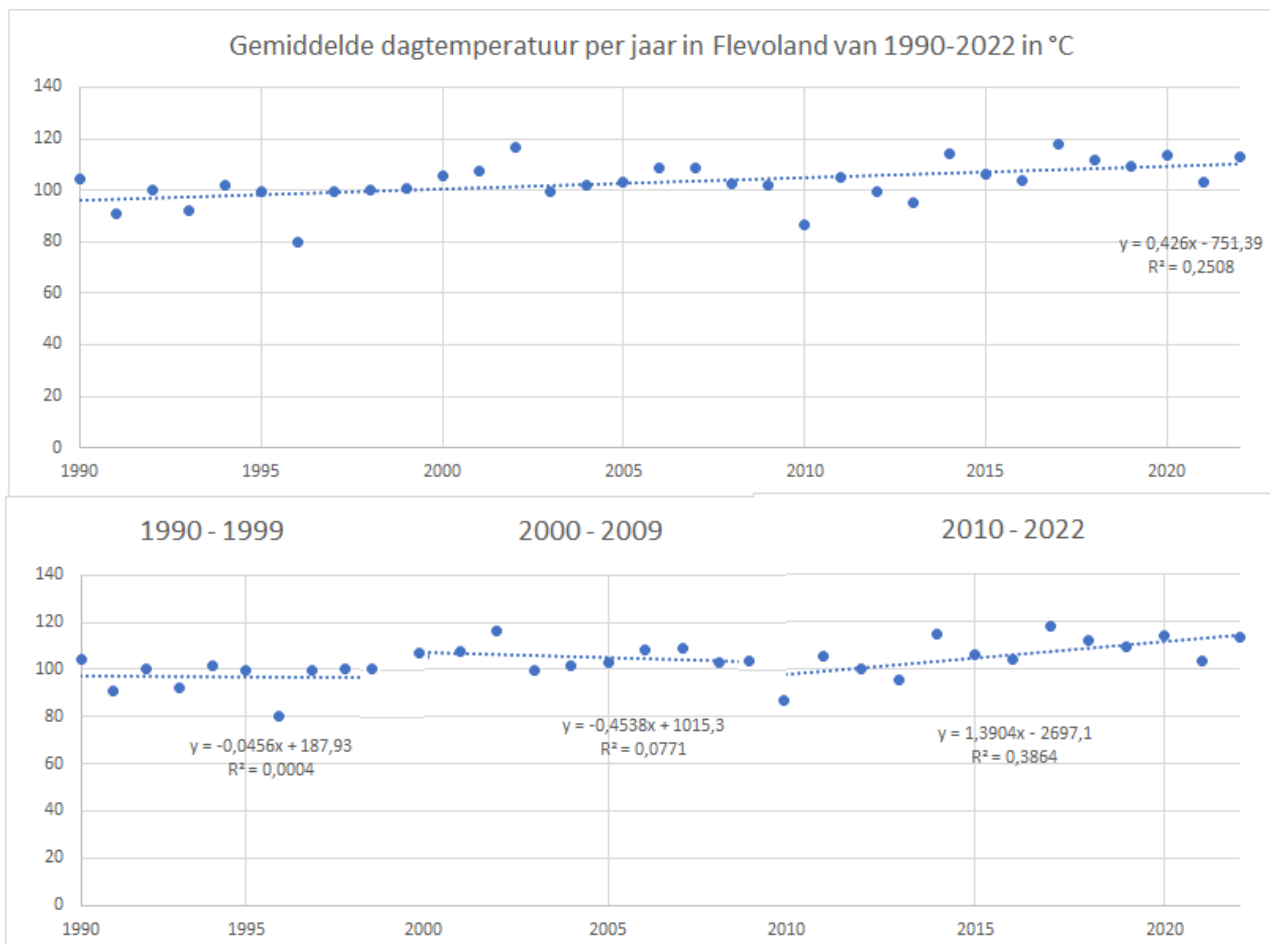


Figuur 25 Een overzicht van verschillende verspreidingsdiagrammen voor de parameter watertemperatuur. De bovenste grafiek geeft de data en lineaire trend over de periode van 1988 tot 2022 weer. De drie grafieken hieronder geven dezelfde periode weer, verdeeld in drie tijdvakken 1988-1999, 2000-2009 en 2010-2022, met de lineaire trend per tijdvak.

#### 4.2.2 Luchttemperatuur

Aansluitend op de watertemperatuur is de luchttemperatuur onderzocht. Voor deze parameter zijn gegevens van het KNMI gebruikt die in Lelystad en Marknesse zijn verzameld. In Figuur D.2 in Bijlage D is te zien op de kaart welke trends er qua luchttemperatuur spelen. Er is te zien dat over de hele periode van 1990 tot 2022 een zeer kleine stijgende trend is in zowel Lelystad als Marknesse. Als deze trend wordt opgedeeld in drie tijdvakken is te zien dat de eerste twee tijdvakken van 1990 tot 1999 en van 2000 tot 2009 geen significante trend laten zien. De laatste periode van 2010 tot 2022 laat echter een klein tot matige stijgende trend zien. Net als bij de watertemperatuur is in de laatste periode dus de meeste stijging zichtbaar. Opvallend is dat deze stijging nauwelijks zichtbaar is over de hele periode voor watertemperatuur, maar voor luchttemperatuur is deze trend wel terug te zien in over de hele periode. De stijgende trend van luchttemperatuur is in de laatste periode immers ook groter voor luchttemperatuur dan voor watertemperatuur.

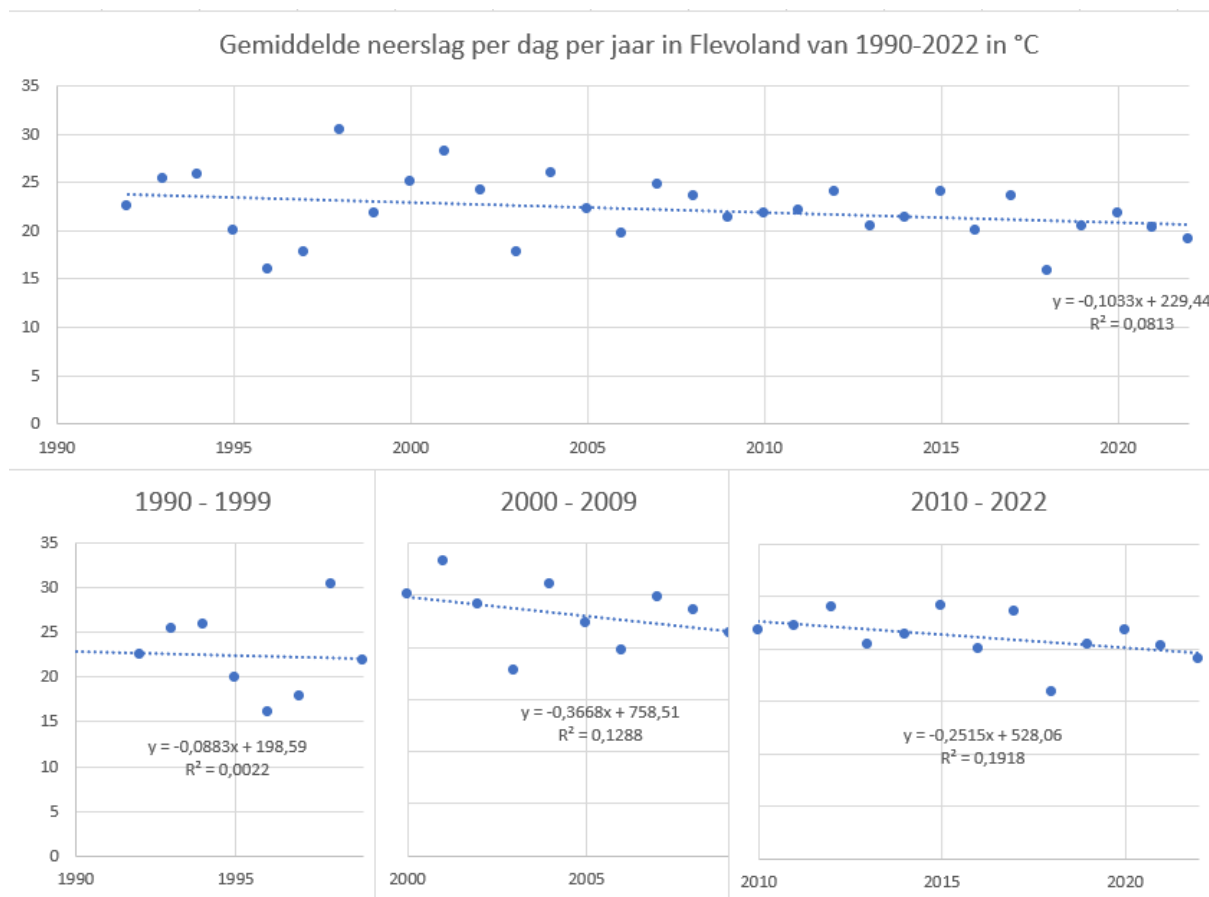
In de Figuur 26 hieronder zijn de gegevens van Lelystad en Marknesse samengenomen om deze verschillende trends in de vorm van een verspreidingsdiagram te presenteren. Hier is te zien dat de eerste periodes van 1990 tot 1999 en van 2000 tot 2009 een licht dalende trend in gemiddelde luchttemperatuur laten zien en de laatste periode van 2010 tot 2022 een stijging van meer dan 1% laat zien. Dit is ongeveer vergelijkbaar met het beeld van de watertemperatuur in Figuur D.1 in Bijlage D, met het verschil dat de trend van luchttemperatuur sterker is.



Figuur 26 Een overzicht van verschillende verspreidingsdiagrammen voor de parameter luchttemperatuur. Voor de berekening hiervan zijn de gegevens van de meetpunten in Lelystad en Marknesse van het KNMI samengenomen. De bovenste grafiek geeft de data en lineaire trend over de periode van 1988 tot 2022 weer. De drie grafieken hieronder geven dezelfde periode weer, verdeeld in drie tijdvakken 1988-1999, 2000-2009 en 2010-2022, met de lineaire trend per tijdvak.

#### 4.2.3 Neerslag

Vervolgens is de klimatologische parameter neerslag onderzocht. Zowel voor Lelystad als voor Marknesse zijn de gevonden trends niet significant (zie Figuur D.3 uit Bijlage D). In Figuur 27 hieronder is te zien dat er wel degelijk een verschil in de gemiddelde neerslag per dag zichtbaar is over de jaren. Zo geeft de periode van 1990 tot 2022 een zichtbaar dalend patroon. In elke losse deelperiode is ook een dalende trend te zien. Deze trends zijn echter niet significant.

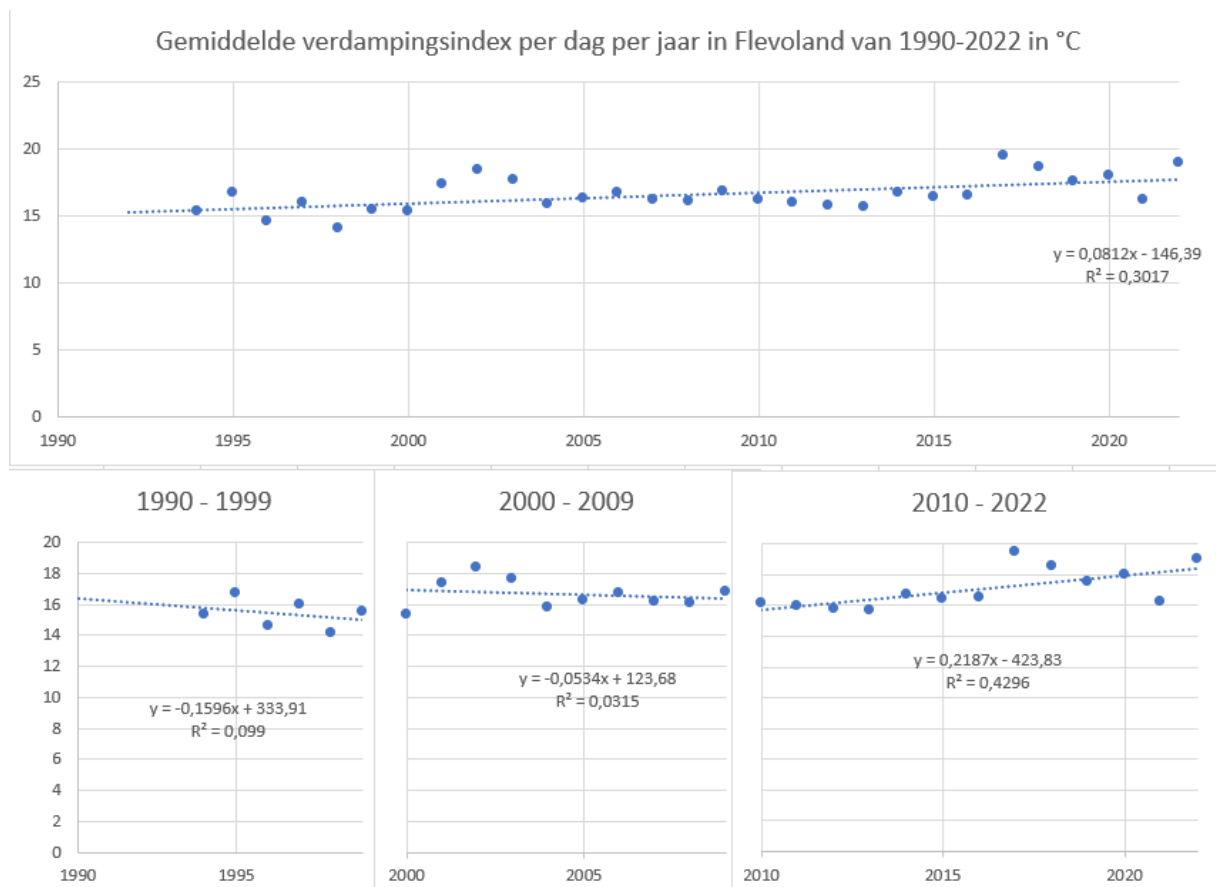


Figuur 27 Een overzicht van verschillende verspreidingsdiagrammen voor de parameter neerslag. Voor de berekening hiervan zijn de gegevens van de meetpunten in Lelystad en Marknesse van het KNMI samengenomen. De bovenste grafiek geeft de data en lineaire trend over de periode van 1988 tot 2022 weer. De drie grafieken hieronder geven dezelfde periode weer, verdeeld in drie tijdvakken 1988-1999, 2000-2009 en 2010-2022, met de lineaire trend per tijdvak.

#### 4.2.4 Verdamping

Tot slot is de verdampingsindex geanalyseerd. De verdamping is de potentiële referentiegewasverdamping per dag in 0,1 mm. De kaartweergave van de trends in Figuur D.4 in Bijlage D laat eenzelfde beeld zien als de kaartweergave van de lucht- en watertemperatuur. Zo is er over de hele periode van 1990 tot 2022 een zeer kleine stijgende trend te zien en is deze terug te zien in de laatste periode van 2010 tot 2022. In de eerste twee perioden van 1990 tot 1999 en van 2000 tot 2009 is geen significante trend te zien.

In de onderstaande Figuur 28 is ook een vergelijkbaar beeld te zien als bij de lucht- en watertemperatuur. Zo hebben de eerste twee perioden ondanks hun niet significante trend wel een zichtbare daling. De laatste periode laat weer een stijging zien in verdamping.



Figuur 28 Een overzicht van verschillende verspreidingsdiagrammen voor de parameter dagelijkse verdamping. Voor de berekening hiervan zijn de gegevens van de meetpunten in Lelystad en Marknesse van het KNMI samengenomen. De bovenste grafiek geeft de data en lineaire trend over de periode van 1988 tot 2022 weer. De drie grafieken hieronder geven dezelfde periode weer, verdeeld in drie tijdvakken 1988-1999, 2000-2009 en 2010-2022, met de lineaire trend per tijdvak.

## Hoofdstuk 5: Vergelijking natte en droge jaren

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de derde en laatste deelvraag; “Hoe verschillen chemische waterkwaliteitsparameters tijdens de extreem droge jaren ten opzichte van de jaren zonder extreme droogte?”. Nu bekend is wat de theoretische effecten zijn van droogte op het onderzoeksgebied en er is gekeken naar de trendpatronen die de parameters laten zien is het tijd om het effect van de laatste paar droge jaren te bepalen. In dit hoofdstuk wordt, om die vraag te beantwoorden, een statistische analyse uitgevoerd die de chemische parameters tijdens niet droge jaren en tijdens extreem droge jaren vergelijkt.

Hiervoor zijn de eerder geselecteerde steekproefmeetpunten gebruikt. Per meetpunt is voor iedere chemische parameter een boxplot gemaakt waarbij de niet droge jaren als nul-situatie één kolom vormen die kunnen worden vergeleken met de vier extreem droge jaren in de kolommen ernaast. Tot slot zijn de verschillen in gemiddelde stofgehalte tussen elk droge jaar en de nul-situatie op significantie getest. De resultaten hiervan zijn in een tabel weergegeven in Bijlage E.

### 5.1 Oldebroekertocht

Voor het eerste cluster wordt de Oldebroekertocht als steekproefmeetpunt geanalyseerd. Wat betreft de stikstof gerelateerde parameters zijn er bijna geen significante verschillen tussen de extreem droge jaren en de nul-situatie (zie Tabel 3). Zoals te zien in Figuur I.1 uit Bijlage I is het ammoniumgehalte in bijna alle jaren rond de ondergrens van het detectiebereik van het meetapparaat. Wat betreft het nitraatgehalte is één significant verschil gevonden tussen het gehalte in 2020 en de nul-situatie, maar hier lijken de meetwaarden ook bij de ondergrens van het detectiebereik te liggen. Voor totaal stikstof zijn de kolommen vergelijkbaar.

Wat betreft de fosfaat gerelateerde parameters zijn voor totaal fosfor een aantal significante verschillen gevonden. Zo verschillen de stofconcentraties in 2018 en 2020 significant van de nul-situatie. Dit zijn wederom jaren waarin de stofgehalten bij de detectiegrens liggen. Ditzelfde geldt voor alle kolommen van het orthofosfaat. Chlorofyl-A laat als laatste eutrofiëringsparameter bij bijna alle extreem droge jaren een significant verschil zien ten opzichte van de nul-situatie. In de jaren 2020 en 2022 had de Oldebroekertocht significant lagere chlorofyl-A gehalten. In het jaar 2018 was dit gehalte juist hoger dan in de nul-situatie. Ondanks dat er dus bij deze parameter significante trends zijn gevonden, geven de extreem droge jaren niet een constant beeld.

Voor de verziltingsparameters zijn enkele significante verschillen gevonden. Kijkend naar de boxplots van chloride in Figuur I.1 uit Bijlage I, is een stijgend patroon zichtbaar. Er is echter alleen voor het jaar 2020 een significant hoger chloridegehalte dan in de nul-situatie. Qua geleidbaarheid lijken de boxen van de extreem droge jaren een iets lager gemiddelde geleidbaarheid te hebben. Dit zijn in de jaren 2019 en 2022 significante verschillen.

Tot slot is het sulfaatgehalte vergeleken. Volgens de boxplots lijkt er een dalend patroon in sulfaatgehalte zichtbaar over de jaren en hebben alle droge jaren een lager sulfaatgehalte dan de nul-situatie. Dit is significant aangetoond in het jaar 2020.

*Tabel 3 Een overzichtstabel van de t-toets uitkomsten waarin voor elke parameter de nul-situatie met de vier losse jaren is vergeleken. De groen gekleurde cellen geven een significante en de rode een niet-significante uitkomst weer. Deze resultaten horen bij de Oldebroekertocht.*

| T.toets vergelijkingen Oldebroekertocht |      |      |      |      |
|-----------------------------------------|------|------|------|------|
|                                         | 2018 | 2019 | 2020 | 2022 |
| Ammonium                                | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,92 |
| Nitraat                                 | 0,41 | 0,13 | 0,03 | 0,30 |
| Totaal stikstof                         | 0,25 | 0,22 | 0,06 | 0,45 |
| Totaal fosfor                           | 0,00 | 0,31 | 0,75 | 0,00 |
| Orthofosfaat                            | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 |
| Chlorofyl-A                             | 0,00 | 0,72 | 0,02 | 0,01 |
| Chloride                                | 0,46 | 0,15 | 0,01 | 0,13 |
| Geleidbaarheid                          | 0,06 | 0,01 | 0,08 | 0,03 |
| Sulfaat                                 | 0,21 | 0,07 | 0,01 | 0,07 |

## 5.2 Lepelaartocht

Als steekproefmeetpunt van cluster 2 is de Lepelaartocht geanalyseerd. Ondanks dat de boxplots in de Figuur I.2 uit Bijlage I enige verschillen in stofgehalten laat zien, is er voor dit meetpunt slechts één significant verschil (zie Tabel 4).

Voor het ammoniumgehalte is een significant verschil gevonden in het jaar 2022. Het gemiddelde ammoniumgehalte lag toen lager dan in de nul-situatie. Alle stikstof gerelateerde parameters laten een vergelijkbaar beeld zien waarin het jaar 2018 veel spreiding heeft en gemiddeld hoger ligt waarna de jaren 2019 en 2020 juist wat lager liggen dan de nul-situatie. Het jaar 2020 lijkt voor nitraat en totaal stikstof een hoger gemiddelde te hebben, wat dus voor totaal stikstof een significant verschil is.

Voor de overige eutrofiëringsparameters zijn geen duidelijke patronen zichtbaar en geen van de verschillen zijn significant. Wat betreft de verziltingsparameters chloride en geleidbaarheid lijken alle droge jaren visueel gezien hogere gehalten en gemiddeldes te hebben, echter zijn dit geen significant aangetoonde verschillen. Tot slot geeft sulfaat weinig verschillen tussen de droge jaren en de nul-situatie.

## 5.3 Swiftervaart

De resultaten van de vergelijking van droge jaren met de nul-situatie voor de Swiftervaart zijn te zien in de Figuren I.3 uit Bijlage I. Dit meetpunt vormt het steekproefmeetpunt van cluster 3. Zoals te zien in Tabel 5 zijn er een aantal significante verschillen waargenomen.

Allereerst is opvallend dat bij het ammoniumgehalte alleen het jaar 2022 een hogere stofconcentratie lijkt te hebben dan de nul-situatie. De andere drie droge jaren hebben een lager gemiddeld ammoniumgehalte. Deze verschillen zijn echter niet significant. Bij de parameter nitraat is in 2022 een significant verschil gevonden met de nul-situatie. De nitraatconcentratie in 2022 is lager dan in de nul-situatie, ook al is het verschil niet groot.

Voor de overige stikstof en fosfaat gerelateerde parameters zijn geen significante verschillen of opvallende resultaten te zien. De laatste eutrofiëringsparameter, chlorofyl-A, laat echter wel een significant verschil zien in 2022. Hier is het chlorofyl-A gehalte van de Swiftervaart in 2020 significant lager dan in de nul-situatie.

Voor de verziltingsparameter chloride zijn voor de jaren 2019, 2020 en 2022 een significant verschil waargenomen. In Figuur I.3 uit Bijlage I is terug te zien dat het chloridegehalte in 2018 vergelijkbaar is met de nul-situatie, maar in 2019, 2020 en 2022 een stuk hoger ligt. Ook de geleidbaarheid is in het jaar 2022 significant hoger dan in de nul-situatie.

Tot slot is voor de interne eutrofiëringsparameter sulfaat één significant verschil aangetoond in het jaar 2020. In dit jaar had de Swiftervaart een significant lager sulfaatgehalte dan in de nul-situatie.

Tabel 4 Een overzichtstabel van de t-toets uitkomsten waarin voor elke parameter de nul-situatie met de vier losse jaren is vergeleken. De groen gekleurde cellen geven een significante en de rode een niet-significante uitkomst weer. Deze resultaten horen bij de Lepelaartocht.

| T.toets vergelijkingen Lepelaartocht |      |      |      |      |
|--------------------------------------|------|------|------|------|
|                                      | 2018 | 2019 | 2020 | 2022 |
| Ammonium                             | 0,72 | 0,22 | 0,30 | 0,04 |
| Nitraat                              | 0,25 | 0,79 | 0,49 | 0,47 |
| Totaal stikstof                      | 0,26 | 0,26 | 0,23 | 0,61 |
| Totaal fosfor                        | 0,78 | 0,45 | 0,59 | 0,86 |
| Orthofosfaat                         | 0,72 | 0,39 | 0,93 | 0,64 |
| Chlorofyl-A                          | 0,66 | 0,72 | 0,84 | 0,70 |
| Chloride                             | 0,19 | 0,07 | 0,15 | 0,22 |
| Geleidbaarheid                       | 0,13 | 0,17 | 0,19 | 0,23 |
| Sulfaat                              | 0,97 | 0,99 | 0,56 | 0,57 |

Tabel 5 Een overzichtstabel van de t-toets uitkomsten waarin voor elke parameter de nul-situatie met de vier losse jaren is vergeleken. De groen gekleurde cellen geven een significante en de rode een niet-significante uitkomst weer. Deze resultaten horen bij de Swiftervaart.

| T.toets vergelijkingen Swiftervaart |      |      |      |      |
|-------------------------------------|------|------|------|------|
|                                     | 2018 | 2019 | 2020 | 2022 |
| Ammonium                            | 0,13 | 0,18 | 0,80 | 0,23 |
| Nitraat                             | 0,36 | 0,45 | 0,23 | 0,02 |
| Totaal stikstof                     | 0,79 | 0,44 | 0,44 | 0,28 |
| Totaal fosfor                       | 0,17 | 0,10 | 0,08 | 0,49 |
| Orthofosfaat                        | 0,50 | 0,29 | 0,11 | 0,27 |
| Chlorofyl-A                         | 0,47 | 0,18 | 0,85 | 0,00 |
| Chloride                            | 0,91 | 0,02 | 0,04 | 0,03 |
| Geleidbaarheid                      | 0,64 | 0,07 | 0,07 | 0,05 |
| Sulfaat                             | 0,40 | 0,38 | 0,00 | 0,06 |

## 5.4 Voorstertocht

Als steekproefmeetpunt van cluster 4 is de chemische data van de Voorstertocht geanalyseerd. Voor dit meetpunt bij elke parameter een significant verschil aangetoond tussen de nul-situatie en een extreem droog jaar. Aan de kleurverdeling van de significante en niet significante verschillen in Tabel 6 is te zien dat de meeste significante verschillen in de jaren 2020 en 2022 zijn aangetoond.

Voor de stikstof gerelateerde parameters zijn zeer uiteenlopende beelden te zien in de Figuren I.4 uit Bijlage I. Er lijken zowel hogere als lagere concentraties aanwezig te zijn in de extreem droge jaren ten opzichte van de nul-situatie. Echter, alleen de jaren waarin een lager stofgehalte zichtbaar was, is een significant verschil aangetoond. Zo

wijzen de resultaten uit dat voor ammonium in 2018, 2020 en 2022 een significant lager stofgehalte meetbaar was dan in de nul-situatie. Voor nitraat is te zien dat de jaren 2018 en 2019 een significant lager nitraatgehalte hadden dan de nul-situatie. De jaren 2020 en 2022 lijken visueel een hoger stofgehalte te hebben, maar deze verschillen zijn niet significant. Voor het totaal stikstofgehalte zijn de jaren 2019 en 2020 significant aangetoond met een lager stikstofgehalte dan de nul-situatie. Wederom lijken de overige jaren een hoger gehalte te hebben, maar zijn deze verschillen niet significant.

Voor de fosfaat gerelateerde parameters is dit patroon niet te herkennen. Zo is voor het totaal fosforgehalte een significant verschil aangetoond in de jaren 2018, 2020 en 2022. Hier zijn de stofgehaltenes lager dan in de nul-situatie. Voor orthofosfaat hebben de jaren 2018, 2019 en 2022 visueel gezien een lager gemiddelde, maar heeft juist het jaar 2020 een significant hoger orthofosfaatgehalte. Chlorofyl-A lijkt voor veel van de droge jaren en de nul-situatie vooral meetgegevens te hebben rond de detectiegrens. De jaren 2020 en 2022 hebben ondanks de minimale spreiding van de data een significant lager chlorofyl-A gehalte dan de nul-situatie.

De verziltingsparameters chloride en geleidbaarheid laten een vergelijkbaar patroon zien waarin alle droge jaren een lager gemiddelde hebben dan de nul-situatie waarin de gemiddelden per jaar lager worden. Echter is voor chloride het verschil alleen significant in het jaar 2022 en voor geleidbaarheid in 2020 en 2022. Tot slot laat het sulfaatgehalte in 2022 een significant verschil zien waarbij het gehalte hoger is. Deze parameter laat een omgekeerd effect zien als de verziltingsparameters. Alle droge jaren lijken een hoger gemiddeld stofgehalte te hebben en per jaar lijkt dit gemiddelde hoger te worden.

## 5.5 Enservaart

De Enservaart vormt het steekproefmeetpunt van cluster 5. Opvallend aan Tabel 7 is dat aan het kleurpatroon van de trends te zien is dat vooral in de stikstof gerelateerde eutrofiëringsparameters significante verschillen zijn gevonden. Voor de rest van de parameters zijn voor geen of slechts één jaar een significant verschil aangetoond.

De boxplots van de stikstof gerelateerde parameters geven een vergelijkbaar beeld (zie Figuur I.5 uit Bijlage I). Zo hebben alle extreem droge jaren een lager gemiddelde dan de nul-situatie. Bij ammonium en nitraat zijn deze verschillen significant voor de jaren 2018, 2019 en 2020. Voor de parameter totaal stikstof is een zeer vergelijkbaar beeld zichtbaar voor de boxplots als voor de parameter nitraat, echter alleen in 2018 is het verschil voor totaal stikstof significant.

Tabel 6 Een overzichtstabel van de t-toets uitkomsten waarin voor elke parameter de nul-situatie met de vier losse jaren is vergeleken. De groen gekleurde cellen geven een significante en de rode een niet-significante uitkomst weer. Deze resultaten horen bij de Voorstertocht.

| T-toets vergelijkingen Voorstertocht |      |      |      |      |
|--------------------------------------|------|------|------|------|
|                                      | 2018 | 2019 | 2020 | 2022 |
| Ammonium                             | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,01 |
| Nitraat                              | 0,04 | 0,02 | 0,18 | 0,45 |
| Totaal stikstof                      | 0,61 | 0,03 | 0,02 | 0,53 |
| Totaal fosfor                        | 0,01 | 0,06 | 0,00 | 0,04 |
| Orthofosfaat                         | 0,26 | 0,27 | 0,00 | 0,85 |
| Chlorofyl-A                          | 0,69 | 0,64 | 0,02 | 0,02 |
| Chloride                             | 0,78 | 0,33 | 0,14 | 0,03 |
| Geleidbaarheid                       | 0,70 | 0,19 | 0,05 | 0,03 |
| Sulfaat                              | 0,97 | 0,68 | 0,12 | 0,05 |

Voor de fosfaat gerelateerde parameters zijn slechts twee significante verschillen gevonden. Dit geldt voor het jaar 2022 dat een significant lager totaal fosforgehalte heeft. De droge jaren hiervoor laten ook lagere totaal fosforgehaltes zien dan de nul-situatie, alleen niet significant. Daarnaast is in 2019 het orthofosfaatgehalte significant hoger dan bij de nul-situatie. Dit verschil is echter visueel nauwelijks zichtbaar. Voor het chlorofyl-A gehalte is in 2022 een significant lager gehalte gevonden dan in de nul-situatie. Dit betreft echter, zoals bij vorige meetpunten gevonden, meetwaarden die grotendeels rond de detectiegrens liggen.

Voor de verziltingsparameters zijn weinig significante verschillen gevonden. In de Figuur I.5 uit Bijlage I lijkt een lichte daling van stofgehalte te zien voor beide parameters over de extreem droge jaren. Voor chloride is geen significant verschil gevonden en qua geleidbaarheid heeft alleen het jaar 2022 een significant lager gehalte dan de nul-situatie.

Tot slot laat het sulfaatgehalte in de extreem droge jaren iets hogere gemiddelden zien dan in de nul-situatie. Dit zijn echter geen significante verschillen.

## 5.6 Larservaart

Voor cluster 6 is het steekproefmeetpunt de Larservaart. Opvallend aan de resultaten van de t-toetsen van Tabel 8, is dat bijna alle significante uitkomsten in het jaar 2020 zijn gevonden. Zo hebben de parameters totaal stikstof, totaal fosfor, chloride en geleidbaarheid alleen in 2020 een significante uitkomst met de nul-situatie.

De eutrofiëringsparameters geven verschillende beelden. Zo heeft voor totaal stikstof het jaar 2020 een hoger gehalte, maar bij totaal fosfor is gelijk. Chlorofyl-A heeft zowel in 2020 als 2022 een significante uitkomst. De chlorofylgehalten zijn volgens Tabel 8 gelijk in de nul-situatie als tijdens deze twee droge jaren. Voor de parameters ammonium, nitraat, orthofosfaat en sulfaat zijn geen significante verschillen aangetoond. Opvallend aan de boxplots in Figuur I.6 uit Bijlage I is dat er voor het jaar 2020 zichtbaar minder spreiding is dan bij de andere droge jaren. Dit geldt vooral voor de stikstof gerelateerde parameters en sulfaat.

## 5.7 Luttelgeestervaart

De Luttelgeestervaart vormt het steekproefmeetpunt van cluster 7 (zie Figuur I.7 uit Bijlage I). Te zien aan het kleurpatroon in Tabel 9 zijn er een aantal significante uitkomsten bij de stikstof en fosfaat gerelateerde parameters en bij chloride.

Voor ammonium en nitraat wordt door de t-toets bewezen dat de gehalten van 2020 voor ammonium en

*Tabel 7 Een overzichtstabel van de t-toets uitkomsten waarin voor elke parameter de nul-situatie met de vier losse jaren is vergeleken. De groen gekleurde cellen geven een significante en de rode een niet-significante uitkomst weer. Deze resultaten horen bij de Enservaart.*

| T.toets vergelijkingen Enservaart |      |      |      |      |
|-----------------------------------|------|------|------|------|
|                                   | 2018 | 2019 | 2020 | 2022 |
| Ammonium                          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 |
| Nitraat                           | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,11 |
| Totaal stikstof                   | 0,00 | 0,01 | 0,11 | 0,10 |
| Totaal fosfor                     | 1,00 | 0,28 | 0,40 | 0,00 |
| Orthofosfaat                      | 0,36 | 0,01 | 0,82 | 0,95 |
| Chlorofyl-A                       | 0,60 | 0,48 | 0,56 | 0,00 |
| Chloride                          | 0,70 | 0,40 | 0,43 | 0,22 |
| Geleidbaarheid                    | 0,36 | 0,09 | 0,56 | 0,03 |
| Sulfaat                           | 0,96 | 0,88 | 0,70 | 0,38 |

*Tabel 8 Een overzichtstabel van de t-toets uitkomsten waarin voor elke parameter de nul-situatie met de vier losse jaren is vergeleken. De groen gekleurde cellen geven een significante en de rode een niet-significante uitkomst weer. Deze resultaten horen bij de Larservaart.*

| T.toets vergelijkingen Larservaart |      |      |      |      |
|------------------------------------|------|------|------|------|
|                                    | 2018 | 2019 | 2020 | 2022 |
| Ammonium                           | 0,67 | 0,50 | 0,58 | 0,19 |
| Nitraat                            | 0,71 | 0,65 | 0,73 | 0,32 |
| Totaal stikstof                    | 0,64 | 0,84 | 0,03 | 0,47 |
| Totaal fosfor                      | 0,84 | 0,51 | 0,00 | 0,18 |
| Orthofosfaat                       | 0,16 | 0,58 | 0,16 | 0,88 |
| Chlorofyl-A                        | 0,14 | 0,47 | 0,00 | 0,00 |
| Chloride                           | 0,44 | 0,30 | 0,01 | 0,93 |
| Geleidbaarheid                     | 0,78 | 0,39 | 0,01 | 0,77 |
| Sulfaat                            | 0,59 | 0,48 | 0,58 | 0,88 |

*Tabel 9 Een overzichtstabel van de t-toets uitkomsten waarin voor elke parameter de nul-situatie met de vier losse jaren is vergeleken. De groen gekleurde cellen geven een significante en de rode een niet-significante uitkomst weer. Deze resultaten horen bij de Luttelgeestervaart.*

| T.toets vergelijkingen Luttelgeestervaart |      |      |      |      |
|-------------------------------------------|------|------|------|------|
|                                           | 2018 | 2019 | 2020 | 2022 |
| Ammonium                                  | 0,33 | 0,09 | 0,00 | 0,10 |
| Nitraat                                   | 0,02 | 0,00 | 0,20 | 0,17 |
| Totaal stikstof                           | 0,04 | 0,00 | 0,01 | 0,27 |
| Totaal fosfor                             | 0,19 | 0,01 | 0,01 | 0,06 |
| Orthofosfaat                              | 0,10 | 0,28 | 0,01 | 0,28 |
| Chlorofyl-A                               | 0,27 | 0,17 | 0,43 | 0,80 |
| Chloride                                  | 0,45 | 0,73 | 0,10 | 0,03 |
| Geleidbaarheid                            | 0,56 | 0,48 | 0,56 | 0,65 |
| Sulfaat                                   | 0,91 | 0,37 | 0,54 | 0,60 |

2018 en 2019 voor nitraat gelijk waren aan de nul-situatie. Ook bij totaal stikstof wijst de t-toets juist aan dat de gehalten in de droge jaren 2018, 2019 en 2020 gelijk was aan dat van de nul-situatie. Voor totaal fosfor en orthofosfaat geldt hetzelfde.

Het significante verschil voor chloride is aangetoond voor het jaar 2020. Hier is een t-waarde van 0,03 uitgekomen, wat aantoont dat het gehalte dit jaar nagenoeg gelijk was aan de nul-situatie.

## 5.8 Lage Vaart, Lage Knarsluis

Tot slot vormt de Lage Vaart (Lage Knarsluis) het steekproefmeetpunt van cluster 8. Aan het kleurpatroon van de t-toets resultaten in Tabel 10 is te zien dat voor de stikstofgerelateerde parameters geen significante uitkomsten zijn.

Voor de fosfaat gerelateerde parameters waren in 2019, 2020 en 2022 significant lagere gehalten dan in de nul-situatie. Chlorofyl-A geeft juist voor de jaren 2018 en 2020 significant hogere gehalten.

Voor de verziltingsparameters zijn wel significante uitkomsten, maar deze tonen weinig verschillen aan. Voor beide parameters lijken de boxplots in Figuur I.8 uit Bijlage I een licht dalend patroon te laten zien over de verschillende droge jaren. Tot slot laat sulfaat een significante uitkomst zien voor het jaar 2019, dit verschil is echter visueel nauwelijks zichtbaar.

*Tabel 10 Een overzichtstabel van de t-toets uitkomsten waarin voor elke parameter de nul-situatie met de vier losse jaren is vergeleken. De groen gekleurde cellen geven een significante en de rode een niet-significante uitkomst weer. Deze resultaten horen bij de Lage Vaart, Lage Knarsluis.*

| T.toets vergelijkingen Lage Vaart, Lage Knarsluis |      |      |      |      |
|---------------------------------------------------|------|------|------|------|
|                                                   | 2018 | 2019 | 2020 | 2022 |
| Ammonium                                          | 0,84 | 0,25 | 0,45 | 0,15 |
| Nitraat                                           | 0,74 | 0,47 | 0,24 | 0,98 |
| Totaal stikstof                                   | 0,91 | 0,49 | 0,49 | 0,95 |
| Totaal fosfor                                     | 0,90 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| Orthofosfaat                                      | 0,17 | 0,02 | 0,04 | 0,04 |
| Chlorofyl-A                                       | 0,03 | 0,88 | 0,01 | 0,52 |
| Chloride                                          | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Geleidbaarheid                                    | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Sulfaat                                           | 0,15 | 0,02 | 0,07 | 0,15 |

## Hoofdstuk 6: Discussie

Het doel van dit onderzoek is om mogelijke klimaateffecten op het beheergebied vast te stellen. Hierbij onderscheid maken tussen verschillende waterlichamen en gebiedskenmerken gebruiken om de klimaatgevoeligheid te beoordelen. Vervolgens was het doel om over lange termijn naar trends te zoeken in chemische en klimatologische parameters en dit beeld mogelijk te verklaren aan de theoretische verwachtingen die zijn vastgesteld. Tot slot is het effect van de extreem droge jaren van de laatste paar jaar onderzocht door te toetsen of de chemische parameters verschillen gedurende deze droge jaren ten opzichte van een cluster niet droge jaren. Aan de hand van deze resultaten wordt de volgende onderzoeksvraag beantwoordt; “Hoe beïnvloeden extreem droge jaren de chemische waterkwaliteit in Flevoland?”.

### Deelvraag 1: Theoretisch effect van droogte

De belangrijkste klimaateffecten in Flevoland zijn de stijgende luchttemperatuur en het veranderende neerslagpatroon. Dit leidt theoretisch gezien tot drie klimaatrisico's, namelijk eutrofiëring, verzilting en interne nalevering. De gevoeligheid van een watersysteem voor deze klimaatrisico's is grotendeels afhankelijk van gebiedseigen kenmerken en de fysisch, chemische of biologische staat van het water. Met deze factoren in overweging genomen, is er een risicoanalyse opgesteld van de klimaateffecten en -risico's per cluster. Aan de hand van deze risicoanalyse kan voor het waterschap een gedetailleerde inschatting worden gemaakt van welke gebieden klimaatgevoeliger zijn en voor welke klimaatrisico's gericht beheer moet worden ingezet. Dit verhoogt de klimaat gerelateerde gebiedskennis van geïnteresseerden en beleidsmedewerkers van het waterschap en verbetert de efficiënte inzet van beheersmaatregelen.

Allereerst was het belangrijk om rekening te houden met het feit dat vaarten met hun grotere waterkolom minder gevoelig zijn voor het klimaateffect temperatuurstijging. Voor het klimaateffect van een veranderend neerslagpatroon zijn de vaarten wel degelijk enigszins gevoelig omdat ze worden gevoed door het tochtensysteem dat grotendeels in agrarisch gebied ligt en uitspoeling van nutriënten kan ondervinden als gevolg van piekafvoeren.

De tochtclusters variëren veel in gevoeligheid voor de verschillende klimaateffecten op basis van kwelaanvoer, natuurlijk achtergrondgehalten van nutriënten, sulfaat en zouten en voedselrijkheid van het systeem. Zo was opvallend dat de meetpunten uit cluster 1 als laag tot matig gevoelig worden ingeschat voor alle klimaatrisico's. Dit komt doordat de hoge kwelinput een temperende werking heeft op temperatuurstijging en zorgt voor een constantere aanvoer van water waardoor droogval en peildaling minder snel voorkomen. Dit maakt de waterlichamen minder gevoelig voor eutrofiëring, verzilting en interne nalevering. Eenzelfde resultaat is gevonden in een klimaatrapport van Waterschap Zuiderzeeland uit 2012 (Zoetendal, 2012). Voor andere waterschappen wordt dezelfde vuistregel aangehouden waarin gebieden met een hoge kwelinput temperende werkingen hebben op temperatuurstijging. Echter ondervinden de wateren van Flevoland over het algemeen hogere kwelinput dan wateren in andere provincies vanwege de lage ligging van het land. Het is dan ook niet goed mogelijk om de resultaten uit dit onderzoek te vergelijken met dergelijke studies van andere waterschappen.

Het tegenovergestelde effect is te zien in de clusters 2 en 3 in westelijk en Zuid-Flevoland. Deze waterlichamen hebben een hoger achtergrondgehalte van zowel nutriënten als zouten en zijn hiermee gevoeliger voor de klimaateffecten. De kwelinput is hier dan ook lager of nutriënt- en ijzerrijker. Daarnaast ontvangen deze clusters meer nutriënten als gevolg van uitspoeling door piekafvoeren.

De clusters in de Noordoostpolder geven een wisselend beeld qua gevoeligheid, afhankelijk van de lokale achtergrondgehalten en huidige functioneren van de watersystemen. Over het algemeen zijn

deze wateren wel gevoelig voor de klimaatrisico's die gepaard gaan met een veranderend neerslagpatroon, maar minder gevoelig voor de stijgende luchttemperatuur. Dit kan te herleiden zijn naar de grotere wateraanvoer in de Noordoostpolder en een hoge kwelflux, maar een groot landbouwareaal wat het risico op nutriëntuitspoeling vergroot.

In klimaatonderzoeken van andere waterschappen zoals Rijn en IJssel of Hollandse Delta ligt de nadruk vooral op andere klimaateffecten en wordt bijvoorbeeld de zeespiegelstijging als belangrijkere factor meegenomen (Baggelaar & Van de Meulen, 2008 ; Van de Haterd & Van der Jagt, 2020). Daarnaast is het landbouwareaal, en hiermee het risico op nutriëntuitspoeling, in Flevoland relatief gezien een stuk groter dan in andere gebieden, waardoor deze gevoeligheid minder relevant is bij andere waterschappen. Tot slot is een methode van clustering zoals in dit onderzoek is gedaan, weinig te vinden in de klimaatrapporten van andere waterschappen. Mogelijk is deze clustermethode vooral relevant voor Waterschap Zuiderzeeland door de uitzonderlijke ontstaanswijze van Flevoland en de verschillen in achtergrondgehalten van de gebieden die een grote rol spelen bij de klimaatgevoeligheid.

## Deelvraag 2: Trendanalyse chemische en klimatologische parameters

De resultaten van de trendanalyse geven inzicht in de trendpatronen die in de afgelopen decennia hebben gespeeld in Flevoland. Hierbij geven de klimaatpatronen inzicht in welke klimaateffecten invloed hebben op het beheersgebied en geven de chemische parameters een beeld van het algemeen functioneren van de verschillende watersystemen ten opzichte van elkaar. Ook valt te zien of een verwacht klimaateffect al zichtbaar is in de trendpatronen. Dit kan nuttig zijn voor de beleidsmedewerkers van Waterschap Zuiderzeeland om na te gaan of het huidige beleid effectief is en mogelijk moet worden aangepast. Daarnaast bieden deze trendpatronen inzicht in hoe deze ontwikkelingen zich voortzetten in de toekomst. Dit vergroot het vermogen om mogelijk negatieve klimaateffecten voor te zijn met behulp van proactief waterbeheer.

In de resultaten van de trendanalyse om deelvraag 2 te beantwoorden zijn een aantal opvallende patronen gevonden. Zoals verwacht is een significant stijgende trend aangetoond in lucht- en watertemperatuur over de afgelopen decennia. Opvallend was dat de trend in de watertemperatuur minder sterk was dan de luchttemperatuurtrend. Dit valt te verklaren door de hogere soortelijke warmte van water ten opzichte van lucht. Het klimaateffect van temperatuurstijging is hierdoor vertraagd waarneembaar in de watersystemen. Opvallend was dat in de periode van 2015 tot 2022 de grootste trends in de klimatologische parameters zichtbaar waren. Dit valt mogelijk te verklaren door de extreem droge jaren die in deze periode zijn geweest. Eenzelfde patroon is zichtbaar in het klimaatrapport van waterschap Hollandse Delta (Van de Haterd et al., 2020). Echter is in dit klimaatrapport wel een significante toename aan neerslag aangetoond.

Wat betreft de chemische parameters vallen sommige resultaten binnen het verwachtingspatroon opgesteld in deelvraag 1, andere resultaten zijn afwijkend. Zo lieten de stikstof gerelateerde parameters ammonium, stikstof totaal en nitraat meer dalende trends zien dan verwacht. Dit kan mogelijk worden verklaard door de afnemende landbouwemissies waardoor er een lagere aanvoer van nutriënten is. Deze ontwikkeling wordt niet tot nauwelijks genoemd in vergelijkbare studies van andere waterschappen, omdat het landbouwareaal hier kleiner is en deze ontwikkeling dus minder relevant is. Eenzelfde beeld is te zien voor de fosfaat gerelateerde parameters en chlorofyl-A. Daarnaast zijn er voor veel van de meetpunten geen significante trend gevonden. Dit kan een vertekend beeld geven van de onderliggende trends die er misschien wel zijn, maar niet in dit onderzoek worden aangetoond. Het grote aandeel niet significante uitkomsten kan mogelijk worden verklaard door een toenemende instabiliteit van de aquatische systemen als gevolg van klimaatverandering of meeton nauwkeurigheden tijdens het verzamelen van de data. Ook kan de instabiliteit van de gegevens groot zijn omdat er maar eens per maand wordt gemeten en er dus niet

veel meetwaarden worden getoetst. Eén afwijkende meetwaarde kan dan de significantie beïnvloeden.

Wat betreft verzilting werd een stijgende trend verwacht als gevolg van klimaatverandering. Deze trend is deels terug te vinden in de resultaten, maar toch blijft er veel variatie in de gevonden trends. De zeer uiteenlopende gebiedskenmerken tussen de verschillende meetpunten kan hier een rol in spelen. Ook voor sulfaat is het aandeel meetpunten zonder significante trends groot. Toch is de verwachte daling terug te zien in de resultaten. Opvallend is dat dit patroon minder goed zichtbaar is in de afgelopen jaren dan over de gehele onderzoeksperiode. Wellicht wordt dit veroorzaakt door instabiliteit van de meetwaarden, waardoor de toets geen trend laat zien. Het zou dus kunnen dat deze daling nog wel plaatsvindt, maar niet met deze methode aantoonbaar is. Echter is het programma waarmee deze analyse is uitgevoerd, Trendanalist, bekend onder waterschappen en vaker toegepast bij dergelijke klimaatstudies. Het is dus wel een veel gebruikt betrouwbaar programma, maar toch zijn niet alle onderliggende trends aantoonbaar.

### Deelvraag 3: Vergelijking natte en droge jaren

In het laatste deelonderzoek zijn de chemische parameters per steekproefmeetpunt vergeleken tijdens de nul-situatie en een aantal extreem droge jaren. De resultaten van deze analyse waren voor de verschillende steekproefmeetpunten zeer uiteenlopend. Er zijn daardoor weinig uniforme patronen zichtbaar die toepasbaar zijn voor meerdere steekproefmeetpunten. Opvallend was dat voor sommige meetpunten er nauwelijks tot geen significante resultaten waren, zoals voor de Lepelaartocht. Dit is mogelijk te verklaren door de instabiliteit van de meetgegevens wat het detecteren van significante verschillen bemoeilijkt.

Ook waren voor sommige meetpunten duidelijke patronen te zien in de significante verschillen. Zo is bij de Voorstertocht in de jaren 2020 en 2022 meer significante resultaten gevonden dan in de andere droge jaren. Dit kan betekenen dat deze jaren een droogtepatroon hadden die sterkere effecten hadden op de waterkwaliteit dan andere extreem droge jaren. Mogelijk vielen de pieken in droogte samen met de natuurlijke pieken qua algengroei, waardoor precies op een moment dat op natuurlijke wijze de algenbloei toeneemt er extra nutriënten vrijkomen die deze algengroei versterken (Hovenkamp-Obbema et al., 1983).

In de Enservaart zijn veel van de significante uitkomsten voor de stikstof gerelateerde parameters ten opzichte van de overige parameters. Dit is mogelijk te verklaren door gebiedseigen eigenschappen van de Enservaart zoals de grote waterkolom die minder gevoelig is voor verzilting en het hoge natuurlijke ijzergehalte dat algenbloei beperkt. Hierdoor zou het gehalte beschikbare nutriënten in het water hoger kunnen zijn. Dit kan verklaren dat er significante verschillen zijn gemeten omdat er in extreem droge jaren meer nutriënten in het water komen als gevolg van afspoeling en deze niet worden opgenomen omdat de diepe vaart weinig planten heeft en de algengroei wordt beperkt.

Door dit soort gebiedseigen kenmerken te gebruiken om de waargenomen patronen en resultaten te verklaren, wordt binnen het waterschap het inzicht vergroot over hoe het functioneren van het watersysteem invloed heeft op het opvangen van een klimaatteffect. Dit inzicht kan functioneel zijn omdat zo de grote hoeveelheid beschikbare gebiedskennis kan worden toegepast op dit vraagstuk en zo gebied specifiek beheer kan worden toegepast.

Een dergelijke onderzoeksmethode, waarbij het onderzoeksgebied wordt verdeeld op basis van gebiedseigen kenmerken, is bij andere waterschappen nog niet toegepast en de resultaten hiervan zijn dus ook lastig te vergelijken met andere studies. In Nederland is er nog geen uniforme methode om systematische klimaatonderzoeken voor waterkwaliteit uit te voeren en dit maakt de mogelijkheden om de gevonden resultaten te vergelijken met andere studies zeer beperkt. Zo

worden er soms waterkwaliteit stresstesten uitgevoerd om klimaateffecten aan te tonen of wordt een thematische aanpak gebruikt zoals bij Waterschap Vallei & Eem (Otte & Hermans, 2009 ; Van der Kamp et al., 2021). Wel valt te stellen dat in dit onderzoek minder significante en eenduidige klimaateffecten op de chemische waterkwaliteit zijn aangetoond dan in andere waterschappen soms wordt geconcludeerd uit dergelijke studies, zoals de klimaatstudie van waterschap Hollandse Delta uit 2020 (Van de Haterd et al., 2022). Wel valt dit binnen het verwachtingspatroon van Flevoland aangezien het een uniek gebied is qua ontstaansgeschiedenis en een actief beheer kent waarmee naar verwachting veel van de klimaateffecten worden getemperd. Het beheersgebied van Waterschap Zuiderzeeland, en hiermee de resultaten van dit onderzoek, vormen dus een uitzondering op de regel wat betreft verwachte klimaateffecten.

### Vervolgonderzoek

Toch vormt deze onvoorspelbaarheid en grote variatie aan gebiedseigenschappen een uitdaging in het opzetten van een geschikte methode om dit vraagstuk te beantwoorden. Zoals genoemd kan de instabiliteit van een systeem een gevolg zijn van klimaatverandering, maar zorgt dit ervoor dat er meer meetresultaten niet significant zijn. Dit gaat ten koste aan de betrouwbaarheid van dit onderzoek omdat er geen conclusies kunnen worden getrokken uit niet significante resultaten. Voor vervolgonderzoek is dan ook aan te raden om een methode te hanteren die een grotere spreiding van meetgegevens kan analyseren en hier alsnog betrouwbare resultaten voor kan geven. Een andere manier om dit op te lossen is het verhogen van de meetfrequenties waardoor er meer meetgegevens in de analyse kunnen worden gebruikt.

Tot slot is een beperking van dit onderzoek de clustering die is toegepast. Door meetpunten te clusteren gaat er data verloren en wordt de aanname gewekt dat de geclusterde meetpunten een eenheid vormen en op een vergelijkbare manier behandeld kunnen worden. Het is echter belangrijk om deze resultaten met uiterste voorzichtigheid te interpreteren omdat elk meetpunt verschillend is en andere gebiedseigen kenmerken heeft. Het zou daarom van waarde zijn om in vervolgonderzoek voor de klimaatgevoelige gebieden meer onderscheid te maken tussen de verschillende meetpunten. Ook is aan te raden om in het meetnet meer meetpunten toe te voegen in klimaatgevoelige gebieden om hier de klimaateffecten strenger te monitoren.

## Hoofdstuk 7: Conclusie en aanbeveling

Dit onderzoek is uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in welke klimaateffecten een rol spelen in het beheersgebied van Waterschap Zuiderzeeland en hoe de extreem droge jaren van het afgelopen decennia hier een rol in heeft gespeeld. Met deze resultaten kan er aan de hand van de gebied specifieke risicoanalyse gericht en efficiënt droogtebeheer worden ingezet. Daarnaast is er beter inzicht in hoe een extreem jaar effect kan hebben op een watersysteem en wat de voorspelde klimaattrends zijn waar in de toekomst rekening mee moet worden gehouden. Dit is relevant omdat extreem droge jaren naar verwachting vaker zullen voorkomen en het waterschap draagt een grote verantwoordelijkheid voor het onderhouden van schone en veilige water. Kennis van de invloed van klimaatverandering op de waterkwaliteit is essentieel om gepast beleid te voeren.

De hoofdvraag die in dit onderzoek is beantwoord luidt; “Hoe beïnvloeden extreem droge jaren de chemische waterkwaliteit in Flevoland?”. Om deze vraag te beantwoorden zijn drie deelvragen gesteld;

- Welke klimaatrisico's zijn van toepassing op het stroomgebied van de kunstmatige wateren in Flevoland?
- Welke trends vertonen de chemische waterkwaliteitsparameters en de klimatologische parameters in de periode 2005 tot en met 2022?
- Hoe verschillen chemische waterkwaliteitsparameters tijdens de extreem droge jaren ten opzichte van de jaren zonder extreme droogte?

### Deelvraag 1: Theoretisch effect van droogte

Aan de hand van het uitgevoerde literatuuronderzoek is te concluderen dat de meest relevante klimaateffecten in Flevoland voor de chemische waterkwaliteit de temperatuurstijging en het veranderend neerslagpatroon zijn. De hiermee gepaard gaande klimaatrisico's die voor de kunstmatige wateren gelden zijn eutrofiëring, verzilting en interne nalevering. De gevoeligheid voor deze klimaatrisico's is zeer uiteenlopend voor de verschillende clusters meetpunten. Cluster 1 is het minst gevoelig voor de klimaatrisico's vanwege de hoge kwelinflux en lage achtergrondgehalten. De clusters 2 en 8 zijn het meest gevoelig voor klimaatrisico's door lage nutriëntrijke kwelinfluxen en hoge achtergrondgehalten. De vaartclusters 6 en 7 zijn beiden zeer matig gevoelig voor de stijgende luchttemperatuur, maar gevoeliger voor een veranderend neerslagpatroon als gevolg van het grote landbouwareaal in het stroomgebied. De clusters 4 en 5 bedragen de tochten in de Noordoostpolder en zijn matig gevoelig voor de genoemde klimaatrisico's.

Hieruit valt te concluderen dat over het algemeen kwelinflux de gevoeligheid voor temperatuurstijging en daarmee als gevolg verzilting of eutrofiëring doet dalen. De samenstelling van het kwel is ook van belang. IJzerrijk kwel zorgt voor de beperking van algenbloei en nutriëntrijke of -arme kwel bepaalt de bijdrage aan de eutrofiëringsgraad van het water. Daarnaast zijn natuurlijke achtergrondgehalten van nutriënten, zouten en sulfaten van groot belang voor het inschatten van de gevoeligheid van een gebied voor klimaateffecten.

### Deelvraag 2: Trendanalyse chemische en klimatologische parameters

Op basis van de uitgevoerde trendanalyse is te concluderen dat bijna alle voorspelde klimaateffecten in Flevoland over de onderzoeksperiode significant aan te tonen zijn. Zo stijgen de luchttemperatuur, watertemperatuur en verdamping significant. Voor alle parameters gelden dat in de laatste periode van 2015 tot 2022 de sterkste stijging zichtbaar is. Voor de hoeveelheid dagelijkse neerslag is geen significante trend aangetoond.

Voor alle chemische parameters geldt dat een groot deel van de meetpunten geen significante trend laten zien als resultaat van deze analyse. De conclusies van deze deelvraag zijn dan ook gebaseerd op

het algemene beeld wat de trends laten zien buiten deze groep niet significante resultaten om. Hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende gebieden binnen Flevoland.

Voor de eutrofiëringsparameters ammonium, totaal fosfor en chlorofyl-A geldt dat er een overwegend dalend trendpatroon zichtbaar is. Ook voor nitraat en totaal stikstof is een lichte daling gevonden. Orthofosfaat is de enige eutrofiëringsparameter die volgens de verwachting een stijgend trendpatroon laat zien. Qua nutriënten werd als gevolg van klimaatverandering een stijging voorspeld, maar dit is voor de meeste parameters in dit onderzoek niet aangetoond. Dit heeft mogelijk te maken met de dalende landbouwemissies die de jaarlijkse nutriëntaanvoer laat dalen waardoor een mogelijk klimaateffect niet aantoonbaar is. Voor nitraat was weliswaar een neutraal beeld voorspeld en dit is ook aangetoond in de trendanalyse.

De verziltingsparameters chloride en geleidbaarheid laten, zoals verwacht, een lichte stijging zien. Tot slot laat sulfaat als parameter voor interne nalevering een dalend patroon zien. Wel is opvallend dat in de periode van 2015 tot 2020 deze daling lijkt te zijn omgeslagen tot een stijging.

### Deelvraag 3 vergelijking natte en droge jaren

Uit de resultaten van dit deelonderzoek zijn weinig significant onderbouwde eenduidige conclusies te trekken. Wel is duidelijk dat de steekproefmeetpunten van de verschillende clusters zeer uiteenlopend reageren op de extreem droge jaren. Zowel voor de parametergroepen eutrofiëring, verzilting als interne nalevering zijn voor elk jaar en voor elk steekproefmeetpunt andere resultaten gevonden. Wel zijn er voor de losse steekproefmeetpunten een aantal conclusies te trekken.

Zo zijn voor het meetpunt Enservaart de stikstof gerelateerde parameters gevoeliger voor de extreem droge jaren dan de overige parameters. Dit kan komen door de ijzerrijke kwelinflux waardoor de algenbloei wordt beperkt en het ammonium dat extra in het systeem komt beschikbaar blijft. In de Lepelaartocht, uit cluster 2, zijn er geen effecten van de extreem droge jaren aangetoond. Daarnaast geldt voor de voorstertocht dat de jaren 2020 en 2022 meer effect op de waterkwaliteit hebben gehad dan de andere extreem droge jaren. Dit kan komen door een verschillend droogtepatroon tussen de jaren en een verschillende werking hiervan op het watersysteem.

### Hoofdvraag

Om tot slot antwoord te geven op de hoofdvraag worden de resultaten van alle drie de deelvragen samengenomen. Hoe beïnvloeden extreem droge jaren de chemische waterkwaliteit in Flevoland? Allereerst is er in dit onderzoek in de resultaten van dit onderzoek liggen de theoretische verwachtingen en de analyse van de meetgegevens niet op één lijn. Zo zegt het theoretisch verwachtingspatroon dat in grote lijnen door de stijging van de luchttemperatuur en het veranderend neerslagpatroon de eutrofiëring, verzilting en interne nalevering zullen toenemen wat de waterkwaliteit doet verslechteren. De trend van een stijgende luchttemperatuur en de doorwerking hiervan op de watertemperatuur zijn in dit onderzoek bevestigd. Het veranderende neerslagpatroon is specifiek voor Flevoland in dit onderzoek niet aangetoond, maar de nationale gegevens van het KNMI worden hiervoor aangenomen.

De verwachte verzilting en afname van sulfaat wat zorgt voor meer interne nalevering zijn zichtbaar in de aangetoonde trendpatronen. De verwachte eutrofiëring reflecteert echter niet in de gevonden trends van de chemische parameters. De meeste eutrofiëringsparameters geven namelijk een neutraal of dalend beeld. Er wordt verwacht dat de dalende landbouwemissies een rol spelen hierbij. Deze daling in nutriëntaanvoer zorgt ervoor dat een mogelijk klimaateffect lastig is te detecteren.

Al met al valt dus te concluderen dat het klimaat in Flevoland naar verwachting verandert, met uitzondering van de toenemende neerslag, en dat de bijbehorende verzilting en toename van interne nalevering ook trendsgewijs zichtbaar zijn in de waterkwaliteit. De toename van eutrofiëring is echter

nog niet detecteerbaar. De resterende vraag luidt, welke invloed hebben specifiek de extreem droge jaren op de chemische waterkwaliteit.

Er valt te concluderen dat er geen betrouwbare uitspraken kunnen worden gedaan over de invloed van extreem droge jaren die voor alle steekproefmeetpunten toepasselijk zijn. Er is grote variatie gevonden in de manier waarop chemische parameters in de nul-situatie verschillen van of juist gelijk zijn aan de droge jaren. Per steekproefmeetpunt zijn er wel patronen zichtbaar, maar deze zijn naar verwachting niet betrouwbaar genoeg om toe te passen op de meetpunten van het bijbehorende cluster. Om hier betrouwbare uitspraken over te kunnen doen, zal de manier van data verzameling intensiever en meer klimaatgericht moeten plaatsvinden en zal een strak monitoringsprotocol moeten worden opgesteld.

### Aanbevelingen

Zoals genoemd is de uitdaging van het beantwoorden van de onderzoeksvraag, dat er veel variatie optreedt tussen de verschillende clusters en zelfs tussen de verschillende meetpunten binnen de clusters. Het is voor de betrouwbaarheid van het onderzoek van belang om deze variaties te analyseren, maar niet de meetpunten als eenheid te beschouwen en de data als één groep te behandelen. Deze variatie maakt het niet haalbaar om in dit onderzoek gerichte conclusies te geven voor alle meetpunten, maar dit zou in vervolgonderzoek wel gedaan kunnen worden.

Hierbij is allereerst aan te raden om het meetnet aan te passen zodat er meer metingen per maand worden gedaan voor de klimaat gerelateerde parameters. Dit maakt de dataset stabiel en makkelijker om significante resultaten in te detecteren. Hierbij kan ervoor worden gekozen om in klimaatgevoelige gebieden meer meetpunten te plaatsen of alleen in deze gebieden de meetfrequenties omhoog te brengen. Daarnaast is aan te raden om naast de chemische waterkwaliteit, ook de biologische waterkwaliteit te onderzoeken. Om dit betrouwbaar genoeg te kunnen analyseren is van belang dat de parameter zuurstof betrouwbaarder wordt gemonitord. Aangezien het zuurstofgehalte natuurlijke dag- en nachtfluctuaties ondergaat, is het belangrijk dat er op een vast moment wordt gemeten. Zo hoeven de dagelijkse fluctuaties niet uit de data worden verrekend, maar kan eenzelfde methode worden aangehouden als voor de andere parameters.

Tot slot is aan te raden om systematisch als waterschap een klimaatonderzoek uit te laten voeren om de ontwikkelingen in het beheersgebied beter te begrijpen en proactief beheer te kunnen voeren. Zoals genoemd is hier een uniforme methode voor nodig om de onderzoeken uit verschillende jaren vergelijkbaar te maken. Om een dergelijke methode te ontwikkelen is aan te raden om voor dit interdisciplinaire vraagstuk een projectgroep op te zetten met leden uit de ecologie, hydrologie en statistiek. Het uitvoeren van de onderzoeken kan eventueel door een stagiair of trainee worden uitgevoerd, maar voor het ontwikkelen van de methode is aan te raden dit in een interdisciplinair team aan te pakken.

## Bronnenlijst

1. Baggelaar, P. K., & Van der Meulen, E. C. J. (2008). *Statistische analyse waterkwaliteit in beheersgebied waterschap Rijn en IJssel*. Waterschap Rijn en IJssel. – statistiek trendanalyse
2. Baggelaar, P. K., & Van der Meulen. (2009). *Trendanalist Gebruikershandleiding*. AMO – Icastat.
3. Battarbee, R. W., Kernan, M., Livingstone, D., Nickus, U., Verdonschot, P., Hering, D., Moss, B., Wright, R., Evans, C., Grimalt, J., Johnson, R., Maltby, E., Linstead, L. & Skeffington, R. (2008) Freshwater ecosystem responses to climate change: the Euro-Limpacs Project
4. *Chemische waterkwaliteit KRW, 2021 | Compendium voor de Leefomgeving*. (2022, 18 augustus). [www.clo.nl](https://www.clo.nl/indicatoren/nl1566-chemische-kwaliteit-oppervlaktewater-krw#:~:text=De%20chemische%20waterkwaliteit%20oftewel%20de,Europa%2Dbreed%20vaak%20aan getroffen%20worden.). Geraadpleegd op 16 april 2023, van <https://www.clo.nl/indicatoren/nl1566-chemische-kwaliteit-oppervlaktewater-krw#:~:text=De%20chemische%20waterkwaliteit%20oftewel%20de,Europa%2Dbreed%20vaak%20aan getroffen%20worden.>
5. Evers, C. H. M., Van den Broek, A. J. M., Buskens, R., Van Leerdam, A., Knoben, R. A. E., & Van Herpen, F. c. J. (2012). *Omschrijving MEP en maatlaten voor kunstmatige watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021* (ISBN 978.90.5773.571.4). Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.
6. Gilissen, H. K. (2013). *Adaptatie aan klimaatverandering in het Nederlandse waterbeheer: Verantwoordelijkheden en aansprakelijkheid*. Kluwer.
7. Hounslow, A. (2018). *Water quality data: analysis and interpretation*. CRC press.
8. Hovenkamp-Obbema, I. R. M., Klapwijk, S. P., & Landman, J. E. F. (1983). Biologische beoordeling van de waterkwaliteit in Noord-en Zuid-Holland. *H2O*, 15(16), 406-412.
9. Iglesias, A., & Garrote, L. (2015). Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. *Agricultural water management*, 155, 113-124.
10. Klein Tank, A., Beersma, J., Bessembinder, J., Van den Hurk, B., & Lenderink, G. (2014). KNMI 14: Klimaatscenario's voor Nederland. *KNMI publicatie*.
11. Klimaatverandering. (z.d.) KNMI. Geraadpleegd op 12 mei 2023, van <https://www.knmi.nl/producten-en-diensten/klimaatverandering>
12. Kløve, B., Ala-Aho, P., Bertrand, G., Gurdak, J. J., Kupfersberger, H., Kværner, J., ... & Pulido-Velazquez, M. (2014). Climate change impacts on groundwater and dependent ecosystems. *Journal of Hydrology*, 518, 250-266.
13. KNMI - *Dagwaarden neerslagstations*. (z.d.). <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/monv/reeksen>
14. KNMI - *Droogtemonitor*. (z.d.). <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/droogtemonitor>
15. KNMI - *Zure regen*. (z.d.). <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/zure-regen>
16. Kosten, S., & Schep, S. (2011). *Een frisse blik op warmer water: Over de invloed van klimaatverandering op de aquatische ecologie en hoe je de negatieve effecten kunt tegengaan* (ISBN 978.90.5773.524.0). Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer en Rijkswaterstaat Waterdienst.
17. *Meerjarige droogtes in Nederland Waterland?* (2022, 2 augustus). KNMI. Geraadpleegd op 12 april 2023, van <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/meerjarige-droogtes-in-nederland-waterland#:~:text=De%20zomer%20van%202022%20wordt,2018%2C%202019%2C%20en%202020>
18. Minnen, J. V., Ligtvoet, W., Bree, L. V., Hollander, G. D., Visser, H., Schrier, G., & Wardekker, J. A. (2012). Effecten van klimaatverandering in Nederland: 2012. *Beleidsstudies*, 1-125.
19. Mustapha, A., & Abdu, A. (2012). Application of principal component analysis & multiple regression models in surface water quality assessment. *Journal of environment and earth science*, 2(2), 16-23.
20. Oo, H. T., Zin, W. W., & Kyi, C. C. T. (2019). Assessment of future climate change projections using multiple global climate models. *Civil Engineering Journal*, 5(10), 2152-2166.
21. Otte, J., & Hermans, E. (2009). Ontwikkeling klimaatstrategie Waterschap Vallei & Eem. *H2O*, 5.
22. P. G. Whitehead, R. L. Wilby, R. W. Battarbee, M. Kernan & A. J. Wade (2009) A review of the potential impacts of climate change on surface water quality, *Hydrological Sciences Journal*, 54:1, 101-123, DOI: 10.1623/hysj.54.1.101
23. Ritzema, H. P., & Van Loon-Steensma, J. M. (2018). Coping with climate change in a densely populated delta: A paradigm shift in flood and water management in the Netherlands. *Irrigation and Drainage*, 67, 52-65.

24. Smolders, F., Van Mullekom, M., Tomassen, H., & Westendorp. (2019). *Waterkwaliteitsproblemen tot in de bodem uitgezocht: De relatie tussen waterbodem en waterkwaliteit*. Onderzoekscentrum B-WARE.
25. Torenbeek, R. (2020). *Herijking KRW-doelen Flevoland: ontwerpdoelen voor SGBP3 (2022-2027)*. Waterschap Zuiderzeeland.
26. Van de Haterd, R.J.W, R.G.A Fraaije & H.A. van der Jagt, 2020. Klimaatverandering en waterkwaliteit bij waterschap Hollandse Delta – een bureaustudie naar de effecten in het beheersgebied. Rapportnr.20-256. Bureau Waardenburg, Culemborg.
27. Van den Hurk, B., Tank, A. K., Lenderink, G., van Ulden, A., van Oldenborgh, G. J., Katsman, C., & Drijfhout, S. (2007). New climate change scenarios for the Netherlands. *Water science and technology*, 56(4), 27-33.
28. Van der Kamp, M., Cals, T., Ouboter, M., & Schep, S. (2021). Waterkwaliteitsstresstest: gevolgen van klimaatverandering op sleutelfactoren gekwantificeerd. *Vakblad H2O*.
29. Verdonschot, P. F. M., van der Lee, G. H., & Verdonschot, R. C. M. (2022). *Nutriënten en het ecologisch functioneren van oppervlaktewateren: Deltafact*. Kiwa NV.
30. Waterschap Zuiderzeeland, (2023, 29 maart). *Wat doet Waterschap Zuiderzeeland?* Waterschap Zuiderzeeland. <https://www.zuiderzeeland.nl/wat-doet-waterschap-zuiderzeeland>
31. Witteveen+Bos. (2005). Provincie Flevoland Waterschap Zuiderzeeland Natuurlijke achtergrondgehalten Flevoland 3e versie, 2005 (Nr. LLS427-1/krub/038).
32. Zoetendal, J. R., Volkers, B., Swart, E., & Meassen, M. (2012). *Klimaatverandering & Waterkwaliteit: Gebiedsuitwerking beheersgebied waterschap Zuiderzeeland* (GM-0059328). Grontmij Nederland B.V.

## Bijlagen

### Bijlage A: Selectie chemische meetpunten

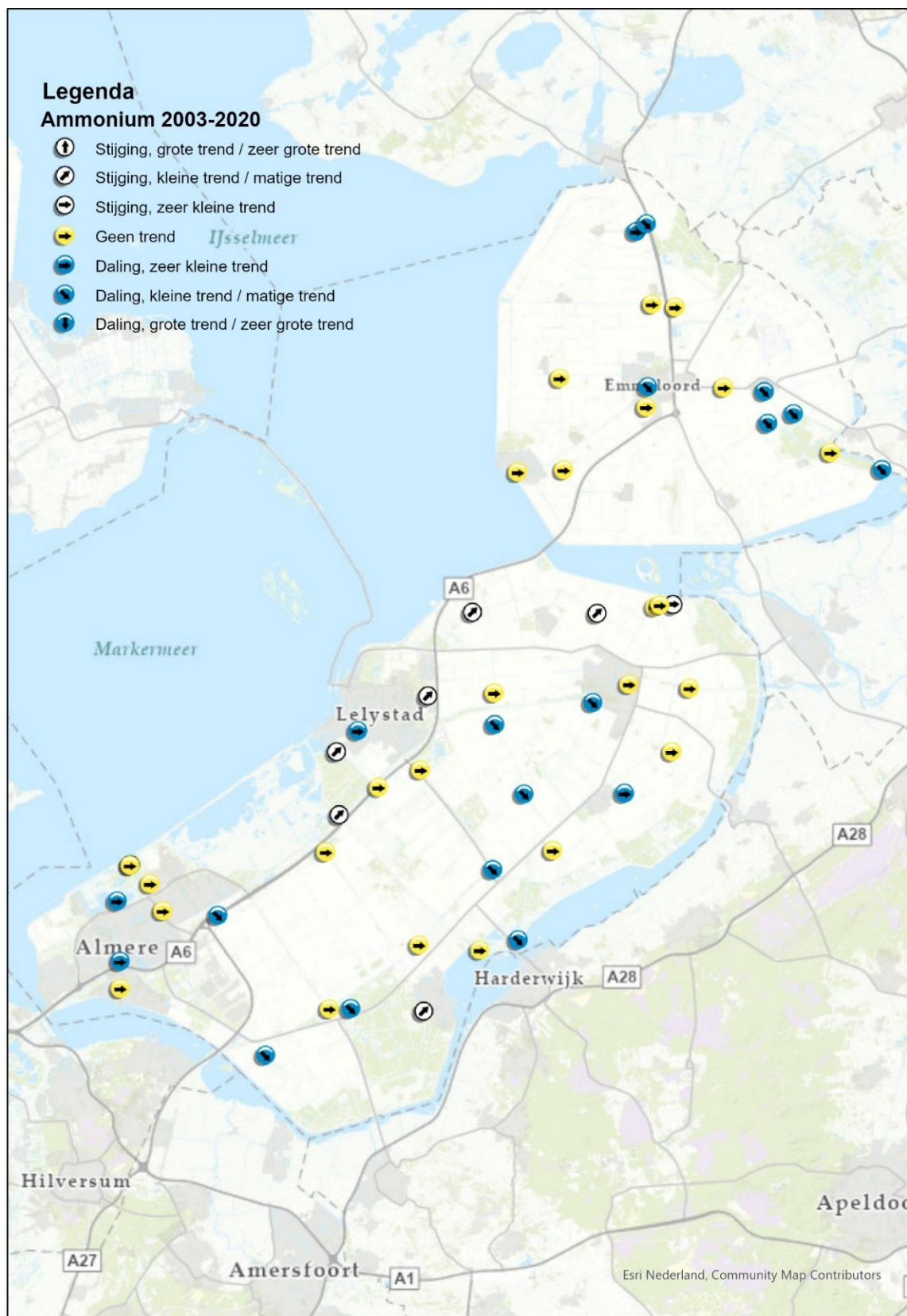
Tabel A.1 Een tabel met de selectie chemische meetpunt die na de afbakening zijn geselecteerd om in die onderzoek te analyseren.

| Meetpuntcode | Meetpuntomschrijving                                    |
|--------------|---------------------------------------------------------|
| 15HZ-062-01  | ANKERTOCHT, voor Steven Rippengemaal                    |
| 26GN-067-01  | BAARDMEESTOCHT, duiker Baardmeesweg, QZ19               |
| 26DN-042-01  | BOSRUITERTOCHT, brug Bosruiterweg                       |
| 15HZ-049-01  | CREILERVAART, brug Banterweg                            |
| 21AN-116-01  | ENSERVAART, brug Leemringweg                            |
| 20FN-116-01  | ESPELTERVAART, Urkerweg, Emmeloord t.h.v. fietsbrug     |
| 26AZ-049-01  | GRUTTOTOCHT, onder brug A6                              |
| 26FZ-045-01  | HIERDENSETOCHT, brug Kokkelweg                          |
| 26HN-001-01  | HOGЕ DWARSVAART, gemaal Lovink t.h.v. kano opstapplaats |
| 26DN-041-01  | HOGЕ VAART, Adelaarsweg visplek                         |
| 26AZ-052-01  | HOGЕ VAART, gemaal De Blocq van Kuffeler                |
| 21CN-015-01  | HOGЕ VAART, Ketelhaven einde steiger                    |
| 26EN-071-01  | HOLLANDSETOCHT, t.h.v. Burchtkamp/A6                    |
| 26FN-042-01  | KUBBETOCHT, Rietweg bovenstuws                          |
| 16CZ-062-01  | KUINDERVAART, duiker Frieseпад                          |
| 26BN-008-01  | LAGE DWARSVAART, brug Buizerdweg                        |
| 20HN-044-01  | LAGE VAART, brug Colijnweg                              |
| 26AZ-053-01  | LAGE VAART, gemaal De Blocq van Kuffeler                |
| 26AZ-050-01  | LAGE VAART, insteekhaven, Almere de Vaart               |
| 26BN-001-01  | LAGE VAART, Lage Knarsluis vanaf steiger                |
| 26EZ-025-01  | LARSERTOCHT, aflatwerk Vleetweg, hoge kant              |
| 26EN-021-01  | LARSERVAART, Meerkoetenweg                              |
| 15HN-086-01  | LEMSTERVAART, brug Ruttenseweg (NP214)                  |
| 26BZ-057-01  | LEPELAARTOCHT, brug Ibisweg                             |
| 21AN-089-01  | LUTTELGEESTERVAART, brug Marknesserweg                  |
| 16CZ-091-01  | MARKNESSERVAART, loswal Baarloseweg (NP085)             |
| 20FN-165-01  | NAGELERVAART, Karel Doormanweg loswal                   |
| 20GN-035-01  | NOORDERTOCHT, brug Klokbekeweg                          |
| 26FN-039-01  | OLDEBROEKERTOCHT, brug Oldebroekerweg                   |
| 20GZ-032-01  | OOSTERVAART, Runderweg einde sintelpad manege           |
| 27AN-017-01  | OOSTERWOLDERTOCHT, brug Olsterweg                       |
| 26DZ-001-01  | RASSENBEKTOCHT, duiker Priempad                         |
| 20HZ-042-01  | RIETTOCHT, duiker Dronterweg                            |
| 21CN-016-01  | ROGGEBOTTOCHT, duiker Ketelweg                          |
| 15HN-095-01  | RUTTENSEVAART, brug Lemsterweg                          |
| 20HN-045-01  | SWIFTERVAART, brug Elandweg                             |
| 20FN-186-01  | URKERVERAART, steiger t/o Toppad Urk                    |
| 21AN-124-01  | VOORSTERTOCHT, duiker Voorsterweg                       |
| 20GZ-031-01  | VUURSTEENTOCHT, duiker Wisentweg                        |
| 20GZ-030-01  | WIERTOCHT, brug Zeeasterweg                             |
| 20FN-192-01  | ZUIDERVAART, brug Randweg                               |
| 20CZ-018-01  | ZWOLSETOCHT, duiker Hondweg                             |
| 21BN-032-01  | ZWOLSEVAART, 'De Voorst' bij Voorstersluis              |
| 21AN-126-01  | ZWOLSEVAART, Steiger Hoge Sluiswal                      |

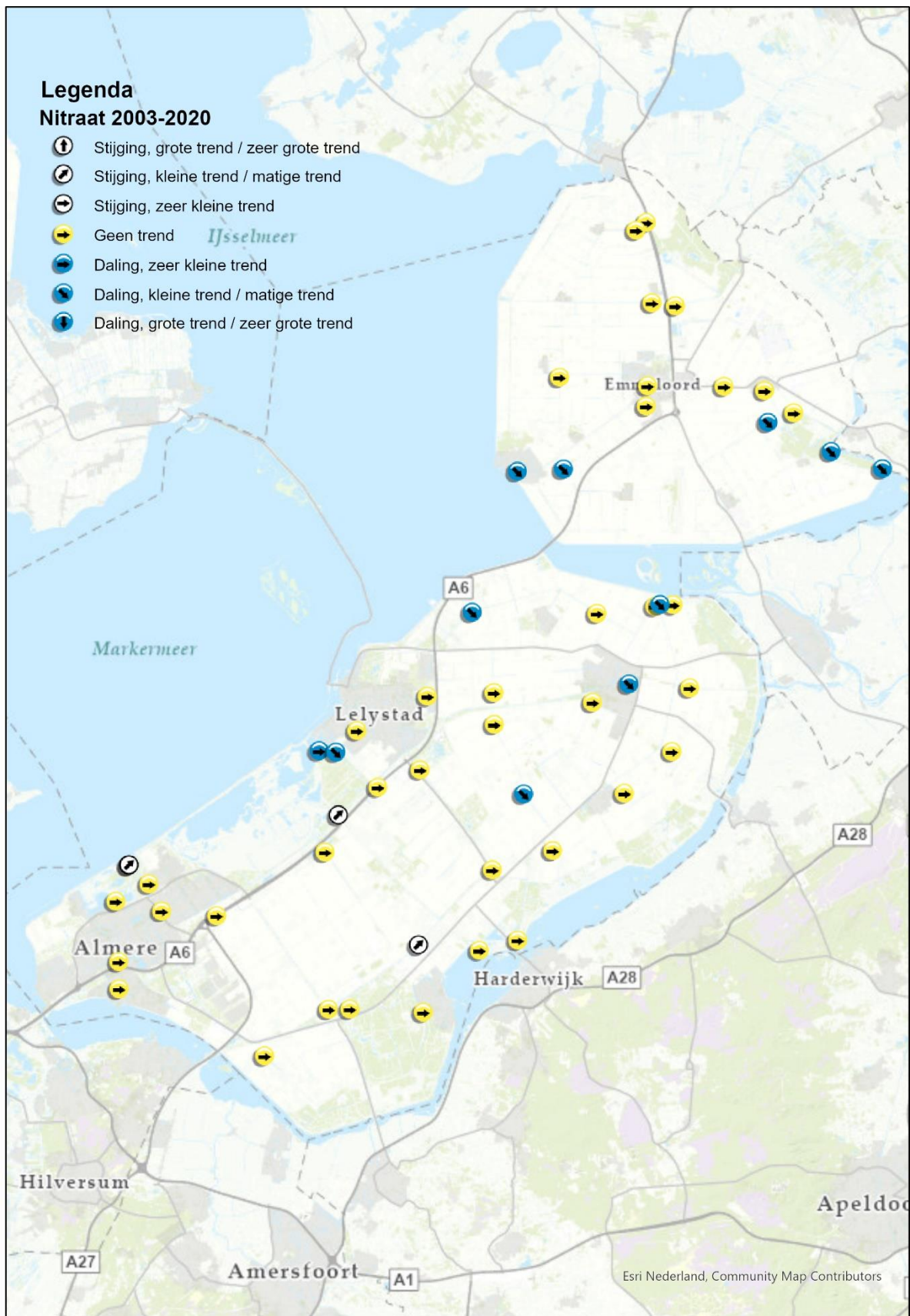
## Bijlage B: Risicoanalyse van klimaateffecten per cluster

Tabel B.1 Een overzicht van de risicoanalyse uit Hoofdstuk 3.7. Per cluster is de huidige staat per parametergroep en de gevoeligheid voor de klimaateffecten in een tabel weergegeven. De kleurcoderingen staan voor de mate van gevoeligheid of de staat van de huidige toestand.

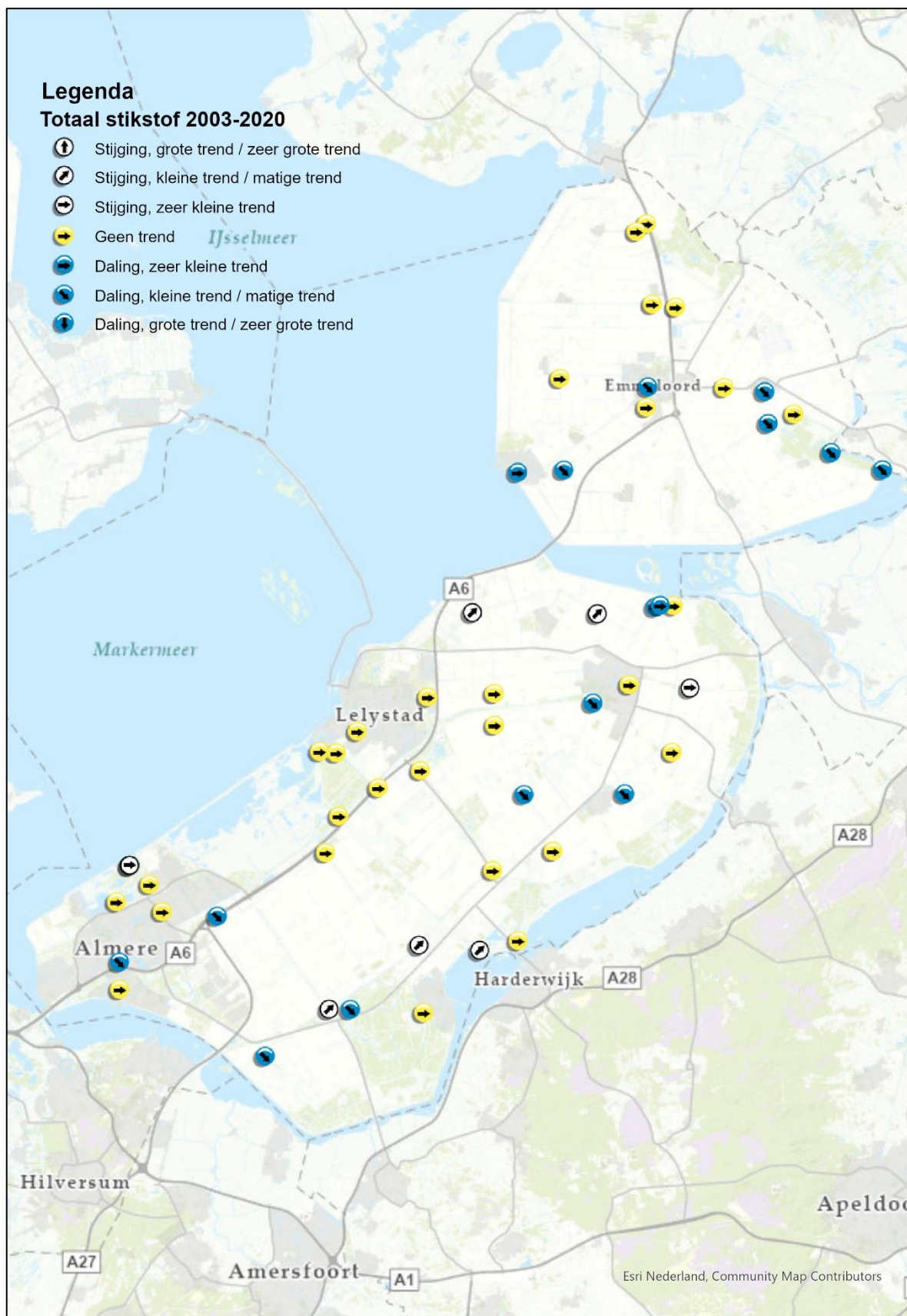
| Cluster                                                     | Huidige staat per parametergroep/achtergrond  |                    |                    | Gevoeligheid per klimaateffect |                             |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------------------|
|                                                             | Eutrofiëring                                  | Verziltig          | Interne nalevering | Stijgende luchttemperatuur     | Veranderend neerslagpatroon |
| <b>Cluster 1:</b><br>ABC1, ABC2 + kubbetocht                | Laag                                          | Laag tot matig     | Laag tot matig     | Laag tot matig gevoelig        | Laag tot matig gevoelig     |
| <b>Cluster 2:</b><br>FGIK, DE + Wiertocht en Vuursteentocht | Matig (laag tot zeer hoog van Noord tot Zuid) | Hoog tot zeer hoog | Hoog tot zeer hoog | Sterk gevoelig                 | Sterk gevoelig              |
| <b>Cluster 3:</b> J                                         | Hoog tot zeer hoog                            | Hoog               | Hoog               | Gevoelig                       | Gevoelig                    |
| <b>Cluster 4:</b><br>Lage afdeling NOP                      | Laag tot matig                                | Hoog               | Matig              | Laag tot matig gevoelig        | Gevoelig                    |
| <b>Cluster 5:</b><br>Hoge afdeling NOP                      | Matig                                         | Hoog               | Laag tot matig     | Matig gevoelig                 | Matig gevoelig              |
| <b>Cluster 6:</b><br>Vaarten NOP                            | Matig en dalend                               | Matig              | Laag tot matig     | Niet tot zeer matig gevoelig   | Zeer matig gevoelig         |
| <b>Cluster 7:</b> Hoge Vaart                                | Matig                                         | Laag tot matig     | Laag               | Niet tot zeer matig gevoelig   | Gevoelig                    |
| <b>Cluster 8:</b> Lage Vaart                                | Matig tot hoog                                | Hoog tot zeer hoog | Matig              | Niet tot zeer matig gevoelig   | Sterk gevoelig              |



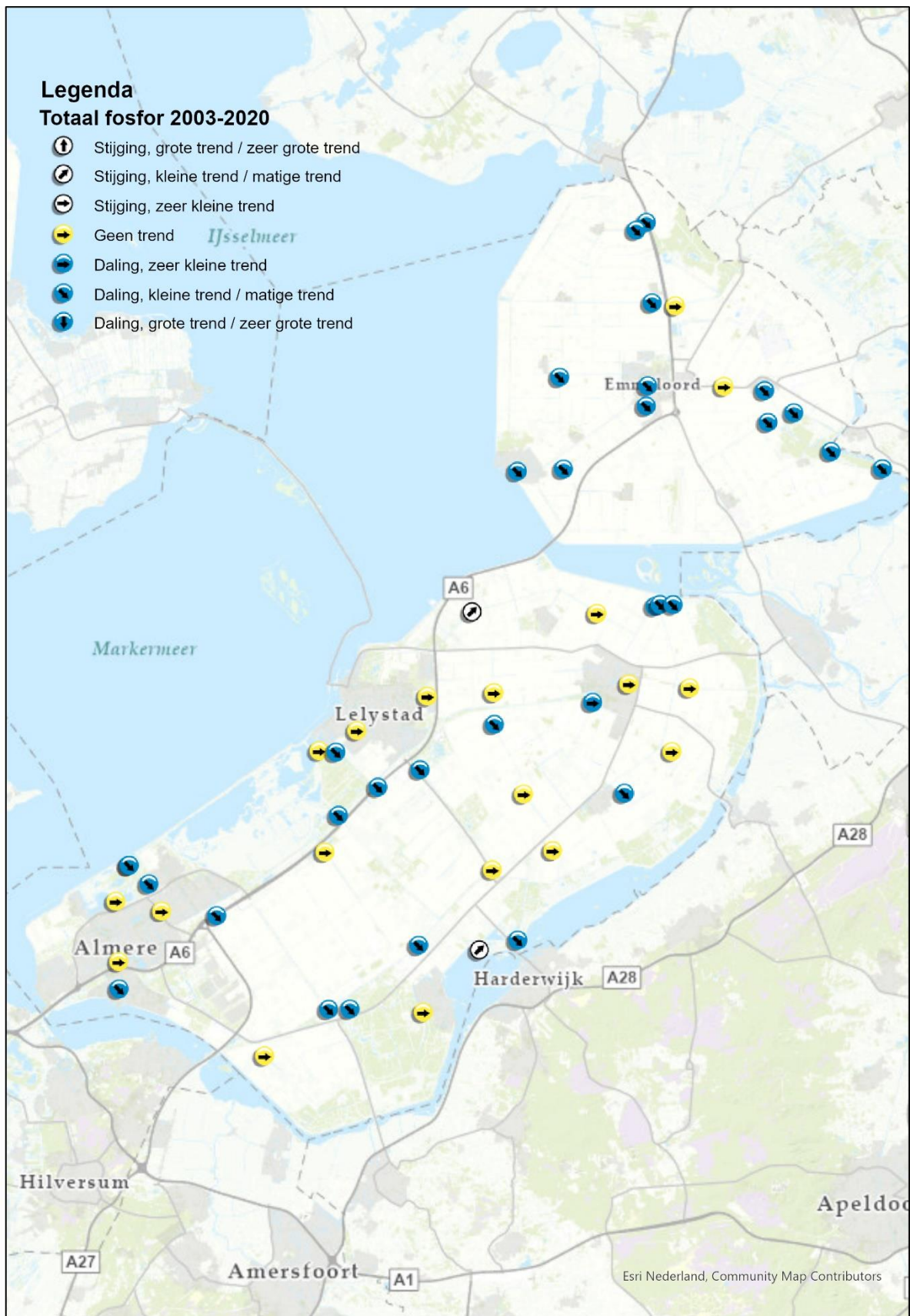
Figuur C.1 De kaartweergave van de trends van ammonium over de periode van 2003 t/m 2022. De verschillende trends zijn aangegeven met de pijlsymbolen die per kleur en richting de soort trend aangeven.



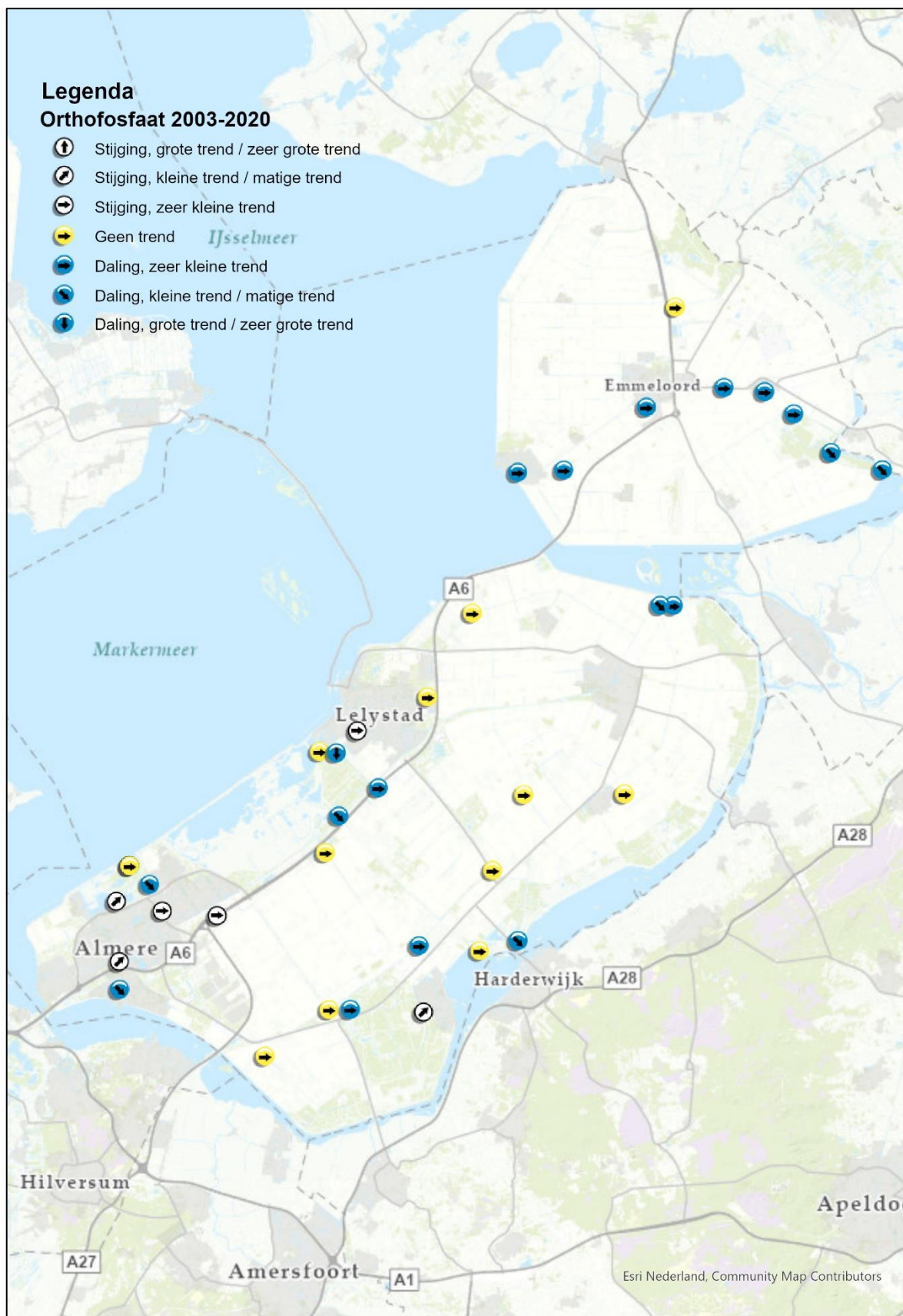
Figuur C.2 De kaartweergave van de trends van nitraat over de periode van 2003 t/m 2022. De verschillende trends zijn aangegeven met de pijlsymbolen die per kleur en richting de soort trend aangeven.



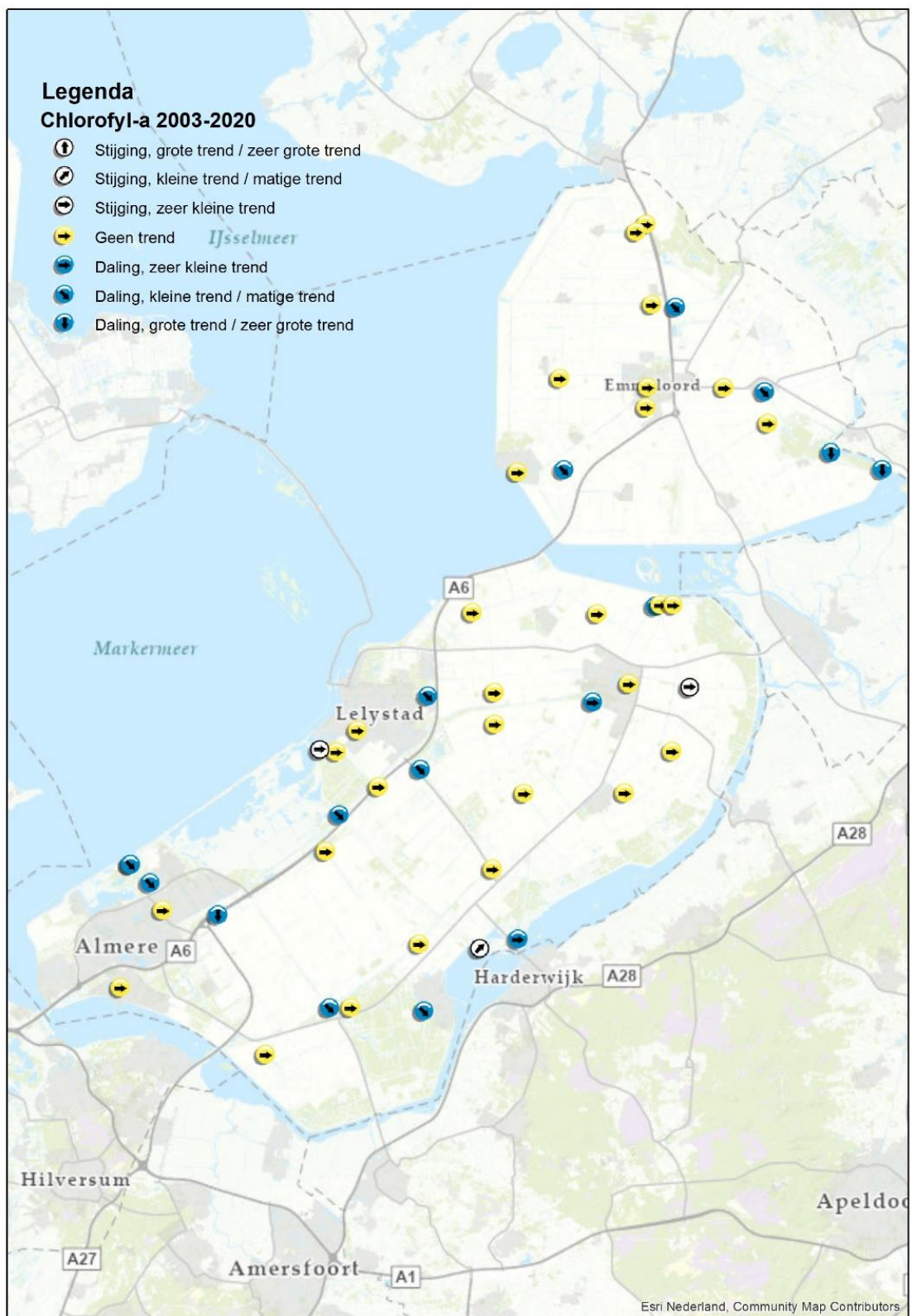
Figuur C.3 De kaartweergave van de trends van totaal stikstof over de periode van 2003 t/m 2022. De verschillende trends zijn aangegeven met de pijlsymbolen die per kleur en richting de soort trend aangeven.



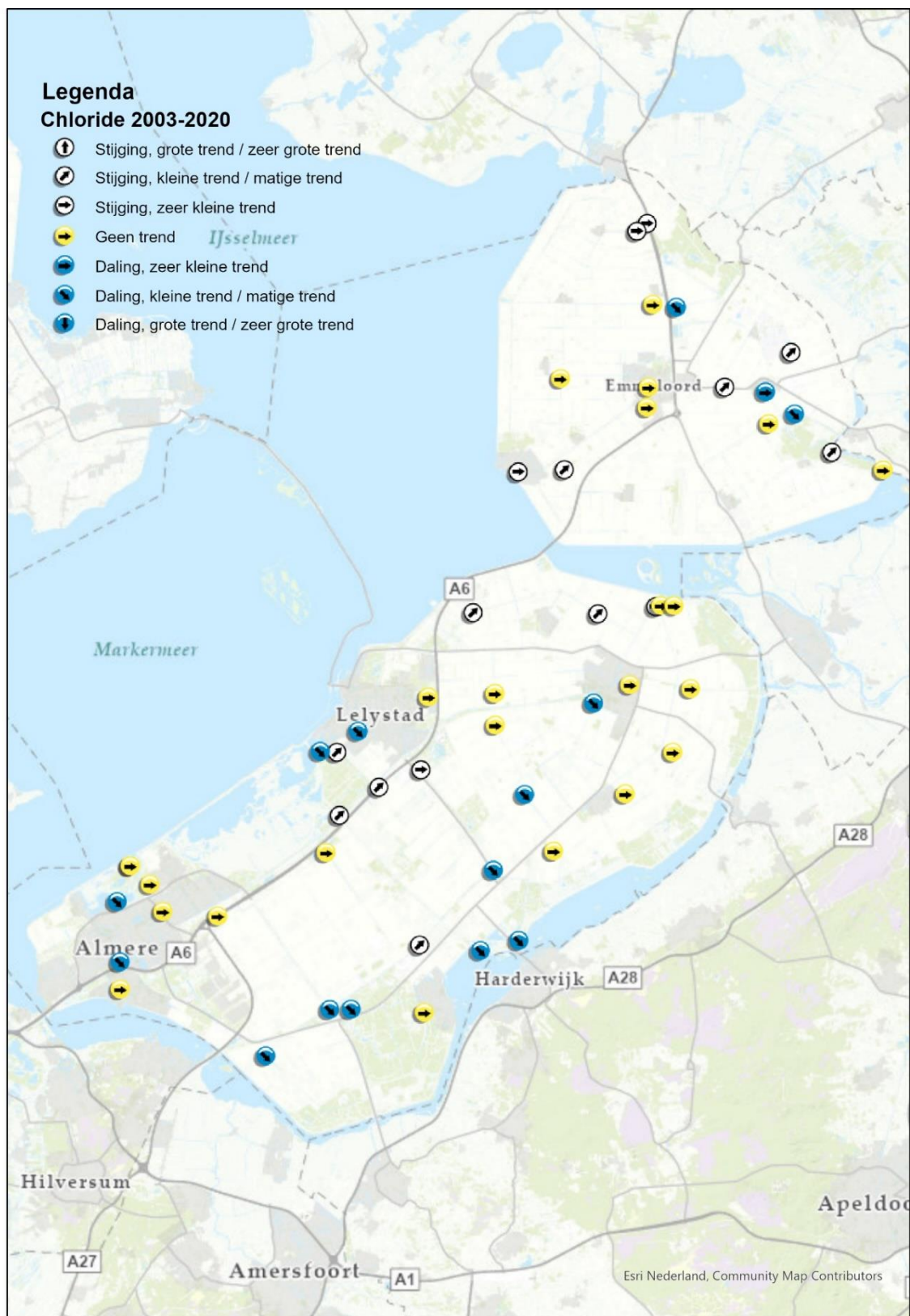
Figuur C.4 De kaartweergave van de trends van totaal fosfor over de periode van 2003 t/m 2022. De verschillende trends zijn aangegeven met de pijlsymbolen die per kleur en richting de soort trend aangeven.



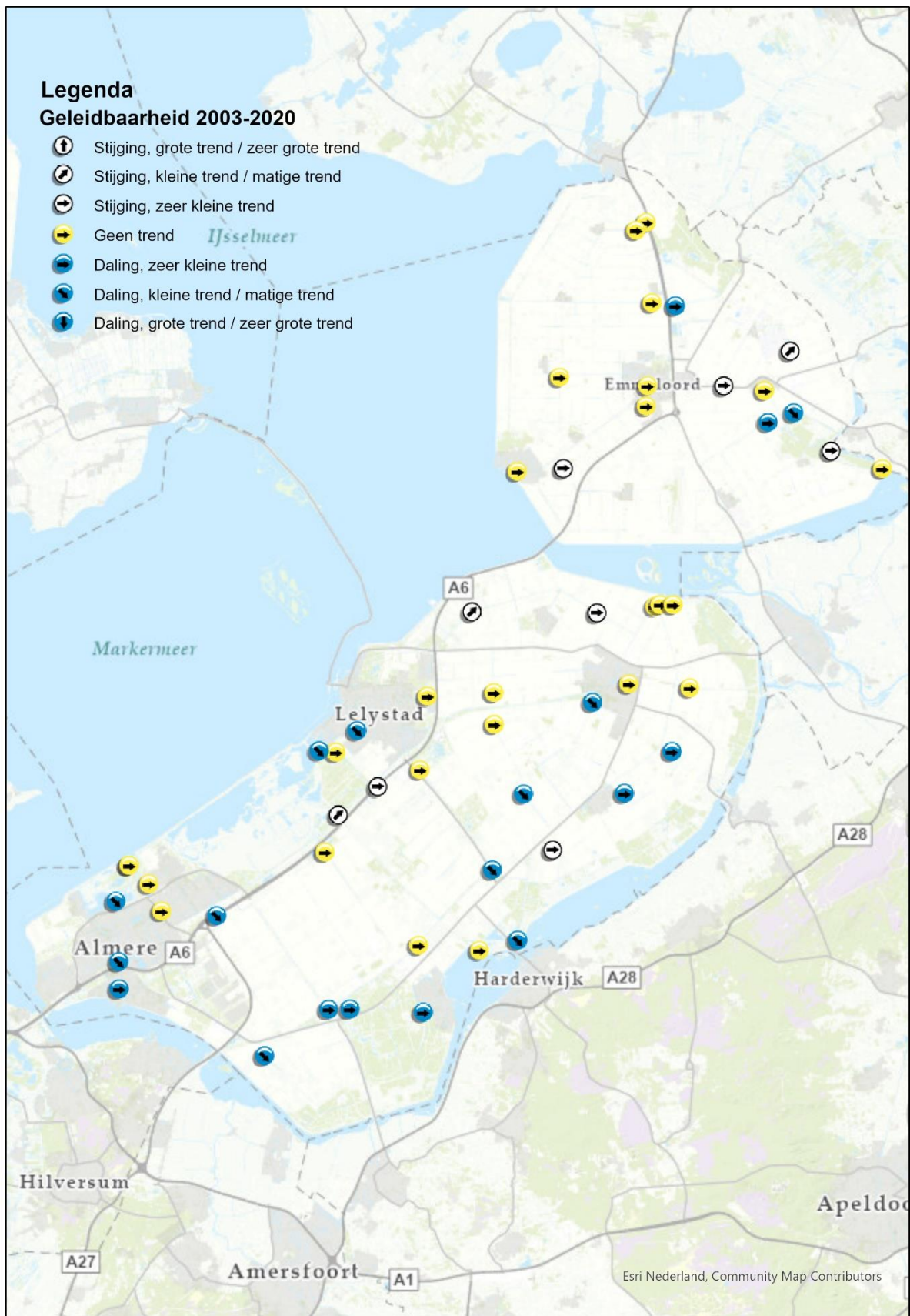
Figuur C.5 De kaartweergave van de trends van orthofosfaat over de periode van 2003 t/m 2022. De verschillende trends zijn aangegeven met de pijlsymbolen die per kleur en richting de soort trend aangeven.



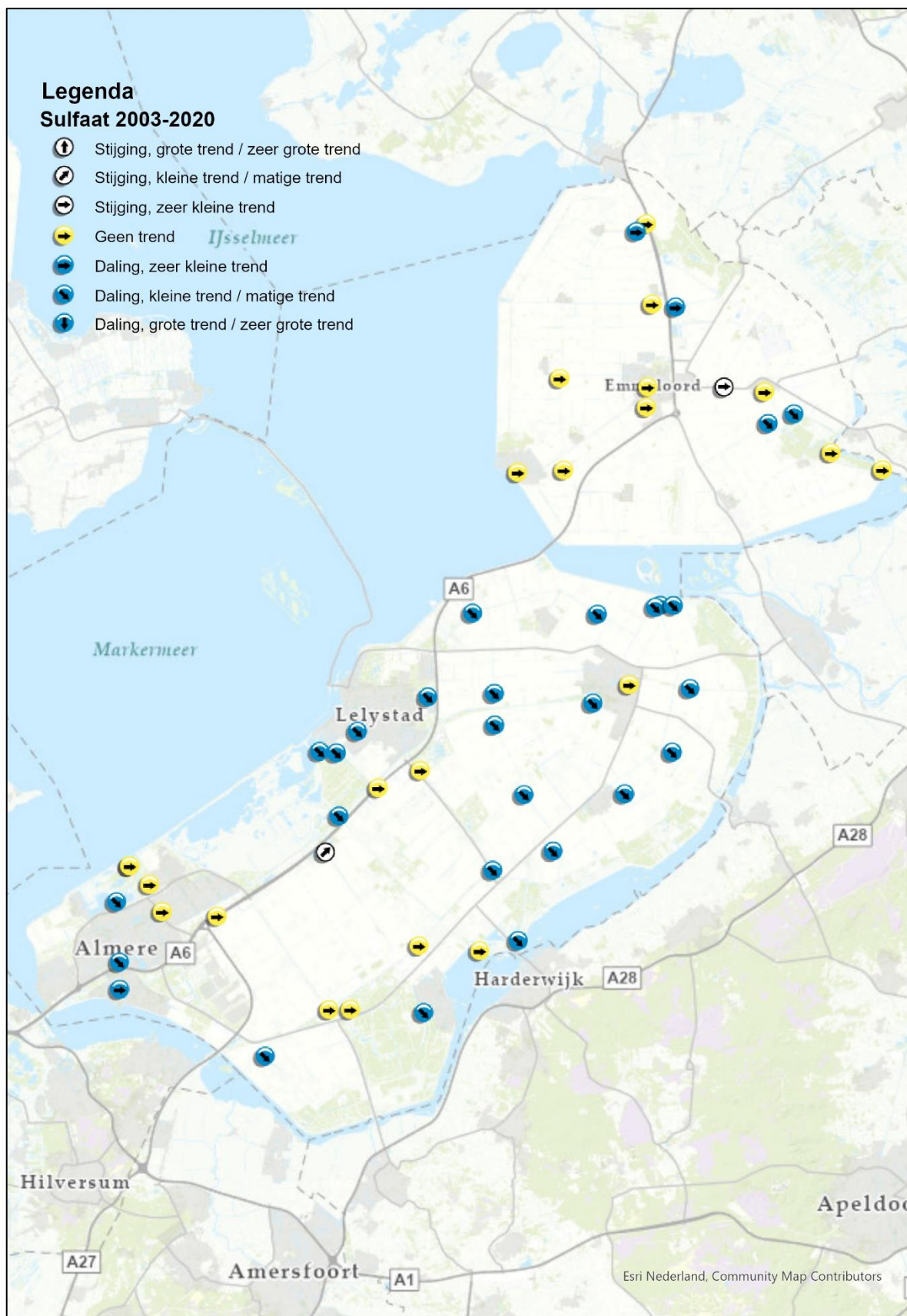
Figuur C.6 De kaartweergave van de trends van chlorofyl-A over de periode van 2003 t/m 2022. De verschillende trends zijn aangegeven met de pijlsymbolen die per kleur en richting de soort trend aangeven.



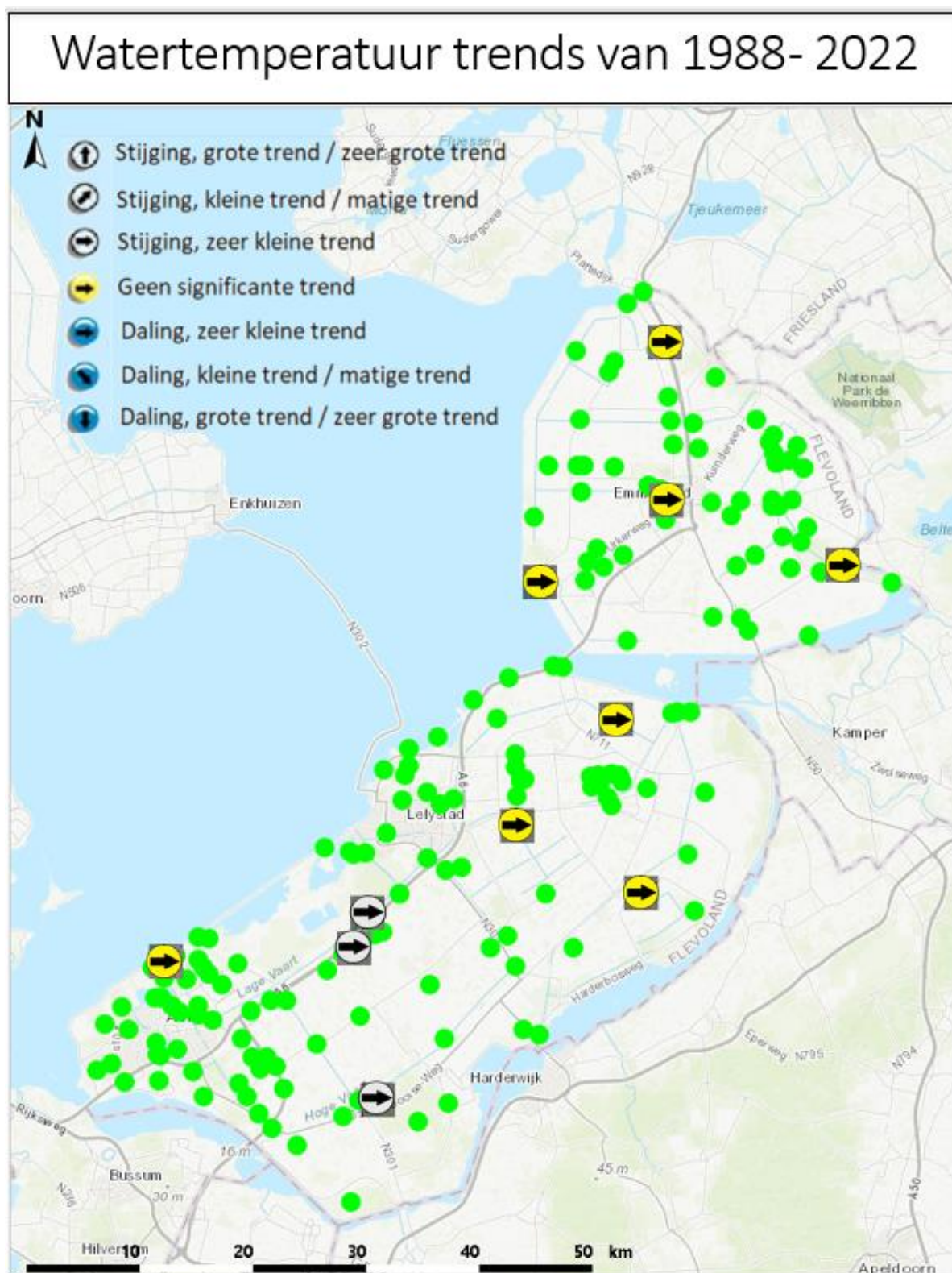
Figuur C.7 De kaartweergave van de trends van chloride over de periode van 2003 t/m 2022. De verschillende trends zijn aangegeven met de pijlsymbolen die per kleur en richting de soort trend aangeven.



Figuur C.8 De kaartweergave van de trends van geleidbaarheid over de periode van 2003 t/m 2022. De verschillende trends zijn aangegeven met de pijlsymbolen die per kleur en richting de soort trend aangeven.

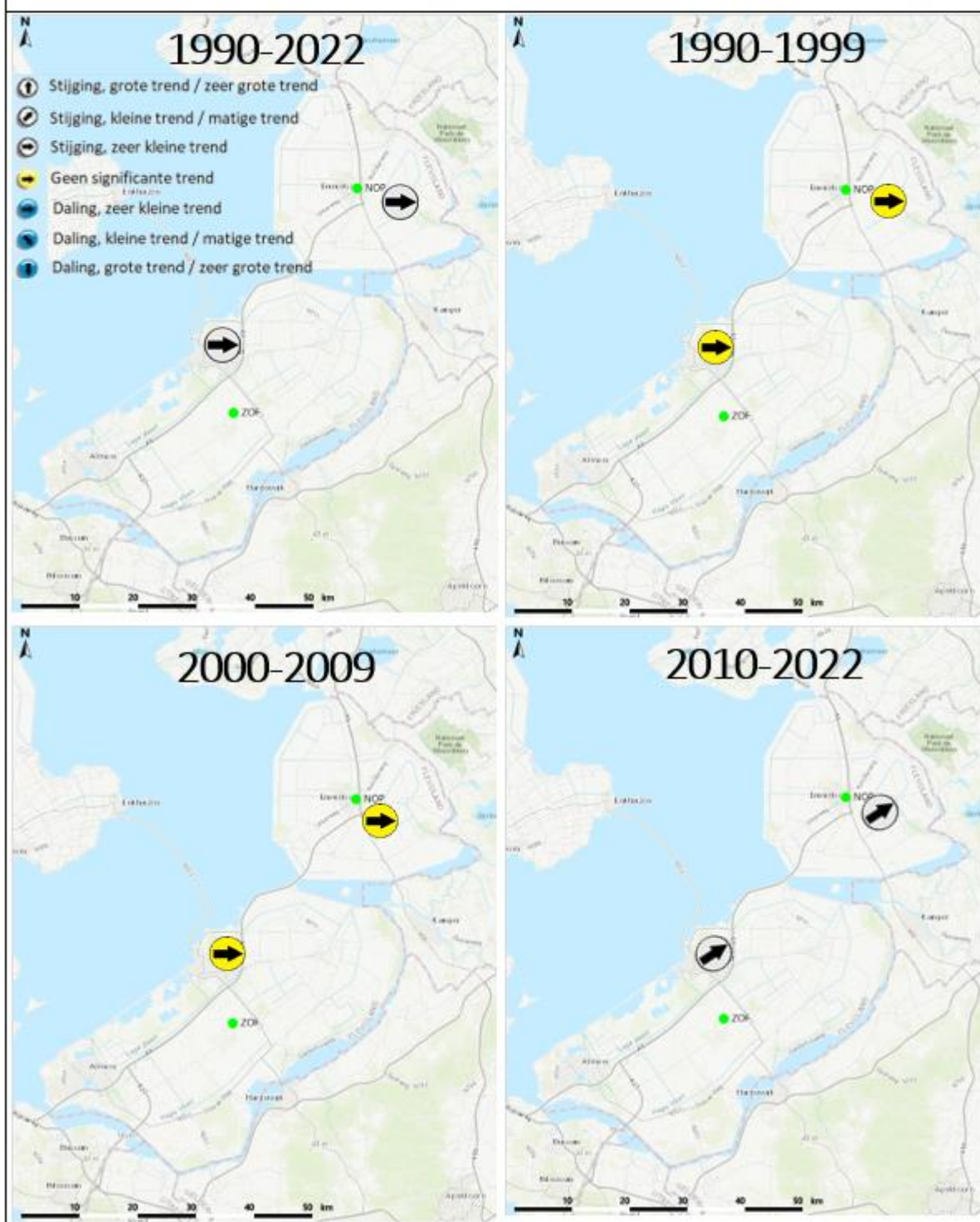


Figuur C.9 De kaartweergave van de trends van sulfaat over de periode van 2003 t/m 2022. De verschillende trends zijn aangegeven met de pijlsymbolen die per kleur en richting de soort trend aangeven.



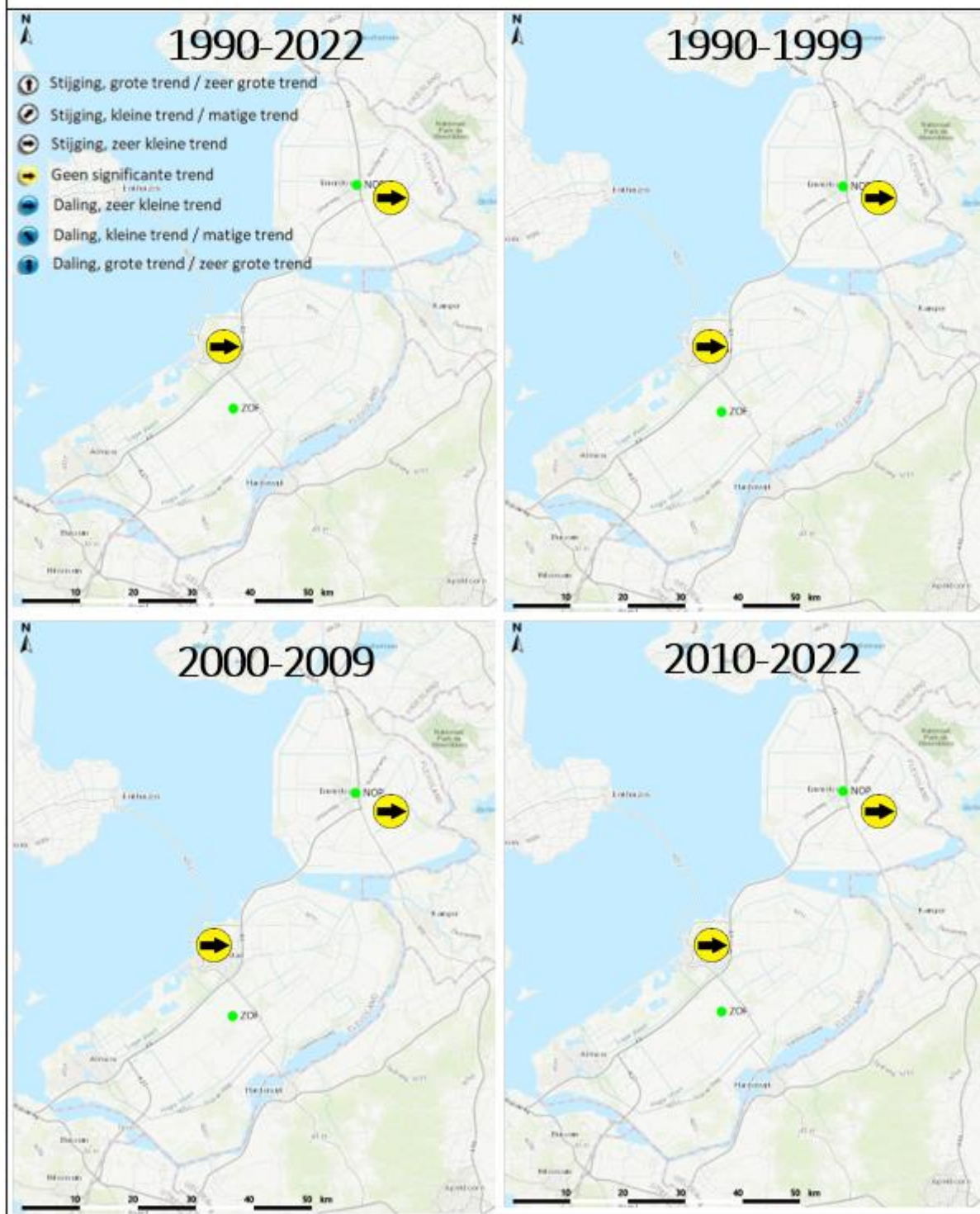
*Figuur D.1 Een kaartweergave van de trends van watertemperatuur in Flevoland over de periode van 1988 t/m 2022. De trends zijn aangegeven als pijlen met verschillende kleuren en richtingen die de soort trend aangeven.*

# Luchttemperatuur trends



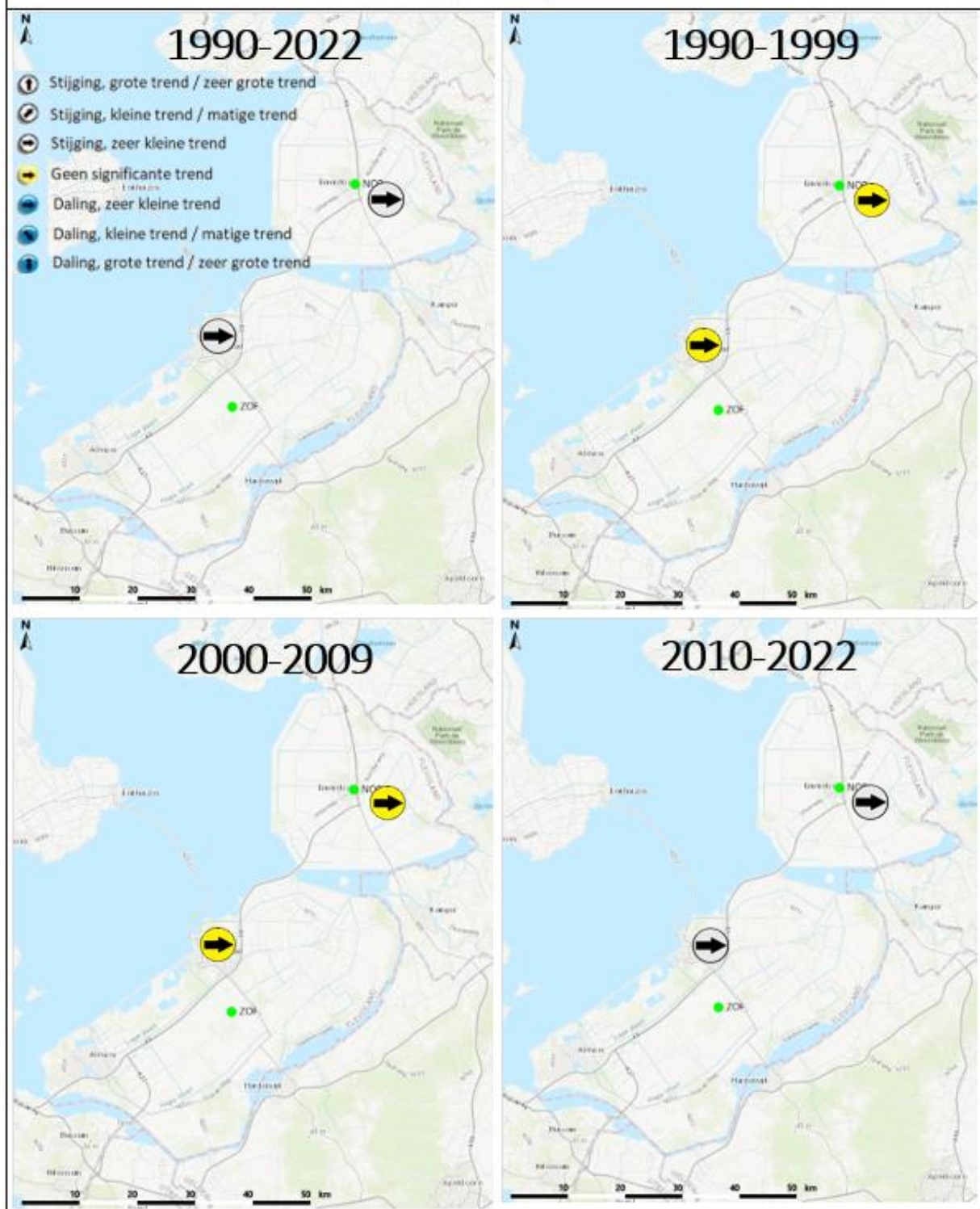
Figuur D.2 Een kaartweergave van de trends van luchttemperatuur in Flevoland over de periode van 1990 t/m 2022. Naast de trends over deze hele periode zijn de trends ook zichtbaar in drie tijdvakken, namelijk van 1990 t/m 1999, 2000 t/m 2009 en 2010 t/m 2022. De trends zijn aangegeven als pijlen met verschillende kleuren en richtingen die de soort trend aangeven.

# Dagelijkse neerslag trends



Figuur D.3 Een kaartweergave van de trends van de dagelijkse neerslag in Flevoland over de periode van 1990 t/m 2022. Naast de trends over deze hele periode zijn de trends ook zichtbaar in drie tijdvakken, namelijk van 1990 t/m 1999, 2000 t/m 2009 en 2010 t/m 2022. De trends zijn aangegeven als pijlen met verschillende kleuren en richtingen die de soort trend aangeven.

# Verdamping trends



Figuur D.4 Een kaartweergave van de trends van de verdamping in Flevoland over de periode van 1990 t/m 2022. Naast de trends over deze hele periode zijn de trends ook zichtbaar in drie tijdvakken, namelijk van 1990 t/m 1999, 2000 t/m 2009 en 2010 t/m 2022. De trends zijn aangegeven als pijlen met verschillende kleuren en richtingen die de soort trend aangeven.

## Bijlage E: Selectie meetpunten per cluster

Tabel E.1 Een overzicht van de geselecteerde meetpunten per cluster. In de tabel staat de meetpuntomschrijving en -codering gegeven zoals deze in het meetnet van Waterschap Zuiderzeeland bekend staat. Daarnaast staat aangegeven bij welk cluster het meetpunt hoort en vanuit welk waterlichaam het meetpunt afkomstig is.

| Cluster:<br>waterlichaam | Meetpunt    | Meetpuntomschrijving                                   |
|--------------------------|-------------|--------------------------------------------------------|
| 1: ABC1                  | 21CN-018-01 | ROGGEBOTTOCHT, kavel N75 (compartiment A.)             |
| 1: ABC2                  | 26FN-039-01 | OLDEBROEKERTOCHT, brug Oldebroekerweg                  |
|                          | 27AN-019-01 | OOSTERWOLDERTOCHT, brug Ellerweg                       |
|                          | 26GN-067-01 | BAARDMEESTOCHT, duiker Baardmeesweg, QZ19              |
|                          | 26FZ-045-01 | HIERDENSETOCHT, brug Kokkelweg                         |
|                          | 20CZ-018-01 | ZWOLSETOCHT, duiker Hondweg                            |
| 2: DE                    | 26DZ-001-01 | RASSENBEKTOCHT, duiker Priempad                        |
|                          | 26DN-042-01 | BOSRUITERTOCHT, brug Bosruiterweg                      |
| 2: FGIK                  | 26BZ-057-01 | LEPELAARTOCHT, brug Ibisweg                            |
|                          | 26DN-044-01 | GRUTTOTOCHT, duiker Vogelweg                           |
|                          | 26EN-071-01 | HOLLANDSETOCHT, t.h.v. Burchtkamp/A6                   |
| 2: H                     | 20GZ-030-01 | WIERTOCHT, brug Zeeasterweg                            |
|                          | 20GZ-031-01 | VUURSTEENTOCHT, duiker Wisentweg                       |
|                          | 20HZ-042-01 | RIETTOCHT, duiker Dronterweg                           |
| 3: J                     | 20GN-035-01 | NOORDERTOCHT, brug Klokbeckerweg                       |
|                          | 20HN-045-01 | SWIFTERVAART, brug Elandweg                            |
| 4: Lage afdeling<br>NOP  | 15HZ-049-01 | CREILERVAART, brug Banterweg                           |
|                          | 15HZ-062-01 | ANKERTOCHT, voor Steven Rippengemaal                   |
|                          | 20FN-116-01 | ESPELTERVAART, Urkerweg, Emmeloord t.h.v. fietsbrug    |
|                          | 16CZ-062-01 | KUINDERVAART, duiker Friesepad                         |
|                          | 21AN-089-01 | LUTTELGEESTERVAART, brug Marknesserweg                 |
|                          | 16CZ-091-01 | MARKNESSERVAART, loswal Baarloseweg (NP085)            |
|                          | 20FN-165-01 | NAGELTERVAART, Karel Doormanweg loswal                 |
|                          | 15HN-095-01 | RUTTENSEVAART, brug Lemsterweg                         |
|                          | 20FN-192-01 | ZUIDERVAART, brug Randweg                              |
| 5: Hoge afdeling<br>NOP  | 21AN-124-01 | VOORSTERTOCHT, duiker Voorsterweg                      |
| 6: Vaarten NOP           | 15HN-086-01 | LEMSTERVAART, brug Ruttenseweg (NP214)                 |
|                          | 20FN-186-01 | URKERVAART, steiger t/o Toppad Urk                     |
|                          | 21BN-032-01 | ZWOLSEVAART, 'De Voorst' bij Voorstersluis             |
|                          | 21AN-126-01 | ZWOLSEVAART, Steiger Hoge Sluiswal                     |
|                          | 21AN-116-01 | ENSERVAART, brug Leemringweg                           |
| 7: Hoge vaart<br>ZOF     | 26HN-001-01 | HOGEDWARSVAART, gemaal Lovink t.h.v. kano opstapplaats |
|                          | 26DN-041-01 | HOGEDWARSVAART, Adelaarsweg visplek                    |
|                          | 26AZ-052-01 | HOGEDWARSVAART, gemaal De Blocq van Kuffeler           |
|                          | 21CN-015-01 | HOGEDWARSVAART, Ketelhaven einde steiger               |
|                          | 26EZ-025-01 | LARSERTOCHT, aflaatwerk Vleetweg, hoge kant            |
| 8: Lage Vaart<br>ZOF     | 26BN-008-01 | LAGEDWARSVAART, brug Buizerdweg                        |
|                          | 20HN-044-01 | LAGEDWARSVAART, brug Colijnweg                         |
|                          | 26AZ-053-01 | LAGEDWARSVAART, gemaal De Blocq van Kuffeler           |
|                          | 26AZ-050-01 | LAGEDWARSVAART, insteekhaven, Almere de Vaart          |
|                          | 26BN-001-01 | LAGEDWARSVAART, Lage Knarsluis vanaf steiger           |
|                          | 26EN-021-01 | LARSERVAART, Meerkoetenweg                             |
|                          | 20GZ-032-01 | OOSTERVAART, Runderweg einde sintelpad manege          |

## Bijlage F: Trendanalyse resultaten van chemische parameters

Tabel F.1 Een overzicht van de gevonden jaartrends voor ammonium per meetpunt. De tabel geeft inzicht in het cluster waar het meetpunt in hoort, de meetpuntcodering en -omschrijving en binnen welke categorie deze trend valt. Deze categorieën komen overeen met de legenda die de verschillende pijlsymbolen toelicht in de kaarten van Hoofdstuk 4.

| Cluster | Meetpunt    | Meetpunt                                                | Trend jaar | Trend                       |
|---------|-------------|---------------------------------------------------------|------------|-----------------------------|
| 1       | 26GN-067-01 | BAARDMEESTOCHT, duiker Baardmeesweg, QZ19               | 0          | Geen trend                  |
| 1       | 26FZ-045-01 | HIERDENSETOCHT, brug Kokkelweg                          | 0,001438   | Geen trend                  |
| 1       | 26FN-039-01 | OLDEBROEKERTOCHT, brug Oldebroekerweg                   | 0          | Daling, zeer kleine trend   |
| 1       | 27AN-017-01 | OOSTERWOLDERTOCHT, brug Olsterweg                       | 0,001545   | Geen trend                  |
| 1       | 21CN-016-01 | ROGGEBOTTOCHT, duiker Ketelweg                          | 0,040349   | Stijging, zeer kleine trend |
| 1       | 20CZ-018-01 | ZWOLSETOCHT, duiker Hondweg                             | 0          | Geen trend                  |
| 2       | 26DN-042-01 | BOSRUITERTOCHT, brug Bosruiterweg                       | -0,02125   | Daling, kleine trend        |
| 2       | 26AZ-049-01 | GRUTTOTOCHT, onder brug A6                              | -0,00375   | Daling, kleine trend        |
| 2       | 26EN-071-01 | HOLLANDSETOCHT, t.h.v. Burchtkamp/A6                    | 0,008221   | Geen trend                  |
| 2       | 26DZ-001-01 | RASSENBEKTOCHT, duiker Priempad                         | -0,1       | Daling, kleine trend        |
| 2       | 20HZ-042-01 | RIETTOCHT, duiker Dronterweg                            | -0,02      | Daling, kleine trend        |
| 2       | 20GZ-031-01 | VUURSTEENTOCHT, duiker Wisentweg                        | -0,006667  | Geen trend                  |
| 2       | 20GZ-030-01 | WIERTOCHT, brug Zeeasterweg                             | -0,015556  | Daling, kleine trend        |
| 3       | 20GN-035-01 | NOORDERTOCHT, brug Klokbeckerweg                        | 0,104615   | Stijging, kleine trend      |
| 3       | 20HN-045-01 | SWIFTERVAART, brug Elandweg                             | 0,066312   | Stijging, kleine trend      |
| 4       | 15HZ-062-01 | ANKERTOCHT, voor Steven Rippengemaal                    | -0,016272  | Geen trend                  |
| 4       | 15HZ-049-01 | CREILERVAART, brug Banterweg                            | -0,009091  | Geen trend                  |
| 4       | 20FN-116-01 | ESPELERVAART, Urkerweg, Emmeloord t.h.v. fietsbrug      | -0,028831  | Daling, kleine trend        |
| 4       | 16CZ-062-01 | KUINDERVAART, duiker Frieseпад                          | 0          | Geen trend                  |
| 4       | 21AN-089-01 | LUTTELGEESTERVAART, brug Marknesserweg                  | -0,00719   | Geen trend                  |
| 4       | 20FN-165-01 | NAGELERVAART, Karel Doormanweg loswal                   | -0,02626   | Geen trend                  |
| 4       | 15HN-095-01 | RUTTENSEVAART, brug Lemsterweg                          | -0,013823  | Daling, zeer kleine trend   |
| 4       | 20FN-192-01 | ZUIDERVAART, brug Randweg                               | -0,019842  | Geen trend                  |
| 5       | 21AN-124-01 | VOORSTERTOCHT, duiker Voorsterweg                       | -0,042115  | Daling, kleine trend        |
| 6       | 21AN-116-01 | ENSERVAART, brug Leemringweg                            | -0,006667  | Daling, kleine trend        |
| 6       | 15HN-086-01 | LEMSTERVAART, brug Ruttenseweg (NP214)                  | -0,021429  | Daling, kleine trend        |
| 6       | 20FN-186-01 | URKERVAART, steiger t/o Toppad Urk                      | -0,00934   | Geen trend                  |
| 6       | 21BN-032-01 | ZWOLSEVAART, 'De Voorst' bij Voorstersluis              | 0,001667   | Geen trend                  |
| 6       | 21AN-126-01 | ZWOLSEVAART, Steiger Hoge Sluiswal                      | -0,012708  | Daling, kleine trend        |
| 7       | 26HN-001-01 | HOGЕ DWARSVAART, gemaal Lovink t.h.v. kano opstapplaats | -0,005     | Daling, kleine trend        |
| 7       | 26DN-041-01 | HOGЕ VAART, Adelaarsweg visplek                         | -0,0025    | Geen trend                  |
| 7       | 26AZ-052-01 | HOGЕ VAART, gemaal De Blocq van Kuffeler                | 0          | Geen trend                  |
| 7       | 21CN-015-01 | HOGЕ VAART, Ketelhaven einde steiger                    | 0,009571   | Geen trend                  |
| 7       | 26EZ-025-01 | LARSERTOCHT, aflaatswerk Vleetweg, hoge kant            | -0,0075    | Daling, kleine trend        |
| 8       | 26BN-008-01 | LAGE DWARSVAART, brug Buizerdweg                        | 0,013454   | Stijging, kleine trend      |
| 8       | 20HN-044-01 | LAGE VAART, brug Colijnweg                              | 0,011056   | Geen trend                  |
| 8       | 26AZ-053-01 | LAGE VAART, gemaal De Blocq van Kuffeler                | 0,01275    | Stijging, kleine trend      |
| 8       | 26AZ-050-01 | LAGE VAART, insteekhaven, Almere de Vaart               | 0,01       | Geen trend                  |
| 8       | 26BN-001-01 | LAGE VAART, Lage Knarsluis vanaf steiger                | 0,01125    | Stijging, kleine trend      |
| 8       | 26EN-021-01 | LARSERVAART, Meerkoetenweg                              | -0,006881  | Geen trend                  |
| 8       | 20GZ-032-01 | OOSTERVAART, Runderweg einde sintelpad manege           | 0,05       | Stijging, kleine trend      |

Tabel F.2 Een overzicht van de gevonden jaartrends voor nitraat per meetpunt. De tabel geeft inzicht in het cluster waar het meetpunt in hoort, de meetpuntcodering en -omschrijving en binnen welke categorie deze trend valt. Deze categorieën komen overeen met de legenda die de verschillende pijlsymbolen toelicht in de kaarten van Hoofdstuk 4.

| Cluster | Meetpunt    | Meetpunt                                                | Trend_jaar | Trend                  |
|---------|-------------|---------------------------------------------------------|------------|------------------------|
| 1       | 26GN-067-01 | BAARDMEESTOCHT, duiker Baardmeesweg, QZ19               | 0,018661   | Stijging, kleine trend |
| 1       | 26FZ-045-01 | HIERDENSETOCHT, brug Kokkelweg                          | 0,002222   | Geen trend             |
| 1       | 26FN-039-01 | OLDEBROEKERTOCHT, brug Oldebroekerweg                   | 0          | Geen trend             |
| 1       | 27AN-017-01 | OOSTERWOLDERTOCHT, brug Olsterweg                       | -0,002143  | Geen trend             |
| 1       | 21CN-016-01 | ROGGEBOTTOCHT, duiker Ketelweg                          | 0          | Geen trend             |
| 1       | 20CZ-018-01 | ZWOLSETOCHT, duiker Hondweg                             | 0          | Geen trend             |
| 2       | 26DN-042-01 | BOSRUITERTOCHT, brug Bosruiterweg                       | -0,011824  | Geen trend             |
| 2       | 26AZ-049-01 | GRUTTOTOCHT, onder brug A6                              | 0,014896   | Geen trend             |
| 2       | 26EN-071-01 | HOLLANDSETOCHT, t.h.v. Burchtkamp/A6                    | 0,000583   | Geen trend             |
| 2       | 26BZ-057-01 | LEPELAARTOCHT, brug Ibisweg                             | 0,00475    | Geen trend             |
| 2       | 26DZ-001-01 | RASSENBEKERTOCHT, duiker Priempad                       | 0,008      | Geen trend             |
| 2       | 20HZ-042-01 | RIETTOCHT, duiker Dronterweg                            | -0,009643  | Geen trend             |
| 2       | 20GZ-031-01 | VUURSTEENTOCHT, duiker Wisentweg                        | -0,01875   | Geen trend             |
| 2       | 20GZ-030-01 | WIERTOCHT, brug Zeeasterweg                             | -0,023167  | Geen trend             |
| 3       | 20GN-035-01 | NOORDERTOCHT, brug Klokbeckerweg                        | -0,026667  | Daling, kleine trend   |
| 3       | 20HN-045-01 | SWIFTERVAART, brug Elandweg                             | -0,009129  | Geen trend             |
| 4       | 15HZ-062-01 | ANKERTOCHT, voor Steven Rippengemaal                    | 0          | Geen trend             |
| 4       | 15HZ-049-01 | CREILERVAART, brug Banterweg                            | -0,007778  | Geen trend             |
| 4       | 20FN-116-01 | ESPELERVAART, Urkerweg, Emmeloord t.h.v. fietsbrug      | -0,02      | Geen trend             |
| 4       | 16CZ-062-01 | KUINDERVAART, duiker Friesepad                          | 0,009      | Geen trend             |
| 4       | 21AN-089-01 | LUTTELGEESTERVAART, brug Marknesserweg                  | 0          | Geen trend             |
| 4       | 20FN-165-01 | NAGELERVAART, Karel Doormanweg Ioswal                   | -0,04625   | Daling, kleine trend   |
| 4       | 15HN-095-01 | RUTTENSEVAART, brug Lemsterweg                          | 0,001429   | Geen trend             |
| 4       | 20FN-192-01 | ZUIDERVAART, brug Randweg                               | -0,021514  | Geen trend             |
| 5       | 21AN-124-01 | VOORSTERTOCHT, duiker Voorsterweg                       | 0,008333   | Geen trend             |
| 6       | 21AN-116-01 | ENSERVAART, brug Leemringweg                            | -0,05      | Daling, kleine trend   |
| 6       | 15HN-086-01 | LEMSTERVAART, brug Ruttenseweg (NP214)                  | -0,004853  | Geen trend             |
| 6       | 20FN-186-01 | URKERVERAART, steiger t/o Toppad Urk                    | -0,033     | Daling, kleine trend   |
| 6       | 21BN-032-01 | ZWOLSEVAART, 'De Voorst' bij Voorstersluis              | -0,018     | Daling, kleine trend   |
| 6       | 21AN-126-01 | ZWOLSEVAART, Steiger Hoge Sluiswal                      | -0,016833  | Geen trend             |
| 7       | 26HN-001-01 | HOGЕ DWARSVAART, gemaal Lovink t.h.v. kano opstapplaats | -0,008492  | Geen trend             |
| 7       | 26DN-041-01 | HOGЕ VAART, Adelaarsweg visplek                         | 0,015611   | Geen trend             |
| 7       | 26AZ-052-01 | HOGЕ VAART, gemaal De Blocq van Kuffeler                | 0,013452   | Stijging, kleine trend |
| 7       | 21CN-015-01 | HOGЕ VAART, Ketelhaven einde steiger                    | -0,033125  | Daling, kleine trend   |
| 7       | 26EZ-025-01 | LARSERTOCHT, aflaatwerk Vleetweg, hoge kant             | -0,01      | Geen trend             |
| 8       | 26BN-008-01 | LAGE DWARSVAART, brug Buizerdweg                        | -0,018333  | Daling, kleine trend   |
| 8       | 20HN-044-01 | LAGE VAART, brug Colijnweg                              | -0,011288  | Geen trend             |
| 8       | 26AZ-053-01 | LAGE VAART, gemaal De Blocq van Kuffeler                | 0,025      | Stijging, kleine trend |
| 8       | 26AZ-050-01 | LAGE VAART, insteekhaven, Almere de Vaart               | -0,002248  | Geen trend             |
| 8       | 26BN-001-01 | LAGE VAART, Lage Knarsluis vanaf steiger                | 0,016631   | Stijging, kleine trend |
| 8       | 26EN-021-01 | LARSERVAART, Meerkoetenweg                              | 0,019937   | Geen trend             |
| 8       | 20GZ-032-01 | OOSTERVAART, Runderweg einde sintelpad manege           | -0,003819  | Geen trend             |

Tabel F.3 Een overzicht van de gevonden jaartrends voor totaal stikstof per meetpunt. De tabel geeft inzicht in het cluster waar het meetpunt in hoort, de meetpuntcodering en -omschrijving en binnen welke categorie deze trend valt. Deze categorieën komen overeen met de legenda die de verschillende pijlsymbolen toelicht in de kaarten van Hoofdstuk 4.

| Cluster | Meetpunt    | Meetpunt                                                | Trend_jaar | Trend                       |
|---------|-------------|---------------------------------------------------------|------------|-----------------------------|
| 1       | 26GN-067-01 | BAARDMEESTOCHT, duiker Baardmeesweg, QZ19               | 0,0225     | Stijging, kleine trend      |
| 1       | 26FZ-045-01 | HIERDENSETOCHT, brug Kokkelweg                          | 0,005      | Geen trend                  |
| 1       | 26FN-039-01 | OLDEBROEKERTOCHT, brug Oldebroekerweg                   | -0,013125  | Daling, kleine trend        |
| 1       | 27AN-017-01 | OOSTERWOLDERTOCHT, brug Olsterweg                       | 0,00375    | Geen trend                  |
| 1       | 21CN-016-01 | ROGGEBOTTOCHT, duiker Ketelweg                          | 0,044222   | Geen trend                  |
| 1       | 20CZ-018-01 | ZWOLSETOCHT, duiker Hondweg                             | 0,018636   | Stijging, zeer kleine trend |
| 2       | 26DN-042-01 | BOSRUITERTOCHT, brug Bosruiterweg                       | -0,096152  | Daling, kleine trend        |
| 2       | 26AZ-049-01 | GRUTTOTOCHT, onder brug A6                              | -0,054391  | Daling, kleine trend        |
| 2       | 26EN-071-01 | HOLLANDETOCHT, t.h.v. Burchtkamp/A6                     | 0,02       | Geen trend                  |
| 2       | 26BZ-057-01 | LEPELAARTOCHT, brug Ibisweg                             | 0,01       | Geen trend                  |
| 2       | 26DZ-001-01 | RASSENBEKERTOCHT, duiker Priempad                       | -0,092429  | Daling, kleine trend        |
| 2       | 20HZ-042-01 | RIETTOCHT, duiker Dronterweg                            | -0,04      | Daling, kleine trend        |
| 2       | 20GZ-031-01 | VUURSTEENTOCHT, duiker Wisentweg                        | -0,077333  | Geen trend                  |
| 2       | 20GZ-030-01 | WIERTOCHT, brug Zeeasterweg                             | -0,036     | Geen trend                  |
| 3       | 20GN-035-01 | NOORDERTOCHT, brug Klokbeckerweg                        | 0,105      | Stijging, kleine trend      |
| 3       | 20HN-045-01 | SWIFTERVAART, brug Elandweg                             | 0,08       | Stijging, kleine trend      |
| 4       | 15HZ-062-01 | ANKERTOCHT, voor Steven Rippengemaal                    | -0,018201  | Geen trend                  |
| 4       | 15HZ-049-01 | CREILERVAART, brug Banterweg                            | -0,012187  | Geen trend                  |
| 4       | 20FN-116-01 | ESPELERVAART, Urkerweg, Emmeloord t.h.v. fietsbrug      | -0,057143  | Daling, kleine trend        |
| 4       | 16CZ-062-01 | KUINDERVAART, duiker Friesepad                          | -0,013542  | Geen trend                  |
| 4       | 21AN-089-01 | LUTTELGEESTERVAART, brug Marknesserweg                  | -0,006667  | Geen trend                  |
| 4       | 20FN-165-01 | NAGELERVAART, Karel Doormanweg loswal                   | -0,070417  | Daling, kleine trend        |
| 4       | 15HN-095-01 | RUTTENSEVAART, brug Lemsterweg                          | -0,019038  | Geen trend                  |
| 4       | 20FN-192-01 | ZUIDERVAART, brug Randweg                               | -0,065833  | Geen trend                  |
| 5       | 21AN-124-01 | VOORSTERTOCHT, duiker Voorsterweg                       | 0,000767   | Geen trend                  |
| 6       | 21AN-116-01 | ENSERVAART, brug Leemringweg                            | -0,058889  | Daling, kleine trend        |
| 6       | 15HN-086-01 | LEMSTERVAART, brug Ruttenseweg (NP214)                  | -0,016667  | Geen trend                  |
| 6       | 20FN-186-01 | URKERVAART, steiger t/o Toppad Urk                      | -0,041832  | Daling, zeer kleine trend   |
| 6       | 21BN-032-01 | ZWOLSEVAART, 'De Voorst' bij Voorstersluis              | -0,040312  | Daling, kleine trend        |
| 6       | 21AN-126-01 | ZWOLSEVAART, Steiger Hoge Sluiswal                      | -0,042727  | Daling, kleine trend        |
| 7       | 26HN-001-01 | HOGЕ DWARSVAART, gemaal Lovink t.h.v. kano opstapplaats | -0,011906  | Geen trend                  |
| 7       | 26DN-041-01 | HOGЕ VAART, Adelaarsweg visplek                         | 0,030313   | Stijging, kleine trend      |
| 7       | 26AZ-052-01 | HOGЕ VAART, gemaal De Blocq van Kuffeler                | 0,029844   | Stijging, kleine trend      |
| 7       | 21CN-015-01 | HOGЕ VAART, Ketelhaven einde steiger                    | -0,02145   | Daling, zeer kleine trend   |
| 7       | 26EZ-025-01 | LARSERTOCHT, aflatwerk Vleetweg, hoge kant              | -0,01559   | Geen trend                  |
| 8       | 26BN-008-01 | LAGE DWARSVAART, brug Buizerdweg                        | -0,030894  | Geen trend                  |
| 8       | 20HN-044-01 | LAGE VAART, brug Colijnweg                              | -0,040682  | Daling, zeer kleine trend   |
| 8       | 26AZ-053-01 | LAGE VAART, gemaal De Blocq van Kuffeler                | 0,034708   | Stijging, zeer kleine trend |
| 8       | 26AZ-050-01 | LAGE VAART, insteehaven, Almere de Vaart                | -0,016028  | Geen trend                  |
| 8       | 26BN-001-01 | LAGE VAART, Lage Knarsluis vanaf steiger                | -0,01      | Geen trend                  |
| 8       | 26EN-021-01 | LARSERVAART, Meerkoetenweg                              | -0,009271  | Geen trend                  |
| 8       | 20GZ-032-01 | OOSTERVAART, Runderweg einde sintelpad manege           | 0,040179   | Geen trend                  |

Tabel F.4 Een overzicht van de gevonden jaartrends voor totaal fosfor per meetpunt. De tabel geeft inzicht in het cluster waar het meetpunt in hoort, de meetpuntcodering en -omschrijving en binnen welke categorie deze trend valt. Deze categorieën komen overeen met de legenda die de verschillende pijlsymbolen toelicht in de kaarten van Hoofdstuk 4.

| Cluster | Meetpunt    | Meetpunt                                                | Trend_jaar | Trend                     |
|---------|-------------|---------------------------------------------------------|------------|---------------------------|
| 1       | 26GN-067-01 | BAARDMEESTOCHT, duiker Baardmeesweg, QZ19               | -0,0025    | Daling, kleine trend      |
| 1       | 26FZ-045-01 | HIERDENSETOCHT, brug Kokkelweg                          | 0          | Geen trend                |
| 1       | 26FN-039-01 | OLDEBROEKERTOCHT, brug Oldebroekerweg                   | -0,002484  | Daling, matige trend      |
| 1       | 27AN-017-01 | OOSTERWOLDERTOCHT, brug Olsterweg                       | 0,001146   | Geen trend                |
| 1       | 21CN-016-01 | ROGGEBOTTOCHT, duiker Ketelweg                          | -0,005556  | Daling, kleine trend      |
| 1       | 20CZ-018-01 | ZWOLSETOCHT, duiker Hondweg                             | 0,001109   | Geen trend                |
| 2       | 26DN-042-01 | BOSRUITERTOCHT, brug Bosruiterweg                       | -0,002     | Daling, kleine trend      |
| 2       | 26AZ-049-01 | GRUTTOTOCHT, onder brug A6                              | -0,003333  | Daling, kleine trend      |
| 2       | 26EN-071-01 | HOLLANDESETOCHT, t.h.v. Burchtkamp/A6                   | -0,001667  | Daling, kleine trend      |
| 2       | 26BZ-057-01 | LEPELAARTOCHT, brug Ibisweg                             | 0          | Geen trend                |
| 2       | 26DZ-001-01 | RASSENBEKTOCHT, duiker Priempad                         | 0          | Geen trend                |
| 2       | 20HZ-042-01 | RIETTOCHT, duiker Dronterweg                            | 0          | Daling, zeer kleine trend |
| 2       | 20GZ-031-01 | VUURSTEENTOCHT, duiker Wisentweg                        | 0          | Geen trend                |
| 2       | 20GZ-030-01 | WIERTOCHT, brug Zeeasterweg                             | -0,0025    | Daling, kleine trend      |
| 3       | 20GN-035-01 | NOORDERTOCHT, brug Klokbeekweg                          | 0,004833   | Stijging, kleine trend    |
| 3       | 20HN-045-01 | SWIFTERVAART, brug Elandweg                             | 0          | Geen trend                |
| 4       | 15HZ-062-01 | ANKERTOCHT, voor Steven Rippengemaal                    | -0,003571  | Daling, kleine trend      |
| 4       | 15HZ-049-01 | CREILERVAART, brug Banterweg                            | -0,0025    | Daling, kleine trend      |
| 4       | 20FN-116-01 | ESPELERVAART, Urkerweg, Emmeloord t.h.v. fietsbrug      | -0,003846  | Daling, kleine trend      |
| 4       | 16CZ-062-01 | KUINDERVAART, duiker Friesepad                          | -0,001     | Geen trend                |
| 4       | 21AN-089-01 | LUTTELGEESTERVAART, brug Marknesserweg                  | -0,002426  | Geen trend                |
| 4       | 20FN-165-01 | NAGELERVAART, Karel Doormanweg Ioswal                   | -0,005     | Daling, matige trend      |
| 4       | 15HN-095-01 | RUTTENSEVAART, brug Lemsterweg                          | -0,003636  | Daling, kleine trend      |
| 4       | 20FN-192-01 | ZUIDERVAART, brug Randweg                               | -0,0025    | Daling, kleine trend      |
| 5       | 21AN-124-01 | VOORSTERTOCHT, duiker Voorsterweg                       | -0,003333  | Daling, kleine trend      |
| 6       | 21AN-116-01 | ENSERVAART, brug Leemringweg                            | -0,001538  | Daling, kleine trend      |
| 6       | 15HN-086-01 | LEMSTERVAART, brug Ruttenseweg (NP214)                  | -0,0025    | Daling, kleine trend      |
| 6       | 20FN-186-01 | URKERVAART, steiger t/o Toppad Urk                      | -0,002206  | Daling, kleine trend      |
| 6       | 21BN-032-01 | ZWOLSEVAART, 'De Voorst' bij Voorstersluis              | -0,004444  | Daling, matige trend      |
| 6       | 21AN-126-01 | ZWOLSEVAART, Steiger Hoge Sluiswal                      | -0,0025    | Daling, kleine trend      |
| 7       | 26HN-001-01 | HOGЕ DWARSVAART, gemaal Lovink t.h.v. kano opstapplaats | -0,002222  | Daling, kleine trend      |
| 7       | 26DN-041-01 | HOGЕ VAART, Adelaarsweg visplek                         | -0,000963  | Daling, kleine trend      |
| 7       | 26AZ-052-01 | HOGЕ VAART, gemaal De Blocq van Kuffeler                | -0,00125   | Daling, kleine trend      |
| 7       | 21CN-015-01 | HOGЕ VAART, Ketelhaven einde steiger                    | -0,003     | Daling, kleine trend      |
| 7       | 26EZ-025-01 | LARSERTOCHT, aflatwerk Vleetweg, hoge kant              | -0,000347  | Geen trend                |
| 8       | 26BN-008-01 | LAGE DWARSVAART, brug Buizerdweg                        | -0,006132  | Daling, kleine trend      |
| 8       | 20HN-044-01 | LAGE VAART, brug Colijnweg                              | -0,003571  | Daling, kleine trend      |
| 8       | 26AZ-053-01 | LAGE VAART, gemaal De Blocq van Kuffeler                | -0,005     | Daling, kleine trend      |
| 8       | 26AZ-050-01 | LAGE VAART, insteekhaven, Almere de Vaart               | -0,01      | Daling, kleine trend      |
| 8       | 26BN-001-01 | LAGE VAART, Lage Knarsluis vanaf steiger                | -0,006     | Daling, matige trend      |
| 8       | 26EN-021-01 | LARSERVAART, Meerkoetenweg                              | -0,004167  | Daling, matige trend      |
| 8       | 20GZ-032-01 | OOSTERVAART, Runderweg einde sintelpad manege           | -0,000667  | Geen trend                |

Tabel F.5 Een overzicht van de gevonden jaartrends voor orthofosfaat per meetpunt. De tabel geeft inzicht in het cluster waar het meetpunt in hoort, de meetpuntcodering en -omschrijving en binnen welke categorie deze trend valt. Deze categorieën komen overeen met de legenda die de verschillende pijlsymbolen toelicht in de kaarten van Hoofdstuk 4.

| Cluster | Meetpunt    | Meetpunt                                                 | Trend_jaar | Trend                       |
|---------|-------------|----------------------------------------------------------|------------|-----------------------------|
| 1       | 26GN-067-01 | BAARDMEESTOCHT, duiker Baardmeesweg, QZ19                | 0          | Daling, zeer kleine trend   |
| 1       | 26FN-039-01 | OLDEBROEKERTOCHT, brug Oldebroekerweg                    | 0          | Geen trend                  |
| 1       | 21CN-016-01 | ROGGEBOTTOCHT, duiker Ketelweg                           | 0          | Daling, zeer kleine trend   |
| 2       | 26DN-042-01 | BOSRUITERTOCHT, brug Bosruiterweg                        | -0,000057  | Daling, zeer kleine trend   |
| 2       | 26AZ-049-01 | GRUTTOTOCHT, onder brug A6                               | 0          | Stijging, zeer kleine trend |
| 2       | 26EN-071-01 | HOLLANDSETOCHT, t.h.v. Burchtkamp/A6                     | 0          | Daling, zeer kleine trend   |
| 2       | 26BZ-057-01 | LEPELAARTOCHT, brug Ibisweg                              | 0          | Geen trend                  |
| 2       | 26DZ-001-01 | RASSENBEKTOCHT, duiker Priempad                          | 0,000437   | Geen trend                  |
| 3       | 20GN-035-01 | NOORDERTOCHT, brug Klokbeke weg                          | 0,000625   | Geen trend                  |
| 4       | 16CZ-062-01 | KUINDERVAART, duiker Friesepad                           | 0          | Geen trend                  |
| 4       | 21AN-089-01 | LUTTELGEESTERVAART, brug Marknesserweg                   | 0          | Daling, zeer kleine trend   |
| 4       | 20FN-165-01 | NAGELERVAART, Karel Doormanweg Ioswal                    | 0          | Daling, zeer kleine trend   |
| 4       | 20FN-192-01 | ZUIDERVAART, brug Randweg                                | 0          | Daling, zeer kleine trend   |
| 5       | 21AN-124-01 | VOORSTERTOCHT, duiker Voorsterweg                        | 0          | Daling, zeer kleine trend   |
| 6       | 20FN-186-01 | URKTERVAART, steiger t/o Toppad Urk                      | -0,000081  | Daling, zeer kleine trend   |
| 6       | 21BN-032-01 | ZWOLSEVAART, 'De Voorst' bij Voorstersluis               | -0,000577  | Daling, matige trend        |
| 6       | 21AN-126-01 | ZWOLSEVAART, Steiger Hoge Sluiswal                       | 0          | Daling, zeer kleine trend   |
| 7       | 26HN-001-01 | HOGHE DWARSVAART, gemaal Lovink t.h.v. kano opstapplaats | -0,000311  | Daling, kleine trend        |
| 7       | 26DN-041-01 | HOGHE VAART, Adelaarsweg visplek                         | -0,00018   | Geen trend                  |
| 7       | 26AZ-052-01 | HOGHE VAART, gemaal De Blocq van Kuffeler                | 0,000436   | Stijging, kleine trend      |
| 7       | 21CN-015-01 | HOGHE VAART, Ketelhaven einde steiger                    | -0,000625  | Daling, matige trend        |
| 7       | 26EZ-025-01 | LARSERTOCHT, aflatwerk Vleetweg, hoge kant               | 0          | Geen trend                  |
| 8       | 26BN-008-01 | LAGE DWARSVAART, brug Buizerdweg                         | -0,000972  | Daling, grote trend         |
| 8       | 26AZ-053-01 | LAGE VAART, gemaal De Blocq van Kuffeler                 | -0,000833  | Geen trend                  |
| 8       | 26AZ-050-01 | LAGE VAART, insteekhaven, Almere de Vaart                | -0,002697  | Daling, kleine trend        |
| 8       | 26BN-001-01 | LAGE VAART, Lage Knarsluis vanaf steiger                 | -0,000536  | Daling, kleine trend        |
| 8       | 20GZ-032-01 | OOSTERVAART, Runderweg einde sintelpad manege            | 0          | Geen trend                  |

Tabel F.6 Een overzicht van de gevonden jaartrends voor chlorofyl-A per meetpunt. De tabel geeft inzicht in het cluster waar het meetpunt in hoort, de meetpuntcodering en -omschrijving en binnen welke categorie deze trend valt. Deze categorieën komen overeen met de legenda die de verschillende pijlsymbolen toelicht in de kaarten van Hoofdstuk 4.

| Cluster | Meetpunt    | Meetpunt                                                 | Trend_jaar | Trend                     |
|---------|-------------|----------------------------------------------------------|------------|---------------------------|
| 4       | 15HZ-062-01 | ANKERTOCHT, voor Steven Rippengemaal                     | 0          | Geen trend                |
| 2       | 26DN-042-01 | BOSRUITERTOCHT, brug Bosruiterweg                        | -1,363636  | Geen trend                |
| 4       | 15HZ-049-01 | CREILERVAART, brug Banterweg                             | 0          | Geen trend                |
| 6       | 21AN-116-01 | ENSERVAART, brug Leemringweg                             | -0,183333  | Geen trend                |
| 4       | 20FN-116-01 | ESPELERVAART, Urkerweg, Emmeloord t.h.v. fietsbrug       | 0          | Geen trend                |
| 2       | 26AZ-049-01 | GRUTTOTOCHT, onder brug A6                               | -6,974524  | Daling, grote trend       |
| 7       | 26HN-001-01 | HOGHE DWARSVAART, gemaal Lovink t.h.v. kano opstapplaats | 0          | Daling, zeer kleine trend |
| 7       | 26DN-041-01 | HOGHE VAART, Adelaarsweg visplek                         | -1,043755  | Daling, matige trend      |
| 7       | 26AZ-052-01 | HOGHE VAART, gemaal De Blocq van Kuffeler                | -0,545455  | Daling, grote trend       |
| 7       | 21CN-015-01 | HOGHE VAART, Ketelhaven einde steiger                    | -0,21259   | Geen trend                |
| 2       | 26EN-071-01 | HOLLANDSETOCHT, t.h.v. Burchtkamp/A6                     | -0,580025  | Geen trend                |
| 4       | 16CZ-062-01 | KUINDERVAART, duiker Friesepad                           | -2,46259   | Daling, matige trend      |
| 8       | 26BN-008-01 | LAGE DWARSVAART, brug Buizerdweg                         | -0,472041  | Geen trend                |
| 8       | 20HN-044-01 | LAGE VAART, brug Colijnweg                               | -2,195122  | Daling, matige trend      |
| 8       | 26AZ-053-01 | LAGE VAART, gemaal De Blocq van Kuffeler                 | -4,5       | Daling, matige trend      |
| 8       | 26AZ-050-01 | LAGE VAART, insteekhaven, Almere de Vaart                | -3,84375   | Daling, matige trend      |

|   |             |                                               |           |                             |
|---|-------------|-----------------------------------------------|-----------|-----------------------------|
| 8 | 26BN-001-01 | LAGE VAART, Lage Knarsluis vanaf steiger      | -3,28125  | Daling, matige trend        |
| 7 | 26EZ-025-01 | LARSERTOCHT, aflaatsluik Vleetweg, hoge kant  | -0,590362 | Geen trend                  |
| 8 | 26EN-021-01 | LARSERVAART, Meerkoetenweg                    | -2,866667 | Daling, matige trend        |
| 6 | 15HN-086-01 | LEMSTERVAART, brug Ruttenseweg (NP214)        | 0         | Geen trend                  |
| 2 | 26BZ-057-01 | LEPELAARTOCHT, brug Ibisweg                   | 0         | Geen trend                  |
| 4 | 21AN-089-01 | LUTTELGEESTERVAART, brug Marknesserweg        | 0         | Geen trend                  |
| 4 | 20FN-165-01 | NAGELERVAART, Karel Doormanweg loswal         | -0,615385 | Daling, kleine trend        |
| 3 | 20GN-035-01 | NOORDERTOCHT, brug Klokbeekweg                | -1,152124 | Geen trend                  |
| 8 | 20GZ-032-01 | OOSTERVAART, Runderweg einde sintelpad manege | -1,75     | Daling, kleine trend        |
| 2 | 26DZ-001-01 | RASSENBEKTOCHT, duiker Priempad               | -1,448276 | Geen trend                  |
| 2 | 20HZ-042-01 | RIETTOCHT, duiker Dronterweg                  | 0         | Daling, zeer kleine trend   |
| 1 | 21CN-016-01 | ROGGEBOTTOCHT, duiker Ketelweg                | 0         | Geen trend                  |
| 4 | 15HN-095-01 | RUTTENSEVAART, brug Lemsterweg                | 0         | Geen trend                  |
| 3 | 20HN-045-01 | SWIFTERVAART, brug Elandweg                   | -2,357143 | Geen trend                  |
| 6 | 20FN-186-01 | URKTERVAART, steiger t/o Toppad Urk           | -0,428571 | Geen trend                  |
| 2 | 20GZ-031-01 | VUURSTEENTOCHT, duiker Wisentweg              | 0         | Geen trend                  |
| 2 | 20GZ-030-01 | WIERTOCHT, brug Zeeasterweg                   | 0         | Geen trend                  |
| 4 | 20FN-192-01 | ZUIDERVAART, brug Randweg                     | 0         | Geen trend                  |
| 1 | 20CZ-018-01 | ZWOLSETOCHT, duiker Hondweg                   | 0         | Stijging, zeer kleine trend |
| 6 | 21BN-032-01 | ZWOLSEVAART, 'De Voorst' bij Voorstersluis    | -2,94324  | Daling, zeer grote trend    |
| 6 | 21AN-126-01 | ZWOLSEVAART, Steiger Hoge Sluiswal            | -0,671225 | Daling, matige trend        |

Tabel F.7 Een overzicht van de gevonden jaartrends voor chloride per meetpunt. De tabel geeft inzicht in het cluster waar het meetpunt in hoort, de meetpuntcodering en -omschrijving en binnen welke categorie deze trend valt. Deze categorieën komen overeen met de legenda die de verschillende pijlsymbolen toelicht in de kaarten van Hoofdstuk 4.

| Cluster | Meetpunt    | Meetpunt                                           | Trend_jaar     | Trend                  |
|---------|-------------|----------------------------------------------------|----------------|------------------------|
| 1       | 26GN-067-01 | BAARDMEESTOCHT, duiker Baardmeesweg, QZ19          | 1,285714       | Stijging, kleine trend |
| 1       | 26FZ-045-01 | HIERDENSETOCHT, brug Kokkelweg                     | 2,010692       | Geen trend             |
| 1       | 26FN-039-01 | OLDEBROEKERTOCHT, brug Oldebroekerweg              | 0              | Geen trend             |
| 1       | 27AN-017-01 | OOSTERWOLDERTOCHT, brug Olsterweg                  | -0,083333      | Geen trend             |
| 1       | 21CN-016-01 | ROGGEBOTTOCHT, duiker Ketelweg                     | 2,222222       | Geen trend             |
| 1       | 20CZ-018-01 | ZWOLSETOCHT, duiker Hondweg                        | 0              | Geen trend             |
| 2       | 26DN-042-01 | BOSRUITERTOCHT, brug Bosruiterweg                  | -3,126675      | Daling, kleine trend   |
| 2       | 26AZ-049-01 | GRUTTOTOCHT, onder brug A6                         | -0,714286      | Geen trend             |
| 2       | 26EN-071-01 | HOLLANDSETOCHT, t.h.v. Burchtkamp/A6               | 10,554489      | Stijging, kleine trend |
| 2       | 26BZ-057-01 | LEPELAARTOCHT, brug Ibisweg                        | -0,142857      | Geen trend             |
| 2       | 26DZ-001-01 | RASSENBEKTOCHT, duiker Priempad                    | -3,333333      | Daling, kleine trend   |
| 2       | 20HZ-042-01 | RIETTOCHT, duiker Dronterweg                       | -<br>11,537725 | Daling, kleine trend   |
| 2       | 20GZ-031-01 | VUURSTEENTOCHT, duiker Wisentweg                   | 5              | Geen trend             |
| 2       | 20GZ-030-01 | WIERTOCHT, brug Zeeasterweg                        | -2,403846      | Geen trend             |
| 3       | 20GN-035-01 | NOORDERTOCHT, brug Klokbeekweg                     | 12,105373      | Stijging, kleine trend |
| 3       | 20HN-045-01 | SWIFTERVAART, brug Elandweg                        | 8,660533       | Stijging, kleine trend |
| 4       | 15HZ-062-01 | ANKERTOCHT, voor Steven Rippengemaal               | -1,932835      | Geen trend             |
| 4       | 15HZ-049-01 | CREILERVAART, brug Banterweg                       | 0              | Geen trend             |
| 4       | 20FN-116-01 | ESPELERVAART, Urkerweg, Emmeloord t.h.v. fietsbrug | -1,80442       | Geen trend             |

|   |             |                                                         |           |                             |
|---|-------------|---------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------|
| 4 | 16CZ-062-01 | KUINDERVAART, duiker Friesepad                          | -1,899038 | Daling, kleine trend        |
| 4 | 21AN-089-01 | LUTTELGEESTERVAART, brug Marknesserweg                  | 3,333333  | Stijging, kleine trend      |
| 4 | 16CZ-091-01 | MARKNESSERVAART, loswal Baarloseweg (NP085)             | 5,833333  | Stijging, kleine trend      |
| 4 | 20FN-165-01 | NAGELERVAART, Karel Doormanweg loswal                   | 5,798319  | Stijging, kleine trend      |
| 4 | 15HN-095-01 | RUTTENSEVAART, brug Lemsterweg                          | 1,428571  | Stijging, zeer kleine trend |
| 4 | 20FN-192-01 | ZUIDERVAART, brug Randweg                               | 1,25      | Geen trend                  |
| 5 | 21AN-124-01 | VOORSTERTOCHT, duiker Voorsterweg                       | -10       | Daling, kleine trend        |
| 6 | 21AN-116-01 | ENSERVAART, brug Leemringweg                            | -0,5      | Geen trend                  |
| 6 | 15HN-086-01 | LEMSTERVAART, brug Ruttenseweg (NP214)                  | 1,25      | Stijging, zeer kleine trend |
| 6 | 20FN-186-01 | URKERVAART, steiger t/o Toppad Urk                      | 2,712924  | Stijging, zeer kleine trend |
| 6 | 21BN-032-01 | ZWOLSEVAART, 'De Voorst' bij Voorstersluis              | 1,357143  | Stijging, kleine trend      |
| 6 | 21AN-126-01 | ZWOLSEVAART, Steiger Hoge Sluiswal                      | -0,768993 | Daling, zeer kleine trend   |
| 7 | 26HN-001-01 | HOGЕ DWARSVAART, gemaal Lovink t.h.v. kano opstapplaats | -2,857143 | Daling, kleine trend        |
| 7 | 26DN-041-01 | HOGЕ VAART, Adelaarsweg visplek                         | -3,255883 | Daling, kleine trend        |
| 7 | 26AZ-052-01 | HOGЕ VAART, gemaal De Blocq van Kuffeler                | 0,304953  | Geen trend                  |
| 7 | 21CN-015-01 | HOGЕ VAART, Ketelhaven einde steiger                    | 0         | Geen trend                  |
| 7 | 26EZ-025-01 | LARSERTOCHT, aflatwerk Vleetweg, hoge kant              | -2,5      | Daling, kleine trend        |
| 8 | 26BN-008-01 | LAGE DWARSVAART, brug Buizerdweg                        | 7,795139  | Stijging, kleine trend      |
| 8 | 20HN-044-01 | LAGE VAART, brug Colijnweg                              | 4,103035  | Stijging, zeer kleine trend |
| 8 | 26AZ-053-01 | LAGE VAART, gemaal De Blocq van Kuffeler                | 0,625     | Geen trend                  |
| 8 | 26AZ-050-01 | LAGE VAART, insteekhaven, Almere de Vaart               | 1,576797  | Geen trend                  |
| 8 | 26BN-001-01 | LAGE VAART, Lage Knarsluis vanaf steiger                | 16,785714 | Stijging, kleine trend      |
| 8 | 26EN-021-01 | LARSERVAART, Meerkoetenweg                              | 5,643763  | Stijging, zeer kleine trend |
| 8 | 20GZ-032-01 | OOSTERVAART, Runderweg einde sintelpad manege           | 3,615267  | Geen trend                  |

Tabel F.8 Een overzicht van de gevonden jaartrends voor geleidbaarheid per meetpunt. De tabel geeft inzicht in het cluster waar het meetpunt in hoort, de meetpuntcodering en -omschrijving en binnen welke categorie deze trend valt. Deze categorieën komen overeen met de legenda die de verschillende pijlsymbolen toelicht in de kaarten van Hoofdstuk 4.

| Cluster | Meetpunt    | Meetpunt                                  | Trend_jaar | Trend                       |
|---------|-------------|-------------------------------------------|------------|-----------------------------|
| 1       | 26GN-067-01 | BAARDMEESTOCHT, duiker Baardmeesweg, QZ19 | 0,519048   | Geen trend                  |
| 1       | 26FZ-045-01 | HIERDENSETOCHT, brug Kokkelweg            | 0,441288   | Stijging, zeer kleine trend |
| 1       | 26FN-039-01 | OLDEBROEKERTOCHT, brug Oldebroekerweg     | -0,22      | Daling, zeer kleine trend   |
| 1       | 27AN-017-01 | OOSTERWOLDERTOCHT, brug Olsterweg         | -0,265385  | Daling, zeer kleine trend   |
| 1       | 21CN-016-01 | ROGGEBOTTOCHT, duiker Ketelweg            | 0,0625     | Geen trend                  |
| 1       | 20CZ-018-01 | ZWOLSETOCHT, duiker Hondweg               | 0,075      | Geen trend                  |
| 2       | 26DN-042-01 | BOSRUITERTOCHT, brug Bosruiterweg         | -1,854167  | Daling, zeer kleine trend   |
| 2       | 26AZ-049-01 | GRUTTOTOCHT, onder brug A6                | -2,25      | Daling, kleine trend        |
| 2       | 26EN-071-01 | HOLLANDSETOCHT, t.h.v. Burchtkamp/A6      | 2,664274   | Stijging, zeer kleine trend |
| 2       | 26BZ-057-01 | LEPELAARTOCHT, brug Ibisweg               | 0,202326   | Geen trend                  |
| 2       | 26DZ-001-01 | RASSENBEKTOCHT, duiker Priempad           | -2,4       | Daling, kleine trend        |
| 2       | 20HZ-042-01 | RIETTOCHT, duiker Dronterweg              | -4,583333  | Daling, kleine trend        |
| 2       | 20GZ-031-01 | VUURSTEENTOCHT, duiker Wisentweg          | -0,719212  | Geen trend                  |
| 2       | 20GZ-030-01 | WIERTOCHT, brug Zeeasterweg               | -1,5       | Geen trend                  |
| 3       | 20GN-035-01 | NOORDERTOCHT, brug Klokbeke weg           | 3,743129   | Stijging, kleine trend      |
| 3       | 20HN-045-01 | SWIFTERVAART, brug Elandweg               | 2,089716   | Stijging, zeer kleine trend |
| 4       | 15HZ-062-01 | ANKERTOCHT, voor Steven Rippengemaal      | -1,236343  | Geen trend                  |
| 4       | 15HZ-049-01 | CREILERVAART, brug Banterweg              | 0,026667   | Geen trend                  |

|   |             |                                                          |           |                             |
|---|-------------|----------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------|
| 4 | 20FN-116-01 | ESPELTERVAART, Urkerweg, Emmeloord t.h.v. fietsbrug      | -1,137121 | Geen trend                  |
| 4 | 16CZ-062-01 | KUINDERVAART, duiker Friesepad                           | -1        | Daling, zeer kleine trend   |
| 4 | 15HN-086-01 | LEMSTERVAART, brug Ruttenseweg (NP214)                   | 0,25      | Geen trend                  |
| 4 | 21AN-089-01 | LUTTELGEESTERVAART, brug Marknesserweg                   | 1,444317  | Stijging, zeer kleine trend |
| 4 | 16CZ-091-01 | MARKNESSERVAART, loswal Baarloeseweg (NP085)             | 2,916667  | Stijging, kleine trend      |
| 4 | 20FN-165-01 | NAGELTERVAART, Karel Doormanweg loswal                   | 1,294118  | Stijging, zeer kleine trend |
| 4 | 15HN-095-01 | RUTTENSEVAART, brug Lemsterweg                           | 0,236092  | Geen trend                  |
| 4 | 20FN-192-01 | ZUIDERVAART, brug Randweg                                | 0,539386  | Geen trend                  |
| 5 | 21AN-124-01 | VOORSTERTOCHT, duiker Voorsterweg                        | -3,261538 | Daling, kleine trend        |
| 6 | 21AN-116-01 | ENSERVAART, brug Leemringweg                             | -0,5      | Daling, zeer kleine trend   |
| 6 | 20FN-186-01 | URKERVAART, steiger t/o Toppad Urk                       | 0,535625  | Geen trend                  |
| 6 | 21BN-032-01 | ZWOLSEVAART, 'De Voorst' bij Voorstersluis               | 0,4       | Stijging, zeer kleine trend |
| 6 | 21AN-126-01 | ZWOLSEVAART, Steiger Hoge Sluiswal                       | -0,15     | Geen trend                  |
| 7 | 26HN-001-01 | HOGHE DWARSVAART, gemaal Lovink t.h.v. kano opstapplaats | -1,683333 | Daling, kleine trend        |
| 7 | 26DN-041-01 | HOGHE VAART, Adelaarsweg visplek                         | -1,475    | Daling, zeer kleine trend   |
| 7 | 26AZ-052-01 | HOGHE VAART, gemaal De Blocq van Kuffeler                | -0,148031 | Geen trend                  |
| 7 | 21CN-015-01 | HOGHE VAART, Ketelhaven einde steiger                    | -0,121111 | Geen trend                  |
| 7 | 26EZ-025-01 | LARSERTOCHT, aflaatwerk Vleetweg, hoge kant              | -1,944444 | Daling, kleine trend        |
| 8 | 26BN-008-01 | LAGE DWARSVAART, brug Buizerdweg                         | 2,669725  | Geen trend                  |
| 8 | 20HN-044-01 | LAGE VAART, brug Colijnweg                               | -0,015625 | Geen trend                  |
| 8 | 26AZ-053-01 | LAGE VAART, gemaal De Blocq van Kuffeler                 | 0,525661  | Geen trend                  |
| 8 | 26AZ-050-01 | LAGE VAART, insteekhaven, Almere de Vaart                | -0,500967 | Geen trend                  |
| 8 | 26BN-001-01 | LAGE VAART, Lage Knarsluis vanaf steiger                 | 3,833333  | Stijging, kleine trend      |
| 8 | 26EN-021-01 | LARSERVAART, Meerkoetenweg                               | 1,698077  | Geen trend                  |
| 8 | 20GZ-032-01 | OOSTERVAART, Runderweg einde sintelpad manege            | 1,132688  | Geen trend                  |

Tabel F.9 Een overzicht van de gevonden jaartrends voor sulfaat per meetpunt. De tabel geeft inzicht in het cluster waar het meetpunt in hoort, de meetpuntcodering en -omschrijving en binnen welke categorie deze trend valt. Deze categorieën komen overeen met de legenda die de verschillende pijlsymbolen toelicht in de kaarten van Hoofdstuk 4.

| Cluster | Meetpunt    | Meetpunt_o                                | Trend_jaar | Trend                  |
|---------|-------------|-------------------------------------------|------------|------------------------|
| 1       | 26GN-067-01 | BAARDMEESTOCHT, duiker Baardmeesweg, QZ19 | 1,666667   | Geen trend             |
| 1       | 26FZ-045-01 | HIERDENSETOCHT, brug Kokkelweg            | -0,8       | Daling, kleine trend   |
| 1       | 26FN-039-01 | OLDEBROEKERTOCHT, brug Oldebroekerweg     | -1,285714  | Daling, kleine trend   |
| 1       | 27AN-017-01 | OOSTERWOLDERTOCHT, brug Olsterweg         | -1,357143  | Daling, kleine trend   |
| 1       | 21CN-016-01 | ROGGEBOTTOCHT, duiker Ketelweg            | -1,020833  | Daling, kleine trend   |
| 1       | 20CZ-018-01 | ZWOLSETOCHT, duiker Hondweg               | -0,444444  | Daling, kleine trend   |
| 2       | 26DN-042-01 | BOSRUITERTOCHT, brug Bosruiterweg         | -4,604005  | Geen trend             |
| 2       | 26AZ-049-01 | GRUTTOTOCHT, onder brug A6                | -6,705981  | Geen trend             |
| 2       | 26EN-071-01 | HOLLANDSETOCHT, t.h.v. Burchtkamp/A6      | 0,173197   | Geen trend             |
| 2       | 26BZ-057-01 | LEPELAARTOCHT, brug Ibisweg               | 3,933176   | Stijging, kleine trend |
| 2       | 26DZ-001-01 | RASSENBEKTOCHT, duiker Priempad           | -5,384615  | Daling, kleine trend   |
| 2       | 20HZ-042-01 | RIETTOCHT, duiker Dronterweg              | -7,703297  | Daling, kleine trend   |
| 2       | 20GZ-031-01 | VUURSTEENTOCHT, duiker Wisentweg          | -6,666667  | Daling, kleine trend   |
| 2       | 20GZ-030-01 | WIERTOCHT, brug Zeeasterweg               | -4,918262  | Daling, kleine trend   |
| 3       | 20GN-035-01 | NOORDERTOCHT, brug Klokbeckerweg          | -5,123672  | Daling, kleine trend   |
| 3       | 20HN-045-01 | SWIFTERVAART, brug Elandweg               | -4,284885  | Daling, kleine trend   |

|   |             |                                                     |           |                             |
|---|-------------|-----------------------------------------------------|-----------|-----------------------------|
| 4 | 15HZ-062-01 | ANKERTOCHT, voor Steven Rippengemaal                | -0,531285 | Geen trend                  |
| 4 | 15HZ-049-01 | CREILERVAART, brug Banterweg                        | -0,420024 | Geen trend                  |
| 4 | 20FN-116-01 | ESPELTERVAART, Urkerweg, Emmeloord t.h.v. fietsbrug | -0,433333 | Geen trend                  |
| 4 | 16CZ-062-01 | KUINDERVAART, duiker Friesepad                      | -0,586586 | Daling, zeer kleine trend   |
| 4 | 15HN-086-01 | LEMSTERVAART, brug Ruttenseweg (NP214)              | -0,038462 | Geen trend                  |
| 4 | 21AN-089-01 | LUTTELGEESTERVAART, brug Marknesserweg              | 0,404545  | Stijging, zeer kleine trend |
| 4 | 20FN-165-01 | NAGELERVAART, Karel Doormanweg Ioswal               | -0,707143 | Geen trend                  |
| 4 | 15HN-095-01 | RUTTENSEVAART, brug Lemsterweg                      | -0,320513 | Daling, zeer kleine trend   |
| 4 | 20FN-192-01 | ZUIDERVAART, brug Randweg                           | 0,1125    | Geen trend                  |
| 5 | 21AN-124-01 | VOORSTERTOCHT, duiker Voorsterweg                   | -0,75     | Daling, kleine trend        |
| 6 | 21AN-116-01 | ENSERVAART, brug Leemringweg                        | -0,752875 | Daling, kleine trend        |
| 6 | 20FN-186-01 | URKERVAART, steiger t/o Toppad Urk                  | -0,285714 | Geen trend                  |
| 6 | 21BN-032-01 | ZWOLSEVAART, 'De Voorst' bij Voorstersluis          | 0,188988  | Geen trend                  |
| 6 | 21AN-126-01 | ZWOLSEVAART, Steiger Hoge Sluiswal                  | -0,222527 | Geen trend                  |
| 7 | 26HN-001-01 | HOGESWAART, gemaal Lovink t.h.v. kano opstapplaats  | -2,75     | Daling, kleine trend        |
| 7 | 26DN-041-01 | HOGESWAART, Adelaarsweg visplek                     | 1,306548  | Geen trend                  |
| 7 | 26AZ-052-01 | HOGESWAART, gemaal De Blocq van Kuffeler            | -0,738372 | Geen trend                  |
| 7 | 21CN-015-01 | HOGESWAART, Ketelhaven einde steiger                | -0,563492 | Daling, zeer kleine trend   |
| 7 | 26EZ-025-01 | LARSERTOCHT, aflatwerk Vleetweg, hoge kant          | -4,738095 | Daling, kleine trend        |
| 8 | 26BN-008-01 | LAGE DWARSVAART, brug Buizerdweg                    | -1,277473 | Daling, kleine trend        |
| 8 | 20HN-044-01 | LAGE VAART, brug Colijnweg                          | -4        | Daling, kleine trend        |
| 8 | 26AZ-053-01 | LAGE VAART, gemaal De Blocq van Kuffeler            | 1,270833  | Geen trend                  |
| 8 | 26AZ-050-01 | LAGE VAART, insteekhaven, Almere de Vaart           | 0,773039  | Geen trend                  |
| 8 | 26BN-001-01 | LAGE VAART, Lage Knarsluis vanaf steiger            | -4,074281 | Daling, kleine trend        |
| 8 | 26EN-021-01 | LARSERVAART, Meerkoetenweg                          | 1,929707  | Geen trend                  |
| 8 | 20GZ-032-01 | OOSTERVAART, Runderweg einde sintelpad manege       | -5,170476 | Daling, kleine trend        |

## Bijlage G: Trendanalyse resultaten van klimatologische parameters

Tabel G.1 Een overzicht van de gevonden jaartrends voor watertemperatuur per meetpunt. De tabel geeft inzicht in de meetpuntcodering en -omschrijving en binnen welke categorie deze trend valt. Deze categorieën komen overeen met de legenda die de verschillende pijlsymbolen toelicht in de kaarten van Hoofdstuk 4.

| Meetpunt                                            | Geschatte jaartrend | P-waarde  | Significantie | Mediaan | Relatieve trend | Soort trend                 |
|-----------------------------------------------------|---------------------|-----------|---------------|---------|-----------------|-----------------------------|
| BOSRUITERTOCHT, brug Bosruiterweg                   | 0.0347              | 0.0403273 | Ja            | 12.98   | 0.267%          | Stijging, zeer kleine trend |
| ESPELERSVAART, Urkerweg, Emmeloord t.h.v. fietsbrug | -0.0197             | 0.1749727 | Nee           | 12.58   | -0.157%         | Geen significante trend     |
| HOGESVAART, gemaal De Blocq van Kuffeler            | 0.0167              | 0.3256164 | Nee           | 12.54   | 0.134%          | Geen significante trend     |
| LAGE VAART, Lage Knarsluis vanaf steiger            | 0.0280              | 0.0612627 | Nee           | 12.65   | 0.222%          | Geen significante trend     |
| LEMSTERVAART, brug Ruttenseweg (NP214)              | 0.0093              | 0.552062  | Nee           | 12.32   | 0.075%          | Geen significante trend     |
| LEPELVAART, brug Ibisweg                            | 0.0316              | 0.0487677 | Ja            | 12.67   | 0.249%          | Stijging, zeer kleine trend |
| OLDEBROEKERTOCHT, brug Oldebroekerweg               | 0.0174              | 0.2864462 | Nee           | 12.63   | 0.138%          | Geen significante trend     |
| SWIFTERVAART, brug Elandweg                         | 0.0165              | 0.2658172 | Nee           | 12.25   | 0.135%          | Geen significante trend     |
| URKERSVAART, steiger t/o Toppad Urk                 | 0.0038              | 0.8026651 | Nee           | 12.54   | 0.030%          | Geen significante trend     |
| WIERTOCHT, brug Zeeasterweg                         | 0.0346              | 0.0172977 | Ja            | 12.69   | 0.273%          | Stijging, zeer kleine trend |
| ZWOLSEVAART, 'De Voorst' bij Voorstersluis          | -0.0137             | 0.4552007 | Nee           | 12.20   | -0.112%         | Geen significante trend     |

Tabel G.2 Een overzicht van de jaargemiddelden voor de parameters luchttemperatuur, dagelijkse neerslag en dagelijkse verdamping in Lelystad.

| Jaargemiddelden |          |          |          |
|-----------------|----------|----------|----------|
| YYYYMMDD        | TG       | RH       | EV24     |
| 1990            | 110,3589 |          | 17,74613 |
| 1991            | 91,50685 |          | 15,12603 |
| 1992            | 101,1667 | 22,4274  | 16,03552 |
| 1993            | 91,76712 | 25,31579 | 14,3589  |
| 1994            | 101,7397 | 25,89041 | 15,24384 |
| 1995            | 100,611  | 20,53699 | 16,83562 |
| 1996            | 81,85519 | 15,33607 | 14,46995 |
| 1997            | 99,72877 | 16,50137 | 15,99178 |
| 1998            | 101,4603 | 31,34247 | 14,19452 |
| 1999            | 101,303  | 21,91162 | 15,4596  |
| 2000            | 106,4863 | 24,59563 | 15,46448 |
| 2001            | 108,6377 | 29,36527 | 17,37126 |
| 2002            | 116,477  | 26,61184 | 18,44737 |
| 2003            | 100,8438 | 16,81644 | 17,54795 |
| 2004            | 101,5219 | 26,01913 | 15,87705 |
| 2005            | 103,8767 | 23,0137  | 16,42192 |
| 2006            | 108,2384 | 20,75616 | 16,67671 |
| 2007            | 109,5973 | 23,84932 | 16,07397 |
| 2008            | 103,2869 | 23,78689 | 16,0082  |
| 2009            | 103,2795 | 21,1863  | 16,68219 |
| 2010            | 87,86575 | 22,4411  | 15,89041 |
| 2011            | 105,6493 | 22,18356 | 15,9589  |
| 2012            | 100,0328 | 23,7541  | 15,6694  |
| 2013            | 95,04658 | 21,21096 | 15,66849 |
| 2014            | 114,7151 | 20,34795 | 16,70137 |
| 2015            | 106      | 24,11781 | 16,29315 |
| 2016            | 104,0328 | 20,21858 | 16,25956 |

|      |          |          |          |
|------|----------|----------|----------|
| 2017 | 117,8914 | 23,15132 | 19,66118 |
| 2018 | 113,1178 | 14,87123 | 18,62192 |
| 2019 | 110,5945 | 20,20548 | 17,67123 |
| 2020 | 114,8552 | 22,47268 | 18,28689 |
| 2021 | 103,4849 | 20,48493 | 16,49863 |
| 2022 | 114,1918 | 19,21644 | 19,29589 |

Tabel G.3 Een overzicht van de jaartrends voor de parameters luchttemperatuur, dagelijkse neerslag en dagelijkse verdamping. In deze tabel is het gemiddelde genomen van de meetpunten in Marknesse en Lelystad. De trends zijn berekend voor de verschillende tijdvakken; 1990-2022, 1990-1999, 2000-2009 en 2010-2022. De significante trends zijn groen gekleurd.

#### Trendanalyse

| Periode            | TG       | RH       | EV24     |
|--------------------|----------|----------|----------|
| 1990-2022          | 0,398705 | -0,10811 | 0,071847 |
| 1990-1999          | -0,30232 | -0,08149 | -0,1539  |
| 2000-2009          | -0,46168 | -0,45292 | -0,07587 |
| 2010-2022          | 1,438267 | -0,2632  | 0,257246 |
| Significante trend |          |          |          |

Tabel G.4 Een overzicht van de jaartrends voor de parameters luchttemperatuur, dagelijkse neerslag en dagelijkse verdamping in Marknesse.

| Jaargemiddelden |          |          |          |
|-----------------|----------|----------|----------|
| YYYYMMDD        | TG       | RH       | EV24     |
| 1990            | 103,0028 |          |          |
| 1991            | 89,86849 |          |          |
| 1992            | 100,8962 | 22,09836 |          |
| 1993            | 91,48767 | 24,54144 |          |
| 1994            | 101,6329 | 24,98623 | 15,34795 |
| 1995            | 98,61918 | 19,93425 | 16,60822 |
| 1996            | 79,26503 | 16,67486 | 14,67213 |
| 1997            | 97,32877 | 18,56438 | 16,00548 |
| 1998            | 98,88219 | 29,70556 | 13,99178 |
| 1999            | 99,45707 | 21,60859 | 15,4697  |
| 2000            | 104,5164 | 25,28689 | 15,22951 |
| 2001            | 106,0359 | 27,02695 | 17,34132 |
| 2002            | 115,1776 | 21,24013 | 18,26645 |
| 2003            | 99,08767 | 20,63562 | 17,68767 |
| 2004            | 100,8689 | 25,80055 | 15,76503 |
| 2005            | 102,6658 | 21,5589  | 16,14247 |
| 2006            | 108,3397 | 18,27123 | 16,66575 |
| 2007            | 108,9123 | 26,06301 | 16,24384 |
| 2008            | 102,2732 | 23,16667 | 16,19126 |
| 2009            | 100,9562 | 21,11781 | 16,9863  |
| 2010            | 85,01644 | 21,32055 | 16,4137  |
| 2011            | 104,0575 | 20,96438 | 15,88219 |
| 2012            | 99,52186 | 25,0765  | 15,85792 |
| 2013            | 94,69315 | 19,79452 | 15,62192 |

|      |          |          |          |
|------|----------|----------|----------|
| 2014 | 114,5068 | 22,25205 | 16,63014 |
| 2015 | 105,9808 | 24,15616 | 16,55342 |
| 2016 | 103,3852 | 19,72131 | 16,72951 |
| 2017 | 116,3224 | 24,01316 | 19,27303 |
| 2018 | 110,1068 | 16,93699 | 18,53973 |
| 2019 | 107,9452 | 20,63836 | 17,44384 |
| 2020 | 112,5164 | 20,95902 | 17,63934 |
| 2021 | 101,7479 | 19,78082 | 15,96164 |
| 2022 | 112,4384 | 18,8137  | 18,61918 |

Tabel G.5 Een overzicht van de jaartrends voor de parameters luchttemperatuur, dagelijkse neerslag en dagelijkse verdamping in Marknesse. De trends zijn berekend voor de verschillende tijdvakken; 1990-2022, 1990-1999, 2000-2009 en 2010-2022. De significante trends zijn groen gekleurd.

### Trendanalyse

| Periode            | TG       | RH       | EV24     |
|--------------------|----------|----------|----------|
| 1990-2022          | 0,423493 | -0,09093 | 0,076205 |
| 1990-1999          | -0,1596  | -0,00158 | -0,16878 |
| 2000-2009          | -0,36457 | -0,31372 | -0,03055 |
| 2010-2022          | 1,353074 | -0,25094 | 0,180002 |
| Significante trend |          |          |          |

Tabel G.6 Een overzicht van de jaartrends voor de parameters luchttemperatuur, dagelijkse neerslag en dagelijkse verdamping over de periode van 1990 t/m 2022. In deze tabel is het gemiddelde genomen van de meetpunten in Lelystad en Marknesse.

| Jaargemiddelden |          |          |          |
|-----------------|----------|----------|----------|
| YYYYMMDD        | TG       | RH       | EV24     |
| 1990            | 104,2452 |          |          |
| 1991            | 90,6863  |          |          |
| 1992            | 100,3292 | 22,46721 |          |
| 1993            | 92,14932 | 25,29726 |          |
| 1994            | 101,6247 | 25,84795 | 15,29041 |
| 1995            | 99,28767 | 19,95205 | 16,72192 |
| 1996            | 80,05601 | 16,0082  | 14,5765  |
| 1997            | 99,57945 | 17,80959 | 15,99863 |
| 1998            | 100,1548 | 30,37534 | 14,09178 |
| 1999            | 100,7513 | 21,78914 | 15,46717 |
| 2000            | 105,4536 | 25,04918 | 15,34699 |
| 2001            | 107,6213 | 28,18862 | 17,35479 |
| 2002            | 116,477  | 24,08882 | 18,3602  |
| 2003            | 99,61644 | 17,73014 | 17,62603 |
| 2004            | 101,6038 | 25,95902 | 15,82377 |
| 2005            | 103,0863 | 22,23699 | 16,27945 |
| 2006            | 108,511  | 19,66438 | 16,6726  |
| 2007            | 108,8479 | 24,80548 | 16,15753 |
| 2008            | 102,776  | 23,50273 | 16,09563 |
| 2009            | 102,011  | 21,33973 | 16,83836 |

|      |          |          |          |
|------|----------|----------|----------|
| 2010 | 86,69178 | 21,70822 | 16,15616 |
| 2011 | 105,2411 | 22,12192 | 15,91644 |
| 2012 | 99,65164 | 24,00137 | 15,76639 |
| 2013 | 94,92192 | 20,36849 | 15,64521 |
| 2014 | 114,463  | 21,37671 | 16,66712 |
| 2015 | 105,9658 | 24,05479 | 16,42055 |
| 2016 | 103,5874 | 19,98224 | 16,49454 |
| 2017 | 117,653  | 23,52796 | 19,49178 |
| 2018 | 111,6151 | 15,81781 | 18,58082 |
| 2019 | 109,026  | 20,38493 | 17,54932 |
| 2020 | 113,7322 | 21,73224 | 17,96858 |
| 2021 | 103,0986 | 20,29863 | 16,23151 |
| 2022 | 113,2164 | 19,04521 | 18,95753 |

Tabel G.7 Een overzicht van de jaartrends voor de parameters luchttemperatuur, dagelijkse neerslag en dagelijkse verdamping. In deze tabel is het gemiddelde genomen van de meetpunten in Marknesse en Lelystad. De trends zijn berekend voor de verschillende tijdvakken; 1990-2022, 1990-1999, 2000-2009 en 2010-2022. De significante trends zijn groen gekleurd.

#### Trendanalyse

| Periode            | TG       | RH       | EV24     |
|--------------------|----------|----------|----------|
| 1990-2022          | 0,423493 | -0,09093 | 0,076205 |
| 1990-1999          | -0,1596  | -0,00158 | -0,16878 |
| 2000-2009          | -0,36457 | -0,31372 | -0,03055 |
| 2010-2022          | 1,353074 | -0,25094 | 0,180002 |
| Significante trend |          |          |          |

## Onderbouwing selectie droogtejaren

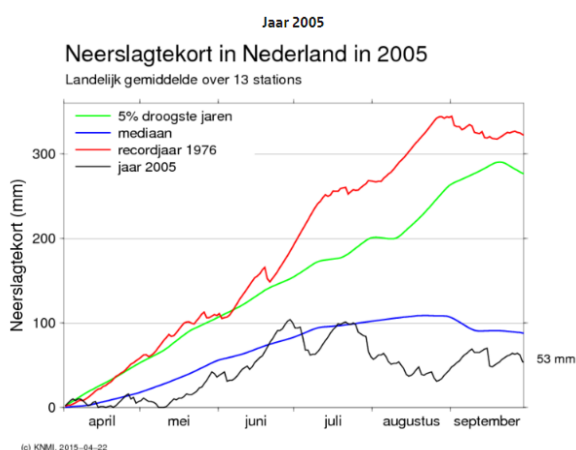
In deze bijlage wordt de onderbouwing achter de gebruikte selectie droogtejaren gegeven. Zoals al genoemd in de materiaal en methode van deelvraag 3, is er een selectie gemaakt van jaren die de stempel 'extreem droge jaren' krijgen. Hierbij is zoals genoemd gebruik gemaakt van de neerslagtekort-grafieken van het KNMI. Daarnaast is de expert-judgement van hydroloog Kristiaan Petie geraadpleegd om de selectie te checken.

Een neerslagtekort wordt berekend door de som te nemen van de verdamping in neerslag. Dit geeft een beeld van hoe veel water via neerslag in een gebied is gevallen en niet is verdwenen in de vorm van verdamping. Een grafiek van het verloop van het neerslagtekort gedurende het groeiseizoen geeft dus inzicht in welke periodes veel en weinig water beschikbaar is geweest. Elk jaar kan een ander neerslagtekort en daarmee een ander droogtepatroon laten zien.

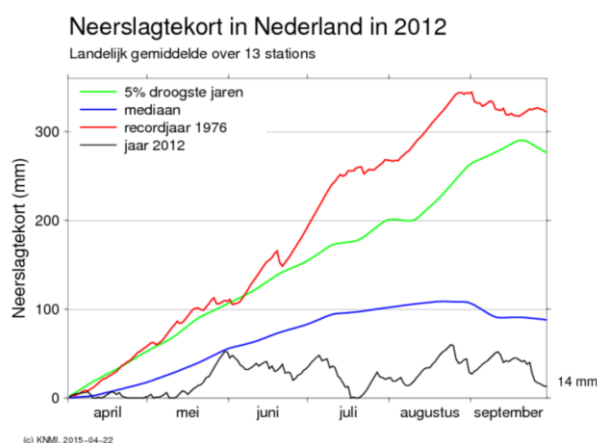
Het is belangrijk om te beseffen dat elk droogtepatroon andere gevolgen voor het gebied en de waterkwaliteit kan hebben. Op de verschillende droogtepatronen en effecten van deze patronen op de waterkwaliteit gaat de onderzoek niet in. Toch is belangrijk om rekening te houden met deze verschillen.

Tijdens het selecteren van de jaren die niet extreem droog waren is dan ook gelet op een relatief neutraal droogtepatroon. Hiermee wordt bedoeld dat er geen duidelijke periodes van verhoogde droogte zichtbaar zijn in het neerslagtekort. Zo kunnen sommige jaren een droog voorjaar of juist een droog najaar laten zien. Deze jaren zijn dus niet meegenomen in de selectie jaren voor de nul-situatie.

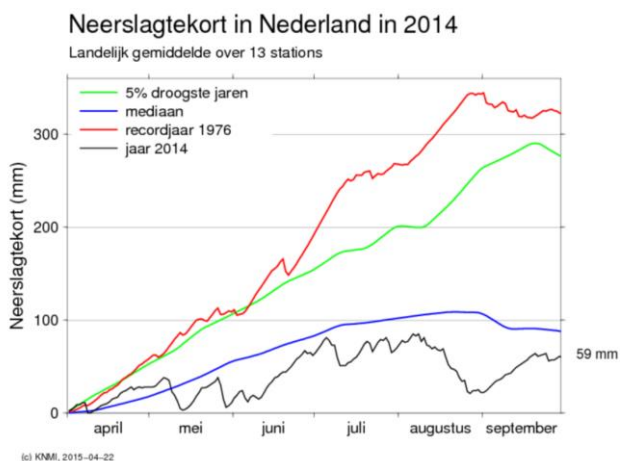
De geselecteerde jaren zijn 2005, 2012, 2014, 2016 en 2021. Dit zijn jaren die relatief gelijkmatig zijn verdeeld over de onderzoeksperiode van 2005 tot 2022. Daarnaast laten alle jaren een vergelijkbaar en normaal droogtepatroon zien (zie Figuren H.1 t/m H.5).



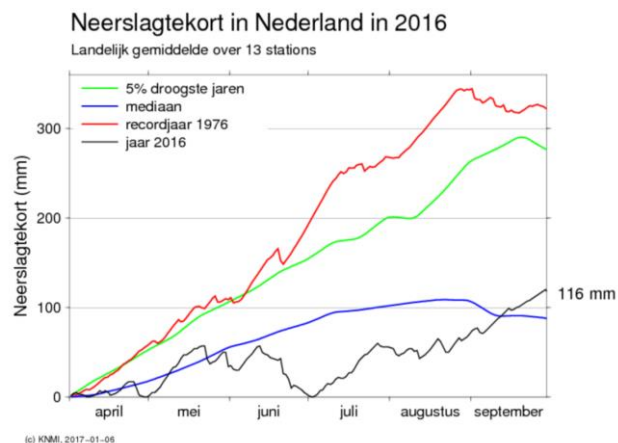
Figuur H.1 Het neerslagtekort van Nederland in 2005. De zwarte lijn geeft het neerslagtekort van dit jaar weer.



Figuur H.2 Het neerslagtekort van Nederland in 2012. De zwarte lijn geeft het neerslagtekort van dit jaar weer.



Figuur H.3 Het neerslagtekort van Nederland in 2014. De zwarte lijn geeft het neerslagtekort van dit jaar weer.

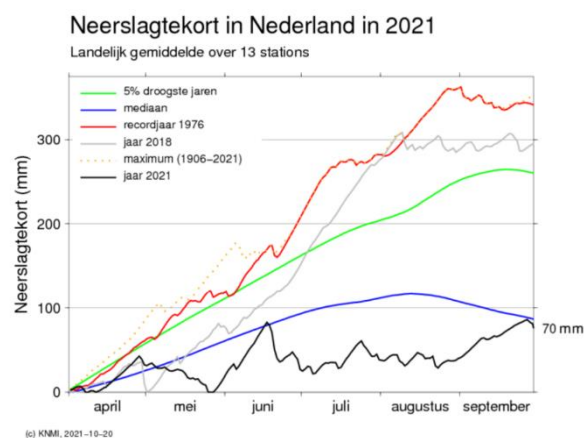


Figuur H.4 Het neerslagtekort van Nederland in 2016. De zwarte lijn geeft het neerslagtekort van dit jaar weer.

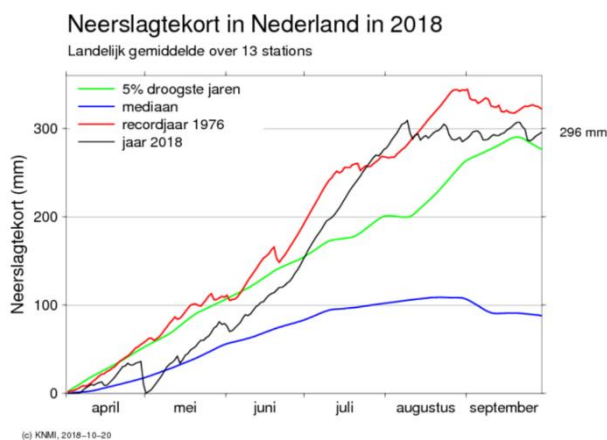
Daarnaast is de selectie extreem droge jaren gemaakt. Hiervoor is zoals genoemd de definitie van het KNMI aangehouden. Het KNMI stelt dat de jaren van 2018, 2019, 2020 en 2022 extreem droge jaren waren. De neerslagtekorten van deze jaren zijn te zien in de Figuren G.6 t/m G.9.

Het jaar 2018 (zie Figuur G.6) laat een droogtepatroon zien met een droge eindzomer en najaar. Het jaar 2019 heeft een langzaam oplopend neerslagtekort met een nattere periode in juni (zie Figuur G.7). Het droogtepatroon van 2020 (zie Figuur G.8) lijkt op een gemengd beeld van 2018 en 2019.

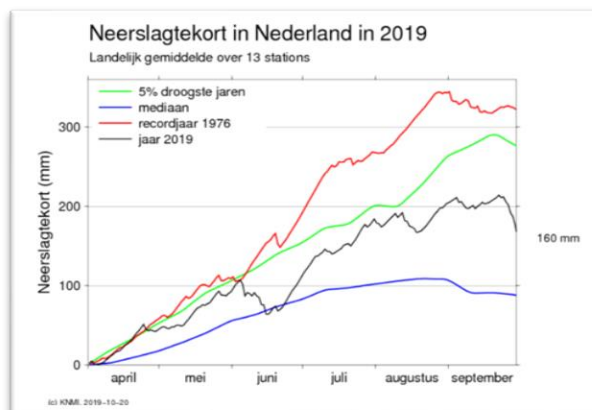
Het neerslagtekort loopt duidelijk op richting het eind van het groeiseizoen. Dit effect is echter minder duidelijk dan in 2018. Het jaar 2022 geeft wederom een droge nazomer weer, maar het neerslagtekort daalt weer sterk in september. Het is belangrijk om deze verschillen en overeenkomsten in overweging te nemen tijdens de analyse van de resultaten van deelvraag 3.



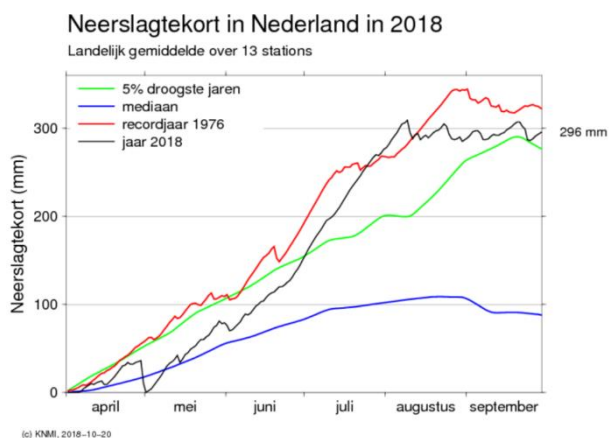
Figuur H.5 Het neerslagtekort van Nederland in 2021. De zwarte lijn geeft het neerslagtekort van dit jaar weer.



Figuur H.6 Het neerslagtekort van Nederland in 2018, weergegeven als de zwarte lijn.



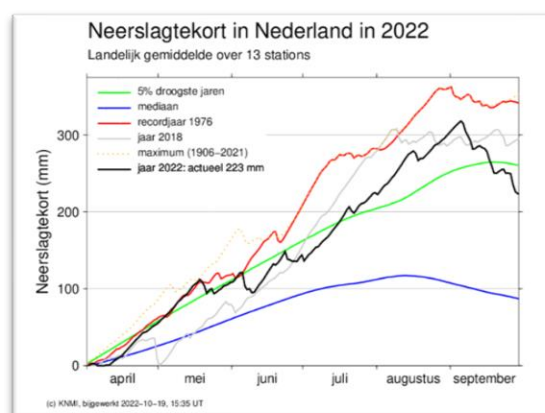
Figuur H.7 Het neerslagtekort van Nederland in 2019, weergegeven als de zwarte lijn.



Figuur H.8 Het neerslagtekort van Nederland in 2018, weergegeven als de zwarte lijn.

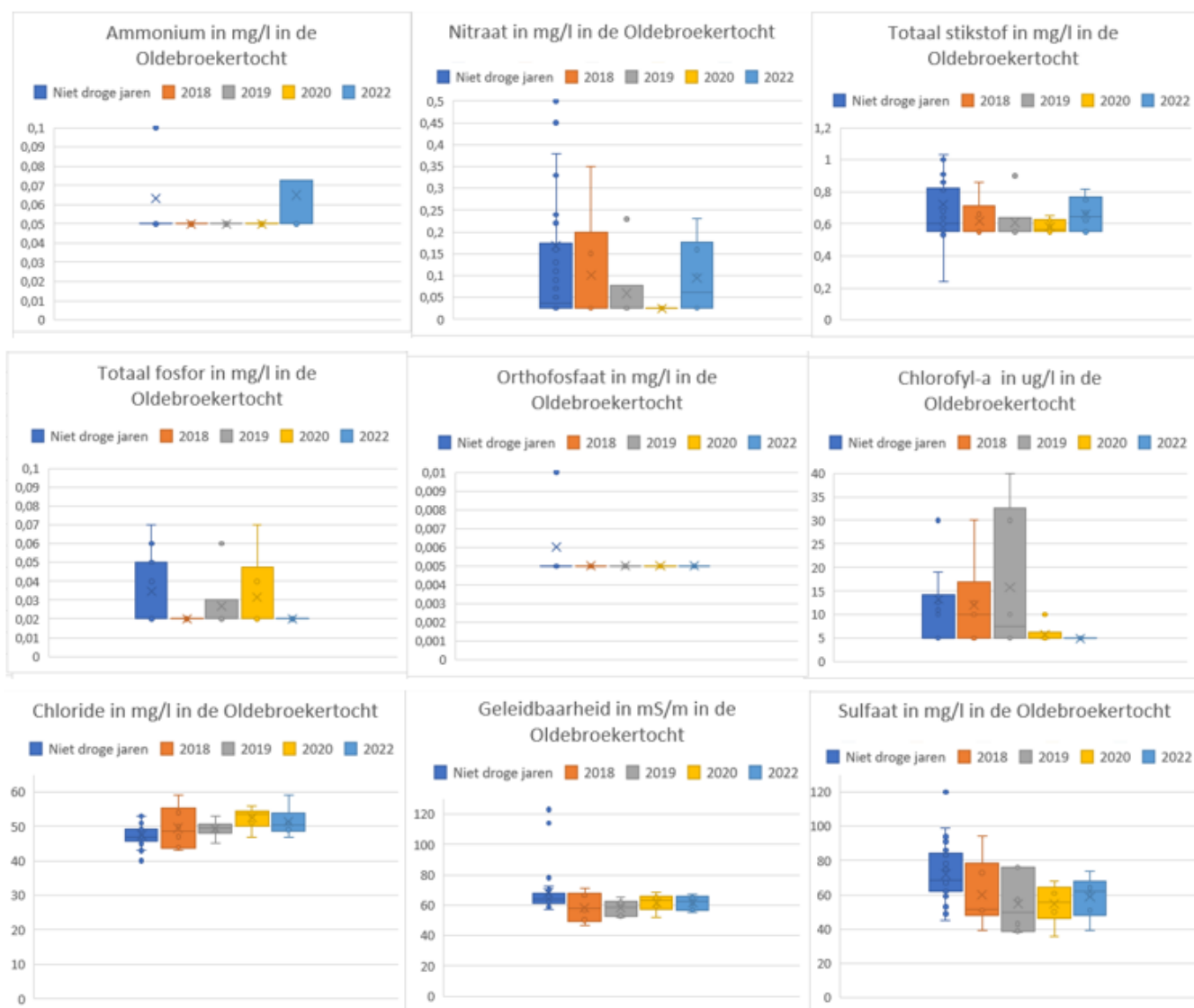


Figuur H.9 Het neerslagtekort van Nederland in 2020, weergegeven in de zwarte lijn.

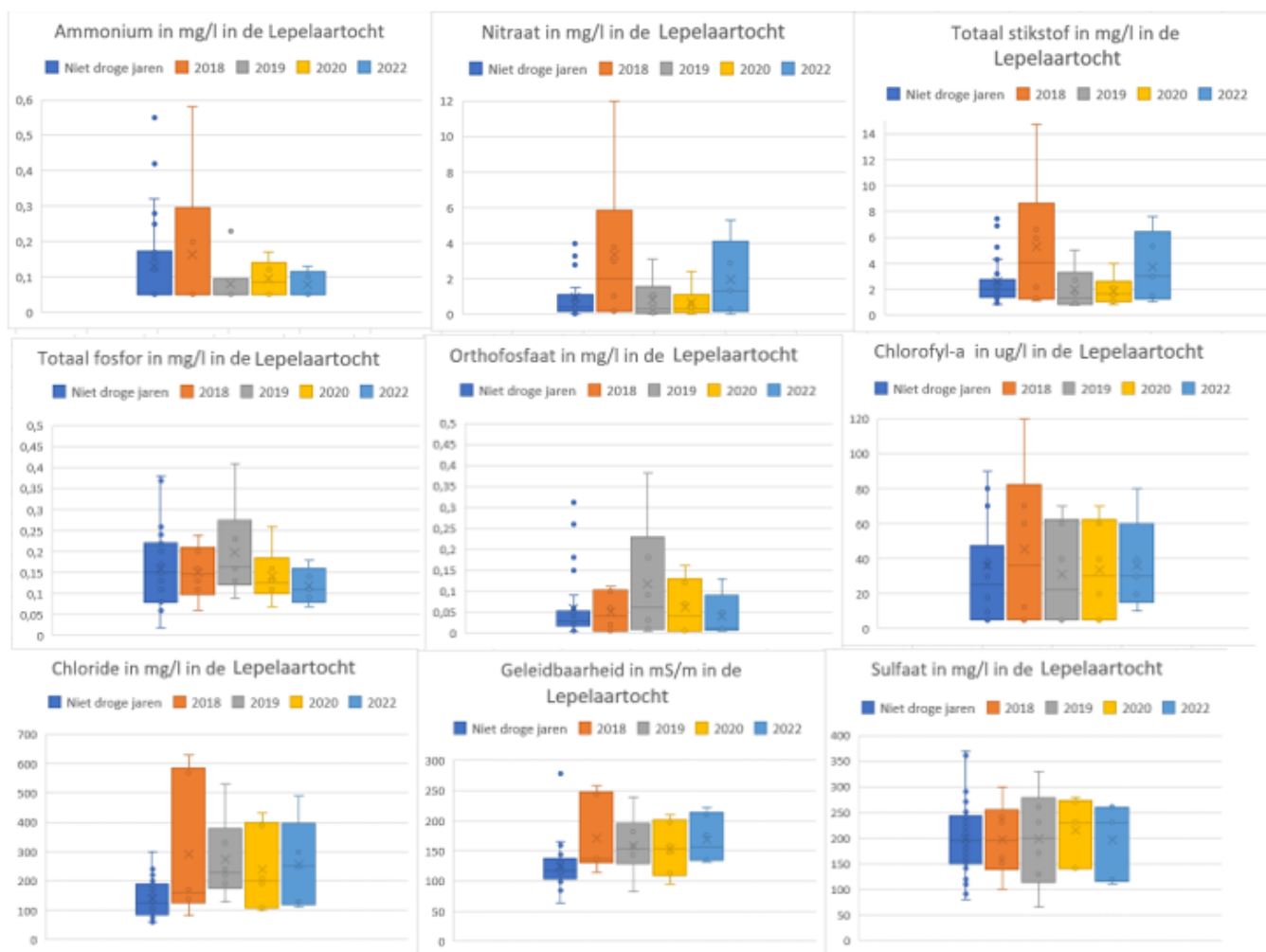


Figuur H.10 Het neerslagtekort van Nederland in 2022, weergegeven in de zwarte lijn.

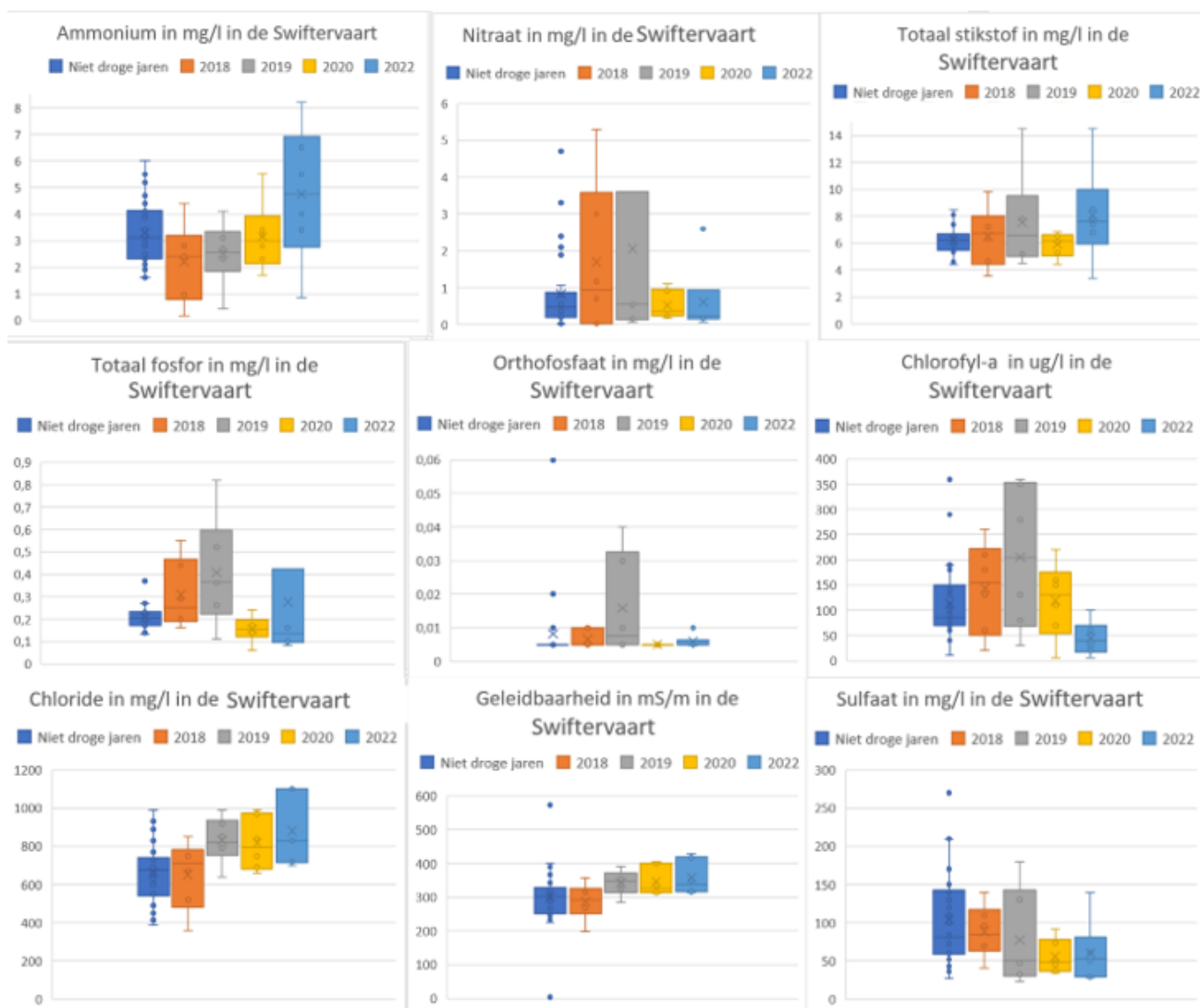
## Bijlage I: Boxplot grafieken vergelijking droge en natte jaren



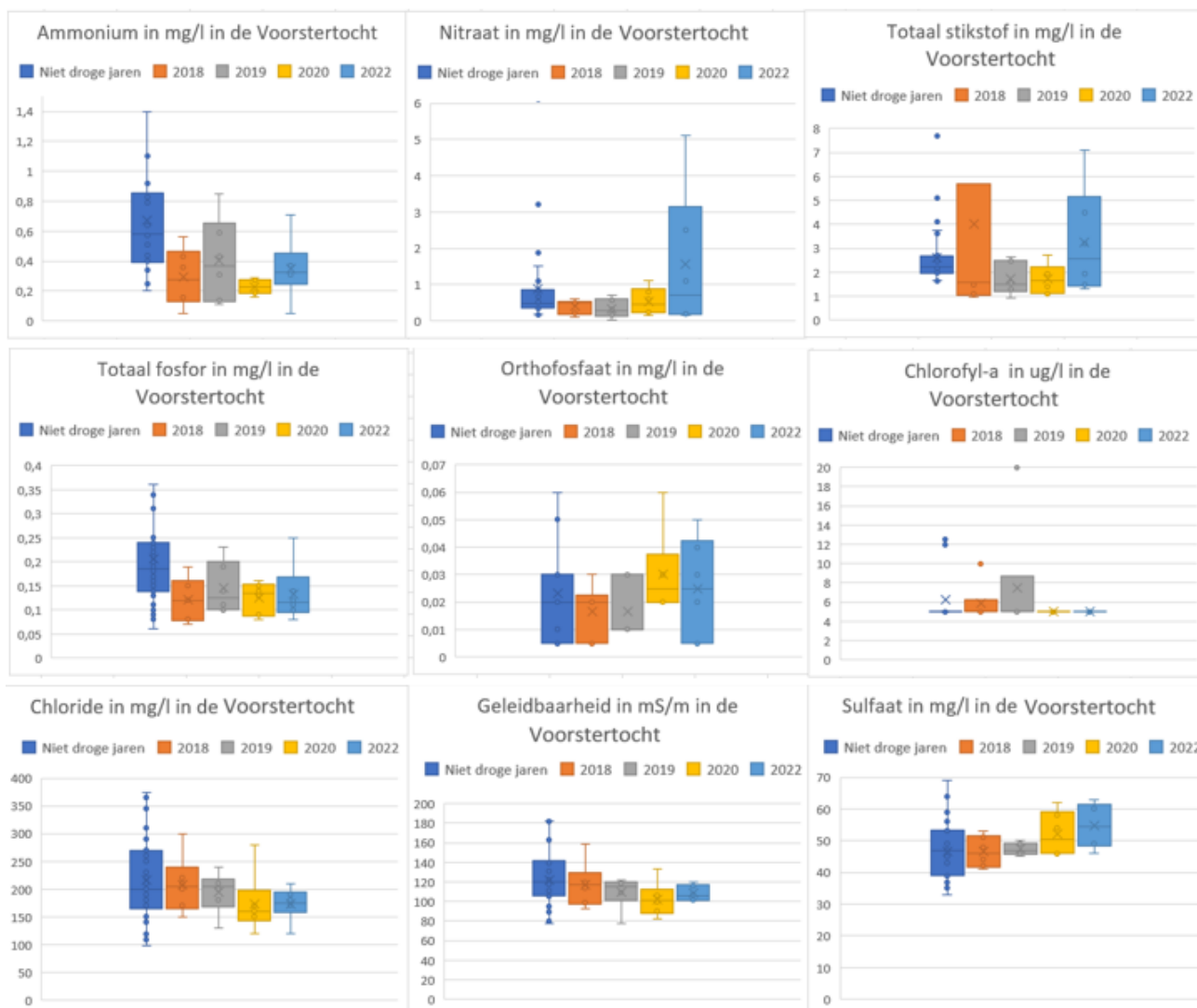
Figuur I.1 Een overzicht van de boxplot grafieken voor de volledige selectie chemische parameters in de Oldebroekertocht. In deze boxplots worden als onderdeel van deelvraag 3 de chemische parameters tijdens de nul-situatie vergeleken met de extreem droge jaren 2018, 2019, 2020 en 2022. De linker donker blauwe box geeft de nul-situatie weer en de boxen daarna geven de resultaten van de droge jaren weer.



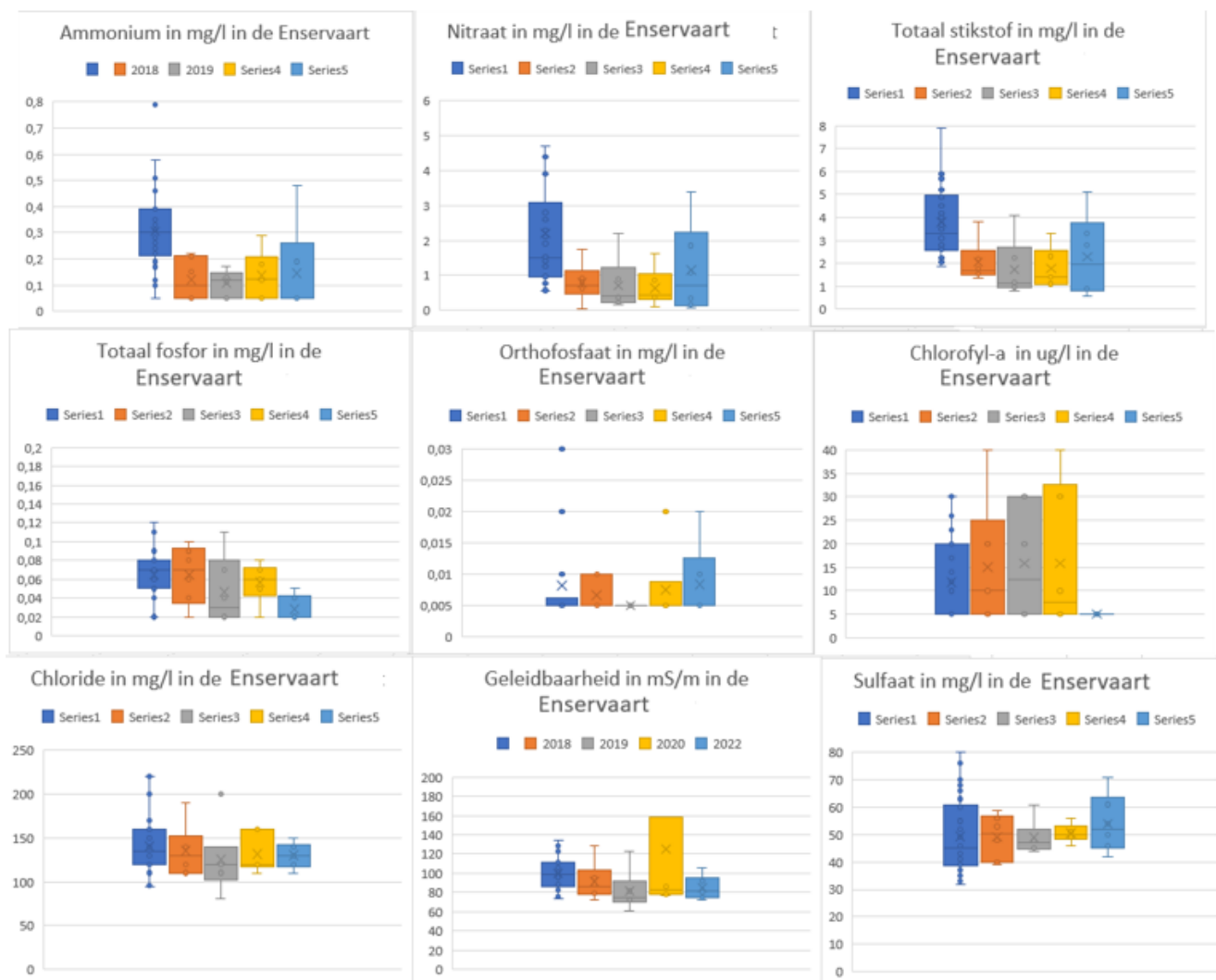
Figuur 1.2 Een overzicht van de boxplot grafieken voor de volledige selectie chemische parameters in de Lepelaartocht. In deze boxplots worden als onderdeel van deelvraag 3 de chemische parameters tijdens de nul-situatie vergeleken met de extreem droge jaren 2018, 2019, 2020 en 2022. De linker donker blauwe box geeft de nul-situatie weer en de boxen daarna geven de resultaten van de droge jaren weer.



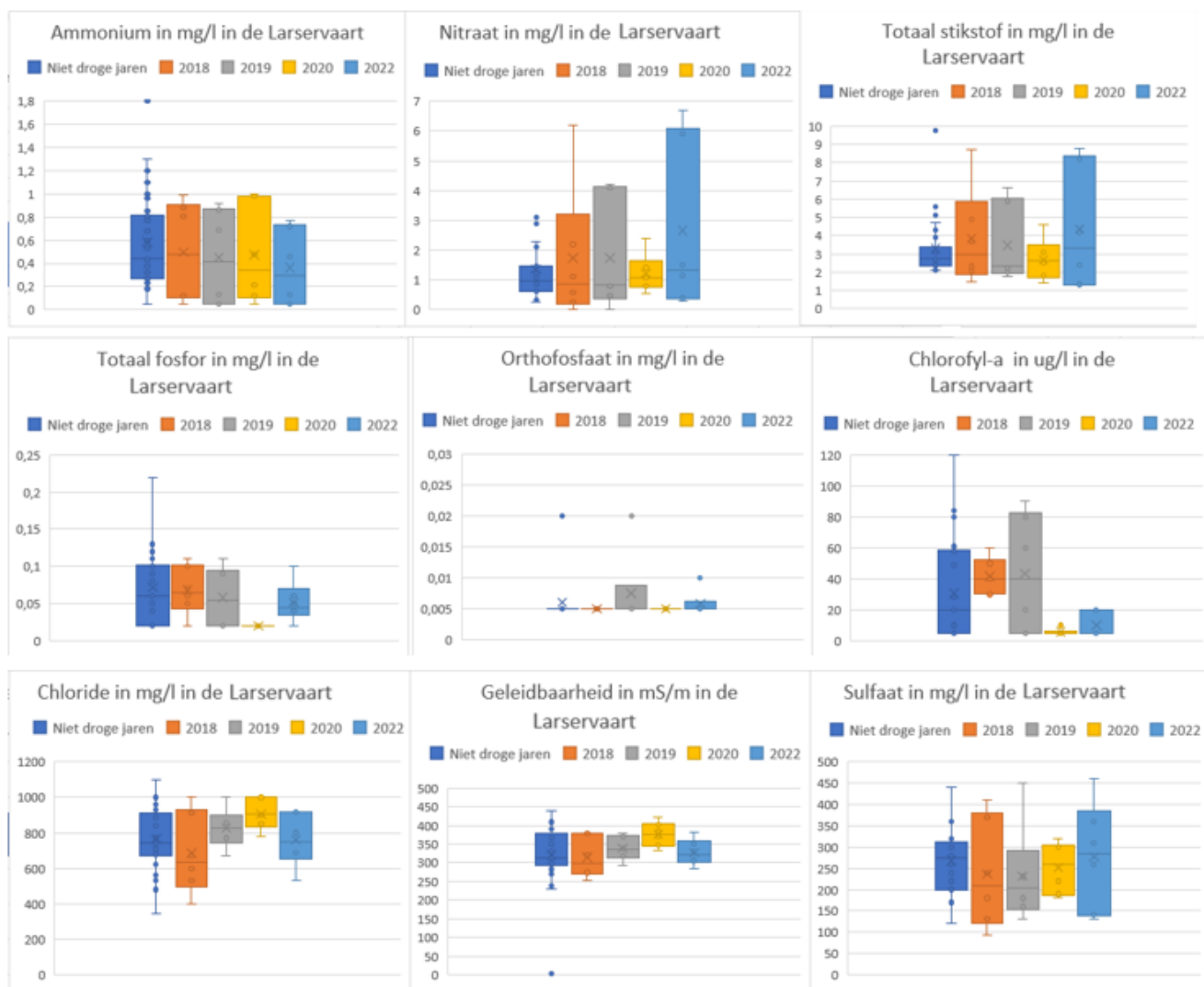
*Figuur 1.3 Een overzicht van de boxplot grafieken voor de volledige selectie chemische parameters in de Swiftervaart. In deze boxplots worden als onderdeel van deelvraag 3 de chemische parameters tijdens de nul-situatie vergeleken met de extreem droge jaren 2018, 2019, 2020 en 2022. De linker donker blauwe box geeft de nul-situatie weer en de boxen daarna geven de resultaten van de droge jaren weer.*



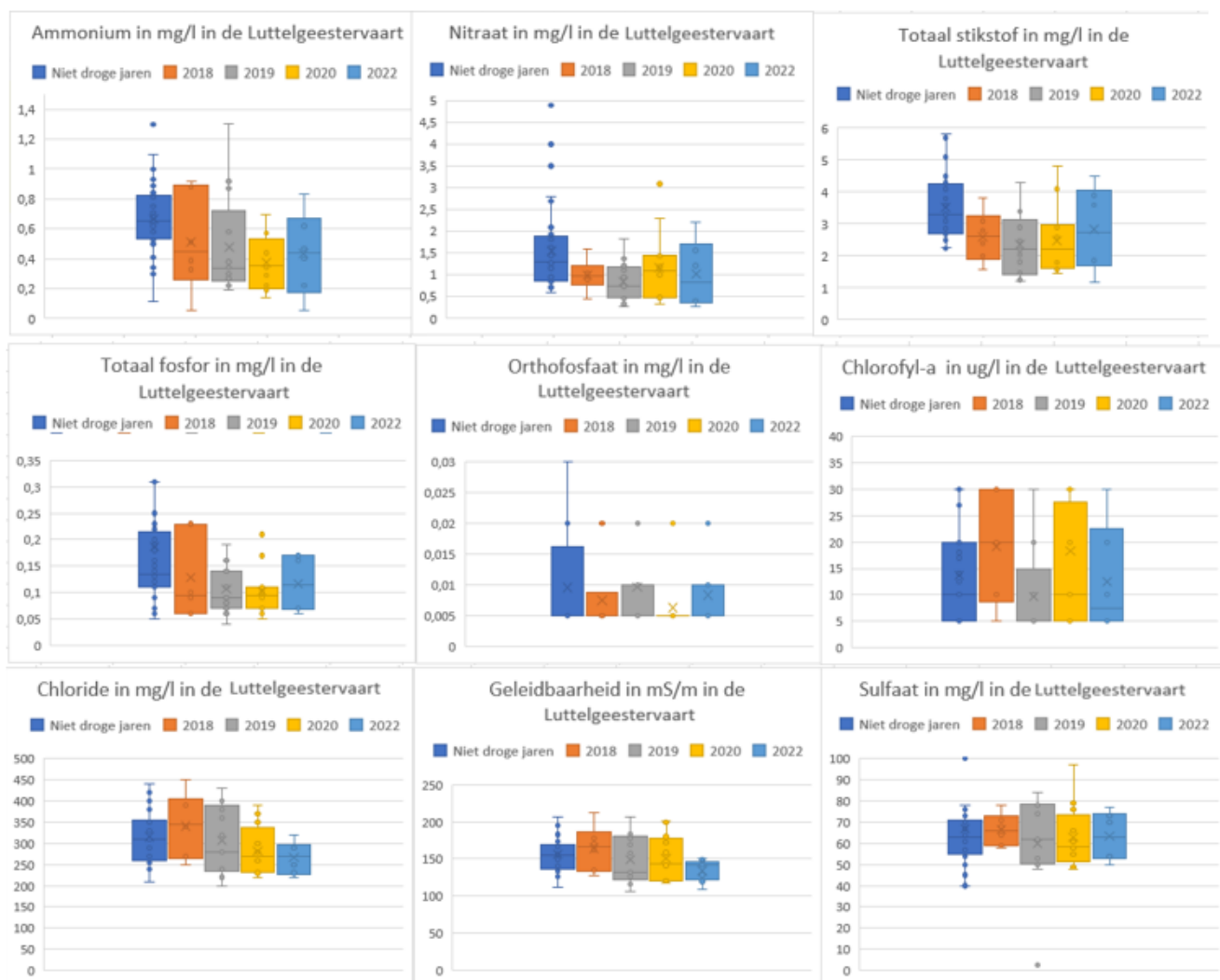
Figuur 1.4 Een overzicht van de boxplot grafieken voor de volledige selectie chemische parameters in de Voorstertocht. In deze boxplots worden als onderdeel van deelvraag 3 de chemische parameters tijdens de nul-situatie vergeleken met de extreem droge jaren 2018, 2019, 2020 en 2022. De linker donker blauwe box geeft de nul-situatie weer en de boxen daarna geven de resultaten van de droge jaren weer.



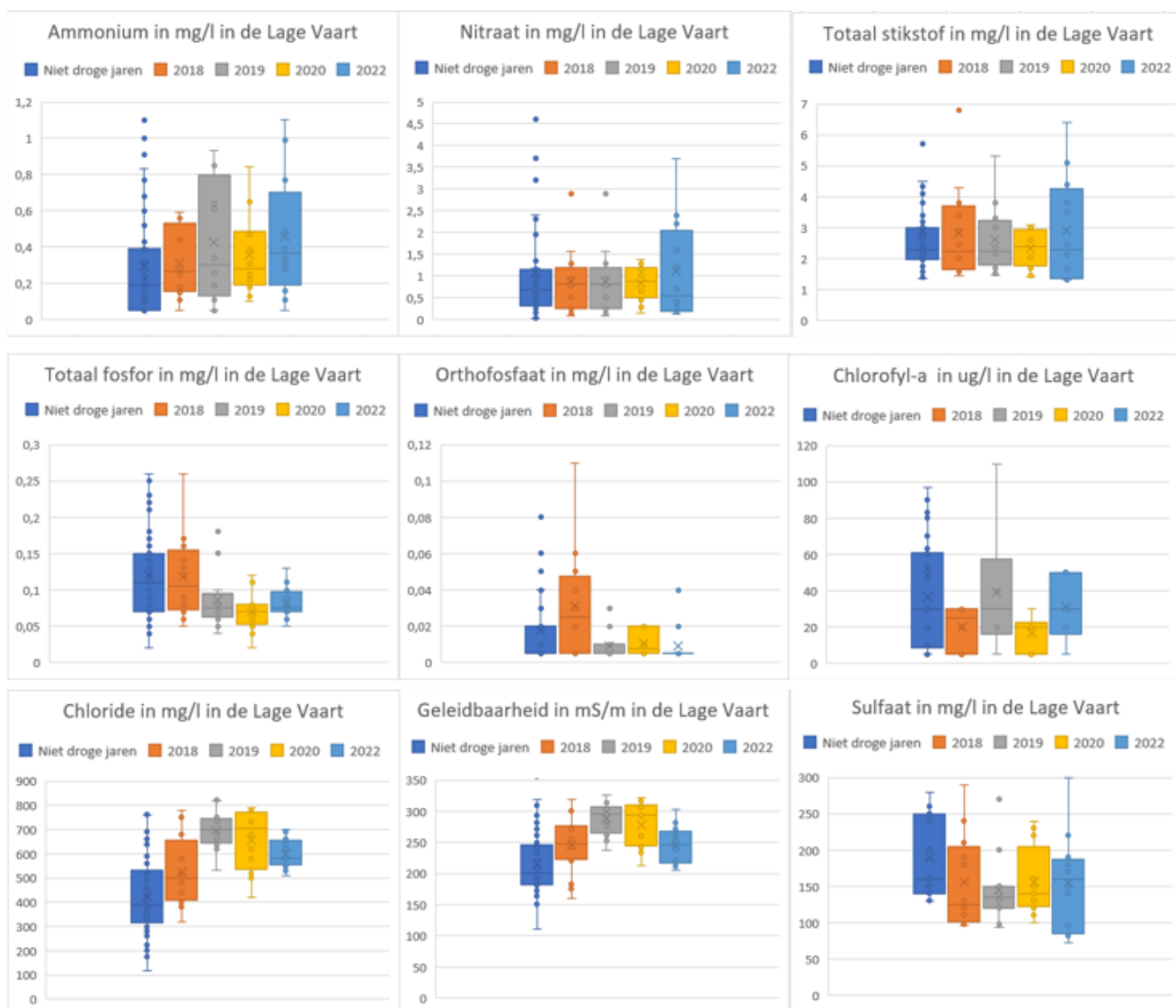
*Figuur 1.5 Een overzicht van de boxplot grafieken voor de volledige selectie chemische parameters in de Enservaart. In deze boxplots worden als onderdeel van deelvraag 3 de chemische parameters tijdens de nul-situatie vergeleken met de extreem droge jaren 2018, 2019, 2020 en 2022. De linker donker blauwe box geeft de nul-situatie weer en de boxen daarna geven de resultaten van de droge jaren weer.*



Figuur 1.6 Een overzicht van de boxplot grafieken voor de volledige selectie chemische parameters in de Larservaart. In deze boxplots worden als onderdeel van deelvraag 3 de chemische parameters tijdens de nul-situatie vergeleken met de extreem droge jaren 2018, 2019, 2020 en 2022. De linker donker blauwe box geeft de nul-situatie weer en de boxen daarna geven de resultaten van de droge jaren weer.



*Figuur 1.7 Een overzicht van de boxplot grafieken voor de volledige selectie chemische parameters in de Luttelgeestervaart. In deze boxplots worden als onderdeel van deelvraag 3 de chemische parameters tijdens de nul-situatie vergeleken met de extreem droge jaren 2018, 2019, 2020 en 2022. De linker donker blauwe box geeft de nul-situatie weer en de boxen daarna geven de resultaten van de droge jaren weer.*



Figuur IFI.8 Een overzicht van de boxplot grafieken voor de volledige selectie chemische parameters in de Lage Vaart, Lage Knarsluis. In deze boxplots worden als onderdeel van deelvraag 3 de chemische parameters tijdens de nul-situatie vergeleken met de extreem droge jaren 2018, 2019, 2020 en 2022. De linker donker blauwe box geeft de nul-situatie weer en de boxen daarna geven de resultaten van de droge jaren weer.

# Onderbouwing steekproefmeetpunten

In deze bijlage wordt beknopt de onderbouwing gegeven achter de selectie steekproefmeetpunten die is gemaakt. Belangrijk om te benoemen is dat deze steekproefmeetpunten niet representatief zijn voor de overige meetpunten uit het cluster. Alle meetpunten hebben eigen gebied specifieke omstandigheden en functioneren verschillend. Wel is er een meetpunt geselecteerd die geen uitzonderlijke positie heeft in het cluster. Zo is gekeken naar het landgebruik rondom het water en is op basis van foto's vanaf de meetpunten ingeschat wat de afmetingen en de uiterlijke kenmerken van het water zijn. Tot slot is per cluster voor alle parameters de meetpunten in boxplots met elkaar vergeleken. Door dit visueel te beoordelen is ingeschat welke meetpunten eventueel afwijkend zijn voor sommige parameters en dus niet geschikt zijn als steekproefmeetpunt. Daarnaast kunnen de boxplots als vergelijkingsmateriaal nuttig zijn om de conclusies op basis van het steekproefmeetpunt te interpreteren voor de overige meetpunten in het cluster.

Een korte onderbouwing van welk steekproefmeetpunt is gekozen per cluster wordt hieronder gegeven. De geselecteerde steekproefmeetpunten zijn te zien in Tabel J.1.

*Tabel J.1 De selectie steekproefmeetpunten per cluster.*

| Cluster | Steekproefmeetpunt         |
|---------|----------------------------|
| 1       | Oldebroekertocht           |
| 2       | Lepelaartocht              |
| 3       | Noordertocht               |
| 4       | Luttelgeestervaart         |
| 5       | Voorstertocht              |
| 6       | Enservaart                 |
| 7       | Larsertocht                |
| 8       | Lage Vaart, lage knarsluis |

## Cluster 1

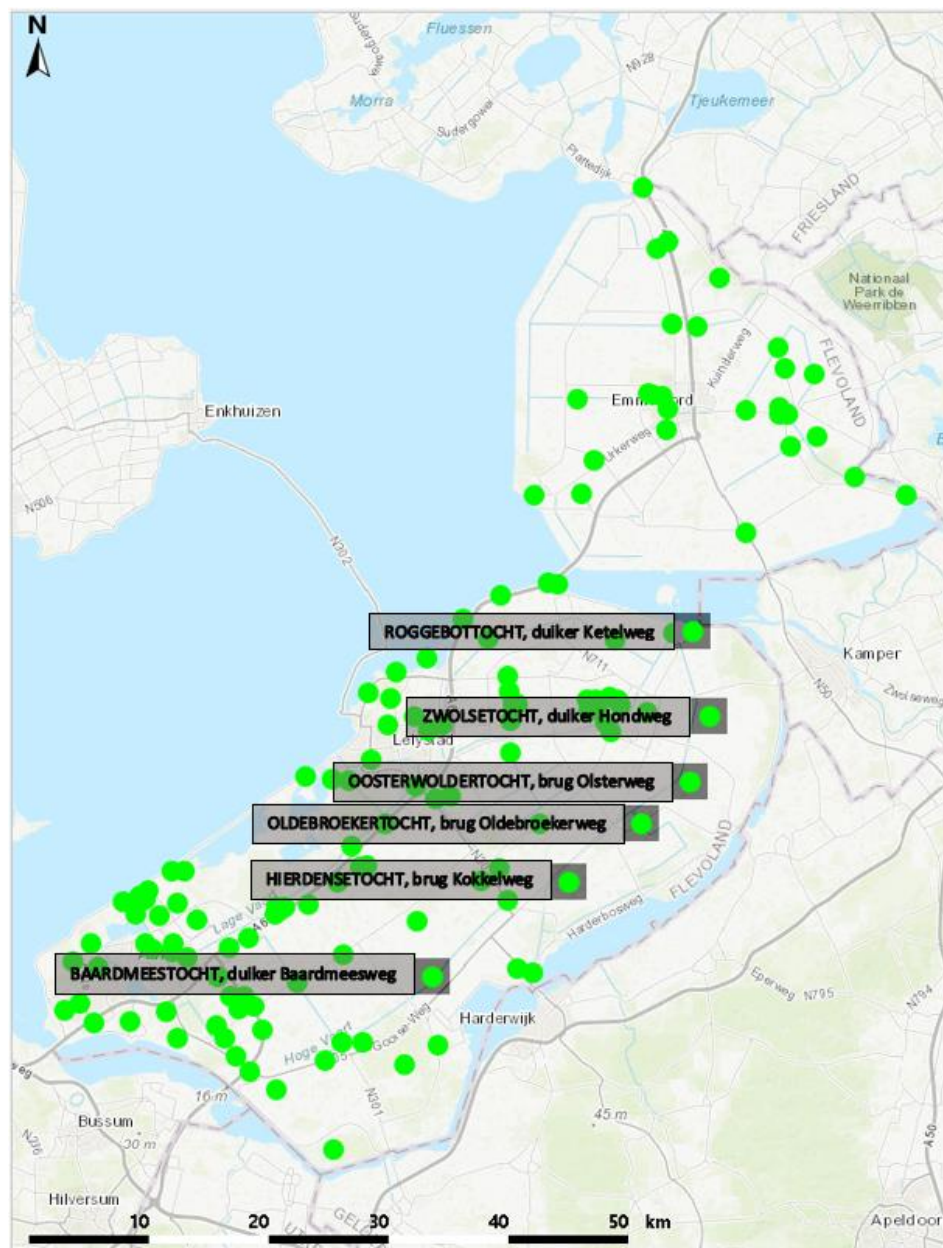
Voor cluster 1 is de Oldebroekertocht geselecteerd als steekproefmeetpunt. Dit is een meetpunt centraal gelegen in het gebied van cluster 1 (zie Figuur J.2). Op basis van de foto's (zie Figuur J.1) is de Oldebroekertocht een van de bredere tochten in het cluster. Binnen dit cluster zijn er een aantal tochten die een deel van het stroomgebied in bosgebied hebben liggen. Dit is voornamelijk het geval bij de Roggebottocht.

De Oldebroekertocht heeft geen uitschieters in de chemische parameters (zie de groene grafieken in Figuur J.3).

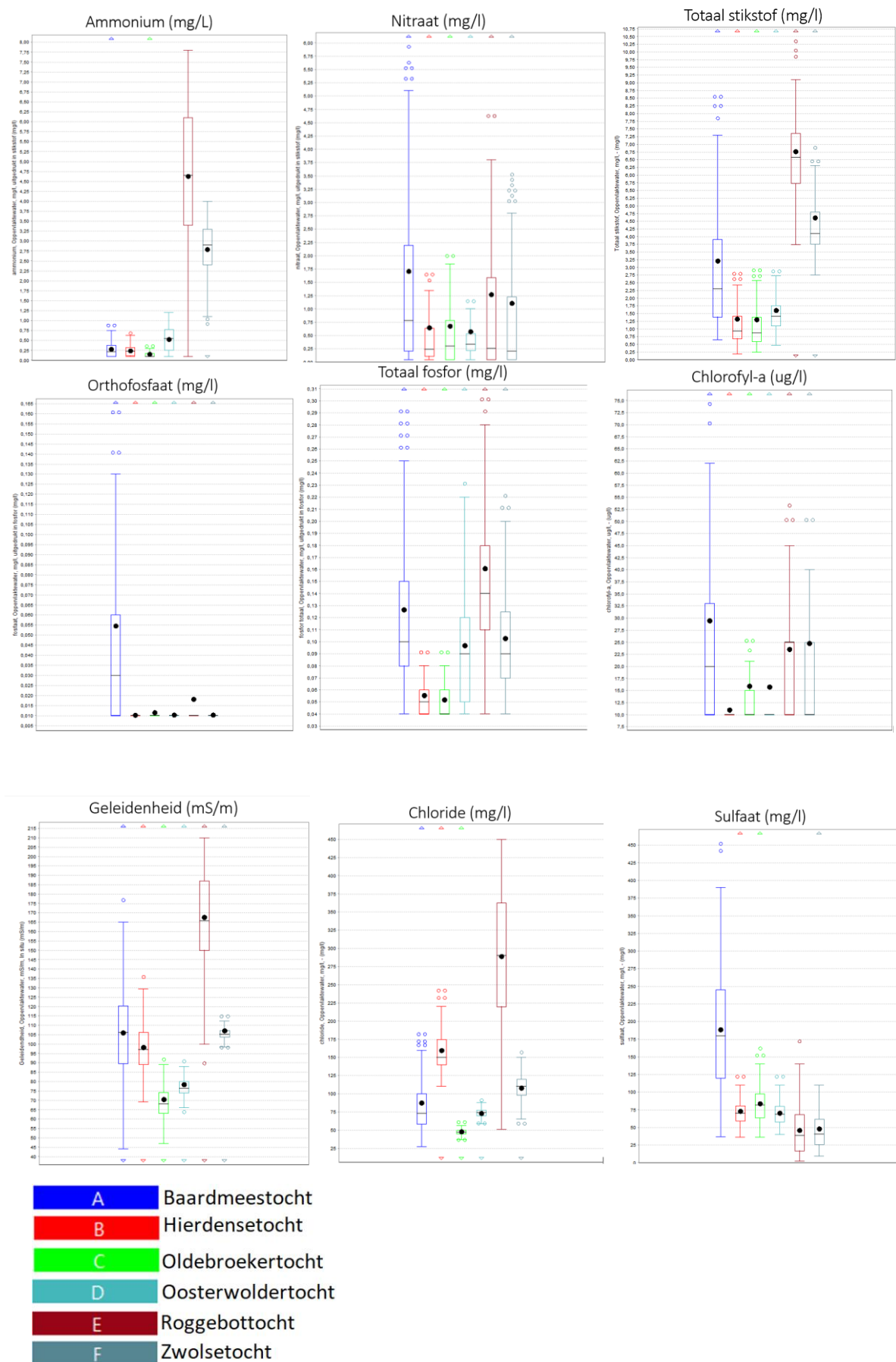




Figuur J.1 Een overzicht van foto's per meetpunt binnen het cluster. Deze foto's komen uit de database van Waterschap Zuiderzeeland of Google Maps.



Figuur JH.2 Een overzichtskaart van Flevoland met hierin de meetpunten binnen dit cluster.



Figuur J.3 Een overzicht van de boxplots per chemische parameter voor dit meetpunt. De kleuring van de boxen staat voor van welk meetpunt de data wordt gepresenteerd.

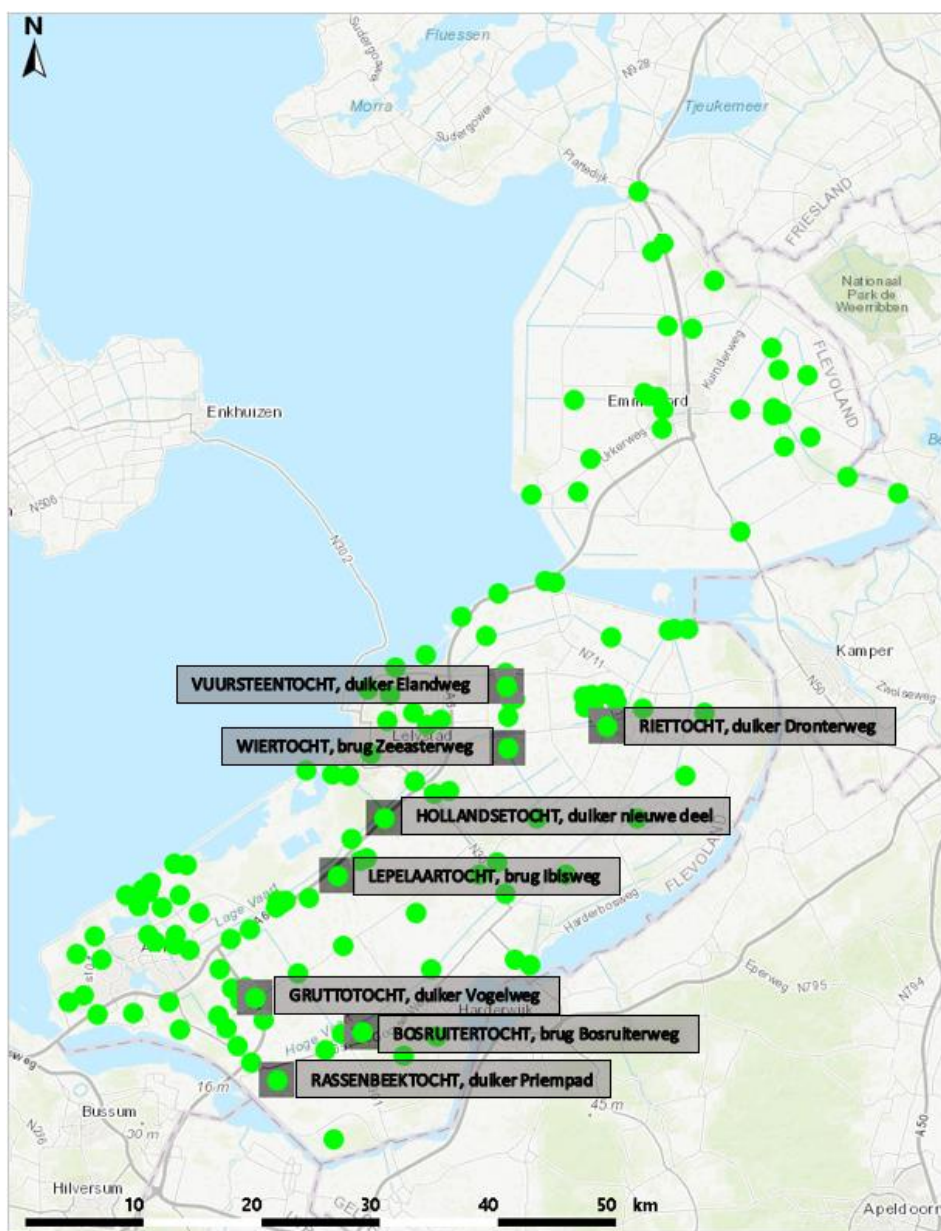
## Cluster 2

De Lepelaartocht vormt het steekproefmeetpunt van cluster 2. De Lepelaartocht is zoals te zien in de kaart van Figuur J.5, aan de Lage Vaart, centraal in het cluster. De meetpunten binnen cluster 2 zijn verspreid over een groot deel van Zuidoost Flevoland. De meetpunten hebben ook verschillende achtergrondgehalten op basis van hun geografische locatie (zie Figuur J.4). Er is dan ook duidelijk variatie te zien in de stofgehalten van de verschillende meetpunten (zie Figuur J.6). De gegevens van de Lepelaartocht zijn afgebeeld in de eerste blauw/groene boxen. Deze zijn vaak wat lager dan de rest maar hebben weinig verspreiding. Op basis hiervan wordt verwacht dat de stofgehalten dus redelijk constant zijn en een betrouwbaar beeld geven van een eventuele invloed van klimaatverandering.

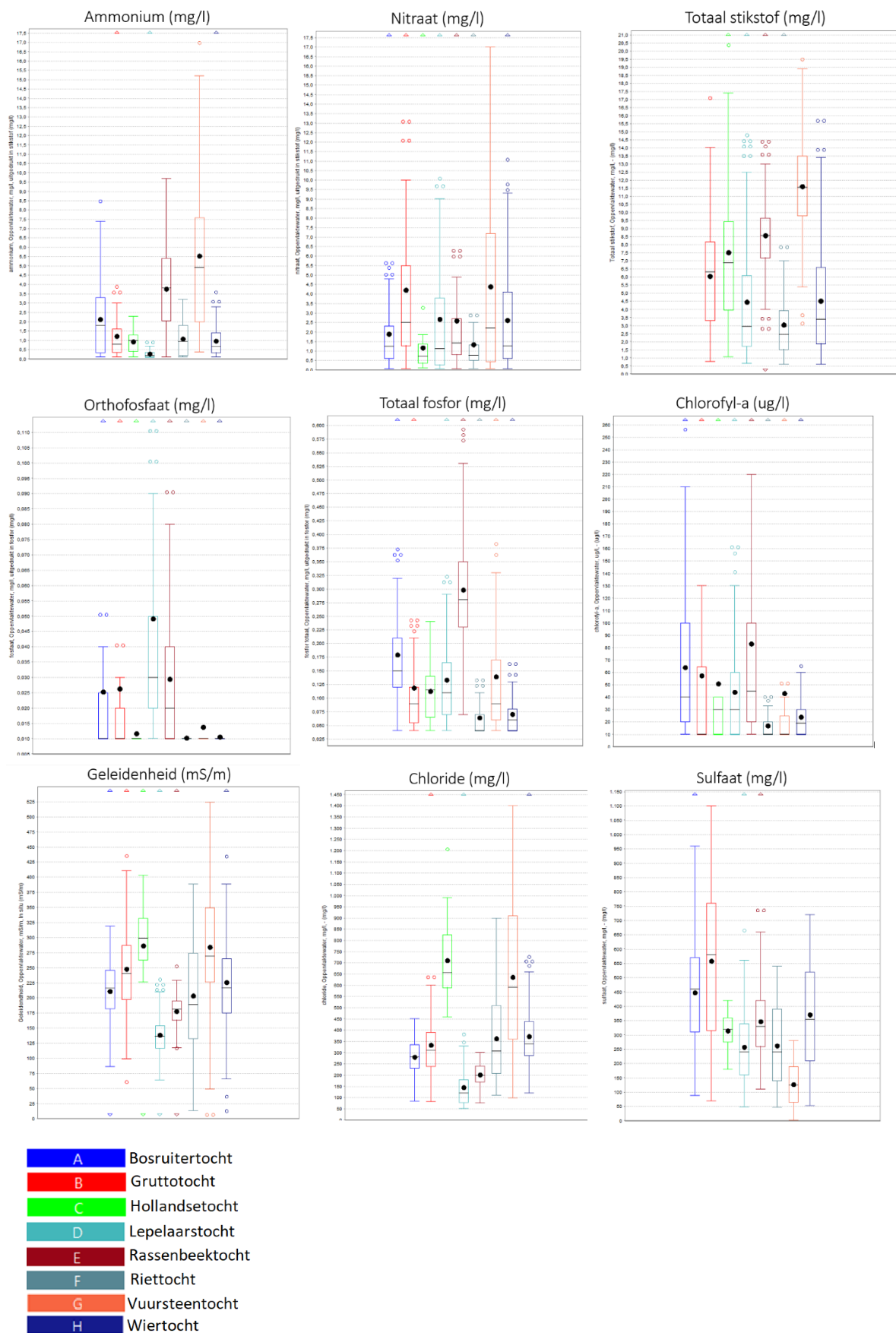




Figuur J.4 Een overzicht van foto's per meetpunt binnen het cluster. Deze foto's komen uit de database van Waterschap Zuiderzeeland of Google Maps.



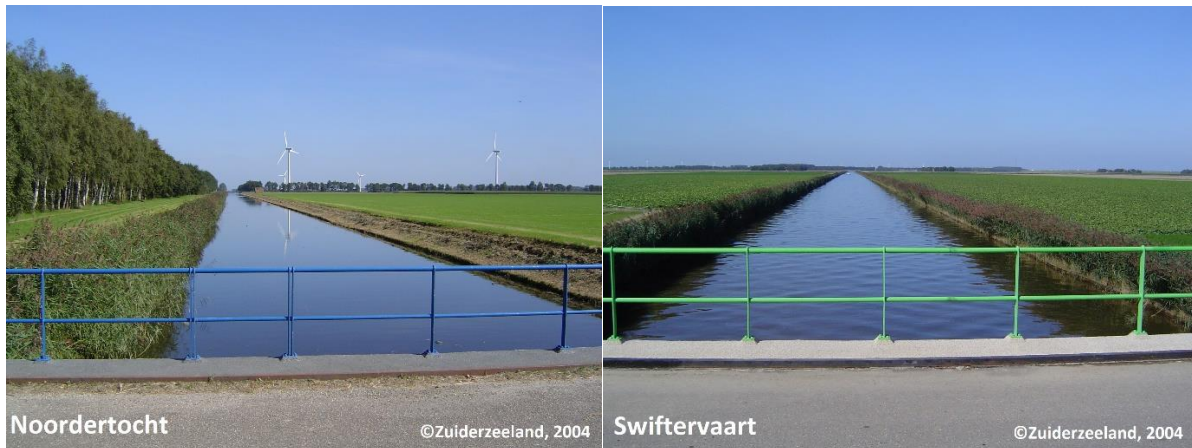
Figuur J.5 Een overzichtskaart van Flevoland met hierin de meetpunten binnen dit cluster.



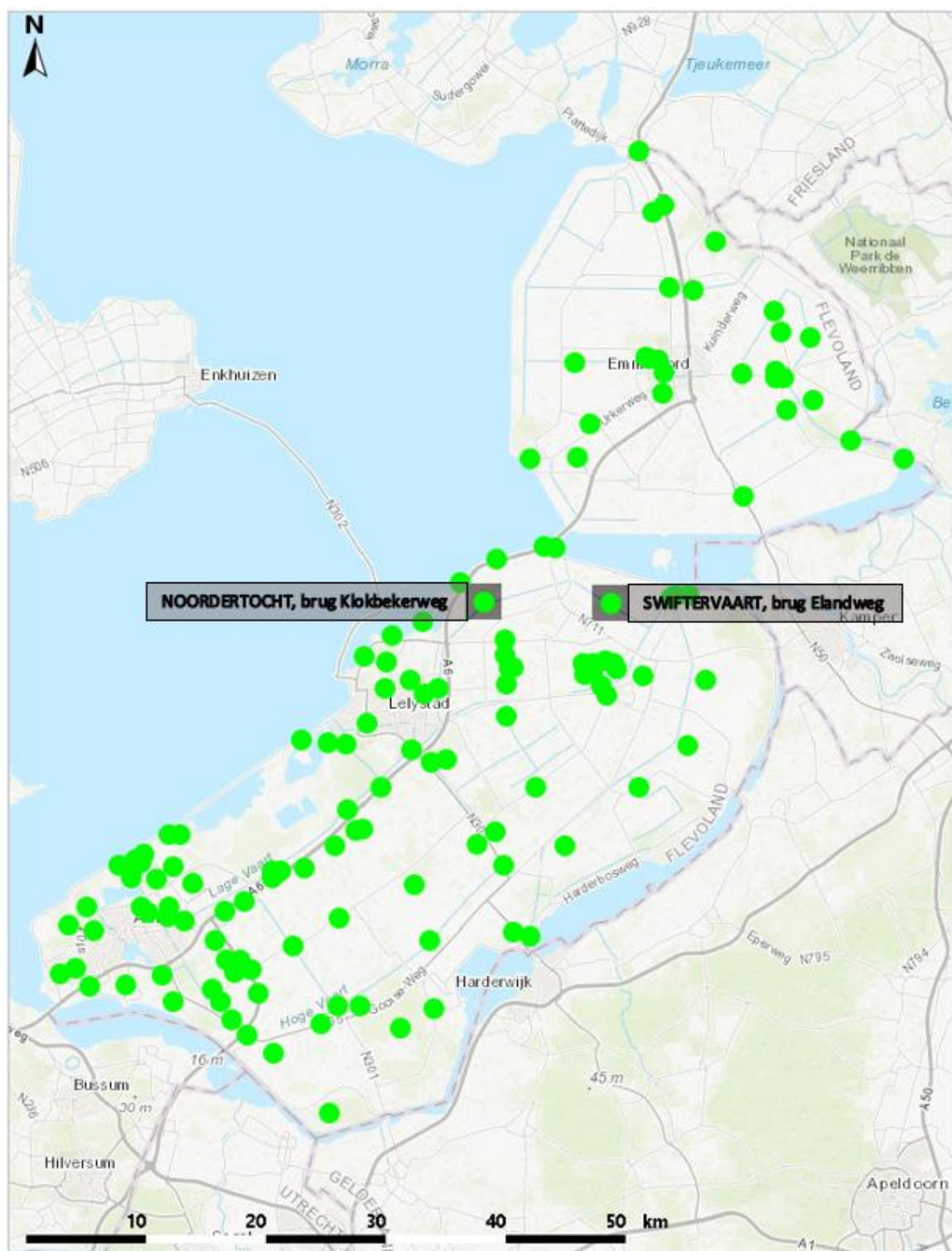
Figuur J.6 Een overzicht van de boxplots per chemische parameter voor dit meetpunt. De kleuring van de boxen staat voor van welk meetpunt de data wordt gepresenteerd.

### Cluster 3

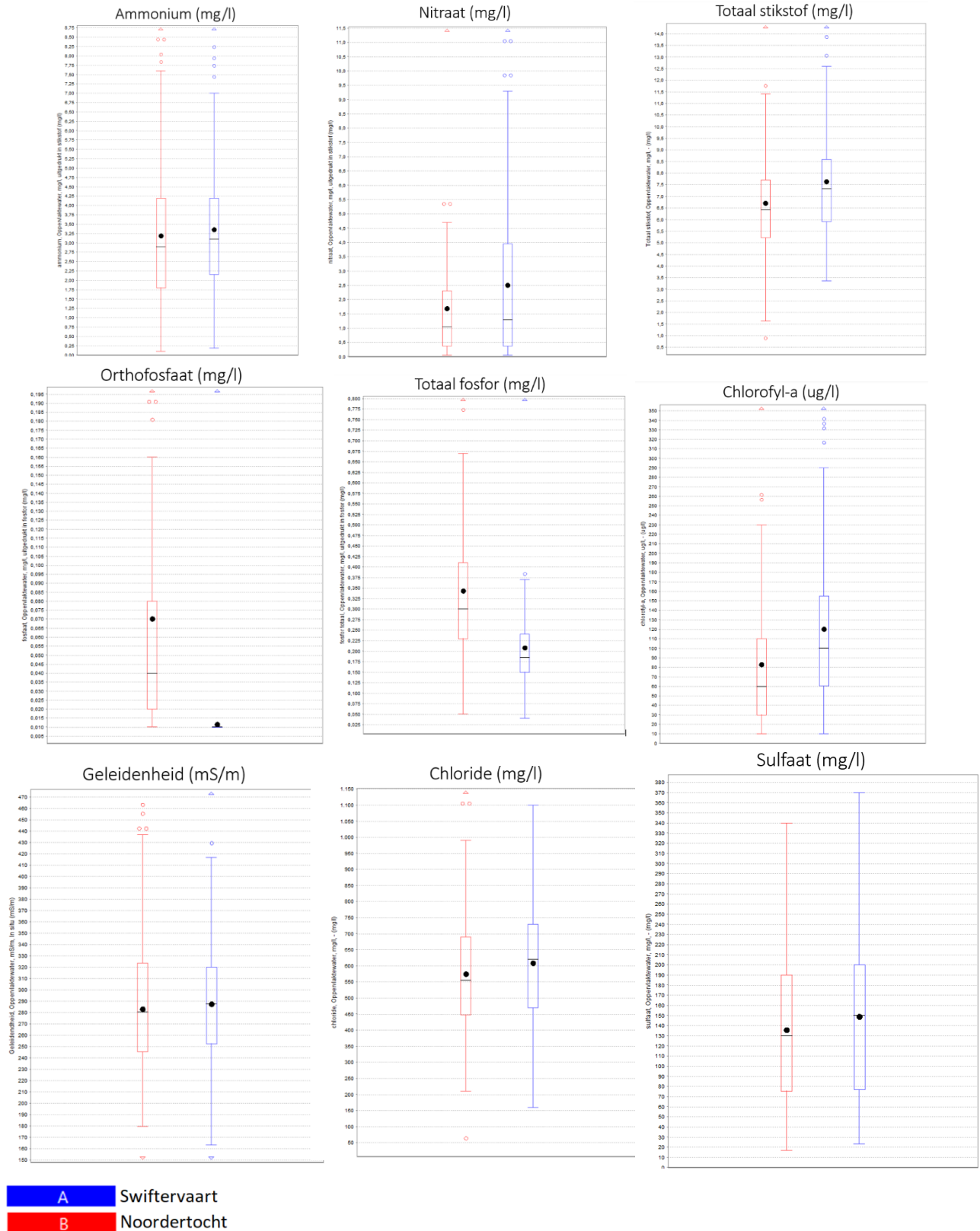
Cluster 3 bestaat uit slechts twee meetpunten. De Noordertocht en de Swiftervaart zijn qua omvang en achtergrondgehalten zeer vergelijkbaar. De Noordertocht is iets westelijker gelegen en stroomt langs een bosgebied (zie Figuren J.7 en J.8). Er is gekozen om de Swiftervaart te selecteren als steekproefmeetpunt, omdat er voor de Noordertocht geen meetgegevens beschikbaar zijn voor chlorofyl-A in de onderzoeksperiode (zie Figuur J.9).



*Figuur J.7 Een overzicht van foto's per meetpunt binnen het cluster. Deze foto's komen uit de database van Waterschap Zuiderzeeland of Google Maps.*



Figuur J.8 Een overzichtkaart van Flevoland met hierin de meetpunten binnen dit cluster.



Figuur J.9 Een overzicht van de boxplots per chemische parameter voor dit meetpunt. De kleuring van de boxen staat voor van welk meetpunt de data wordt gepresenteerd.

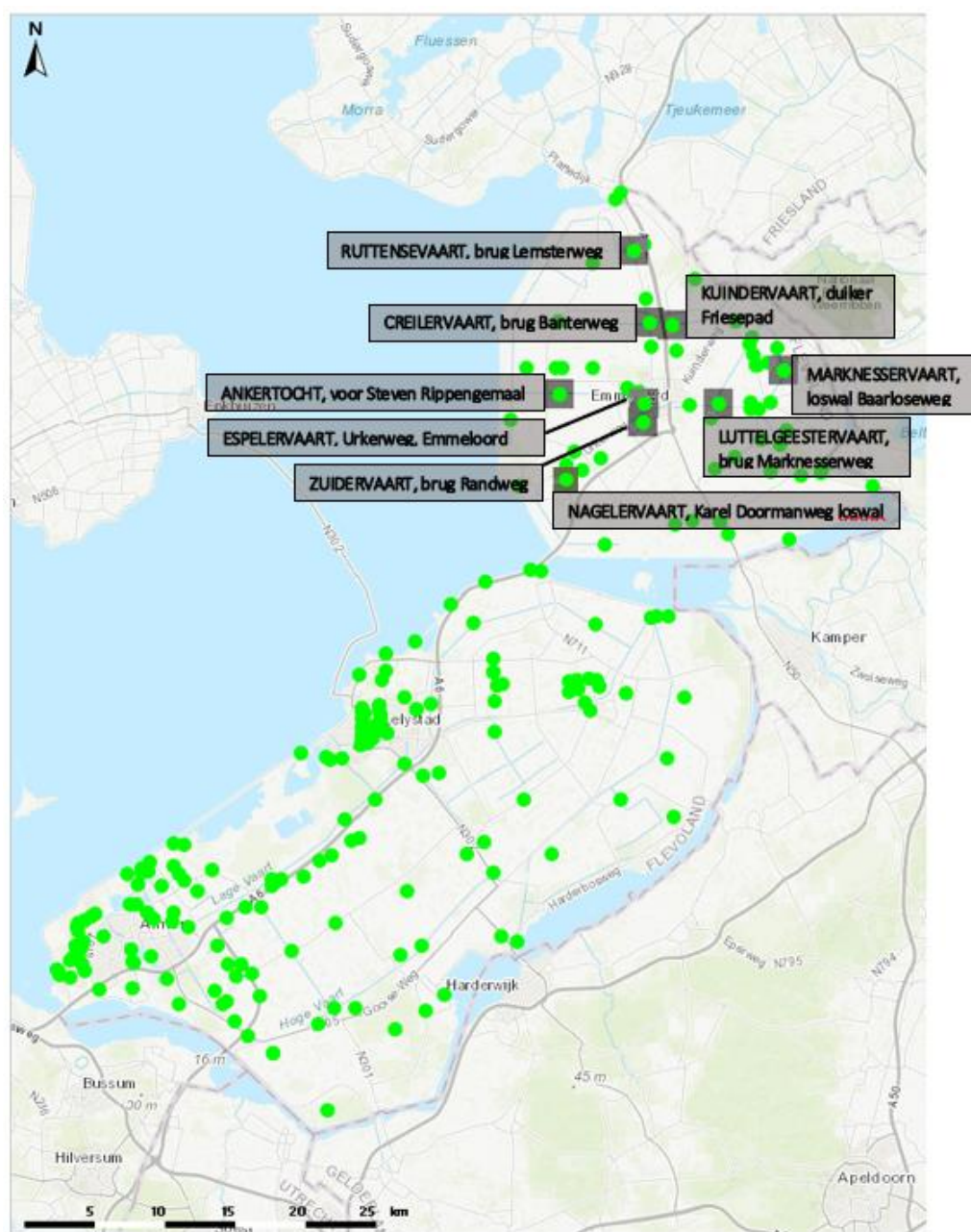
## Cluster 4

In cluster 4 is de Luttelgeestervaart het steekproefmeetpunt. Zoals te zien op de kaart in Figuur J.11 ligt het meetpunt centraal in het gebied. In de boxplots van Figuur J.12 is te zien dat donker rode box van de Luttelgeestervaart geen gekke uitschieters bevaat en relatief weinig verspreiding heeft in de waarden. Dit maakt het een betrouwbaar meetpunt om te analyseren. Aan de foto's in Figuur J.10 is te zien dat de meetpunten in dit cluster qua omgeving best van elkaar verschillen. Er is dan ook gekozen voor een relatief brede vaart met wel veel tochteigenschappen doordat het relatief veel planten heeft. Dit maakt de Luttelgeestervaart zo representatief mogelijk voor het cluster.

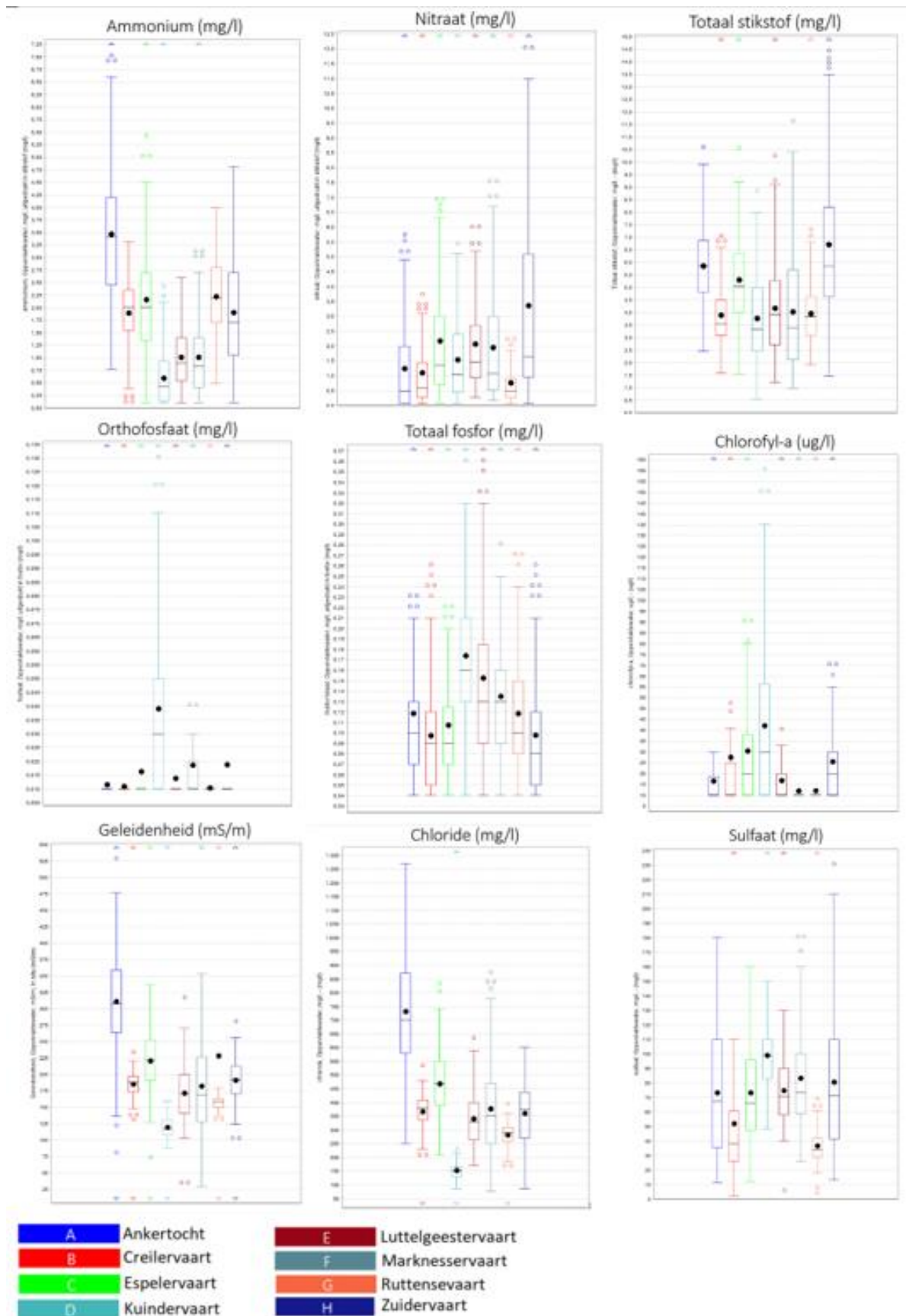




Figuur J.10 Een overzicht van foto's per meetpunt binnen het cluster. Deze foto's komen uit de database van Waterschap Zuiderzeeland of Google Maps.



Figuur J.11 Een overzichtskaart van Flevoland met hierin de meetpunten binnen dit cluster.



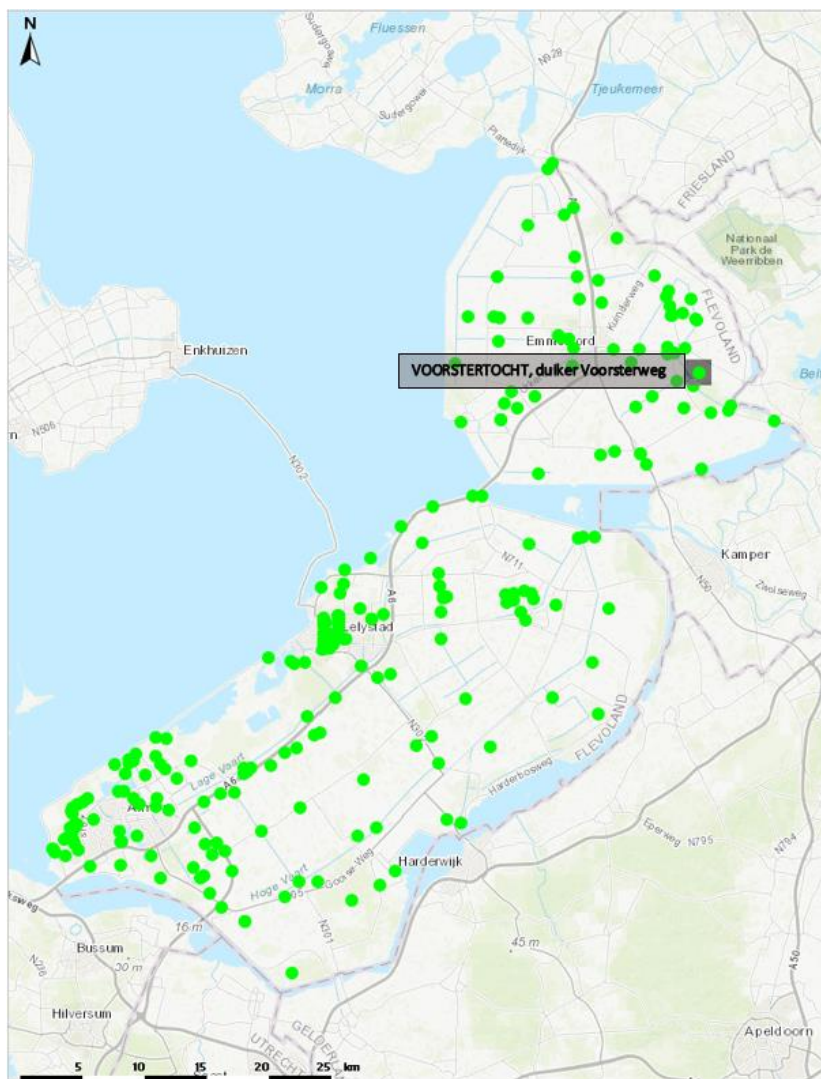
Figuur J.12 Een overzicht van de boxplots per chemische parameter voor dit meetpunt. De kleuring van de boxen staat voor van welk meetpunt de data wordt gepresenteerd.

## Cluster 5

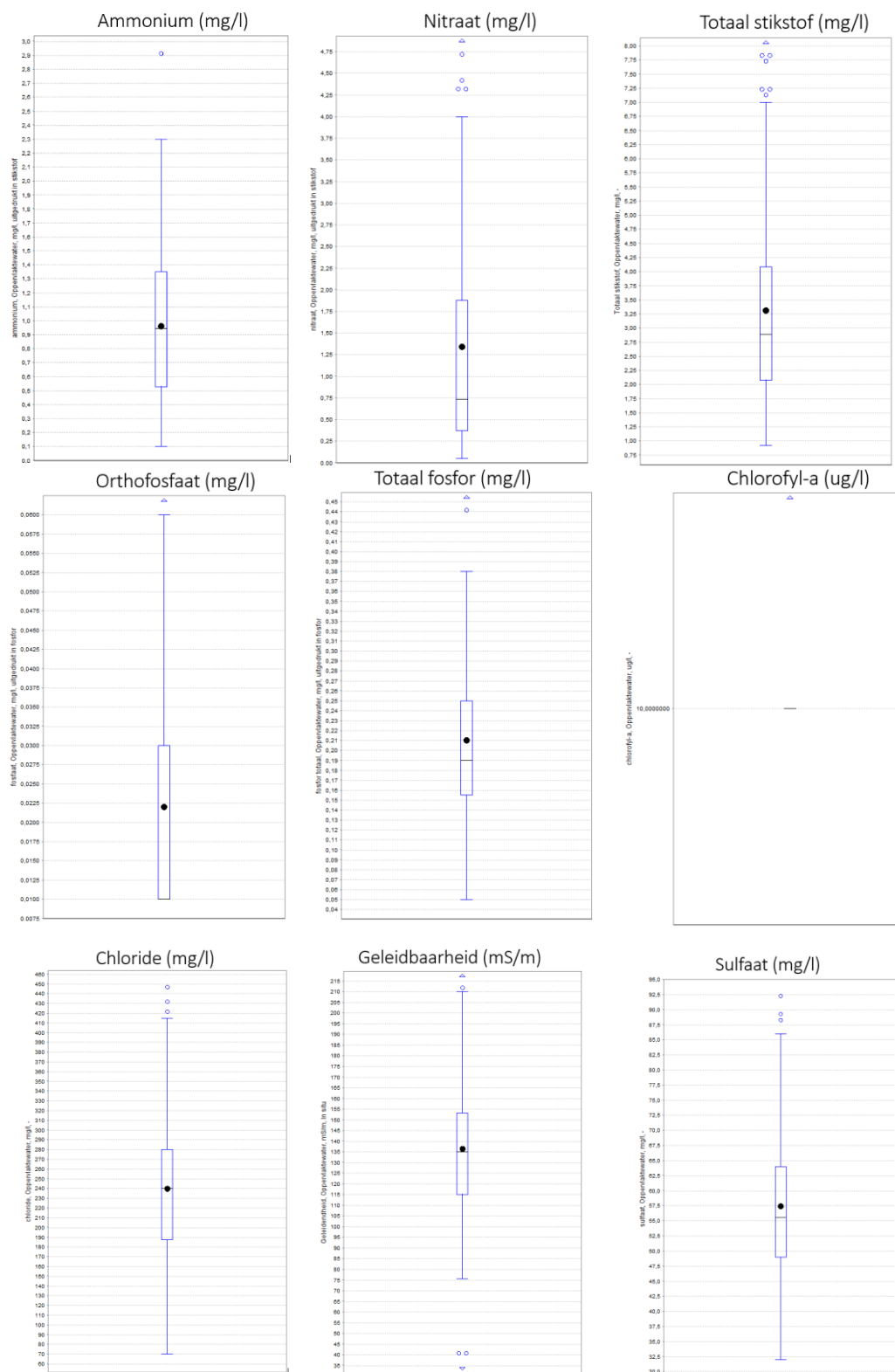
Cluster 5 bestaat uit slechts één meetpunt (zie Figuur J.13 en J.14). De Voorstertocht is dan ook direct het steekproefmeetpunt. Er hoeven geen vergelijkingen te worden gemaakt. Wel is belangrijk dat voor de Voorstertocht geen chlorofyl-A meetdata zijn over de gekozen onderzoeksperiode (zie Figuur J.15). Deze parameter is dan ook voor dit steekproefmeetpunt achterwege gelaten.



Figuur J.13 Een overzicht van foto's per meetpunt binnen het cluster. Deze foto's komen uit de database van Waterschap Zuiderzeeland of Google Maps



Figuur J.14 Een overzichtskaart van Flevoland met hierin de meetpunten binnen dit cluster.



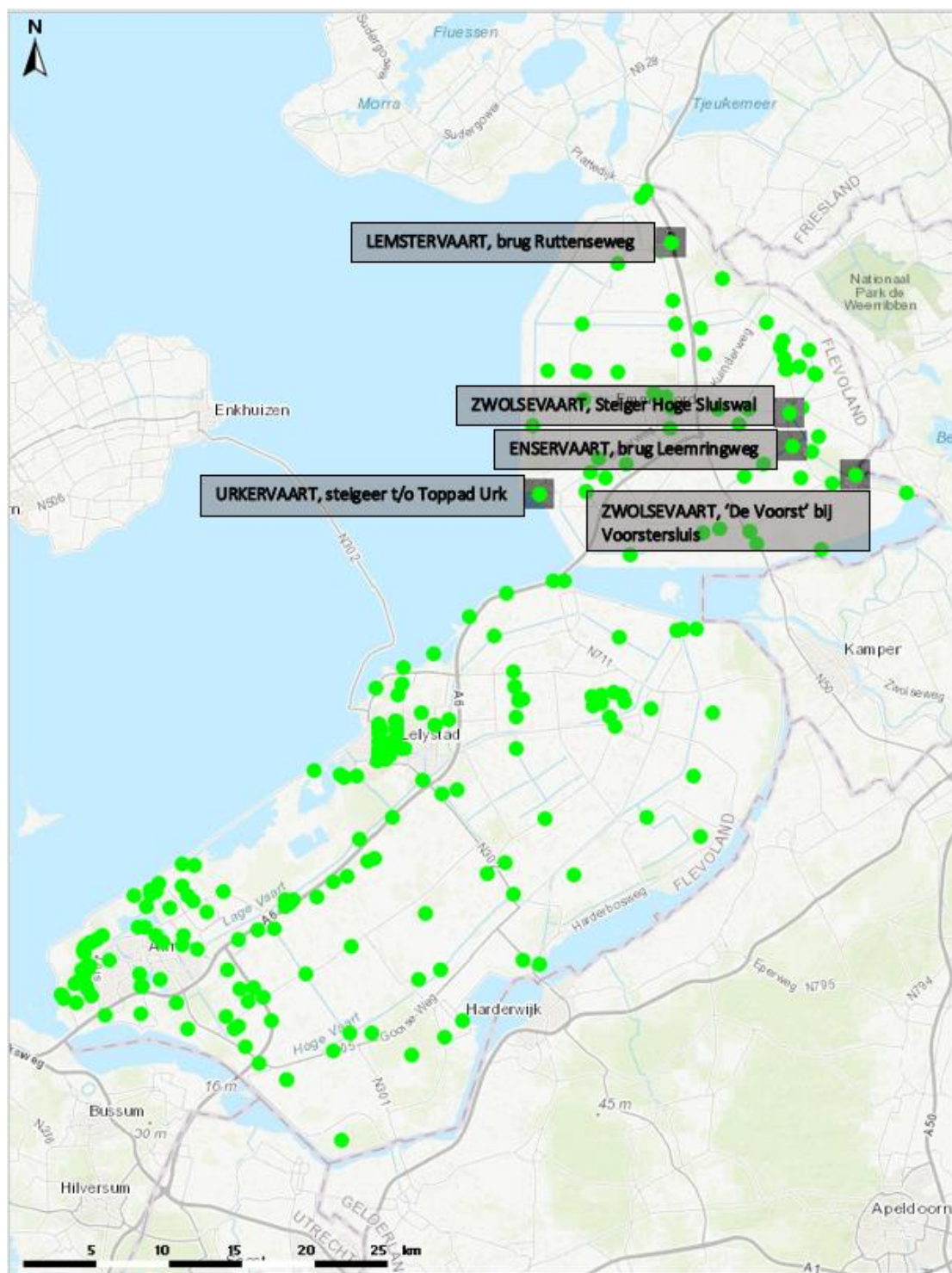
Figuur J.15 Een overzicht van de boxplots per chemische parameter voor dit meetpunt. De kleuring van de boxen staat voor van welk meetpunt de data wordt gepresenteerd.

## Cluster 6

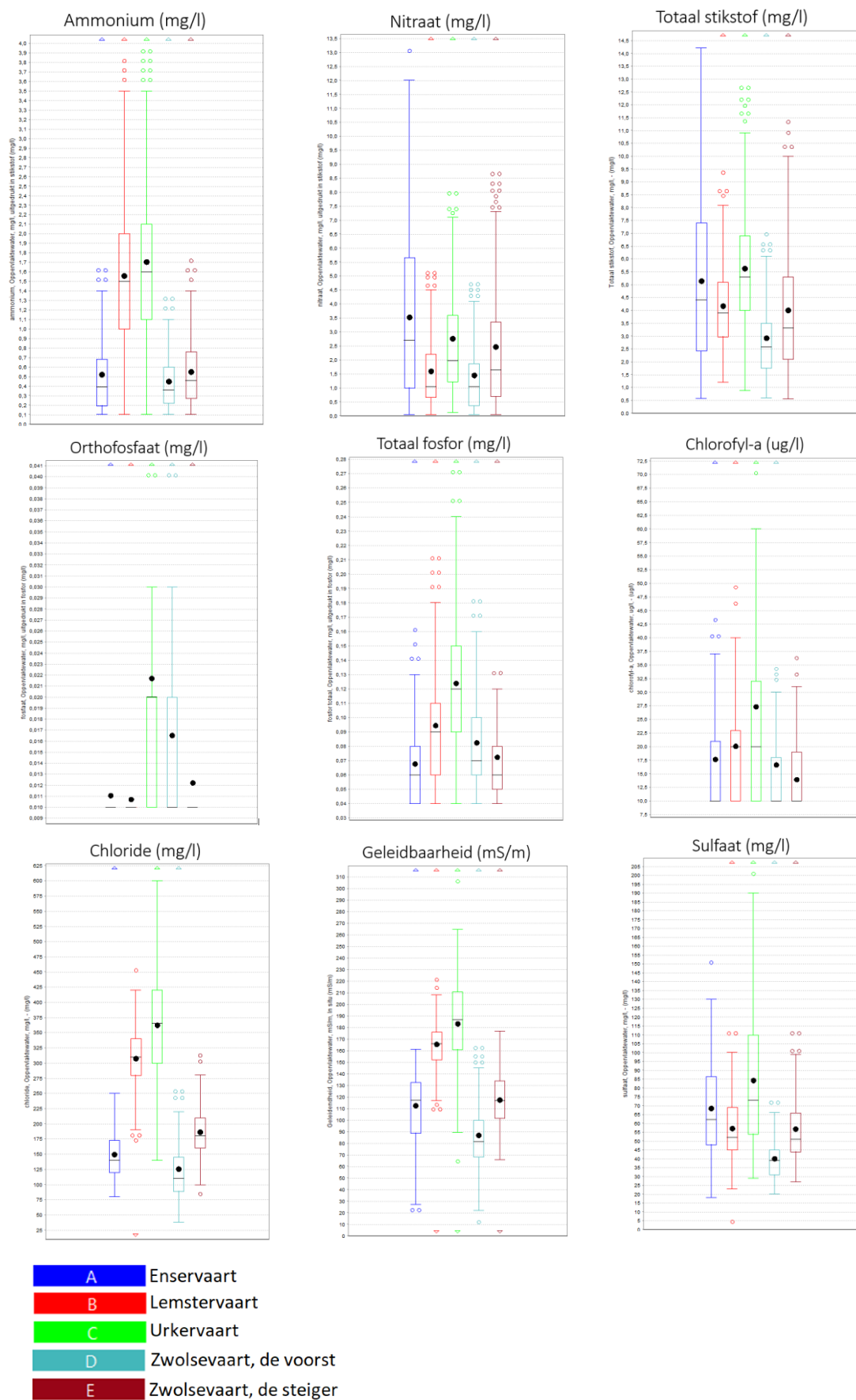
Voor cluster 6 is de Enservaart geselecteerd als steekproefmeetpunt. De Enservaart is, zoals te zien in de kaart in Figuur J.17, centraal gelegen in het cluster (zie Figuur J.16). Aan de boxplots in Figuur J.18 is te zien dat dit meetpunt geen verhoogd ammonium- of orthofosfaat gehalte heeft en dus redelijk normale stofgehalten heeft. Dit maakt het een geschikt steekproefmeetpunt.



*Figuur J.16 Een overzicht van foto's per meetpunt binnen het cluster. Deze foto's komen uit de database van Waterschap Zuiderzeeland of Google Maps*



Figuur J.17 Een overzichtskaart van Flevoland met hierin de meetpunten binnen dit cluster.



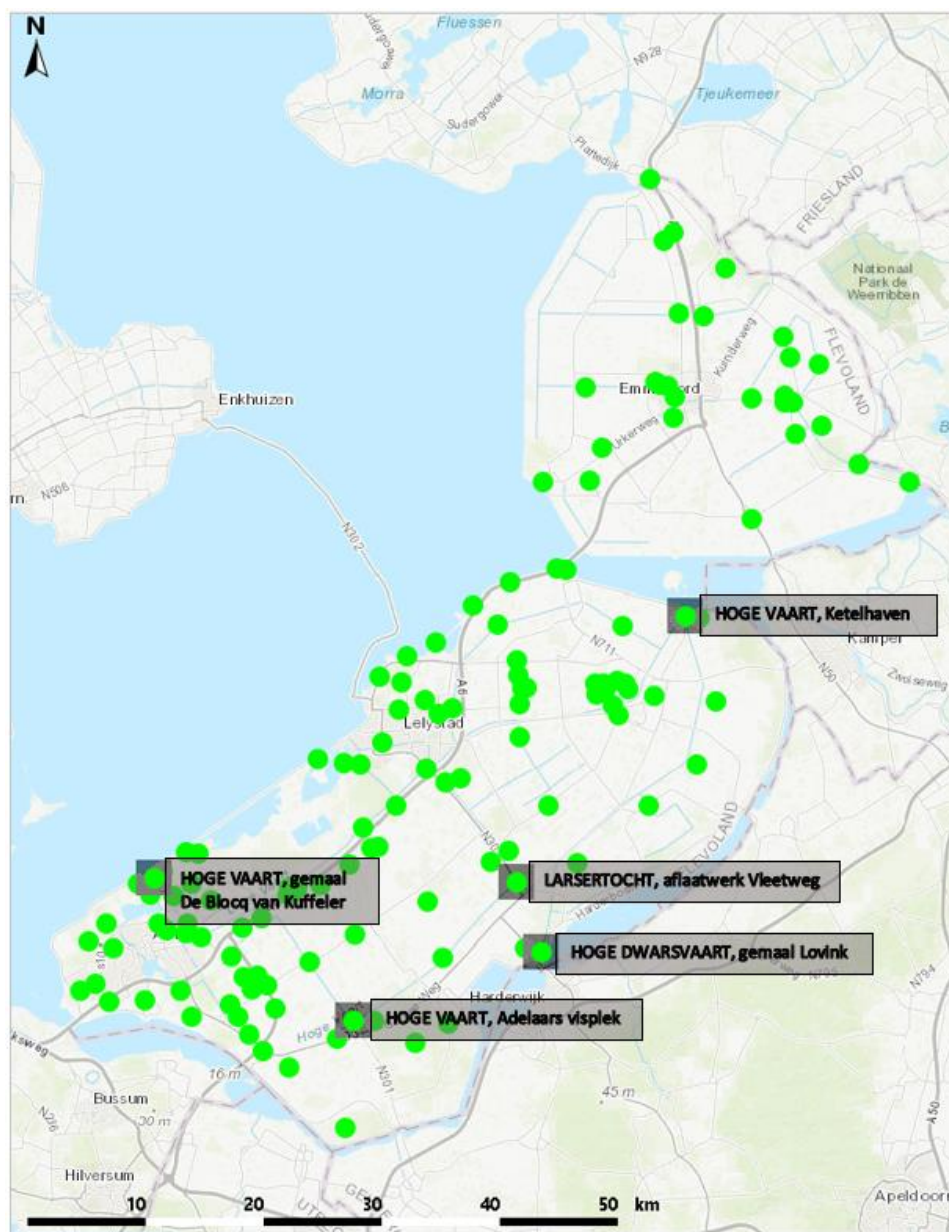
Figuur J.18 Een overzicht van de boxplots per chemische parameter voor dit meetpunt. De kleuring van de boxen staat voor van welk meetpunt de data wordt gepresenteerd.

## Cluster 7

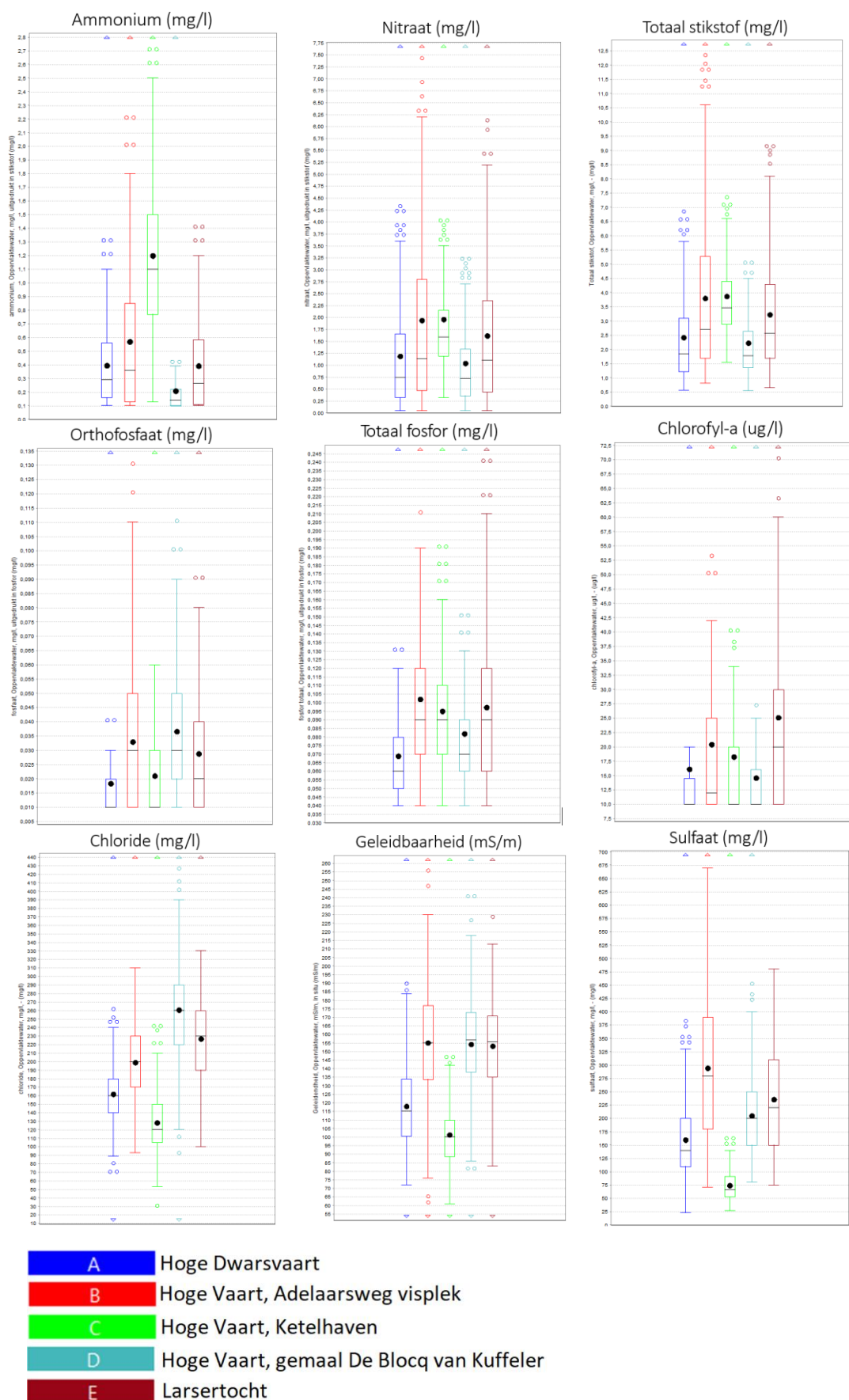
Cluster 7 bevat de meetpunten rondom de Hoge Vaart. Ondanks dat het niet aan de naam af te leiden is, is de Larsertocht de vaart die het steekproefmeetpunt van cluster 7 vormt. Zoals te zien op de foto's in Figuur J.19 en de kaart in Figuur J.20, is de Larsertocht even breed en lijnvormig als de andere meetpunten en ligt het centraal in het clustergebied. Vooral bij dit cluster is het steekproefmeetpunt geselecteerd op locatie, aangezien alles aan de Hoge Vaart ligt en met de grote waterkolom die een vaart heeft, gebiedseigen invloeden kleiner worden. Er is bewust gekozen voor een meetpunt dat halverwege het stroomgebied van de Hoge Vaart ligt, om zo'n neutraal mogelijk beeld te krijgen. Tot slot is gecontroleerd dat de Larsertocht gemiddelde meetwaarden heeft in de boxplots van Figuur J.21.



*Figuur J.19 Een overzicht van foto's per meetpunt binnen het cluster. Deze foto's komen uit de database van Waterschap Zuiderzeeland of Google Maps*



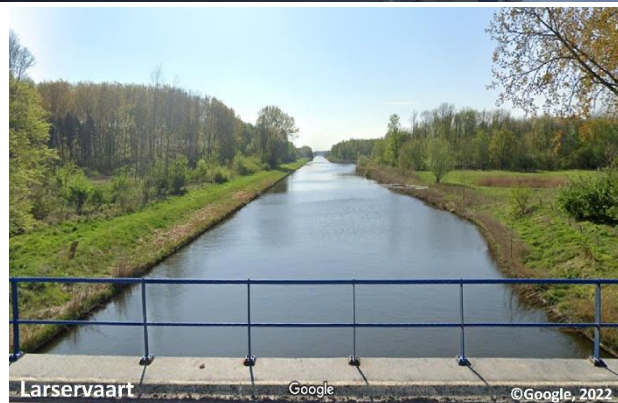
Figuur J.20 Een overzichtskaart van Flevoland met hierin de meetpunten binnen dit cluster.



Figuur J.21 Een overzicht van de boxplots per chemische parameter voor dit meetpunt. De kleuring van de boxen staat voor van welk meetpunt de data wordt gepresenteerd.

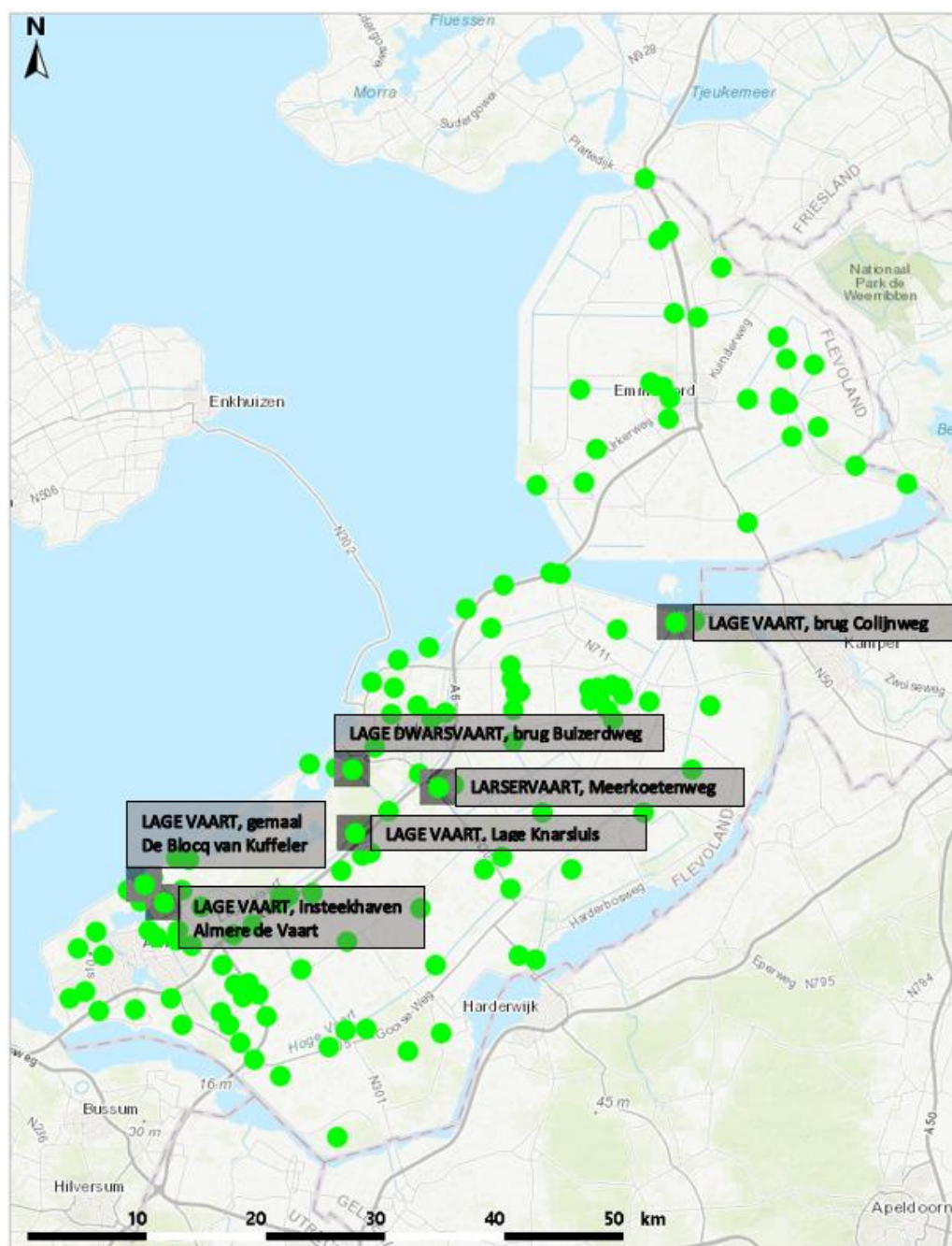
## Cluster 8

Tot slot is cluster 8 de groep meetpunten die rond de Lage Vaart liggen. Het meetpunt “Lage Vaart, Lage Knarskluis” is geselecteerd als steekproefmeetpunt. Net als bij het cluster dat de Hoge Vaart meetpunten clustert, is hier een meetpunt gekozen dat halverwege het stroomgebied ligt (zie Figuur J.22 en J.23). Daarnaast is te zien in de boxplots van Figuur J.24 dat dit meetpunt verhoogd orthofosfaat heeft of een waarde die rond of onder de detectiegrens ligt zoals andere meetpunten. Verder heeft dit meetpunt relatief gemiddelde waarden en vormt het een betrouwbaar steekproefmeetpunt.

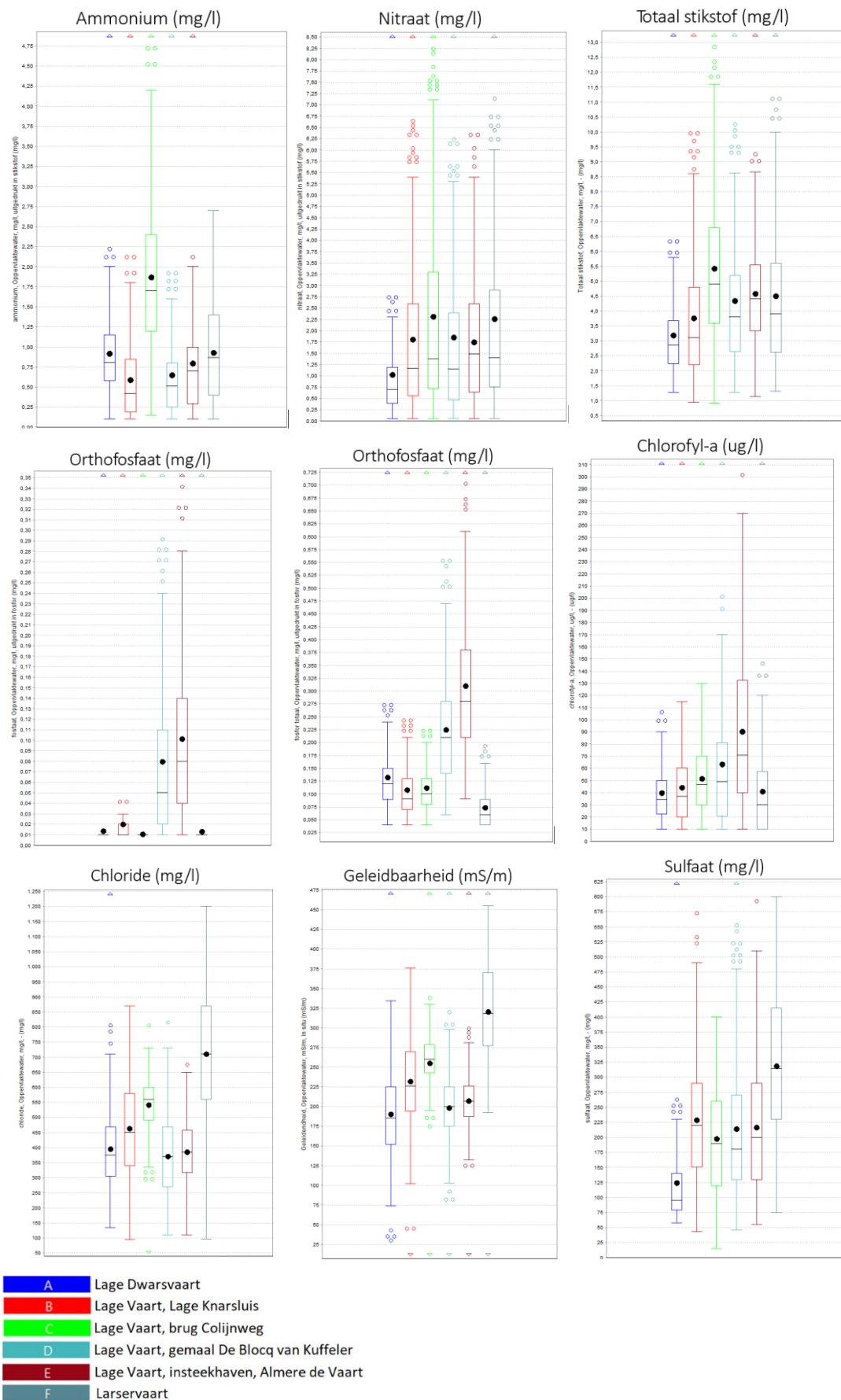




Figuur J.22 Een overzicht van foto's per meetpunt binnen het cluster. Deze foto's komen uit de database van Waterschap Zuiderzeeland of Google Maps



Figuur J.23 Een overzichtskaart van Flevoland met hierin de meetpunten binnen dit cluster.



Figuur J.24 Een overzicht van de boxplots per chemische parameter voor dit meetpunt. De kleuring van de boxen staat voor van welk meetpunt de data wordt gepresenteerd.