

RAPPORT

Lithium in het oppervlaktewater van de Rijkswateren

data-analyse en advies

Klant: Rijkswaterstaat WVL

Referentie: BJ5796-RHD-XX-XX-RP-EO-0003

Status: S1/P01

Datum: 1 december 2023



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52
6534 AB Nijmegen
Netherlands
Water & Maritime

+31 88 348 70 00 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Lithium in het oppervlaktewater van de Rijkswateren

Sub titel: data-analyse en advies
Referentie: BJ5796-RHD-XX-XX-RP-EO-0003
Uw kenmerk
Status: S1/P01
Datum: 1 december 2023
Projectnaam: Advies lithium
Projectnummer: BJ5796
Auteur(s): Roel Knob en Jasmijn Rost

Opgesteld door: Jasmijn Rost en Marijn de Kool

Gecontroleerd door: Niels Evers

Datum: 1-12-2023

In opdracht van: Marcel Kotte
Rijkswaterstaat 088-7970111

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelevoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Doelstelling	1
1.2	Regelgeving en normering	1
1.3	Status in Europese regelgeving	2
2	Gebruikte data en methoden	3
2.1	Monitoringsgegevens	3
2.2	Meetpunten	3
2.3	Meetfrequentie	4
2.4	Data-validatie	4
2.5	Bewerkingen	5
2.6	Standaardisatie van zwevend stofconcentraties	7
2.7	Selectie van meetpunten	7
2.8	Methodiek data-analyse	8
3	Resultaten data-analyse	10
3.1	Relatie totaalconcentratie en opgeloste concentratie	10
3.2	Trends van lithiumconcentraties	11
3.3	Relatie met afvoer in Lobith	12
3.4	Vergelijking Rijn en Maas bij de grens	14
3.5	Stroomafwaarts verloop van de concentratie vanaf de grens	16
3.6	Vergelijking stroomgebieden	17
3.7	Relatie met chloride	18
4	Tactisch-operationeel advies	19
5	Strategisch advies	20
	Referenties	21

1 Inleiding

Lithium is een zilverwit alkalimetaal dat van nature in het milieu voorkomt, in het mariene milieu meer dan in het zoete milieu. Het kent uiteenlopende toepassingen, waaronder de bekende lithiumion-accu. Dit is een oplaadbare batterij die vaak in consumentenelektronica en elektrische auto's wordt gebruikt. Lithium wordt daarnaast verwerkt in de glas- en keramische industrie (RIWA, 2023). Verder wordt lithium ook ingezet voor de behandeling van psychische klachten. Lithium kan worden voorgeschreven bij bipolaire stoornissen, stemmingswisselingen en depressies (Gezondheidsraad 2000).

Voor de Rijn zijn in het Duitse stroomgebied verschillende bronnen van lithium in meer of mindere mate kwantitatief bekend. Aan de linkeroever zijn in de monding van de Erft, een zijrivier van de Rijn, zijn het gevolg van de winning van bruinkool in de dagbouw mijnen Hambach, Inden en Garzweiler. Het water dat wordt afgepompt voor de ontwatering van de groeves is rijk aan lithium. Met het afbouwen van de bruinkoolwinning zal ook de hoeveelheid afgepompt grondwater afnemen en daarbij meer verdund raken met regenwater. Ook aan de rechteroever van de Rijn wordt lithiumhoudend mijnwater (Grubenwasser) naar de oppervlakte gepompt. Volgens de Geologische Dienst NRW bevat het mijnwater van de stilgelegde antracietmijn Ibbenbüren tot wel 22.000 µg/l lithium. Na het stilleggen van de antracietwinning is men begonnen met het verhogen van het grondwaterpeil in de mijngangen. Op termijn verwacht men slechts infiltrerend regenwater af te pompen met veel lagere (600 µg/l) lithiumconcentraties (RIWA, 2023).

Lithium staat momenteel in de belangstelling, omdat er plannen zijn om lithium te winnen in het zuidelijke Rijndal van Duitsland, als bijproduct van geothermische energiewinning. Als gevolg van deze voorgenomen lithiumwinning bestaat de verwachting en het risico dat de concentratie van lithium in de Rijn in de toekomst toch weer zal stijgen. Op basis van de meetgegevens in de Rijn, de (beperkte) toxicologische informatie en het feit dat lithium in de gangbare drinkwaterzuivering slecht tot niet wordt verwijderd, lijkt er aanleiding tot zorg voor ongewenste humane gezondheidseffecten als gevolg van blootstelling aan lithium via het drinkwater. Vergunningverleners dienen rekening te houden met de drinkwaterfunctie van de Rijn wanneer zij eisen stellen aan (industriële) lozingen van lithium-houdend afvalwater of aan andere activiteiten waar mogelijk lithium bij vrijkomt (RIWA 2023).

Met het oog op de geschetste ontwikkelingen heeft Rijkswaterstaat WVL aan Royal HaskoningDHV opdracht verleend om met behulp van een data-analyse beter zich te krijgen op de huidige lithiumconcentraties en tactische en strategische adviezen op te stellen voor de toekomstige monitoring. Het gaat om een feitenrapportage waarin de op dit moment beschikbare meetgegevens zijn geanalyseerd.

1.1 Doelstelling

Het doel van deze studie is tweeledig:

- Het analyseren en duiden van de bestaande meetreeksen van lithium in het oppervlaktewater van de Rijkswateren;
- Het opstellen van tactisch-operationeel en strategisch advies voor de monitoring van lithium in toekomst.

1.2 Regelgeving en normering

Momenteel heeft Nederland nog geen formeel vastgestelde milieukwaliteitsnorm op basis van ecotoxicologische risico's afgeleid. Lithium staat niet op de lijst van prioritaire stoffen of Specifiek

Verontreinigende Stoffen. Omdat er geen formele norm is vindt er dus ook geen toetsing voor de Kaderrichtlijn Water plaats.

De natuurlijke achtergrondconcentratie voor lithium in Nederlands zoetwater is vastgesteld op 3,5 µg/l, als opgeloste concentratie. Deze concentratie is berekend op basis van de 10e percentiel van meetgegevens van oppervlaktewateren in Nederland die in 2013 zijn gepubliceerd in een rapport van Deltares (Osté, 2013).

Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) heeft recent indicatieve milieurisicogrenzen afgeleid voor lithium in oppervlaktewater, bedoeld voor vergunningverleners (RIVM, 2023). Het RIVM heeft berekend dat een concentratie van 11 µg/l water veilig is voor planten en dieren als zij langere tijd in aanraking komen met lithium in zoet water. Voor een korte blootstelling berekent het RIVM een maximale concentratie van 210 µg/l als veilige waarde (RIVM, 2023). Dit zijn dus respectievelijk te beschouwen als indicatieve JGM-MKN en MAC-MKN.

Op basis van de (beperkte) gegevens die er zijn, verwacht het RIVM dat een indicatieve risicogrens van 7,7 µg/l in drinkwater ook veilig is voor de mens. KWR heeft op verzoek van RIWA-Rijn al eerder een indicatieve drinkwaterrichtwaarde van 7,5 µg/l voor lithium afgeleid (Reus & Hofman-Caris, 2021). Momenteel worden door de RIWA-drinkwaterbedrijven de parameters lithium en lithium na filtratie door RIWA getoetst aan 11 µg/l (RIWA, 2023).

1.3 Status in Europese regelgeving

Lithium staat momenteel niet op de lijst van prioritaire stoffen die onder de chemische toestand voor de Kaderrichtlijn Water vallen en er is dus geen generieke waterkwaliteitsnorm.

Op dit moment hebben lithium hydroxide, carbonaat en chloride de status van pZZS (potentieel zeer zorgwekkende stoffen). De zorg zit in Li, dus kunnen we ook een groepsaanduiding gaan verwachten als pZZS of wellicht wel als ZZS, zie bijv [580eb60f-65d5-f825-435d-3910a0556e05 \(europa.eu\)](https://580eb60f-65d5-f825-435d-3910a0556e05.europa.eu): “As the lithium cation is considered responsible for the systemic toxicity of these simple lithium compounds, a grouping approach for harmonised classification to cover all the substances in this group is recommended”.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de gebruikte gegevens en methoden van de data-analyse. In hoofdstuk 3 komen de resultaten aan bod. Hoofdstuk 4 en 5 bevatten respectievelijk de tactisch-operationele adviezen en strategische adviezen. Tenslotte volgen de referenties en bijlagen.

2 Gebruikte data en methoden

De data-analyse heeft zich toegespitst op de 54 waterlichamen die in beheer zijn van Rijkswaterstaat. De verzamelde monitoringsgegevens komen voornamelijk uit het zogenaamde MWTL-meetnet (Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands).

2.1 Monitoringsgegevens

De monitoringsgegevens zijn gedownload van <https://waterinfo.rws.nl> op 17 oktober 2023. De monitoringsgegevens zijn gedownload op basis van de volgende selecties.

- Parameters: (massa)Concentratie lithium in Oppervlaktewater opgeloste fractie (bijv. na filtratie) in $\mu\text{g/l}$, (massa)Concentratie lithium in Oppervlaktewater $\mu\text{g/l}$ en Massafractie lithium in Zwevende stof t.o.v. drooggewicht in mg/kg .
- Periode: van 1 januari 2010 t/m 31 december 2022.
- Meetpunten: alle beschikbare meetpunten.

Het bestand gedownloade monitoringsgegevens bestaat uit 22141 meetwaarden voor 77 meetpunten. Hiervan zijn 10143 meetwaarden voor de concentratie lithium in opgeloste fractie in het oppervlaktewater, 10086 meetwaarden voor de concentratie lithium in het oppervlaktewater en 1912 meetwaarden voor de massafractie lithium in zwevende stof.

In een later stadium zijn ook de afvoerdebieten bij de grenslocaties van Rijn (Lobith, ponton) en Maas (Eijsden) gedownload om de relatie met de afvoer te analyseren.

2.2 Meetpunten

Er zijn 77 meetpunten beschikbaar met monitoringsgegevens voor lithium. Van deze meetpunten zijn 51 meetpunten meegenomen in de analyse. De meetpunten die niet zijn meegenomen in de analyse liggen in zoute waterlichamen of de Noordzee en ondervinden slechts een geringe invloed van emissies van lithium naar het oppervlaktewater. De lithiumconcentraties in zout water liggen over het algemeen hoger dan in zoet water. In figuur 2-1 is de ligging van alle meetpunten weergegeven met een groene kleur als een meetpunt is meegenomen en een rode kleur als een meetpunt niet is meegenomen. Informatie over de geselecteerde meetpunten is opgenomen in bijlage 1.



Figuur 2-1 Ligging van de meetpunten met meetwaarden voor lithium. De groene meetpunten zijn meegenomen in de analyse, de rode meetpunten zijn niet meegenomen in de analyse. Het meetpunt TERSLG235 op de Doggersbank is niet weergegeven in de figuur, dit meetpunt is niet meegenomen in de analyse. De rijkswateren zijn blauw gekleurd.

2.3 Meetfrequentie

In bijlage 2 zijn de meetfrequenties per jaar per meetpunt opgenomen. Het meetprogramma ziet er in grote lijnen als volgt uit:

Meetpunt	Fractie	Meetfrequentie
Maas bij Eijsden	Totaal en opgelost	Wekelijks steekmonster
Rijn bij Lobith	Totaal en opgelost	Tweewekelijks steekmonster en tijdsproportionele bemonstering
Overige meetpunten	Totaal en opgelost	Maandelijks/vierwekelijks
Enkele meetpunten	Zwevend stof	Korte periode, kwartaalmeting

2.4 Data-validatie

Analyse methode

De analyses zijn allemaal door het Rijkswaterstaat-laboratorium uitgevoerd. De analytische bepaling is door middel van ICP-MS (Inductief Gekoppeld Plasma – Massaspectrometrie) uitgevoerd. Met deze techniek is het mogelijk om meer dan 50 elementen in water of 57 elementen in zwevend stof (gelijktijdig) in één analysegang te meten.

Rapportagegrens

De rapportagegrens (RG) van het laboratorium van Rijkswaterstaat bedraagt 3 µg/L lithium in water en 0,2 mg/kg in zwevend stof. Overigens is een RG <0,1 µg/L in water mogelijk met ICP-MS, maar dat het bereik van de gemeten waarden ligt doorgaans veel hoger. In de dataset komen regelmatig meetwaarden voor die beneden 3 µg/L liggen, maar geen aanduiding “<” hebben. Vaak staat er wel een opmerking van de het laboratorium bij: “Waarde heeft een grotere spreiding dan beschreven”, als “<” aanwezig is.

Foutieve meetwaarden zijn meetwaarden waar wel een bemonstering is uitgevoerd maar waarbij er geen meting is. Dit kan komen doordat bijvoorbeeld een analyse niet correct is uitgevoerd. De foutieve meetwaarden (of ‘haatmeting’) zijn aangegeven met een waarde van 999999999999 en zijn verwijderd uit de dataset. Daarnaast zijn er ook nog enkele meetwaarden met het kwaliteitsoordeel “Niet-plausibele meetwaarde” of 99, deze meetwaarden zijn niet meegenomen in de analyse.

Meetonzekerheid

De meetonzekerheid bedraagt +/- 25%, dit heeft er mee te maken dat Li een licht element is. Lichte elementen zijn over het algemeen moeilijker te meten met ICP-MS dan zwaardere elementen omdat er afstoting plaatsvindt in de in het instrument gevormde ionenbundel. Lichte elementen vertonen hierbij meer verstrooiing en zijn daardoor minder reproduceerbaar te focussen in de massaspectrometer (pers. mededeling Breidenbach). De meetonzekerheid valt binnen de waarde die de QA-QA richtlijn noemt, namelijk maximaal 50% (EC, 2009).

De meetwaarden met hoedanigheid NVT betreffen de totaalgehalten na ontsluiting met salpeterzuur. Overigens verschillen in water de gefiltreerde- en “totaal”-gehalten niet veel van elkaar omdat het element grotendeels (>90%) in oplossing is.

Fracties

In de analyse zijn drie lithiumfracties telkens afzonderlijk onderzocht en in figuren weergegeven:

- Massaconcentratie lithium in oppervlaktewater (µg/L) ('totaal').

- Massaconcentratie lithium in oppervlaktewater na filtratie ($\mu\text{g/L}$) ('opgelost').
 - Massafractie lithium in zwevend stof (mg/kg).
- De laatste fractie is niet omgerekend naar standaard zwevende stof (zie verder).

Bemonsteringssoort

Er worden twee bemonsteringssoorten onderscheiden in de dataset, namelijk steekbemonstering en tijdsproportionele bemonstering. Bij een steekbemonstering wordt op een bepaald tijdstip één monster genomen met behulp van bijvoorbeeld een emmer, steekbuis of pomp. Bij een tijdsproportionele bemonstering wordt voor een langere periode langdurig bemonsterd tot een verzamelmonster. Voor bemonstering van zwevende stof kan hiervoor een doorstroomcentrifuge gebruikt worden en voor bemonstering van het oppervlaktewater een pomp. In de monitoringsdataset is voor zwevende stof alleen gebruikt gemaakt van tijdsproportionele bemonstering. Voor de bemonstering van het oppervlaktewater is vooral gebruik gemaakt van steekbemonstering. Uitzondering hierop is het meetpunt Lobith ponton (LOBPTN), waarbij gebruik is gemaakt van zowel tijdsproportionele bemonstering als steekbemonstering voor de bepaling van de totale concentratie van lithium in oppervlaktewater.

2.5 Bewerkingen

Voordat de daadwerkelijke data-analyse is uitgevoerd zijn eerst enkele bewerkingsstappen uitgevoerd, die hieronder aan bod komen.

Opschonen dataset

De eerste bewerking aan de dataset is het verwijderen van foutieve waarden. Hiervoor is bepaald hoeveel foutieve meetwaarden er in de dataset aanwezig zijn (tabel 2-1). Alle foutieve waarden zijn verwijderd, waarna er 23694 meetwaarden overbleven. Vervolgens is het aantal meetwaarden per kwaliteitsoordeel bepaald (tabel 2-2). De kwaliteitsoordelen zijn: "Normale waarden", "Waarde heeft een grotere spreiding dan beschreven", "Niet-plausibele waarde" en kwaliteitscodes 0 en 3. Alle meetwaarden met het kwaliteitsoordeel "Niet-plausibele waarde" (in totaal 3 meetwaarden) zijn verwijderd waarna 23691 meetwaarden overbleven. Als laatste stap zijn alle metingen onder de rapportagegrens gecorrigeerd door de gemeten concentratie of massafractie te delen door twee. Het percentage metingen onder de rapportagegrens is weergegeven in tabel 2-3.

Tabel 2-1 Percentage foutieve meetwaarden en niet foutieve meetwaarden per parameter. Het totaal aantal meetwaarden is ook weergegeven.

Parameter	Totaal aantal meetwaarden	Percentage foutieve meetwaarden	Percentage niet foutieve meetwaarden
(massa)concentratie lithium in oppervlaktewater na filtratie ($\mu\text{g/l}$)	11066	1.25%	98.75%
(massa)concentratie lithium in oppervlaktewater ($\mu\text{g/l}$)	10992	1.00%	99.00%
Massafractie lithium in zwevende stof (mg/kg)	1912	1.46%	98.54%

Tabel 2-2 Percentage meetwaarden per kwaliteitsoordeel per parameter na verwijdering van de foutieve meetwaarden. Het totaal aantal meetwaarden is ook weergegeven.

Parameter	Totaal aantal meetwaarden	Percentage normale waarde of code 0	Percentage waarde heeft een grotere spreiding dan beschreven	Percentage code 3	Percentage niet-plausibele waarde
(massa)concentratie lithium in oppervlaktewater na filtratie (µg/l)	10928	83.442%	15.42%	1.13%	0.01%
(massa)concentratie lithium in oppervlaktewater (µg/l)	10882	90.95%	8.73%	0.30%	0.02%
Massafractie lithium in zwevende stof (mg/kg)	1884	97.29%	2.71%	0%	0%

Tabel 2-3 Percentage meetwaarden onder en boven de rapportagegrens (RG) per parameter. Het totaal aantal meetwaarden is ook weergegeven.

Parameter	Totaal aantal meetwaarden	Percentage meetwaarden onder de RG	Percentage meetwaarden boven de RG
(massa)concentratie lithium in oppervlaktewater na filtratie (µg/l)	9923	0.84%	99.16%
(massa)concentratie lithium in oppervlaktewater (µg/l)	9880	0.24%	99.76%
Massafractie lithium in zwevende stof (mg/kg)	1884	0.05%	99.95%

Spreiding in de dataset

In tabel 2-4 is de spreiding weergegeven in de dataset per parameter. Het aantal meetwaarden voor de concentratie lithium in het oppervlaktewater na filtratie en totaal is nagenoeg gelijk.

Tabel 2-4 Spreiding van de meetwaarden per parameter. Q1 staat voor de 1 %-kwantiel, Q5 staat voor de 5 %-kwantiel, Q95 staat voor de 95 %-kwantiel en Q99 staat voor de 99 %-kwantiel

Parameter	Totaal aantal meetwaarden	Minimum (Q0)	Q1	Q5	Mediaan (Q50)	Gemiddelde	Q95	Q99	Maximum (Q100)
(massa)concentratie lithium in oppervlaktewater na filtratie (µg/l)	10812	0.40	2.44	3.98	13.90	46.66	156.00	177.89	293.00
(massa)concentratie lithium in oppervlaktewater (µg/l)	10765	0.50	3.46	4.50	15.00	48.35	161.00	183.00	556.00
Massafractie lithium in zwevende stof (mg/kg)	1884	0.10	4.83	13.32	40.40	38.70	57.90	64.73	76.90

2.6 Standaardisatie van zwevend stofconcentraties

Standaardisatie van gemeten gehalten in zwevend stof gebeurt via onderstaande formule (CIW, 2000):

$$C_{ZS.standaard} = C_{ZS.gemeten} * (a+b*40+c*20) / (- a+b*%lutum+c*%org.stof)$$

Hierin is:

$C_{ZS.standaard}$ = gestandaardiseerd gehalte in zwevend stof

$C_{ZS.gemeten}$ = gemeten gehalte in zwevend stof

% lutum = gemeten percentage lutum in zwevend stof

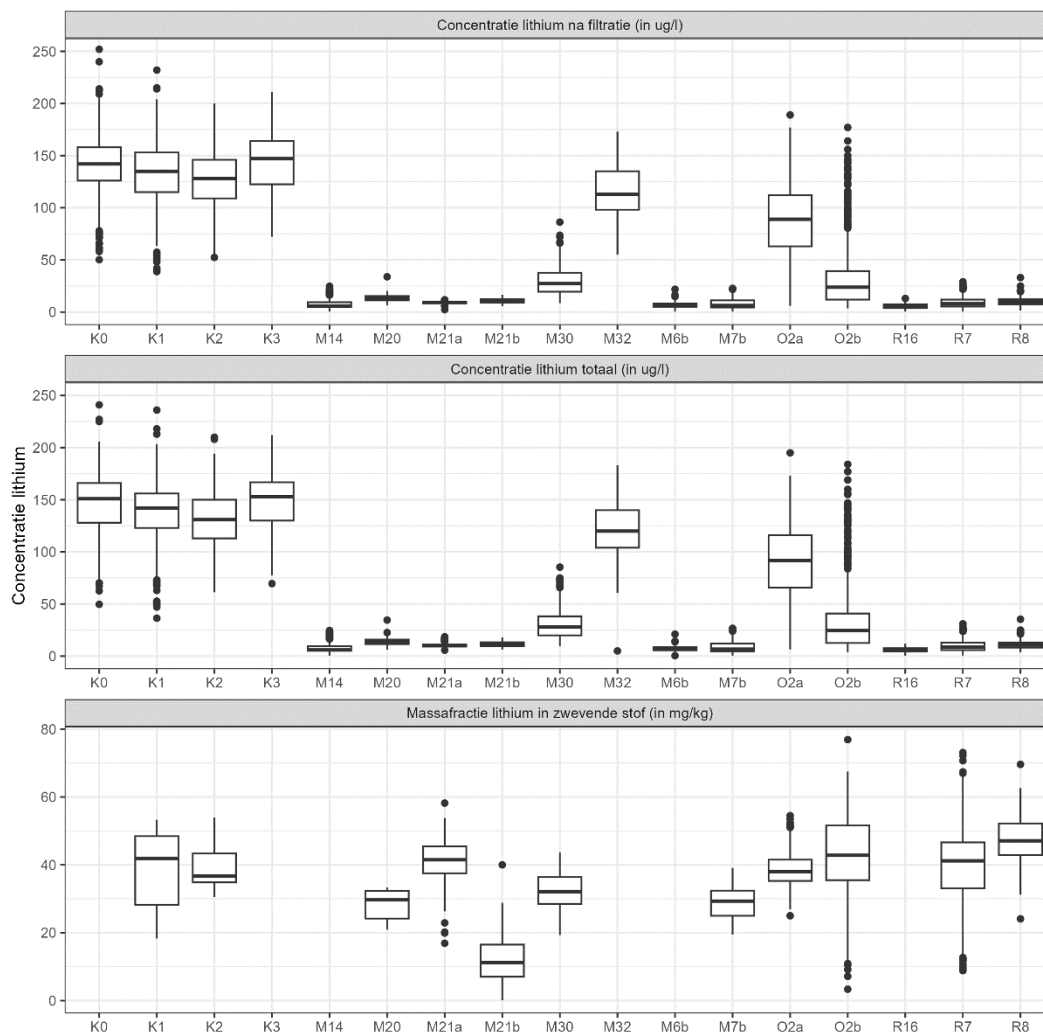
% org.stof = percentage organische stof in zwevend stof

a,b,c = constanten, afhankelijk van de parameter

Voor lithium zijn geen constanten beschikbaar, waardoor de standaardisatie niet kan plaatsvinden.

2.7 Selectie van meetpunten

De gehalten van lithium zijn van nature in zout water hoger dan in zoet water dit is ook aangetoond in een studie van Osté (2013). De zoute meetpunten vertroebelen daarmee het algemene beeld over het zoete water en de daarbij behorende emissies. Overigens zijn de emissies van lithium niet beschikbaar in Emissieregistratie. De selectie van meetpunten voor de analyse is gemaakt op basis van de KRW-watertypen. In figuur 2-2 zijn de metingen van alle meetpunten in de betreffende watertypen samengenomen.



Figuur 2-2 Overzicht van de lithium concentraties na filtratie (boven), totaal (midden) en de massafractie in zwevende stof (beneden) per KRW-watertype in de periode 2010-2021 voor alle meetpunten.

In de zoute wateren (M32, K0, K1, K2, K3, O2a en O2b) en de zwak brakke wateren (M30) zijn hogere concentraties lithium (opgelost en totaal) gemeten dan in de zoete wateren. Voor zwevende stof zijn vergelijkbare concentraties gemeten (niet gestandaardiseerd).

Op basis van figuur 2.5 zijn de meetpunten in de zoute wateren van de genoemde typen niet in de verdere analyses van het landelijk beeld meegenomen.

2.8 Methodiek data-analyse

Voor de data-analyse zijn verschillende technieken gebruikt die hier kort zijn beschreven:

- Alle bewerkingen zijn uitgevoerd met behulp van R-scripting.
- Relatie totaalconcentratie en opgeloste concentratie: met gebruik van een lineaire regressie is bepaald of er een relatie is tussen de totaalconcentratie en de opgeloste concentratie. Vervolgens zijn de regressie coëfficiënten bepaald die aangeven of de lijn afwijkt van een 1-op-1 relatie en is de determinatie coëfficiënt (R^2) bepaald.

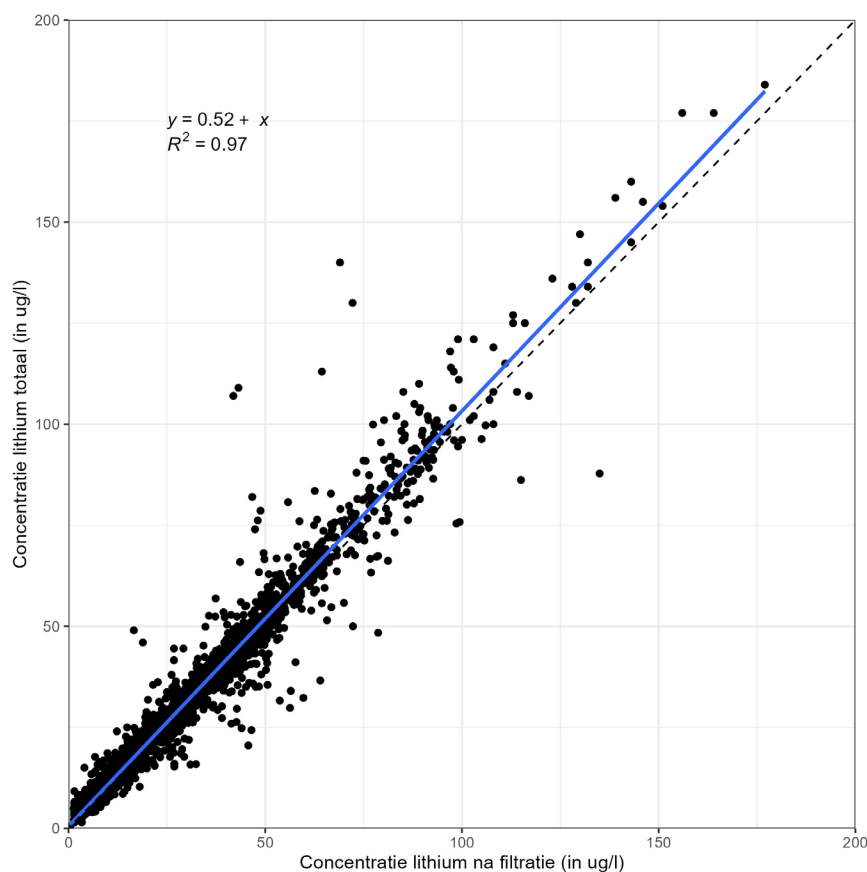
- Trends van lithiumconcentraties: aan de hand van de visuele inspectie van de meetresultaten is gekozen om een Seasonal Mann Kendall trendtest (Hirsch & Slack, 1984) uit te voeren voor de meetpunten aan de grens in de Rijn en Maas. Deze test geeft aan of er een significante invloed van seizoen variatie optreedt. Daarnaast geeft deze test aan of er wel of niet significante opwaartse of neerwaartse trend in de gegevens aanwezig is.
- Voor het stroomafwaartse verloop van de concentratie zijn de afstanden vanaf Lobith en Eijsden bepaald met behulp van een routeplanner, ontwikkeld door MarinePlan (2023). Deze afstanden zijn vervolgens met R-scripting gekoppeld aan de geleverde RWS-bestanden om zo de relatie tussen afstand (in km) en concentratie lithium (in ug/l) in figuren te plotten..

3 Resultaten data-analyse

In de data-analyse is naar een aantal aspecten gekeken, die achtereenvolgens in de volgende paragrafen aan bod komen.

3.1 Relatie totaalconcentratie en opgeloste concentratie

Tussen het totaalgehalte en het opgeloste gehalte voor lithium bestaat een sterke correlatie (figuur 3-1). Er is slechts een kleine toename van het totaalgehalte ten opzichte van het gehalte in opgeloste vorm, hetgeen betekent dat lithium grotendeels in opgeloste vorm aanwezig is en weinig in gebonden vorm. Opvallend is dat bij een deel van de punten het opgeloste gehalte hoger is dan het totaalgehalte (de punten onder de gestreepte 1-op-1 lijn). Normaliter is het totaalgehalte juist hoger dan het opgeloste gehalte, omdat in het totaalgehalte ook gebonden lithium is gemeten. Dit is vermoedelijk het gevolg van de meetonzekerheid van +/-25% waardoor gemeten waarden 25% hoger of lager kunnen uitvallen dan de daadwerkelijke waarden. Bij hogere gehalten wordt de correlatie minder sterk. Er is mogelijk meer gebonden lithium of er is sprake van een grotere spreiding door de meetonzekerheid.



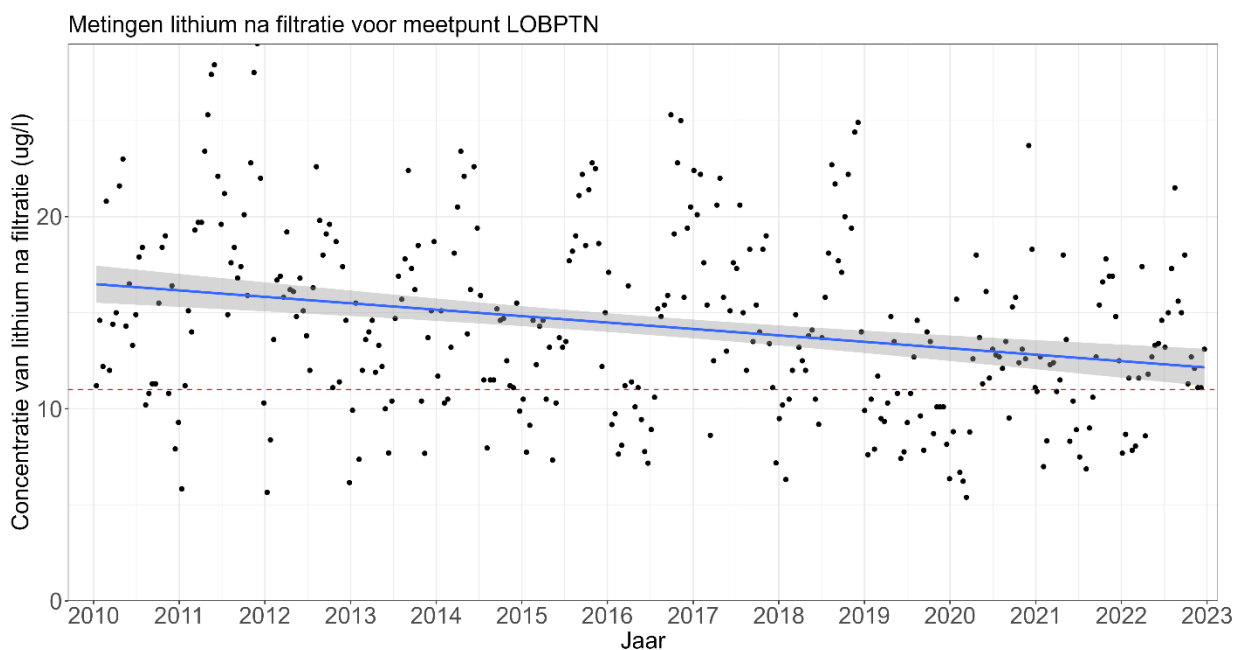
Figuur 3-1 Vergelijking van concentratie lithium (in $\mu\text{g/l}$) na filtratie (x-as) en lithium (in $\mu\text{g/l}$) totaal (y-as) voor alle geselecteerde meetpunten. De blauwe lijn is een lineaire regressie door alle datapunten. De gestippelde lijn stelt de 1:1 verhouding voor tussen de concentratie lithium totaal en na filtratie. Het totaal aantal datapunten in de figuur bedraagt 7104.

Omdat het meeste lithium in opgeloste vorm aanwezig is, is in de figuren in de hoofdtekst van het rapport vooral deze fractie weergegeven. De figuren van de totaalfractie zijn in dat geval in de bijlage opgenomen.

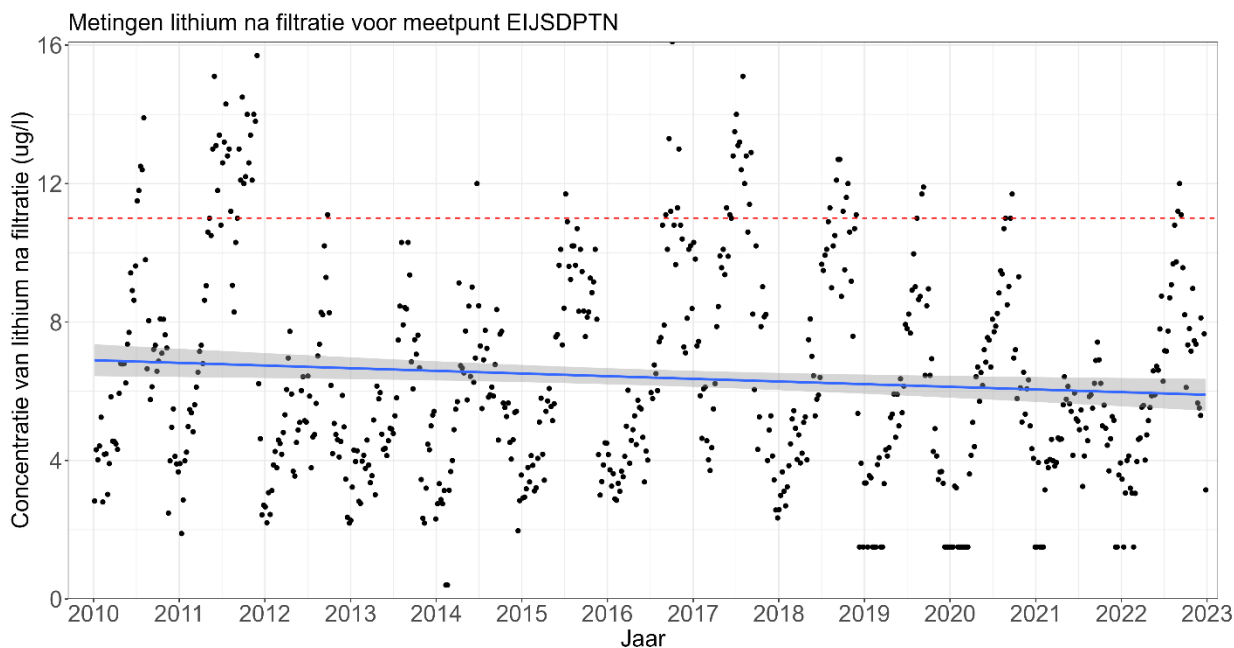
3.2 Trends van lithiumconcentraties

In figuur 3-2 zijn metingen weergegeven van opgelost lithium op de meetpunten Lobith ponton (LOBPTN) en Eijsden ponton (EIJSDPTN). Het meetpunt Lobith ponton ligt op de grens waar de Rijn Nederland in stroomt (aan de noord- of rechterzijde) en het meetpunt Eijsden ponton ligt op de grens waar de Maas Nederland in stroomt (op de oostelijke of rechteroever). In het algemeen is er een afname zichtbaar van de concentraties van lithium bij Lobith en Eijsden. Daarnaast liggen de concentraties bij Lobith hoger dan bij Eijsden, de metingen bij Lobith liggen grotendeels boven de risicogrens van 11 µg/l. De metingen bij Eijsden liggen juist grotendeels onder de risicogrens.

Uit de figuren lijkt er sprake te zijn van een mogelijk seizoenseffect, in het voorjaar zijn de gehalten lager dan in het najaar (in de meeste jaren). Uit de Mann Kendall seasonality test blijkt dat de meetpunten worden beïnvloed door seizoensvariatie. Een significante neerwaartse trend kan geschat worden (p-waarde < 0.05).



Figuur 3-2a Metingen van concentratie lithium na filtratie (in µg/L) over de tijd voor meetpunt Lobith ponton. De blauwe lijn is een lineaire regressie met daarbij de standaardfout als grijs vlak. De rode stippellijn geeft de risicogrens (jaargemiddelde) weer. NB: het jaartal en de lijn staan op 1 januari van het betreffende jaar.

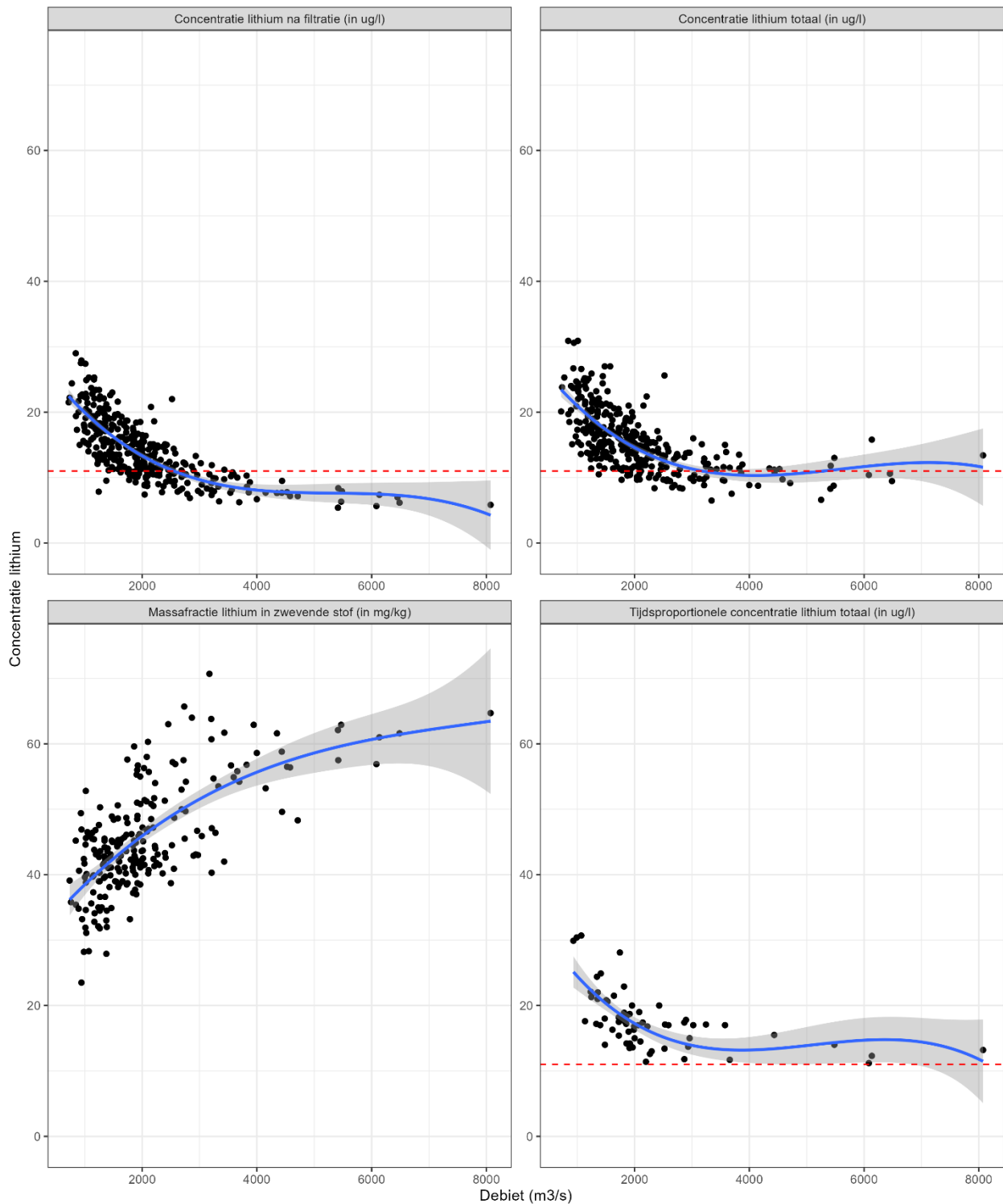


Figuur 3-3b Metingen van concentratie lithium na filtratie (in µg/L) over de tijd voor meetpunt Eijsden ponton. De blauwe lijn is een lineaire regressie met daarbij de standaardfout als grijs vlak. De rode stippellijn geeft de risicogrens (jaargemiddelde) weer. NB: het jaartal en de lijn staan op 1 januari van het betreffende jaar.

De figuren van de ontwikkeling in de tijd van de overige meetpunten staan in bijlage 3.

3.3 Relatie met afvoer in Lobith

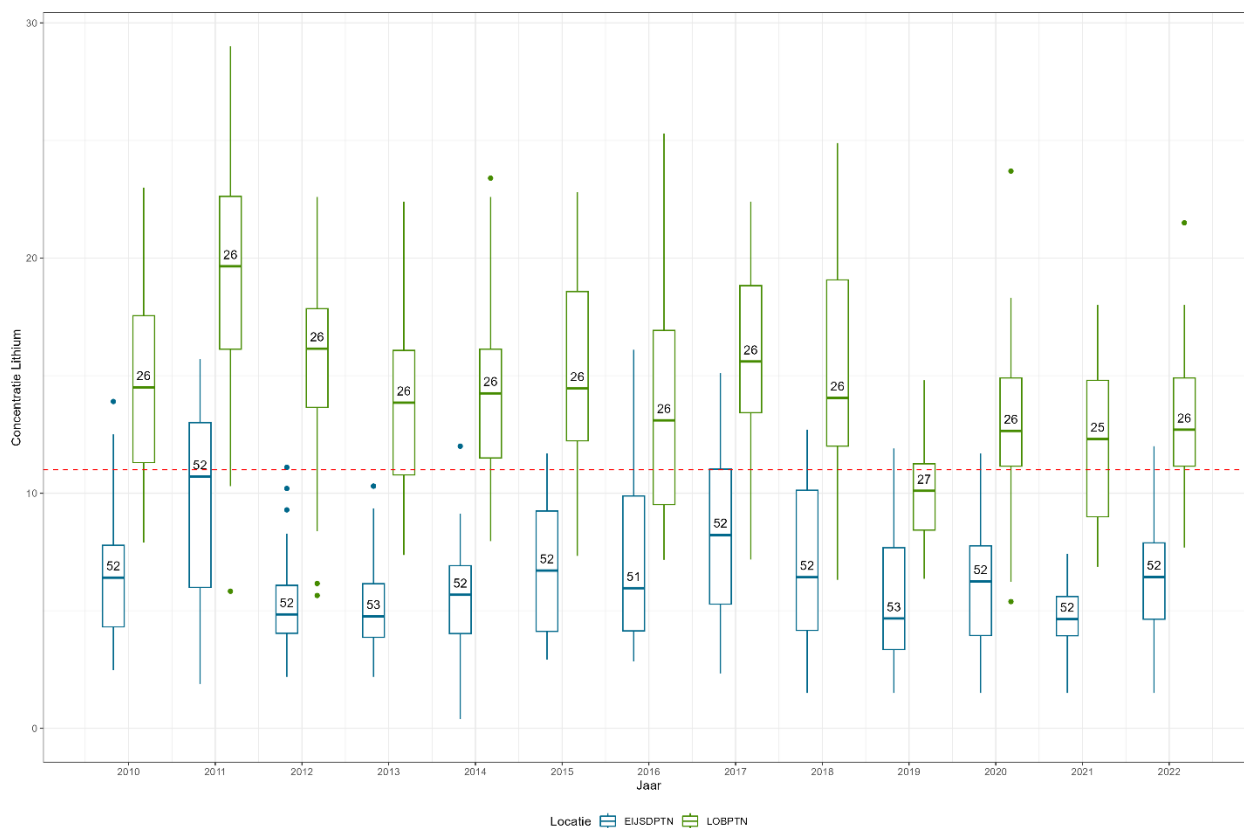
In de voorgaande figuur was zichtbaar dat er sprake is van een patroon waarbij lithium in het voorjaar lager is en toeneemt in het najaar. Hoewel dit het effect lijkt te zijn van seizoensvariatie kan hier mogelijk ook sprake zijn fluctuaties in het debiet die de wisselingen binnen een jaar verklaren. Hiervoor zijn de gemeten debieten uitgezet tegenover de gemeten concentraties en massafracties voor lithium (figuur 3-3). Hieruit blijkt dat bij een hoger debiet de concentraties lithium lager worden als gevolg van verdunning. Bij hogere debieten is de relatie minder betrouwbaar (grotere standaard fout). Voor zwevende stof neemt de massafractie lithium juist toe bij een hoger debiet.



Figuur 3-4 Relatie van de verschillende lithium-fracties met de afvoer op meetpunt Lobith ponton. De rode stippellijn geeft de risicogrens (jaargemiddelde) weer. De blauwe lijn is een polynomiale interpolatie door alle datapunten. Figuren zijn gebaseerd op data van 2010 tot en met 2022. Aantal meetpunten per lithium-fractie: [1] lithium na filtratie, 338; [2] lithium totaal, 339; [3] massafractie lithium in zwevende stof, 226; [4] tijdsproportionele concentratie lithium totaal, 65.

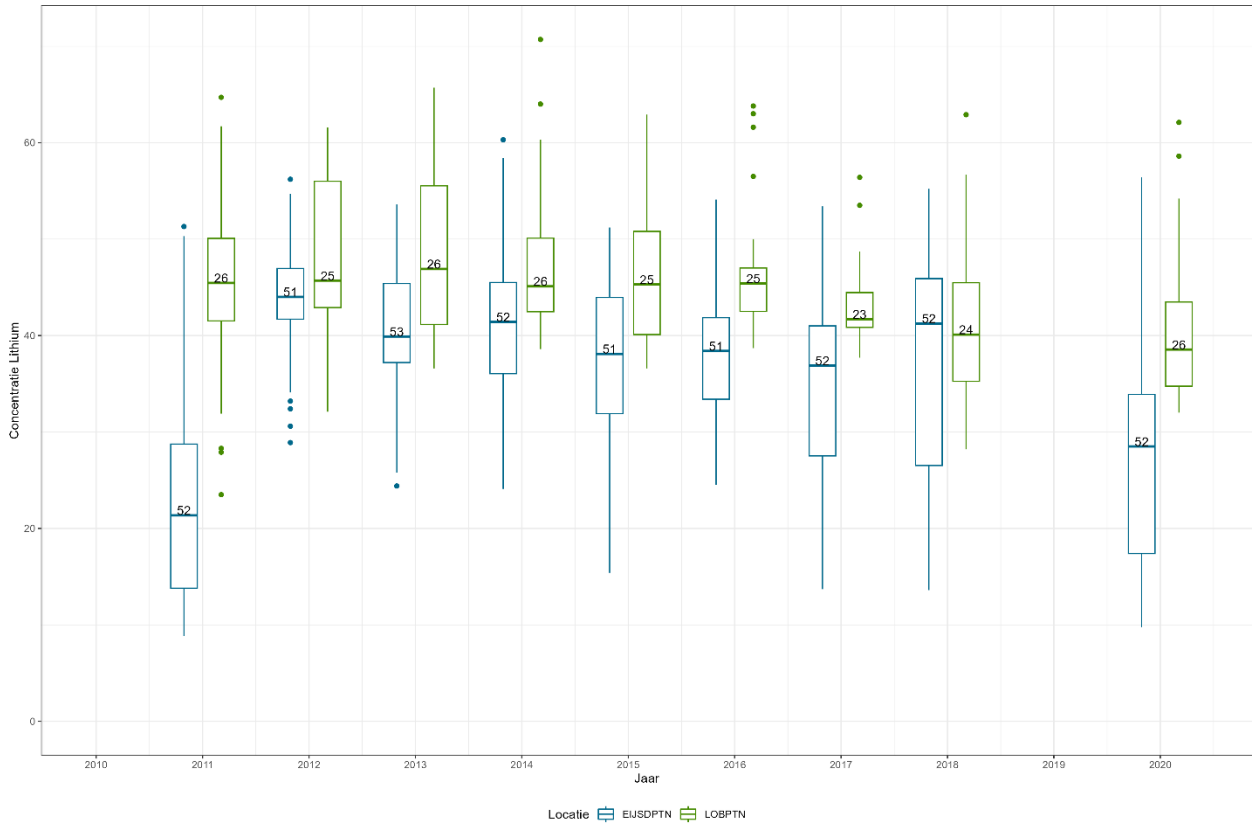
3.4 Vergelijking Rijn en Maas bij de grens

Een vergelijking van de spreiding in metingen in de periode 2010 t/m 2022 laat zien dat lithium concentraties bij de grens in de Rijn (meetpunt Lobith ponton) hoger liggen dan bij de grens in de Maas (meetpunt Eijsden ponton) (Figuur 3-4). Daarnaast is in het algemeen de spreiding van de metingen hoger in de Rijn dan in de Maas. De jaargemiddelde waarden (niet weergegeven) liggen voor de Rijn bijna allemaal boven de jaargemiddelde risicogrens van 11 $\mu\text{g/l}$, met uitzondering van 2019, waarin het jaargemiddelde van 10,3 $\mu\text{g/l}$ voldoet aan de risicogrens. De jaargemiddelde waarden van de Maas liggen allemaal onder de risicogrens (ook in 2011 met een jaargemiddelde van 9,5 $\mu\text{g/l}$). Allebei de punten voldoen aan de maximale risicogrens van 210 $\mu\text{g/l}$ (niet weergegeven in de figuur).



Figuur 3-5 Spreiding in concentratie lithium na filtratie ($\mu\text{g/L}$) bij Eijsden en Lobith tussen 2010 en 2022. Het aantal metingen per boxplot is weergegeven boven de mediaanlijn.

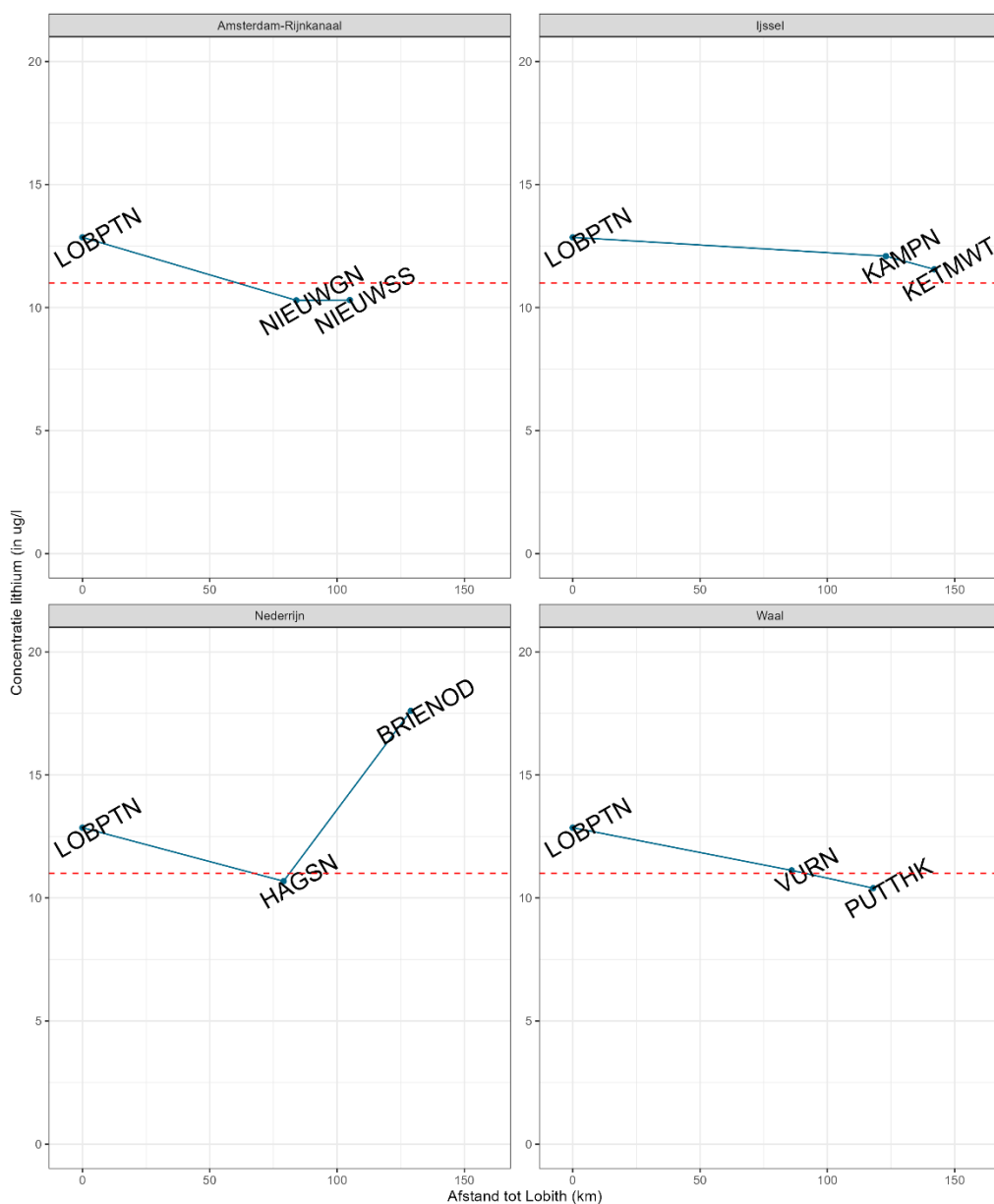
Voor zwevende stof zijn er kleine verschillen zichtbaar tussen de Rijn en de Maas. In het algemeen liggen de gemiddeldes en medianen per jaar hoger voor de Rijn dan voor de Maas. Echter laat de spreiding een grote overlap zien tussen de Rijn en de Maas.



Figuur 3-6 Spreiding in concentratie massafractie lithium in zwevende stof ($\mu\text{g/L}$) bij Eijsden en Lobith tussen 2010 en 2020. Het aantal metingen per boxplot is weergegeven in boven de mediaanlijn. Voor 2019, 2021 en 2022 ontbreken de data.

3.5 Stroomafwaarts verloop van de concentratie vanaf de grens

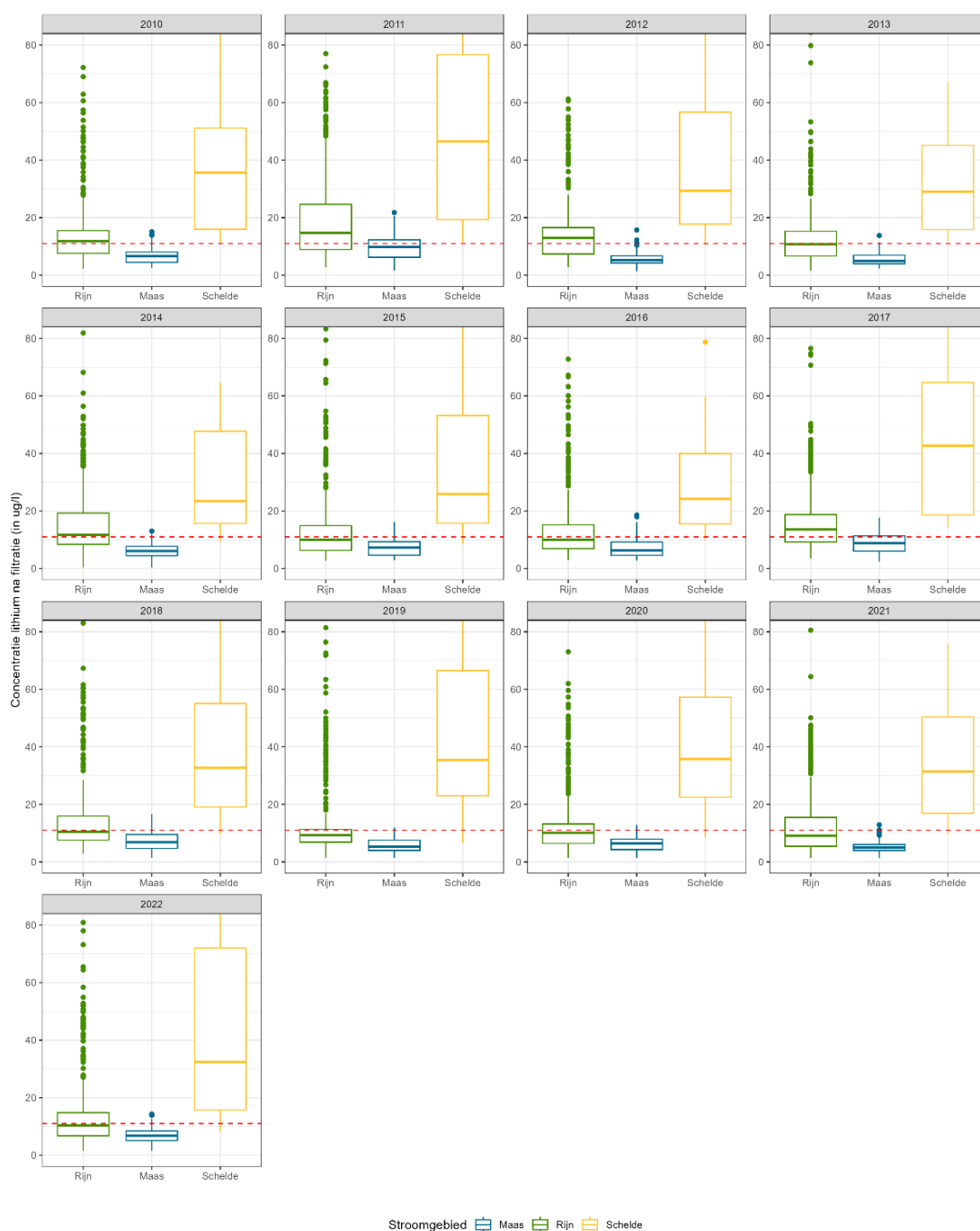
Voor de Rijn zijn de jaargemiddelde concentraties op de meetpunten in stroomafwaartse richting in de verschillende rivierarmen vanaf de grens uitgezet voor 2022 tegen de afstand vanaf Lobith. De concentraties nemen vanaf Lobith steeds verder af waarbij in het Amsterdams-Rijnkanaal en de Waal de concentratie bij het eerstvolgende meetpunt het jaargemiddelde al onder de risicogrens is en deze daar verder benedenstrooms ook onder blijft. In de IJssel ligt het jaargemiddelde van het eerste meetpunt nog net boven de risicogrens maar deze neemt af tot onder de risicogrens in het IJsselmeer (meetpunt KETMWT). In de Nederrijn lijkt er sprake van een afname (meetpunt HAGSN) waarna er een toename is bij meetpunt BRIENOD, mogelijk is er tussen deze meetpunten een bron van lithium waardoor de concentratie toeneemt.



Figuur 3-7 Overzicht van de 2022 jaargemiddelde concentraties na filtratie ($\mu\text{g/l}$) in de 'rivier'takken Amsterdam-Rijnkanaal, IJssel, Nederrijn en Waal.

3.6 Vergelijking stroomgebieden

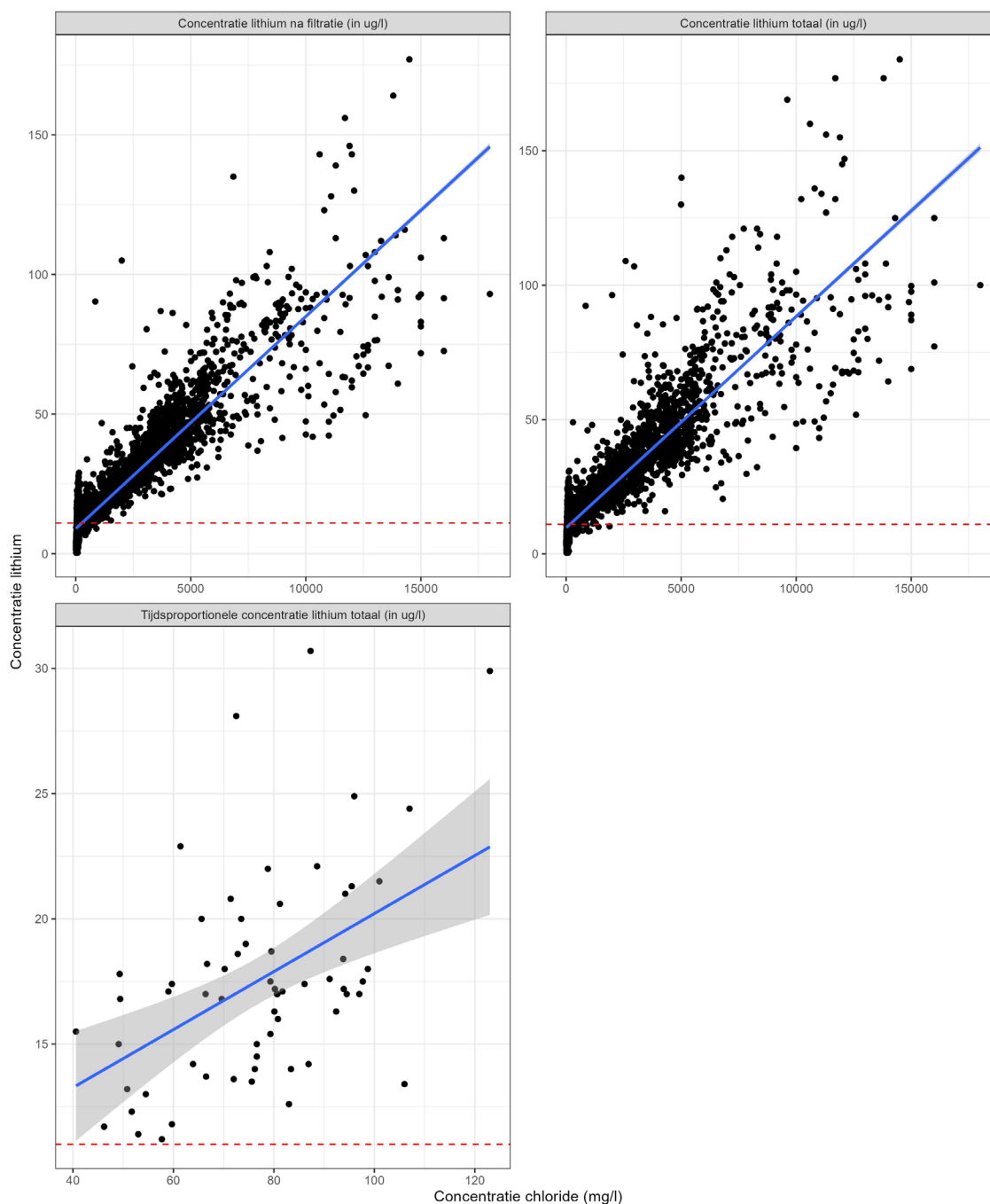
Bij de vergelijking tussen de (alle meetpunten binnen de) stroomgebieden is duidelijk zichtbaar dat de concentraties in het Schelde stroomgebied hoger liggen dan in het Rijn en Maas stroomgebied (figuur 3-7). Ook is de spreiding hier groter. Dit is vermoedelijk het gevolg van het feit dat in het Schelde stroomgebied veelal zoute wateren liggen. In het algemeen is zichtbaar dat de concentraties in het Rijn stroomgebied hoger zijn dan in het Maas stroomgebied. Ook zijn er meer uitschieters in het Rijn stroomgebied die ook een hogere waarde hebben.



Figuur 3-8 Overzicht van de lithium concentraties na filtratie ($\mu\text{g/l}$) in de drie stroomgebieden voor alle geselecteerde meetpunten binnen het stroomgebied in de periode 2010-2022.

3.7 Relatie met chloride

Om te bepalen of zoute wateren hogere concentraties van lithium bevatten zijn de chloridegehalten uitgezet tegen de lithium concentraties. Hieruit blijkt dat er een relatie zichtbaar is tussen het chloridegehalte en de lithium concentratie, waarbij een hoger chloridegehalte gerelateerd is aan een hogere concentratie lithium (figuur 3-8).



Figuur 3-9 Correlatie tussen chloride en lithium concentraties in Lobith van 2010 tot 2021. De blauwe lijn is een lineaire regressie door alle datapunten. Aantal meetpunten per lithium parameter: [1] na filtratie, 6518; [2] totaal, 6450; [3] tijdsproportionele concentratie, 63.

4 Tactisch-operationeel advies

De tactisch-operationele adviezen zijn gericht aan Rijkswaterstaat als beheerder van de Rijkswateren. Ze zijn gericht op het huidige meetprogramma voor lithium in de Rijkswateren. De adviezen voor de langere termijn staan in hoofdstuk 5 en kennen een bredere doelgroep.

Het meten van lithium in oppervlaktewater gebeurt door het laboratorium van Rijkswaterstaat met de gevoeligste, beschikbare methode in één analyse-run met een groot aantal andere (metaalachtige) stoffen. De meeste metingen liggen boven de rapportagegrens en de meetonzekerheid ligt binnen de grens van de QA-QC richtlijn. Er is dus geen aanleiding om de analysemethode aan te passen.

Er bestaat een bijna 1 op 1 relatie tussen lithium zonder filtratie (totaal) en lithium na filtratie (opgelost). Aangezien de huidige normstelling en beoordeling op basis van de opgeloste fractie voor metalen en vergelijkbare stoffen plaatsvindt, is het niet strikt noodzakelijk om ook de totaalfractie te meten. Ook voor zwevend stof is geen norm beschikbaar. Er lijkt dus geen directe aanleiding om de metingen in zwevend stof in het meetprogramma aan te houden.

De data-analyse heeft laten zien dat er een goed beeld is van de lithiumgehalten in de rijkswateren vanaf 2010, ondanks dat er geen formele norm en meeteis voor is. De dichtheid van het aantal meetpunten is echter beperkt, zodat het concentratieverloop er per Rijn- of Maastak maar met een klein aantal meetpunten gevolgd kan worden. De metingen van de afgelopen 13 jaar zijn te beschouwen als een waardevolle nul-meting of baseline voor de toekomstig verwachte wijzigingen in emissies in het buitenlandse Rijn-stroomgebied.

De analyse toont dat de gehalten in de zoute en brakke KRW-watertypen hoger liggen dan in de zoete watertypen. Ook liggen de concentratieniveaus in de Rijn structureel en significant hoger dan in de Maas bij binnenkomst in het land. Voor de grenswateren bestaat er een verschil tussen de meetfrequentie in de Maas bij Eijsden (wekelijks) en de Rijn bij Lobith (tweewekelijks). Dit komt voort uit de drinkwaterfunctie die de Maas heeft.

De verwachte toename van lithiumgehalten in het Rijnstroomgebied zouden enerzijds tot de conclusie kunnen leiden dat een wekelijks meetfrequentie ook voor Lobith is aan te bevelen, maar anderzijds lijkt dat minder noodzakelijk omdat er alarmeringssysteem actief en de waterinname voor de productie van drinkwater verder stroomafwaarts in de Rijn dan in de Maas. Mochten de lithiumgehalten gaan stijgen de komende jaren, dan kan dat alsnog overwogen worden.

Het verdient aanbeveling om te inventariseren welke stakeholders of gebruikers van Rijn- en Maaswater nu al of in te toekomst mogelijk last gaan krijgen van hoger lithiumgehalten in de Rijn vanuit Duitsland. Dit onderbouwt het nut en noodzaak voor het continueren van de metingen in de watersystemen. Het ligt voor de hand om daar in elk geval de drinkwatersector bij te betrekken omdat lithium moeilijk uit ruw water te verwijderen is.

5 Strategisch advies

Het tactisch advies in hoofdstuk 4 richtte zich op het huidige meetprogramma dat Rijkswaterstaat als beheerder van de Rijkswateren uitvoert. In dit hoofdstuk kijken we ook naar andere doelgroepen.

Nu het RIVM een risicogrens voor lithium in zoet oppervlaktewater heeft afgeleid én de gehalten in de Rijn bij binnenkomst in Nederland momenteel al boven deze risicogrens liggen, verdient het aanbeveling dat de Rijksoverheid (i.c. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat) voor lithium een formele milieukwaliteitsnorm (jaargemiddelde en/of MAC) af laat leiden en in het Besluit Kwaliteitsdoelstellingen en Monitoring Waterkwaliteit opneemt. Daarbij dienen ook de humane risico's aandacht te krijgen in verband met de lithiumgehalten in drinkwater, aangezien lithium niet door de huidige zuiveringstechnieken voor drinkwater worden verwijderd.

Momenteel is lithium niet in de landelijke Emissieregistratie opgenomen. Dit houdt in dat we alleen de binnenkomende vrachten in de Rijn en Maas kunnen berekenen, maar niet hoe deze zich verhoudt tot binnenlandse emissies. Momenteel nemen de concentraties en vrachten af, maar als de verwachting uitkomt dat de binnenkomende lithiumgehalten in de Rijn in toekomst gaan stijgen en nu al boven de risicogrens liggen, dan wordt het urgenter om de binnenlandse emissies ook te kennen en te onderzoeken of Emissieregistratie daarmee uitgebreid kan worden.

Het verdient aanbeveling deze rapportage ook in de Werkgroep Aanpak Opkomende Stoffen in te brengen.

Voor drinkwaterbedrijven in het Rijnstroomgebied is het zaak om de lithiummetingen bij Lobith nauwlettend te volgen en zich niet te laten verrassen door hogere gehalten als gevolg van nieuwe activiteiten in het bovenstroomse buitenlandse Rijnstroomgebied.

Referenties

Commissie Integraal Waterbeheer (CIW) (2000). Normen voor het Waterbeheer. Achtergronddocument NW4, mei 2000.

Europese Commissie (2009). Richtlijn tot vaststelling van technische specificaties voor de chemische analyse en monitoring van de watertoestand krachtens Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlement en de Raad. Richtlijn 2009/90/EG.

Faber, M & C.E. Smit (2023). Indicatieve milieurisicogrenzen voor lithium in oppervlaktewater. RIVM rapport 2023-0186. DOI 10.21945/RIVM-2023-0186

Gezondheidsraad, Lithiumcarbonaat en lithiumchloride. Publicatienr 2000/06OSH. Gezondheidsraad, Den Haag (2000). Pp 45. ISBN 90-5549-313-9.

Hirsch, R.M. & J.R. Slack. (1984). A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. Water Resour. Res. 20 (6), 727–732.

MarinePlan. (2023). MarinePlan waterkaarten en routeplanner app voor boten. MarinePlan - Navigatie Voor Boten. <http://marineplan.com/>

Osté, L. (2013) Derivation of dissolved background concentrations in Dutch surface water based on a 10th percentile of monitoring data, Deltares rapport 1206111-005.

Reus, A. & R. Hofman-Caris (2021). Toxiciteit Lithium. Memo in opdracht van RIWA. KWR.

RIWA (2023). Jaarrapport 2022, De Rijn RIWA-Rijn.

Projectgerelateerd

A1 Bijlage A1: Meetpunten

Tabel 5-1 Informatie over de geselecteerde meetpunten

Meetpunt code	Meetpunt naam	X coördinaat (in RD new)	Y coördinaat (in RD new)	Watertype	Waterlichaamcode	Deelstroomgebied	Regionaal organisatie onderdeel
ALMLO	Almelo	238990	486095	M7b	NL93_TWENTHEKANALEN	Rijn-oost	Oost-Nederland
AMRKHVN2	Amerikahaven-2	113330	491750	O2b	NL87_1	Rijn-west	West-Nederland Noord
AMSDM	Amsterdam (kilometer 25, IJtunnel)	122216	488210	O2b	NL87_1	Rijn-west	West-Nederland Noord
ANDK	Andijk	146750	529250	M21b	NL92_IJSSELMEER	Rijn-oost	Midden-Nederland
ANTWKNPD2	Antwerps Kanaalpand, kilometer 02	75550	378250	M30	NL89_ANTWKNPD	Schelde	Zee en Delta
BEERKNMDN	Beerkanaal midden	65900	443800	O2b	NL94_9	Rijn-west	West-Nederland Zuid
BELFBVN	Belfeld boven	205620	370180	R7	NL91ZM	Maas	Zuid-Nederland
BOVSS	Bovensluis	93200	411900	R8	NL94_1	Maas	West-Nederland Zuid
BRAKL	Brakel (Andelse Maas)	135500	426500	R7	NL93_8	Rijn-oost	Oost-Nederland
BRIENOD	Brienoord (kilometer 996.5)	95700	434950	O2b	NL94_8	Rijn-west	West-Nederland Zuid
BROEKHVN	Recreatiepark Broekerhaven	146194	522158	M21a	NL92_MARKERMEER	Rijn-oost	Midden-Nederland
BUIHVN8	Buitenhaven 8	100206	498143	K1	NL95_3A	Rijn-west	Zee en Delta
EEFDBVN	Eefde boven	213197	463926	M7b	NL93_TWENTHEKANALEN	Rijn-oost	Oost-Nederland
EEMMDK23	Eemmeerdijk, kilometer 23	152810	476750	M14	NL92_RANDMEREN_ZUID	Rijn-oost	Midden-Nederland
EIJSDPTN	Eijsden ponton	177000	310000	R7	NL91BOM	Maas	Zuid-Nederland
ENSDVTS	Enschede Vitens	253789	473089	M7b	NL93_TWENTHEKANALEN	Rijn-oost	Oost-Nederland

Projectgerelateerd

Meetpunt code	Meetpunt naam	X coördinaat (in RD new)	Y coördinaat (in RD new)	Watertype	Waterlichaamcode	Deelstroomgebied	Regionaal organisatie onderdeel
GENMDN	Genemuiden	199100	515950	R7	NL99_VECHTZWARTEWATER	Rijn-oost	Oost-Nederland
GOUDVHVN	Gouda voorhaven	107200	445600	R8	NL94_7	Rijn-west	West-Nederland Zuid
HAGSN	Hagestein	137520	444750	R7	NL93_7	Rijn-oost	Oost-Nederland
HANK	Hank	117830	414412	R8	NL94_6	Maas	Zuid-Nederland
HASST	Hasselt	202420	511580	R7	NL99_VECHTZWARTEWATER	Rijn-oost	Oost-Nederland
HEEL	Innamewerk Water Productiebedrijf Heel	192750	355490	R7	NL91ZM	Maas	Zuid-Nederland
IJMDN1	Ijmuiden (kilometer 2)	103000	497860	O2b	NL87_1	Rijn-west	West-Nederland Noord
IJMDNT1	Ijmuiden T1, Noordzeekanaal tijdelijk voor Ijmuiden1	103300	497650	O2b	NL87_1	Rijn-west	West-Nederland Noord
KAMPN	Kampen	190990	508060	R7	NL93_IJSSEL	Rijn-oost	Oost-Nederland
KEIZVR	Keizersveer	120950	414720	R8	NL94_6	Maas	Zuid-Nederland
KETMWT	Ketelmeer west	172260	513680	M14	NL92_KETELMEER_VOSSEMEER	Rijn-oost	Midden-Nederland
LOBPTN	Lobith ponton	203500	429750	R7	NL93_8	Rijn-oost	Oost-Nederland
MAASSS	Maassluis	76750	437170	O2b	NL94_9	Rijn-west	West-Nederland Zuid
MARKMMDN	Markermeer midden (zwaartepunt Markermeer)	143610	504300	M21a	NL92_MARKERMEER	Rijn-oost	Midden-Nederland
NEDWT	Nederweert	180300	364850	M6b	NL90_1	Maas	Zuid-Nederland
NIEUWGN	Nieuwegein	136180	448300	M7b	NL86_6	Rijn-west	Midden-Nederland
NIEUWSS	Nieuwersluis	128500	468300	M7b	NL86_6	Rijn-west	Midden-Nederland
OESTDM	Oesterdam	74400	387850	M20	NL89_ZOOMMEDT	Schelde	Zee en Delta
PAMPOT	Pampus oost	134598	486553	M21a	NL92_MARKERMEER	Rijn-oost	Midden-Nederland

Projectgerelateerd

Meetpunt code	Meetpunt naam	X coördinaat (in RD new)	Y coördinaat (in RD new)	Watertype	Waterlichaamcode	Deelstroomgebied	Regionaal organisatie onderdeel
PUTTHK	Puttershoek	98370	425100	R8	NL94_4	Rijn-west	West-Nederland Zuid en Oost- Nederland
REEVDP	Reevediep	189370	504554	M14	NL92_KETELMEER_VOSSEMEER	Rijn-oost	Midden-Nederland
SASVGT	Sas van Gent	44250	359080	M30	NL89_KANTNZGT	Schelde	Zee en Delta
SCHAARVODDL	Schaar van Ouden Doel	75825	374070	O2a	NL89_WESTSDE_OWL	Schelde	Zee en Delta
STEVWT	Stevensweert	186812	349166	R16	NL91GM	Maas	Zuid-Nederland
TERNZGSKDE	Terneuzen Goese Kade	45890	371240	M30	NL89_KANTNZGT	Schelde	Zee en Delta
VELWMDN	Veluwemeer midden (zwaartepunt Veluwemeer)	174780	490352	M14	NL92_RANDMEREN_OOST	Rijn-oost	Midden-Nederland
VROUWZD	Vrouwezand	155400	535900	M21b	NL92_IJSSELMEER	Rijn-oost	Midden-Nederland
VURN	Vuren	129440	426010	R7	NL93_8	Rijn-oost	Oost-Nederland
WESTHVN2	Westhaven-2	116369	490815	O2b	NL87_1	Rijn-west	West-Nederland Noord
WESTZN	Westzaan (kilometer 13)	112630	493518	O2b	NL87_1	Rijn-west	West-Nederland Noord
WIENE	Wiene	241300	473200	M7b	NL93_TWENTHEKANALEN	Rijn-oost	Oost-Nederland
WOLDWMDN	Wolderwijd midden (zwaartepunt Wolderwijd)	167309	484672	M14	NL92_RANDMEREN_OOST	Rijn-oost	Midden-Nederland
ZIJKNLD1	Zijkanaal D-1	111762	494149	O2b	NL87_1	Rijn-west	West-Nederland Noord
ZIJKNLE2	Zijkanaal E	113984	493513	O2b	NL87_1	Rijn-west	West-Nederland Noord
ZWAAN	De Zwaan	185237	508659	M14	NL92_KETELMEER_VOSSEMEER	Rijn-oost	Midden-Nederland

A2 Bijlage A2: Meetfrequenties

Tabel 5-2 Informatie over de meetfrequenties betreffende de geselecteerde meetpunten

Projectgerelateerd

Meetpunt code	Meetpunt naam	Parameter	Meetfrequentie per jaar													
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2010-2022
ALMLO	Almelo	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	12	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	169
ALMLO	Almelo	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	12	14	13	13	12	13	13	13	13	13	13	13	13	168
AMRKHVN2	Amerikahaven-2	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)		11			13			13				13		50
AMRKHVN2	Amerikahaven-2	Concentratie lithium totaal (in ug/L)		11			13			12				13		49
AMSDM	Amsterdam (kilometer 25, IJtunnel)	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	13	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	169
AMSDM	Amsterdam (kilometer 25, IJtunnel)	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	13	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	169
AMSDM	Amsterdam (kilometer 25, IJtunnel)	Massafractie lithium in zwevende stof (in mg/kg)		4	4	4	4	4	4	4	4		4			36
ANDK	Andijk	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	169
ANDK	Andijk	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	169
ANTWKNPD2	Antwerps Kanaalpan, kilometer 02	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)									13	13	12	12	13	63
ANTWKNPD2	Antwerps Kanaalpan, kilometer 02	Concentratie lithium totaal (in ug/L)									13	13	11	12	13	62

Projectgerelateerd

Meetpunt code	Meetpunt naam	Parameter	Meetfrequentie per jaar													
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2010-2022
BEERKNMDN	Beerkanaal midden	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)		5	6	5	6	7	6	7	6	7	6	7	7	75
BEERKNMDN	Beerkanaal midden	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	6	7	6	6	6	7	6	7	6	7	6	7	7	84
BELFBVN	Belfeld boven	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	169
BELFBVN	Belfeld boven	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	13	13	13	13	13	13	13	12	13	13	13	13	13	168
BOVSS	Bovensluis	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	7	6	7	6	7	12	13	13	13	13	13	13	13	136
BOVSS	Bovensluis	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	85
BOVSS	Bovensluis	Massafractie lithium in zwevende stof (in mg/kg)		4	4	4	4	4	8	13	13		13			67
BRAKL	Brakel (Andelse Maas)	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	13	13	13	13	13	11	13	13	13	13	12	13	13	166
BRAKL	Brakel (Andelse Maas)	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	13	13	13	13	13	11	13	13	13	13	12	13	13	166
BRIENOD	Brienoord (kilometer 996.5)	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	13	13	13	12	13	13	13	13	13	13	11	13	13	166
BRIENOD	Brienoord (kilometer 996.5)	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	13	13	168

Projectgerelateerd

Meetpunt code	Meetpunt naam	Parameter	Meetfrequentie per jaar													
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2010-2022
BRIENOD	Brienoord (kilometer 996.5)	Massafractie lithium in zwevende stof (in mg/kg)		4	4	4										12
BROEKHVN	Recreatiepark Broekerhaven	Concentratie lithium totaal (in ug/L)		12												12
BUIHVN8	Buitenhaven 8	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	7			6			7			6			13	39
BUIHVN8	Buitenhaven 8	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	1			6			7			6			13	33
EEFDBVN	Eefde boven	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	12	14	13	13	11	13	13	13	13	13	7	13	12	160
EEFDBVN	Eefde boven	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	12	14	13	13	13	13	13	13	13	13	7	13	13	163
EEMMDK23	Eemmeerdijk, kilometer 23	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	11	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12	13	165
EEMMDK23	Eemmeerdijk, kilometer 23	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	11	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12	13	165
EIJSDPTN	Eijsden ponton	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	52	52	52	53	52	52	51	52	52	53	52	52	52	677
EIJSDPTN	Eijsden ponton	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	52	52	52	53	52	52	52	52	52	53	51	52	52	677
EIJSDPTN	Eijsden ponton	Massafractie lithium in zwevende stof (in mg/kg)		52	51	53	52	51	51	52	52		52			466
ENSDVTS	Enschede Vitens	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	12	14	13	13	12	13	13	13	13	13	13	13	13	168

Projectgerelateerd

Meetpunt code	Meetpunt naam	Parameter	Meetfrequentie per jaar													
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2010-2022
ENSDVTS	Enschede Vitens	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	12	13	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	167
GENMDN	Genemuiden	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	12	14	13	13	13	13	13	13	12	13	13	13	13	168
GENMDN	Genemuiden	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	6	7	13	6	7	6	7	6	7	6	7	6	6	90
GENMDN	Genemuiden	Massafractie lithium in zwevende stof (in mg/kg)		4	4	4	4	4	4	4			4			36
GOUDVHVN	Gouda voorhaven	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	13	13	168
GOUDVHVN	Gouda voorhaven	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	13	13	168
GOUDVHVN	Gouda voorhaven	Massafractie lithium in zwevende stof (in mg/kg)		4	4	4	4	4	4	4			4			36
HAGSN	Hagestein	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	12	14	13	13	13	12	12	13	13	13	13	13	13	167
HAGSN	Hagestein	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	12	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	169
HAGSN	Hagestein	Massafractie lithium in zwevende stof (in mg/kg)		7	5	7	5	7	6	6	5		6			54
HANK	Hank	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)												5	12	17
HANK	Hank	Concentratie lithium totaal (in ug/L)												5	12	17
HASST	Hasselt	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	12	1												13
HASST	Hasselt	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	12	1												13

Projectgerelateerd

Meetpunt code	Meetpunt naam	Parameter	Meetfrequentie per jaar													
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2010-2022
HEEL	Innamewerk Water Productiebedrijf Heel	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	13	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	170
HEEL	Innamewerk Water Productiebedrijf Heel	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	13	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	170
IJMDN1	IJmuiden (kilometer 2)	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	13	12	13	13	13	13	13	13	12	13	13			141
IJMDN1	IJmuiden (kilometer 2)	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	13	12	13	13	13	13	13	13	12	13	13			141
IJMDN1	IJmuiden (kilometer 2)	Massafractie lithium in zwevende stof (in mg/kg)		12	13	13	13	13	13	13	13		13			116
IJMDNT1	IJmuiden T1, Noordzeekanaal tijdelijk voor IJmuiden1	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)											13	13	13	39
IJMDNT1	IJmuiden T1, Noordzeekanaal tijdelijk voor IJmuiden1	Concentratie lithium totaal (in ug/L)											13	13	13	39
KAMPN	Kampen	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	12	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	169
KAMPN	Kampen	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	12	14	13	13	13	13	13	13	13	12	13	13	13	168
KAMPN	Kampen	Massafractie lithium in zwevende stof (in mg/kg)		4	4	4	4	4	4	4	4		5			37
KEIZVR	Keizersveer	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	16	170

Projectgerelateerd

Meetpunt code	Meetpunt naam	Parameter	Meetfrequentie per jaar													
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2010-2022
KEIZVR	Keizersveer	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	16	170
KEIZVR	Keizersveer	Massafractie lithium in zwevende stof (in mg/kg)		13	12	13	4	4	4	4	4		4			62
KETMWT	Ketelmeer west	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	168
KETMWT	Ketelmeer west	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	168
LOBPTN	Lobith ponton	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	27	26	25	26	338
LOBPTN	Lobith ponton	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	27	26	26	26	339
LOBPTN	Lobith ponton	Massafractie lithium in zwevende stof (in mg/kg)		26	25	26	26	25	25	23	24		26			226
LOBPTN	Lobith ponton	Tijdsproportionele concentratie lithium totaal (in ug/L)	13	13	13	12	14									65
MAASSS	Maassluis	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	26	26	26	25	25	13	13	13	13	12	12	13	13	230
MAASSS	Maassluis	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	26	26	26	26	27	13	13	13	13	12	12	13	13	233
MAASSS	Maassluis	Massafractie lithium in zwevende stof (in mg/kg)		13	13	13	13	13	13	12	13		13			116
MARKMMDN	Markermeer midden (zwaartepunt Markermeer)	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	9	12	13	13	14	13	13	13	12	12	13	13	13	163
MARKMMDN	Markermeer midden (zwaartepunt Markermeer)	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	10	12	13	13	14	13	13	13	13	13	13	13	13	166

Projectgerelateerd

Meetpunt code	Meetpunt naam	Parameter	Meetfrequentie per jaar													
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2010-2022
MARKMMDN	Markermeer midden (zwaartepunt Markermeer)	Massafractie lithium in zwevende stof (in mg/kg)		4	4	4	4	4	4	4	4		4			36
NEDWT	Nederweert	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	13	13	13	168
NEDWT	Nederweert	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	13	13	13	168
NIEUWGN	Nieuwegein	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	169
NIEUWGN	Nieuwegein	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	14	13	13	13	13	12	13	13	13	13	13	13	12	168
NIEUWSS	Nieuwersluis	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	12	13	13	13	13	13	12	13	13	13	13	13	12	166
NIEUWSS	Nieuwersluis	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	12	13	13	13	11	13	12	13	13	13	13	13	13	165
OESTDM	Oesterdam	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12	13	166
OESTDM	Oesterdam	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12	13	167
PAMPOT	Pampus oost	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	11	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	13	13	166
PAMPOT	Pampus oost	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	11	13	13	13	13	13	13	12	13	13	12	13	13	165
PAMPOT	Pampus oost	Massafractie lithium in zwevende stof (in mg/kg)		4	4	4	4	4	4	4	4		4			36
PUTTHK	Puttershoek	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	13	13	13	13	13	12	13	13	12	13	13	13	13	167
PUTTHK	Puttershoek	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	13	13	13	13	13	13	13	13	12	13	13	13	13	168

Projectgerelateerd

Meetpunt code	Meetpunt naam	Parameter	Meetfrequentie per jaar														
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2010-2022	
REEVDP	Reevediep	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)										8	13	13	13	12	59
REEVDP	Reevediep	Concentratie lithium totaal (in ug/L)										9	13	13	13	12	60
SASVGT	Sas van Gent	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	13	13	13	13	12	12	13	13	12	13	12	12	12	163	
SASVGT	Sas van Gent	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	13	13	13	13	12	12	13	13	12	13	12	12	13	164	
SASVGT	Sas van Gent	Massafractie lithium in zwevende stof (in mg/kg)		4	4	4	4	4	4	4	4		3			35	
SCHAARVOD DL	Schaar van Ouden Doel	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	26	26	26	26	26	26	25	26	24	25	26	26	25	333	
SCHAARVOD DL	Schaar van Ouden Doel	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	26	26	26	26	27	26	24	26	24	24	26	26	25	330	
SCHAARVOD DL	Schaar van Ouden Doel	Massafractie lithium in zwevende stof (in mg/kg)		13	13	13	14	13	13	13	13		12			117	
STEVWT	Stevensweert	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	169	
STEVWT	Stevensweert	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	6	7	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	156	
TERNZGSKD E	Terneuzen Goese Kade	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)												13		13	
TERNZGSKD E	Terneuzen Goese Kade	Concentratie lithium totaal (in ug/L)											13			13	
VELWMDN	Veluwemeer midden (zwaartepunt Veluwemeer)	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)							12	13	13	13	13	12	12	13	101
VELWMDN	Veluwemeer midden	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	6	7	6	6	6	13	13	13	13	13	12	12	13	133	

Projectgerelateerd

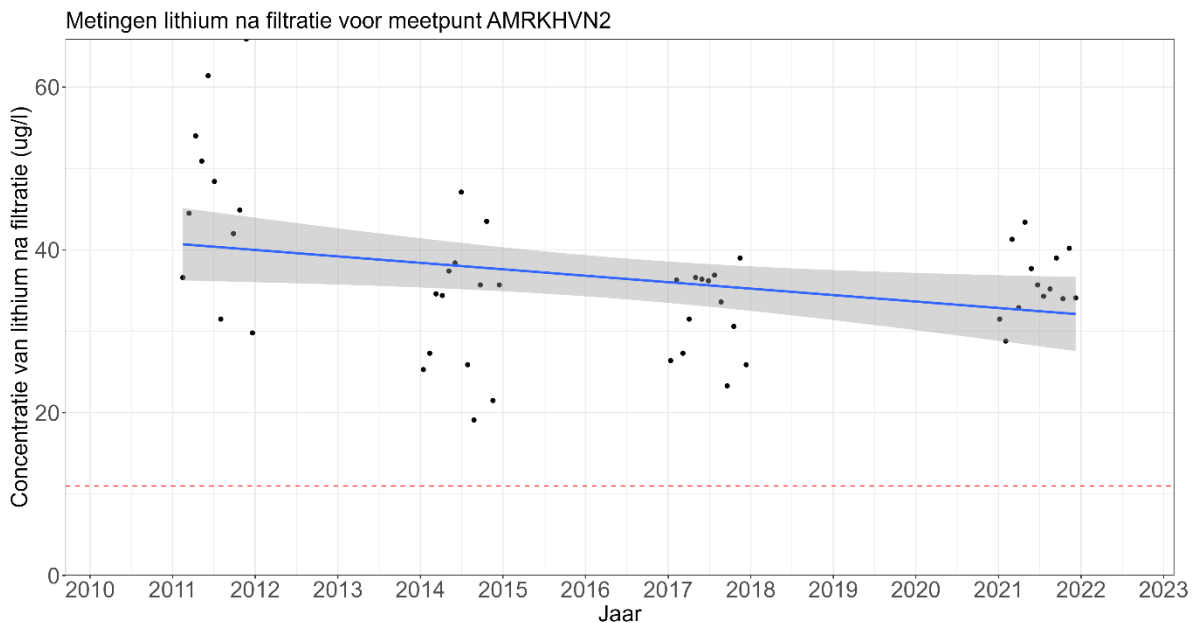
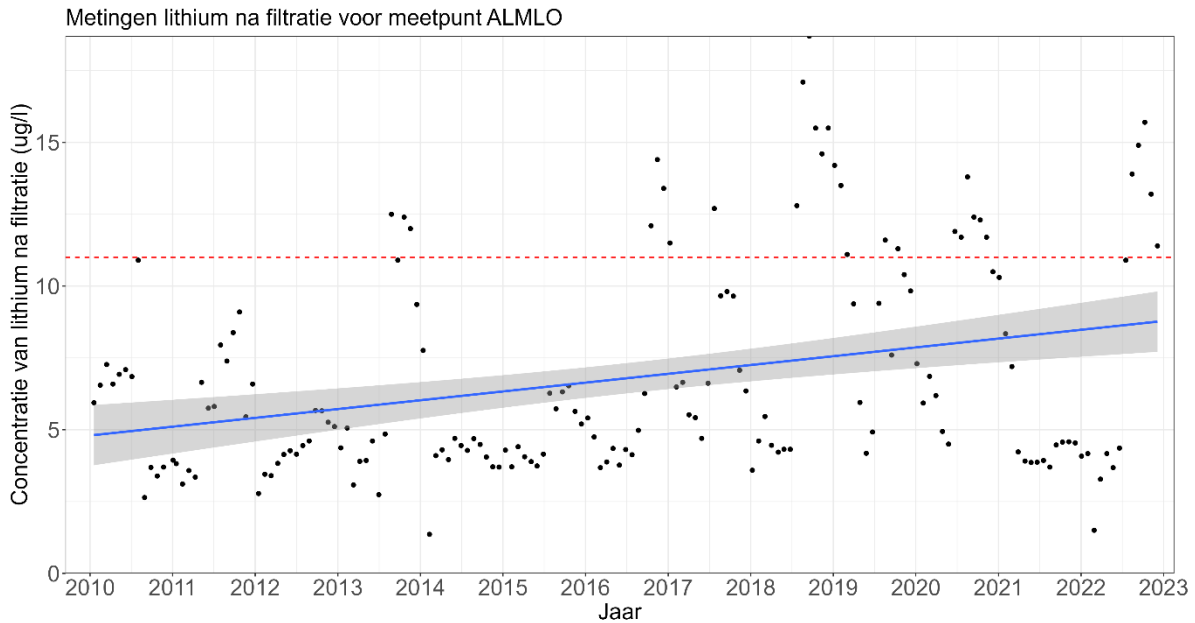
Meetpunt code	Meetpunt naam	Parameter	Meetfrequentie per jaar													
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2010-2022
	(zwaartepunt Veluwemeer)															
13VROUWZD	Vrouwezand	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	10	12	12	12	13	13	13	13	13	13	12	13	13	162
VR13OUWZD	Vrouwezand	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	10	12	12	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	165
VROUWZD	Vrouwezand	Massafractie lithium in zwevende stof (in mg/kg)		12	12	14	13	13	13	13	13		13			116
VURN	Vuren	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	12	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	168
VURN	Vuren	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	12	14	13	13	13	13	12	13	13	13	13	13	12	167
VURN	Vuren	Massafractie lithium in zwevende stof (in mg/kg)		7	5	7	6	7	6	7	6		6			57
WESTHVN2	Westhaven-2	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)		12			13			13				13		51
WESTHVN2	Westhaven-2	Concentratie lithium totaal (in ug/L)		12			12			13				13		50
WESTZN	Westzaan (kilometer 13)	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	13	12	13	13	13	13	13	13	12	11	13	13	13	165
WESTZN	Westzaan (kilometer 13)	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	13	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	168
WIENE	Wiene	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	12	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	13	168
WIENE	Wiene	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	12	14	13	13	12	13	13	13	13	13	13	12	13	167
WIENE	Wiene	Massafractie lithium in zwevende stof (in mg/kg)		5	4	4	4	4	4	4	4		4			37
WOLDWMDN	Wolderwijd midden	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	5													5

Projectgerelateerd

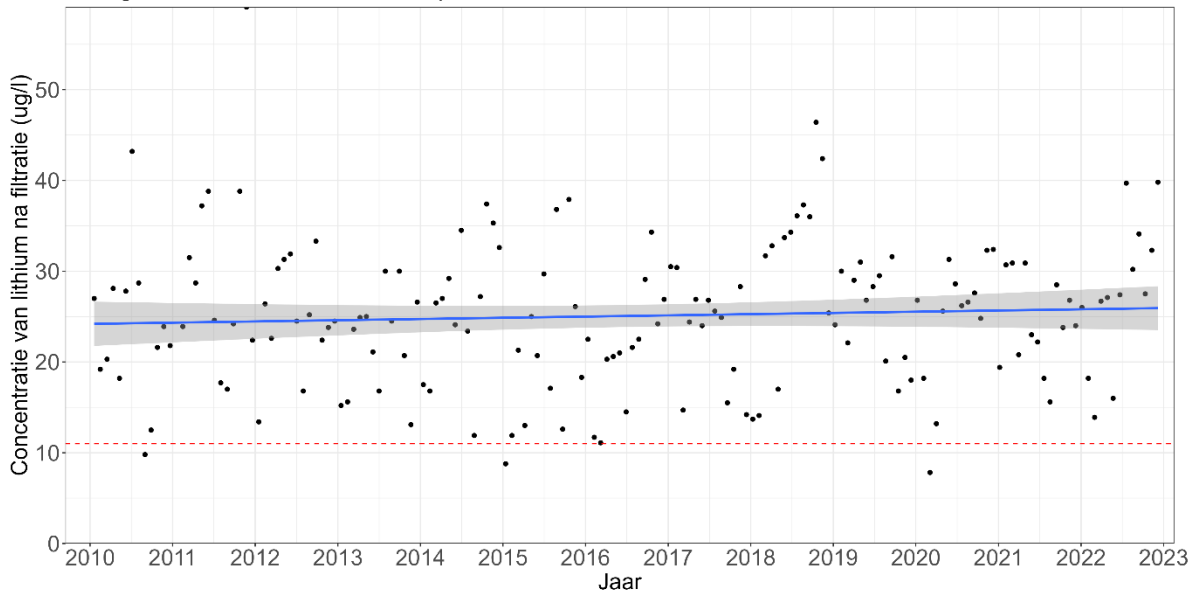
Meetpunt code	Meetpunt naam	Parameter	Meetfrequentie per jaar													
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2010-2022
	(zwaartepunt Wolderwijd)															
ZIJKNLD1	Zijkanaal D-1	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)		6			8			6				5		25
ZIJKNLD1	Zijkanaal D-1	Concentratie lithium totaal (in ug/L)		6			8			6				5		25
ZIJKNLE2	Zijkanaal E	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)		6			7			5				6		24
ZIJKNLE2	Zijkanaal E	Concentratie lithium totaal (in ug/L)		6			7			6				6		25
ZWAAN	De Zwaan	Concentratie lithium na filtratie (in ug/L)	5													5
ZWAAN	De Zwaan	Concentratie lithium totaal (in ug/L)	5													5
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2010-2021
Totaal	Totaal	Totaal	1071	1358	1271	1285	1337	1237	1256	1326	1284	1123	1324	1187	1167	16226

A4. Trends van lithium na filtratie op de meetpunten in de Rijkswateren

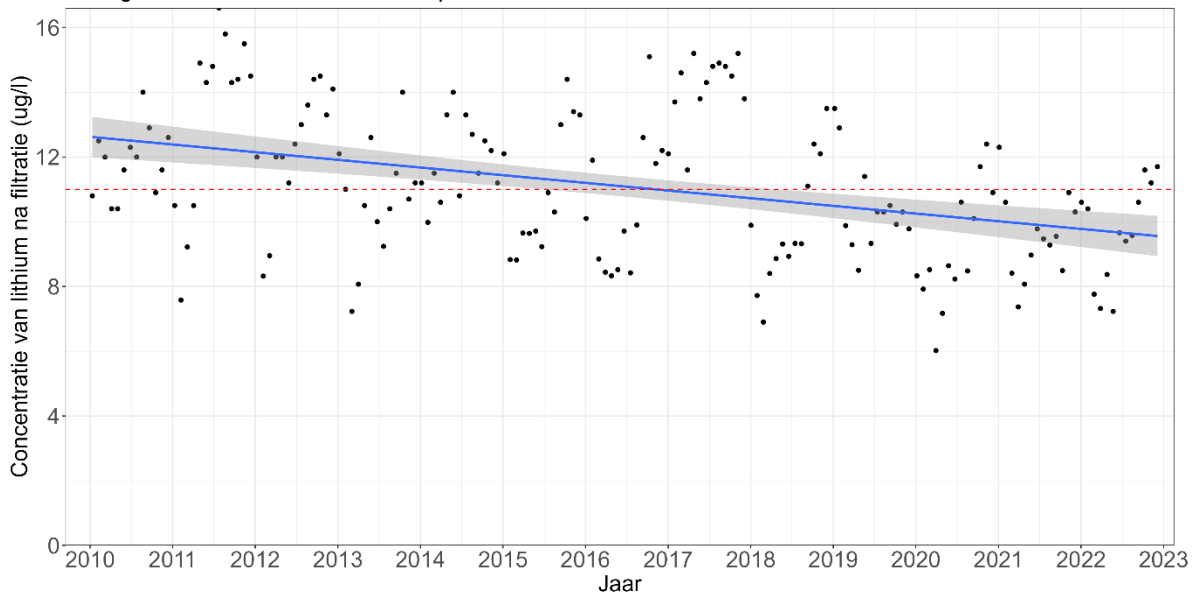
NB: in alle figuren staan het jaartal en de lijn op 1 januari van het betreffende jaar.



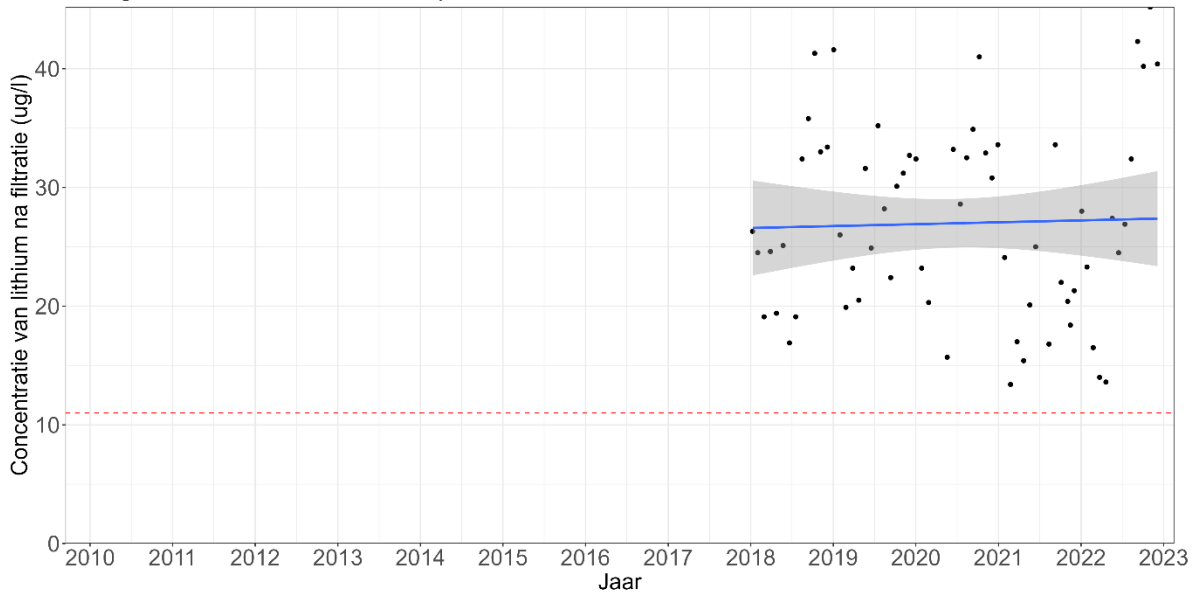
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt AMSDM



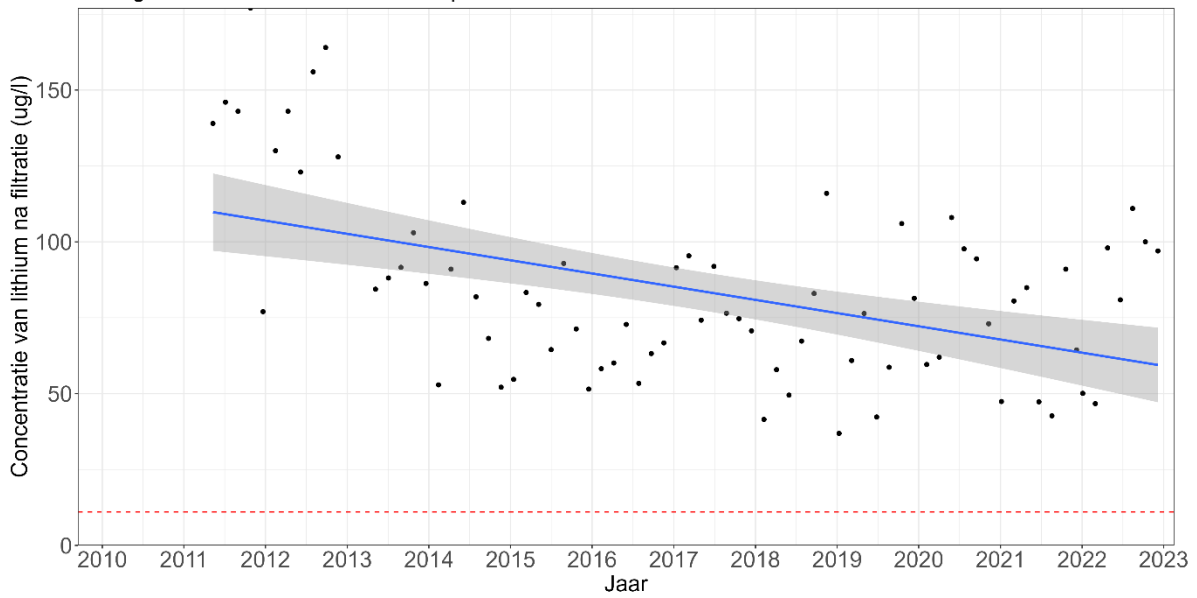
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt ANDK



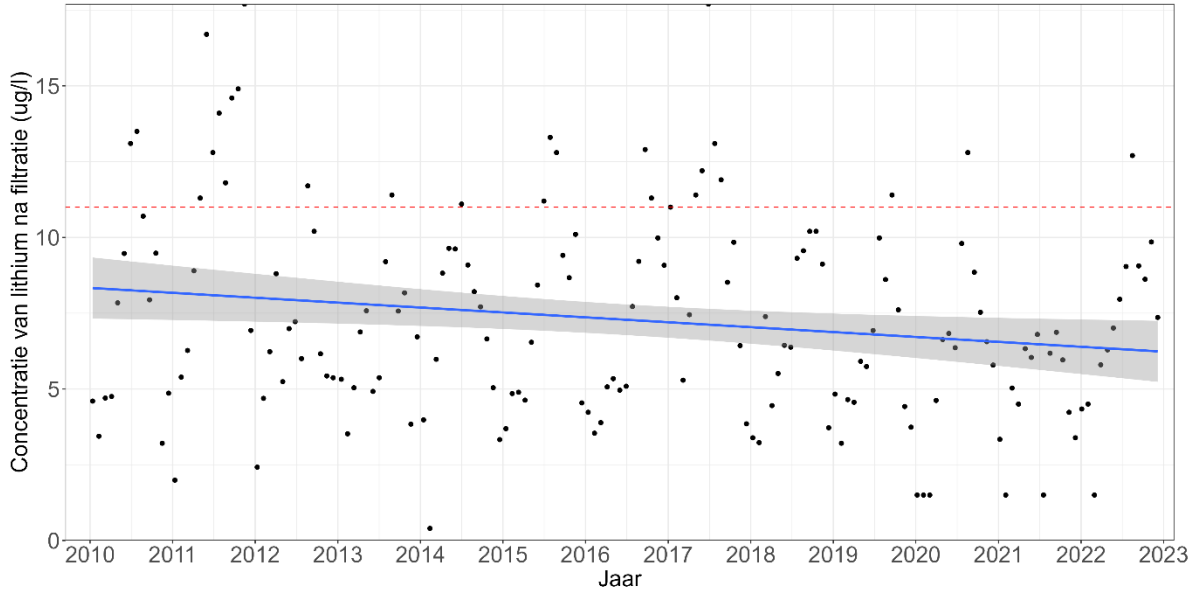
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt ANTWKNPD2



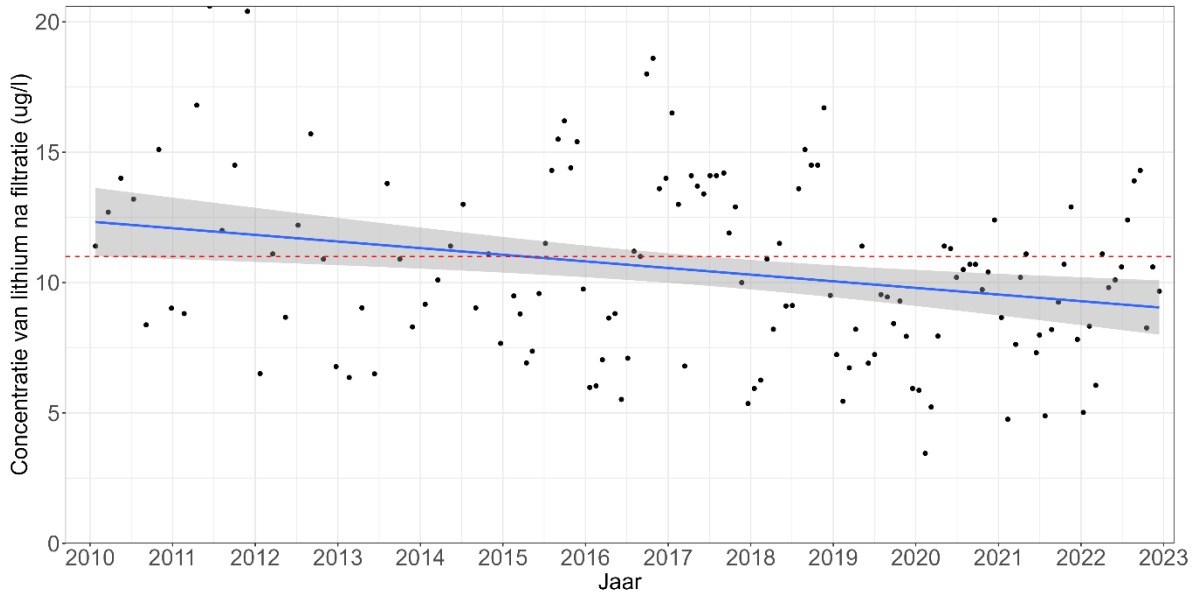
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt BEERKNMDN

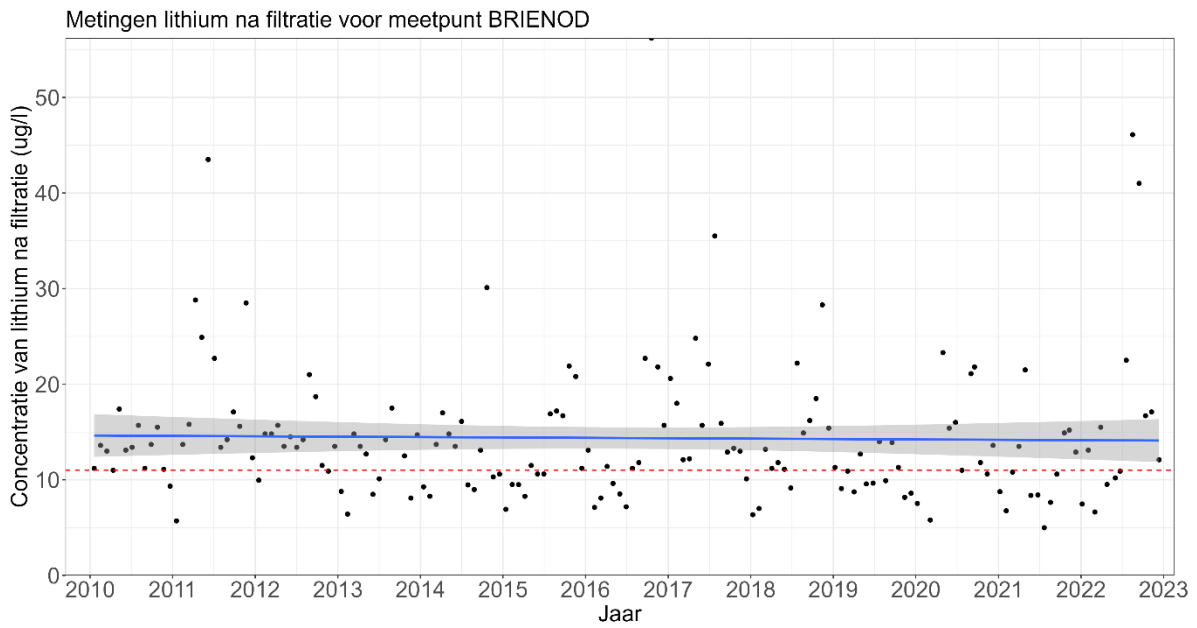
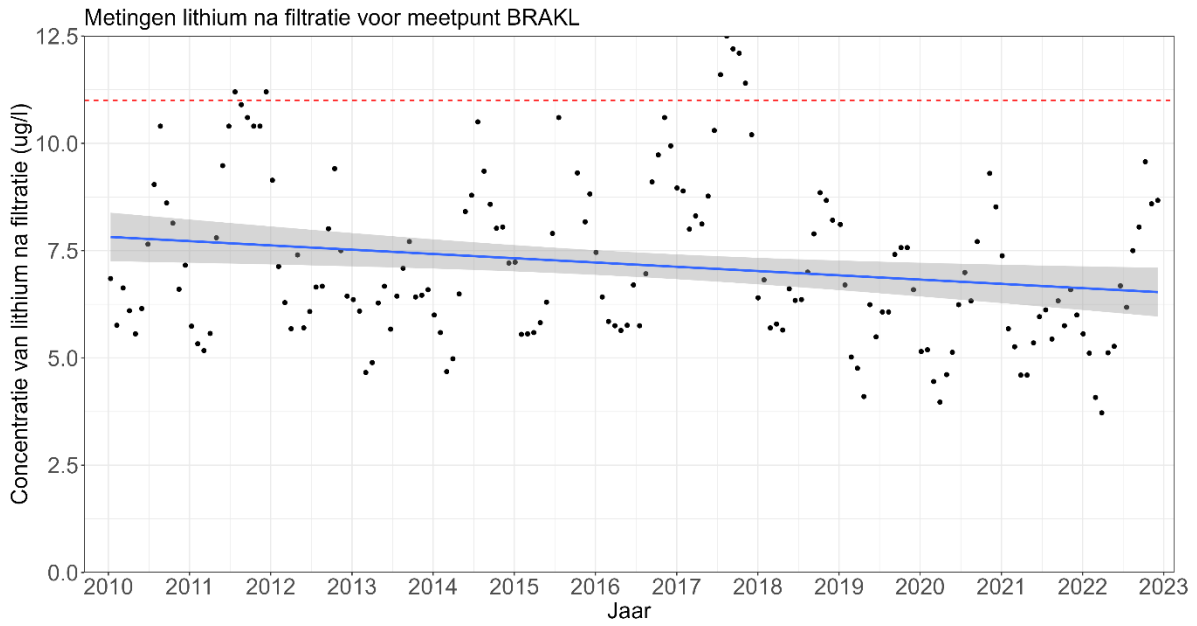


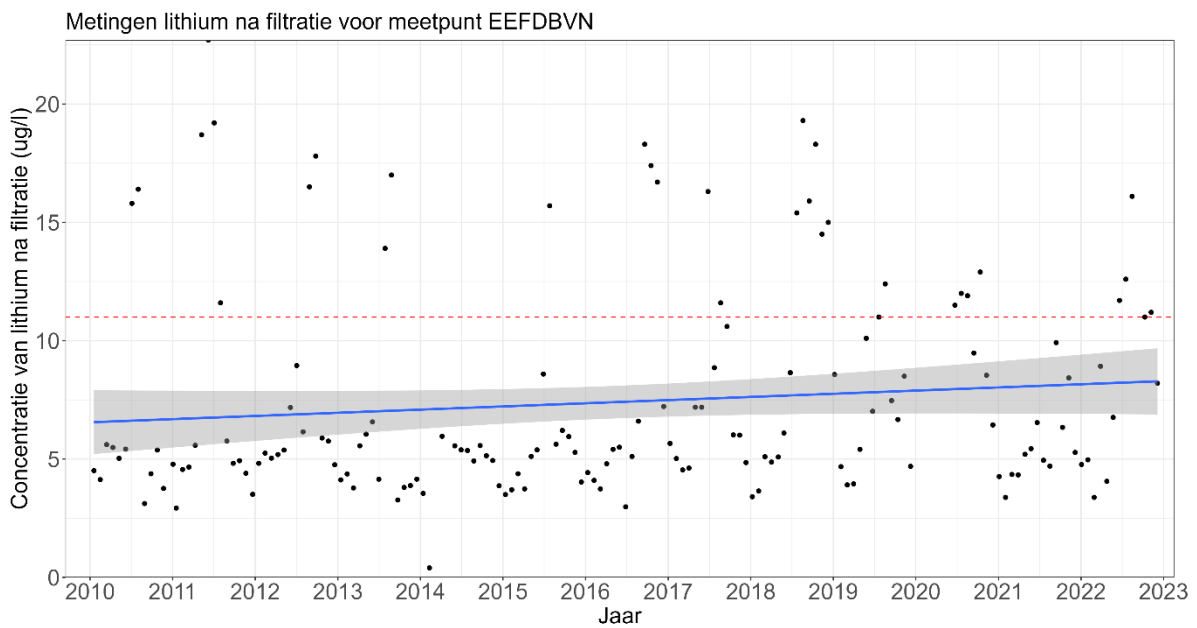
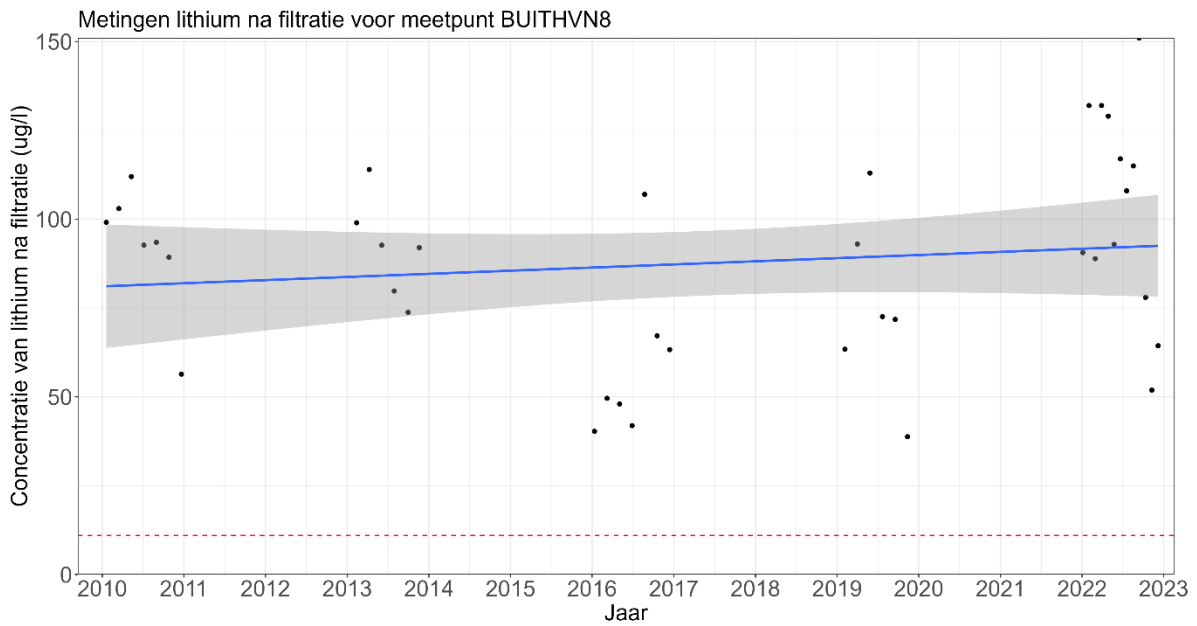
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt BELFBVN



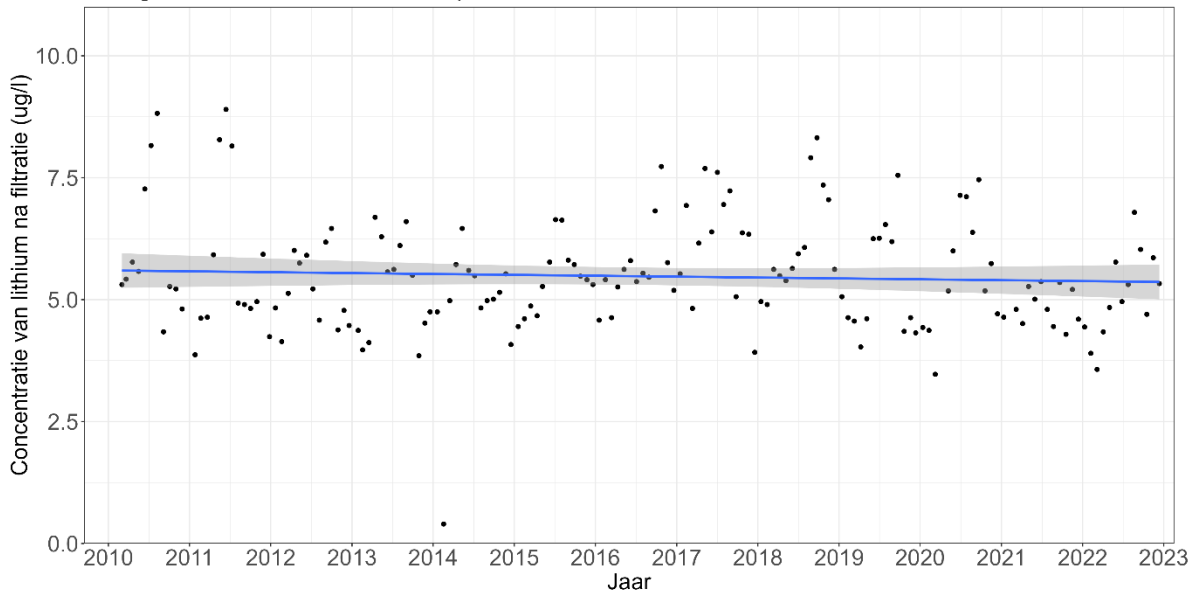
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt BOVSS



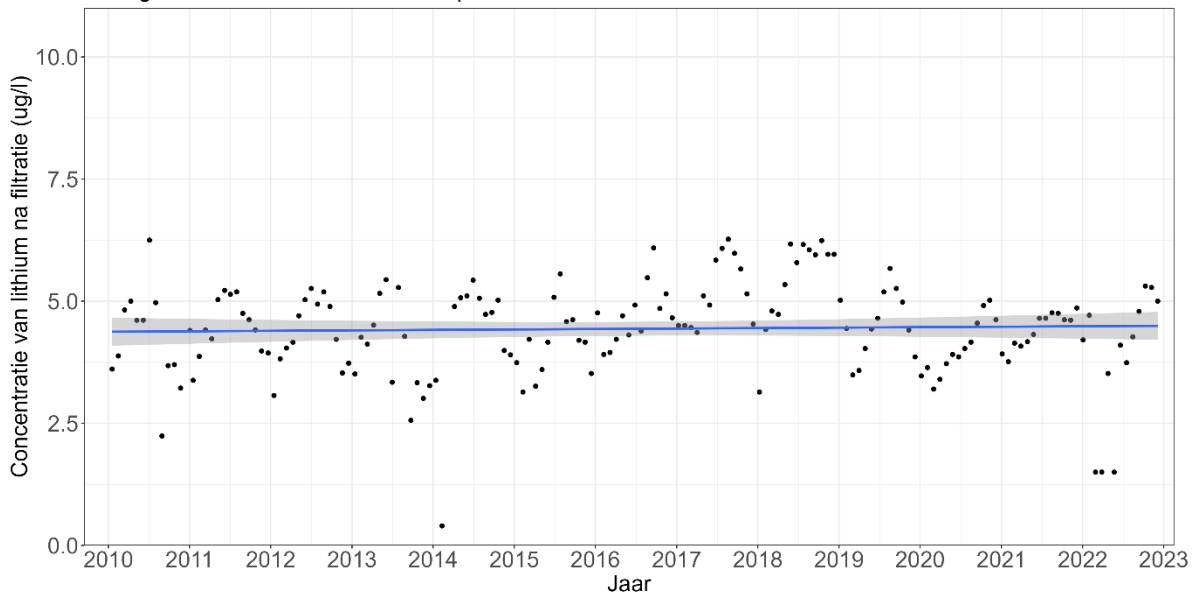




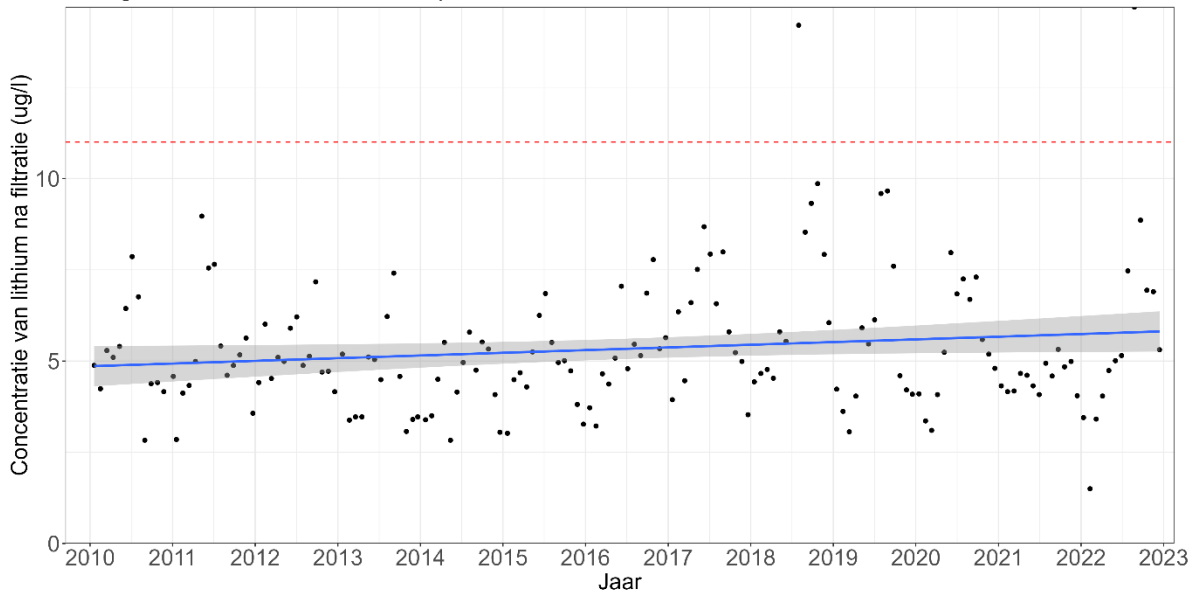
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt EEMMDK23



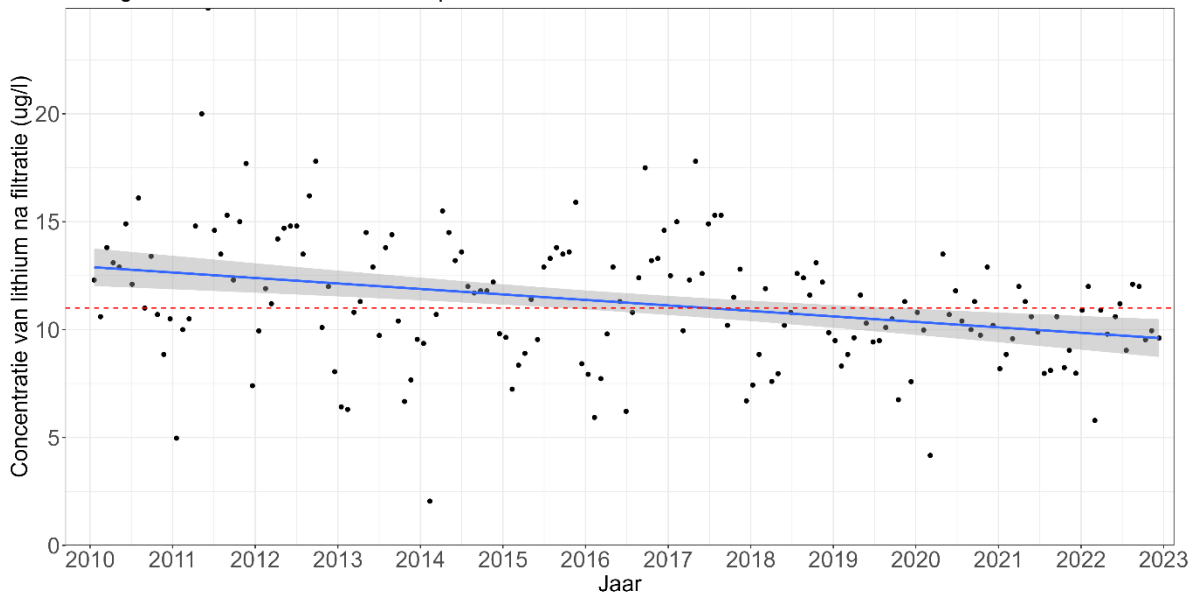
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt ENSDVTS

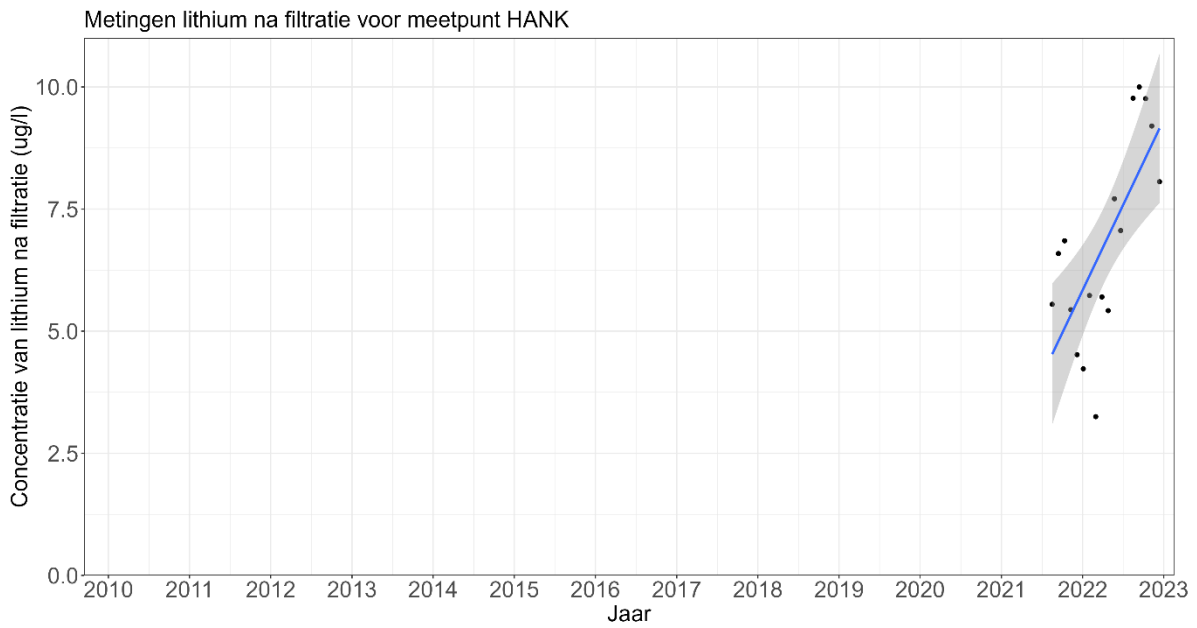
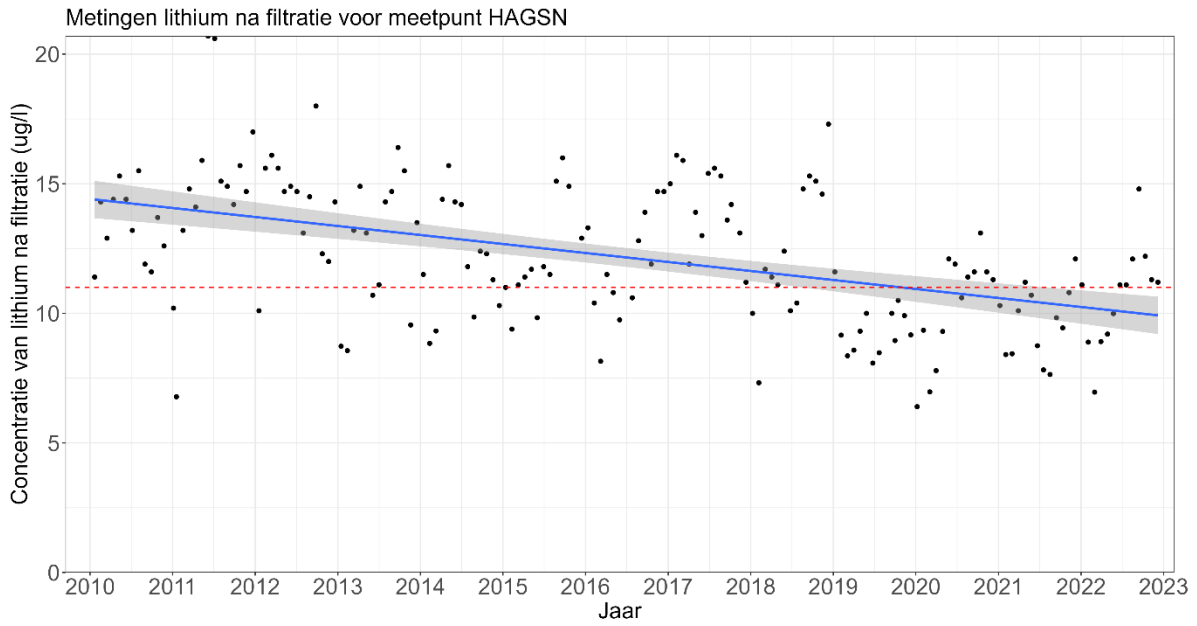


Metingen lithium na filtratie voor meetpunt GENMDN

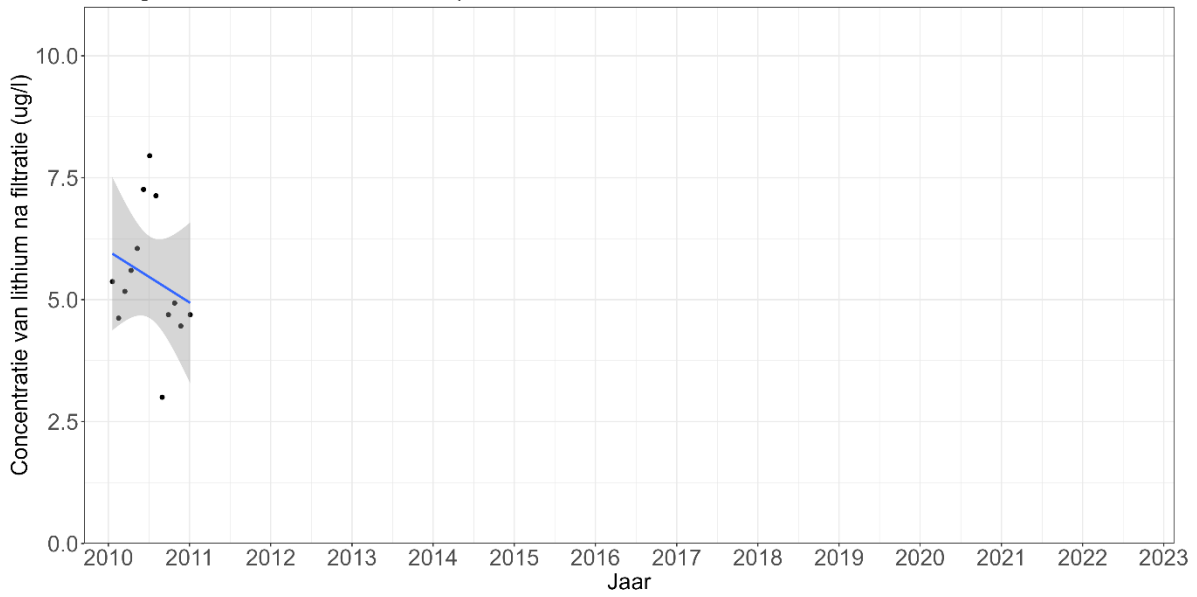


Metingen lithium na filtratie voor meetpunt GOUDVHVN

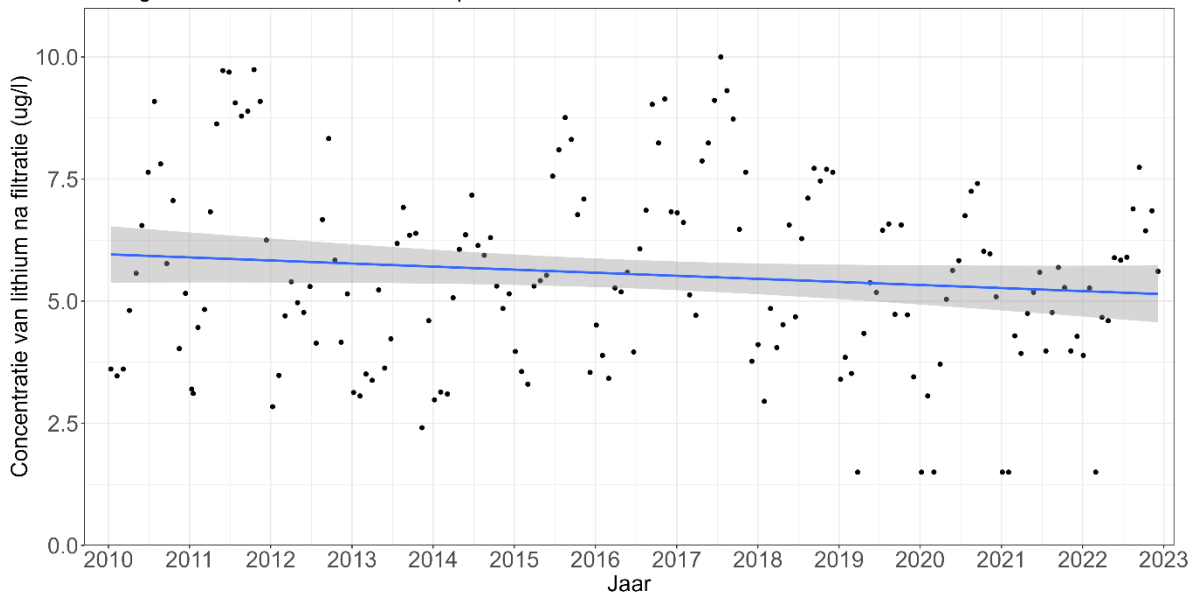




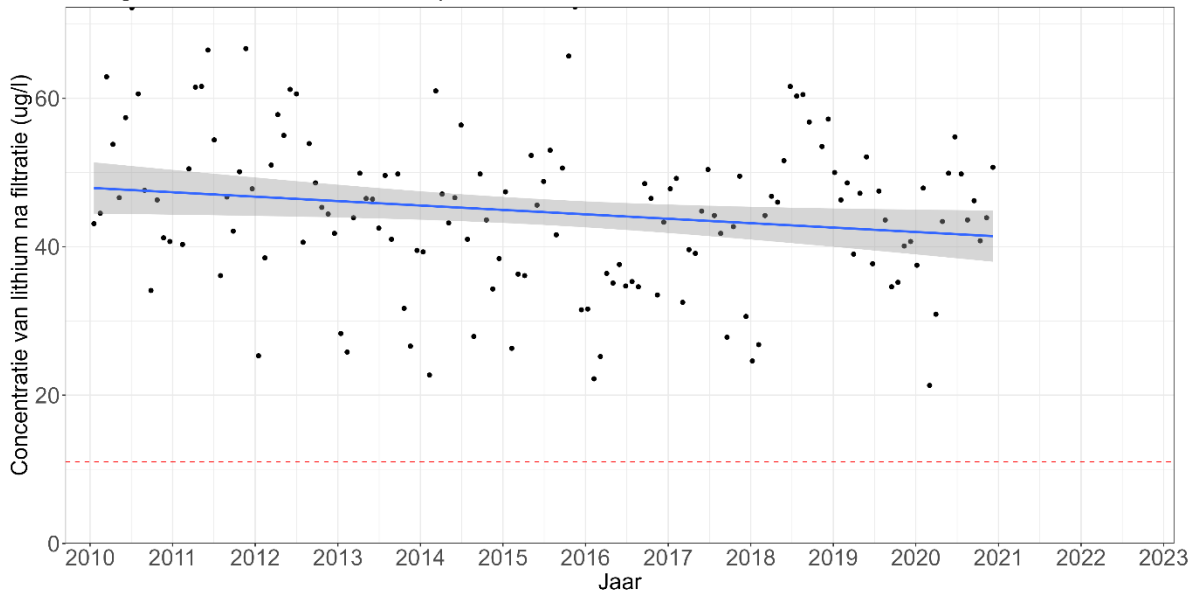
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt HASST



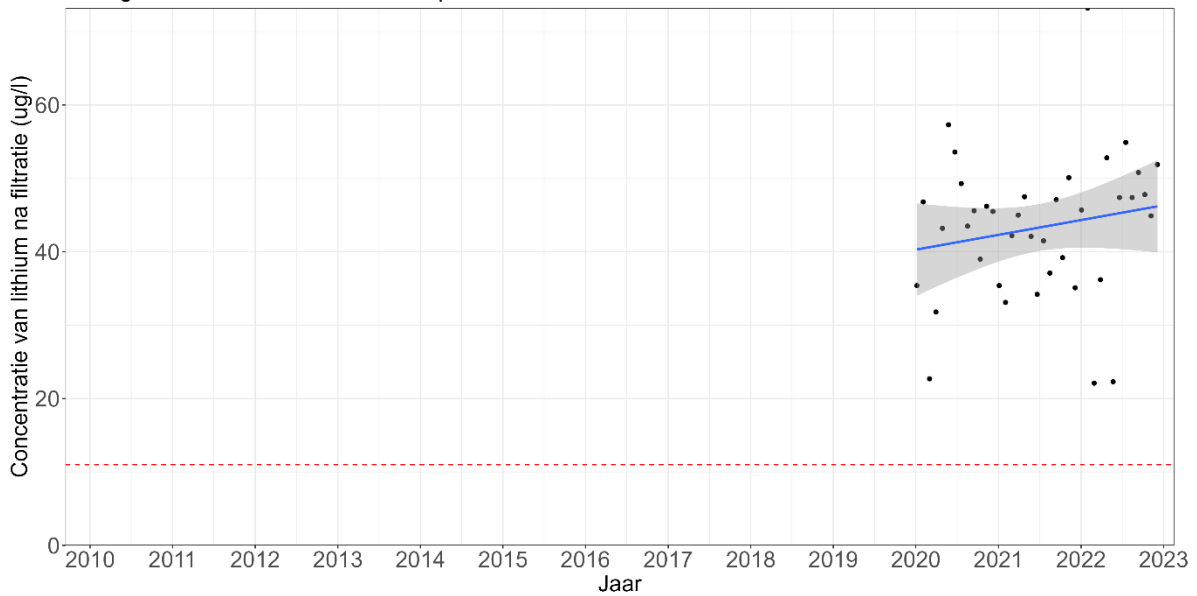
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt HEEL

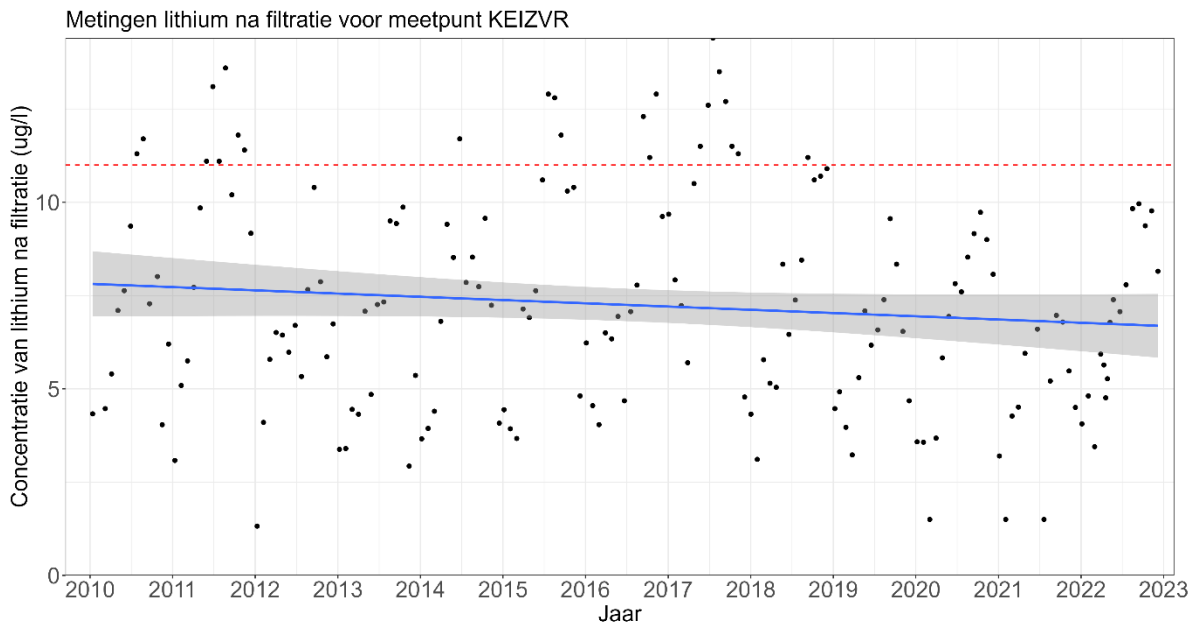
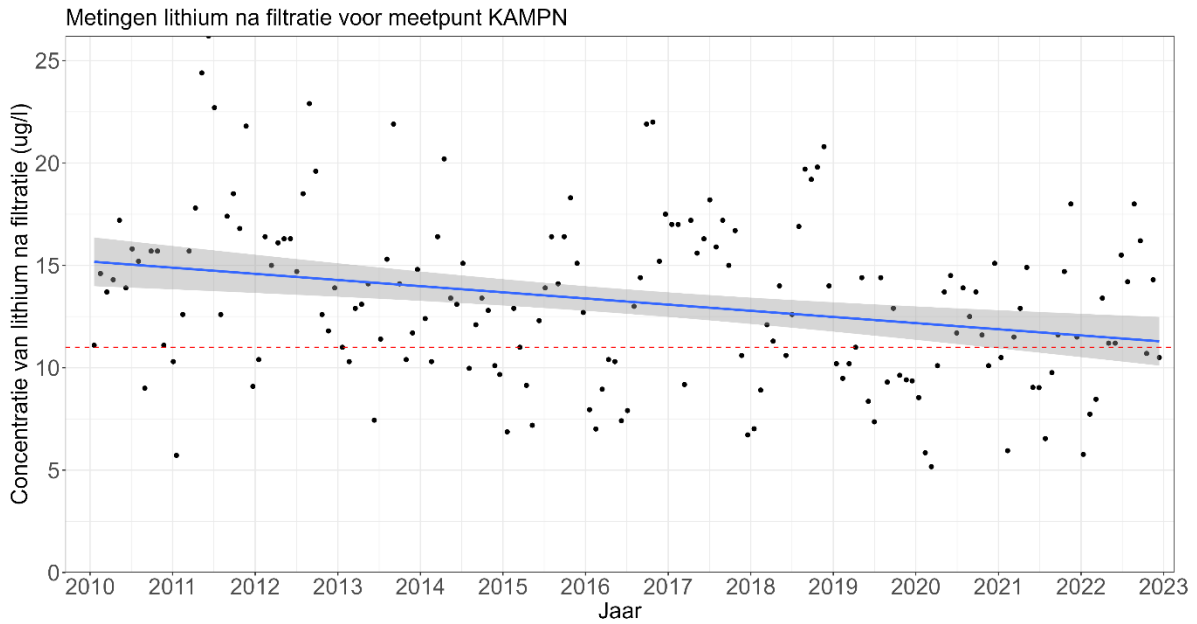


Metingen lithium na filtratie voor meetpunt IJMDN1

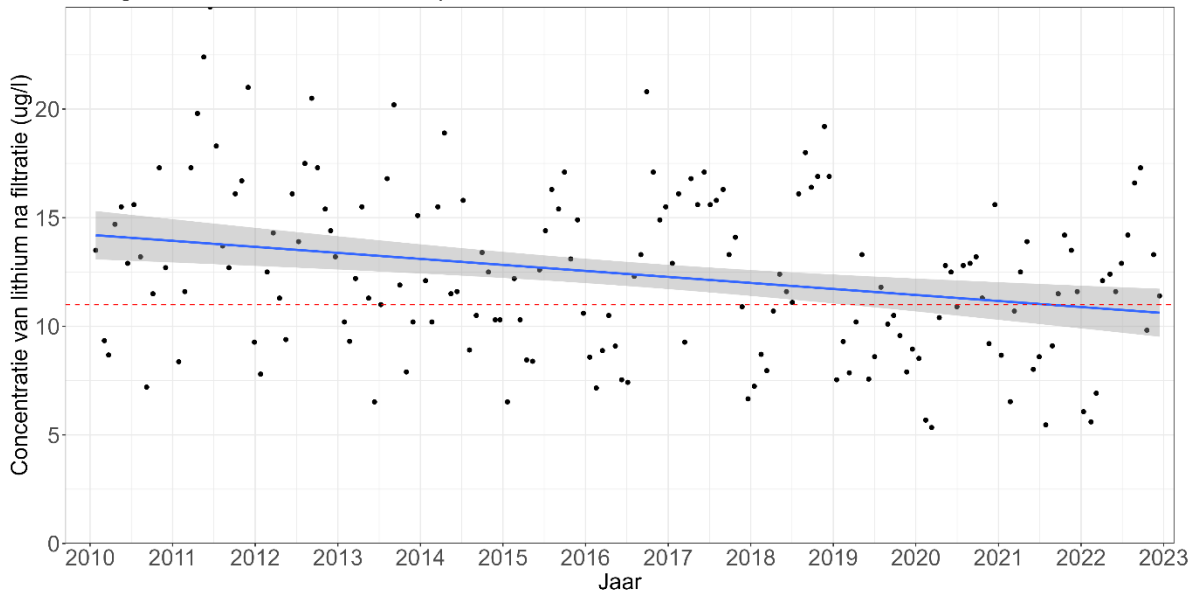


Metingen lithium na filtratie voor meetpunt IJMDNT1

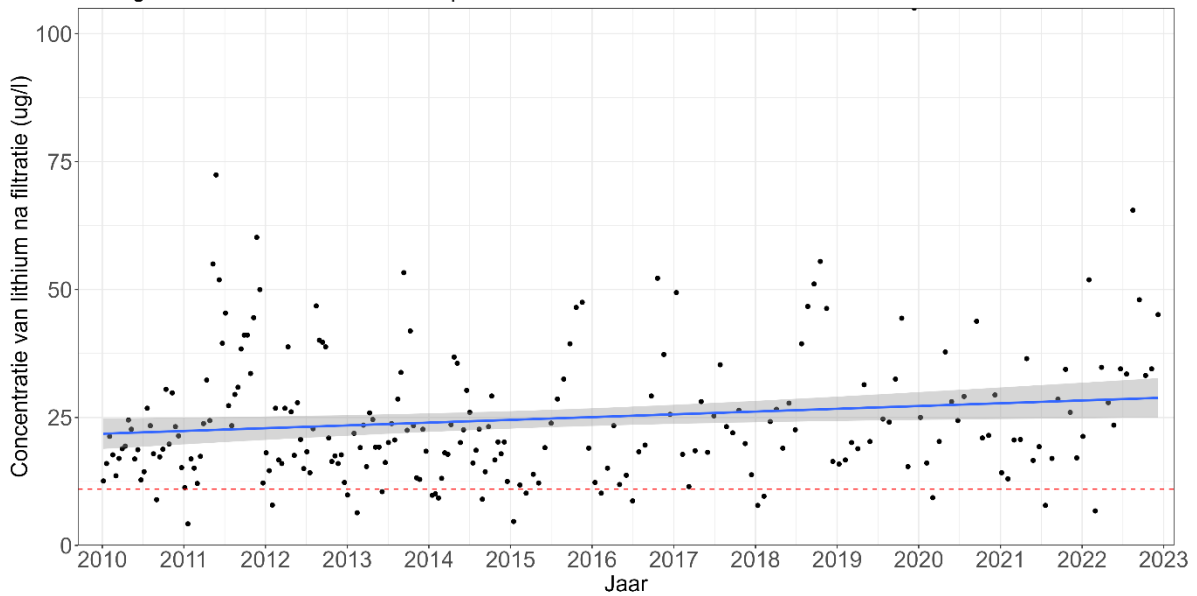




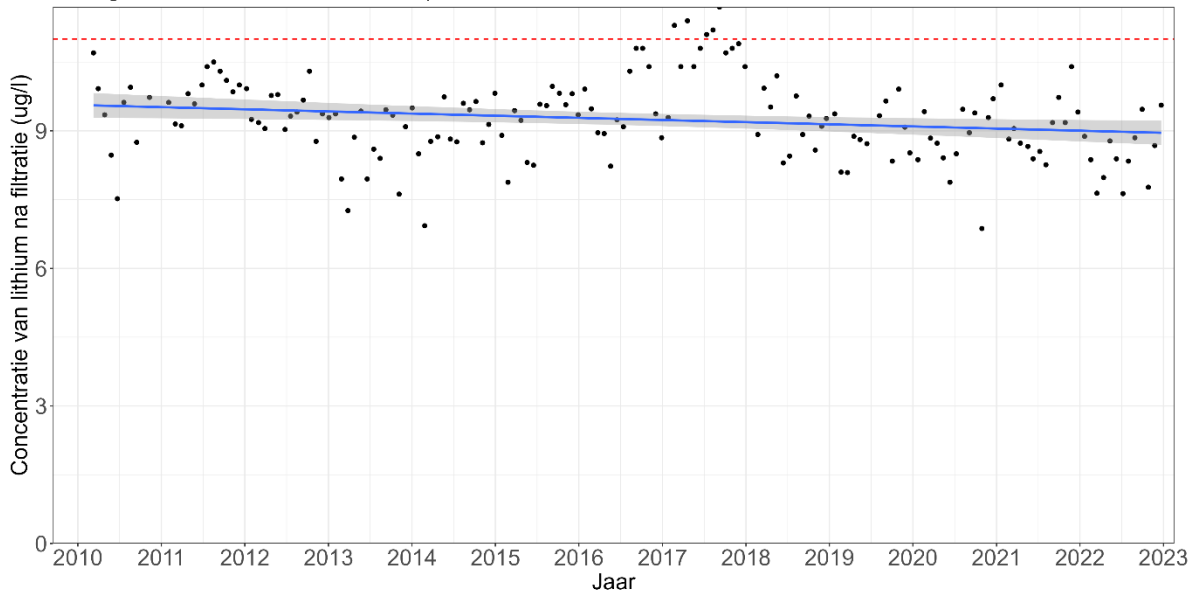
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt KETMWT



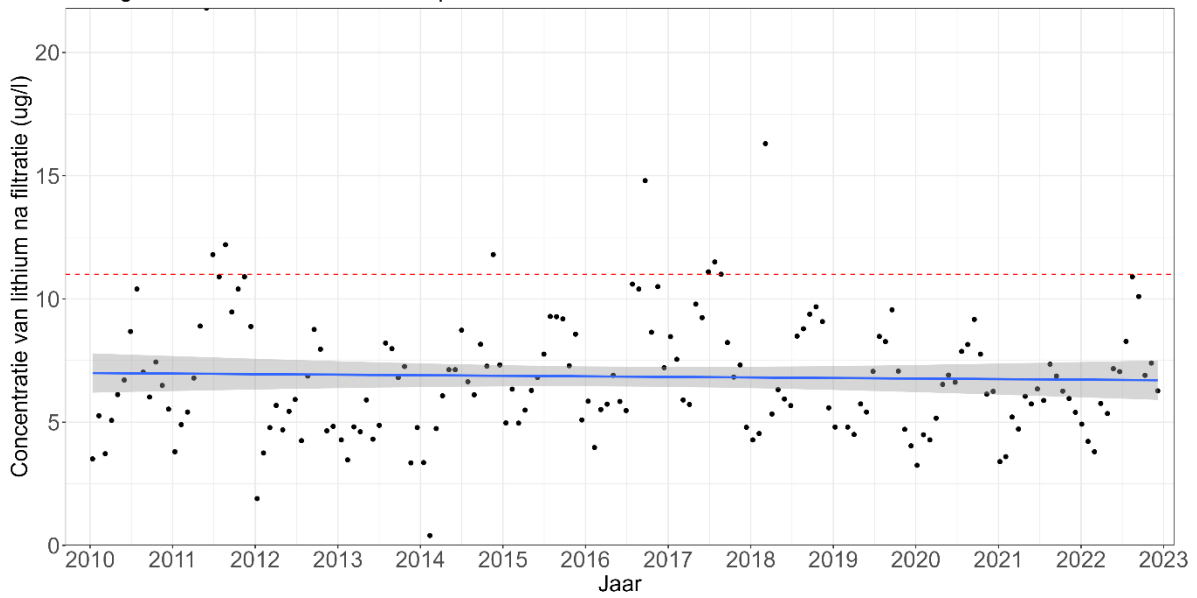
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt MAASSS



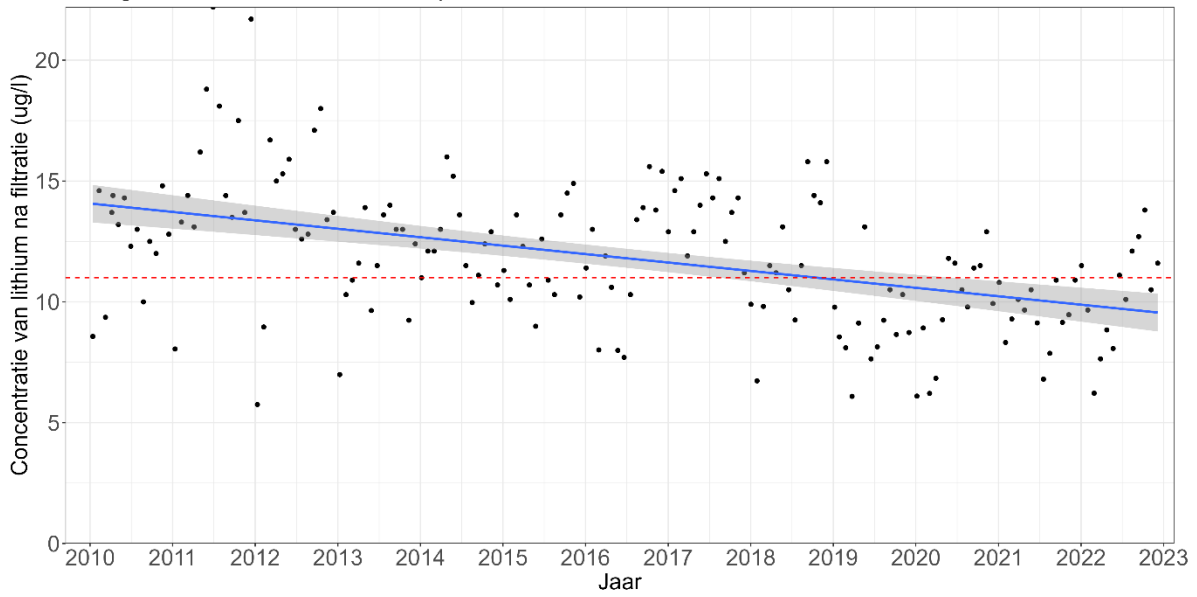
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt MARKMMDN



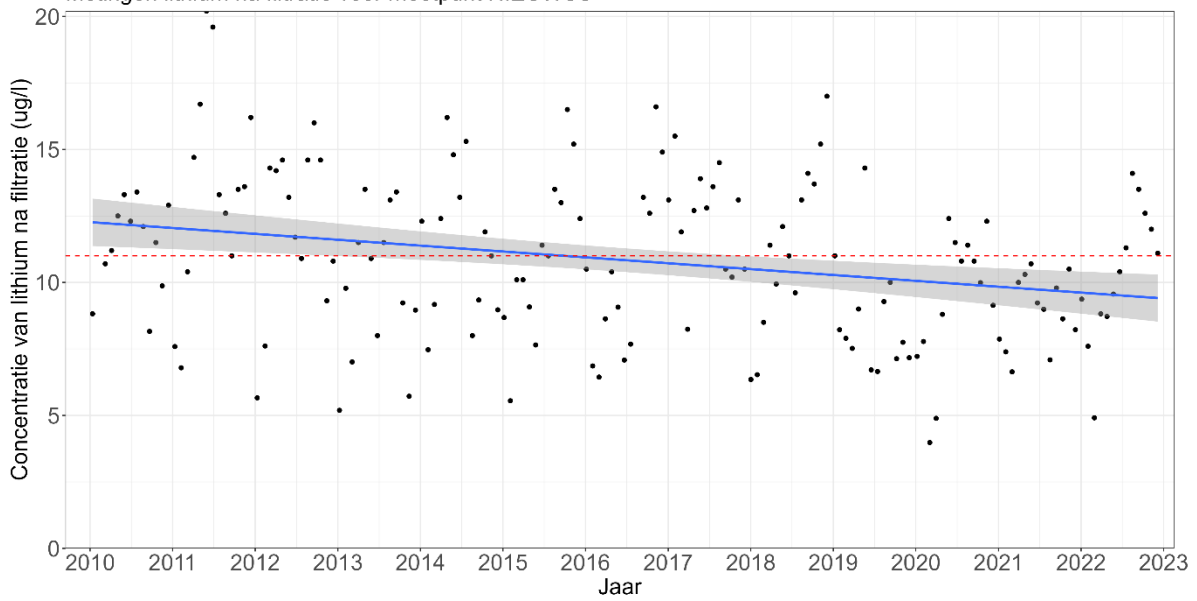
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt NEDWT



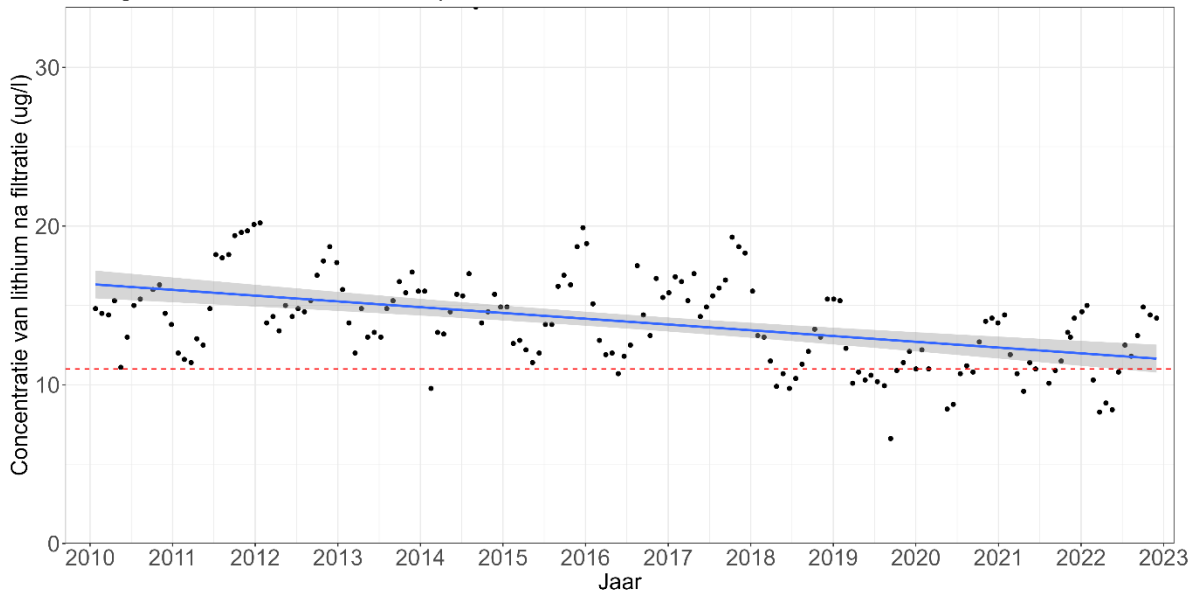
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt NIEUWGN



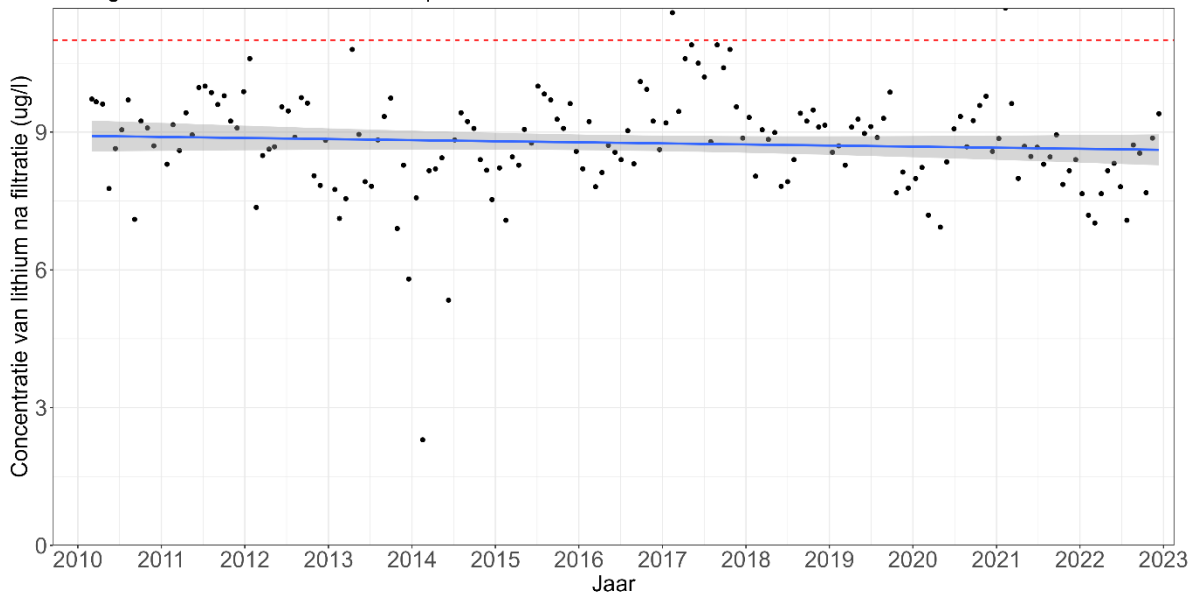
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt NIEUWSS



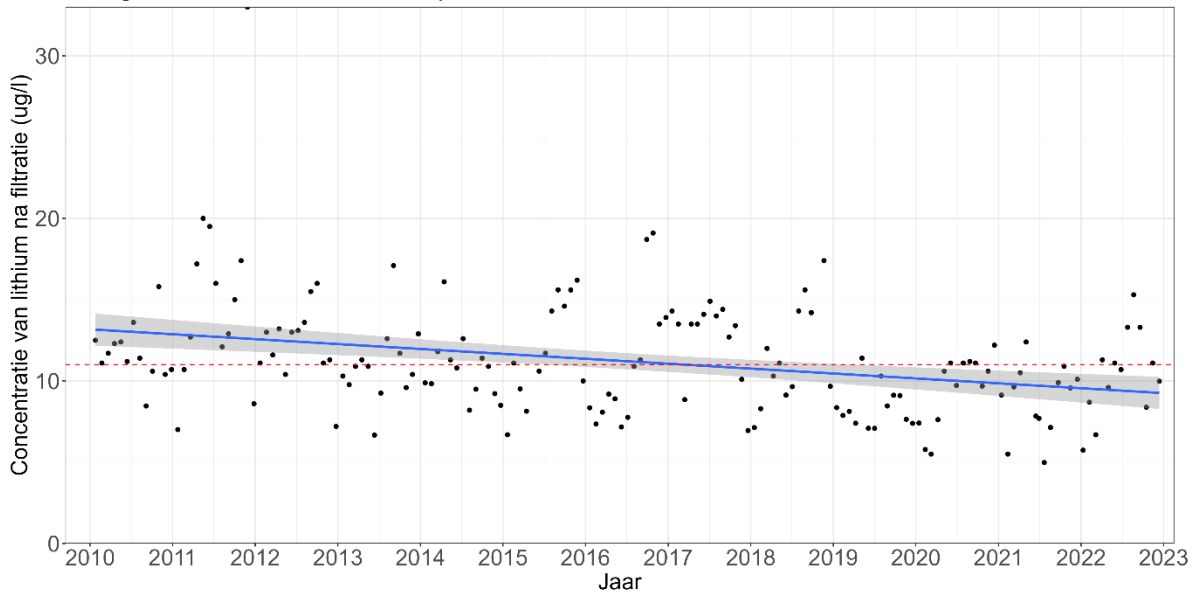
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt OESTDM



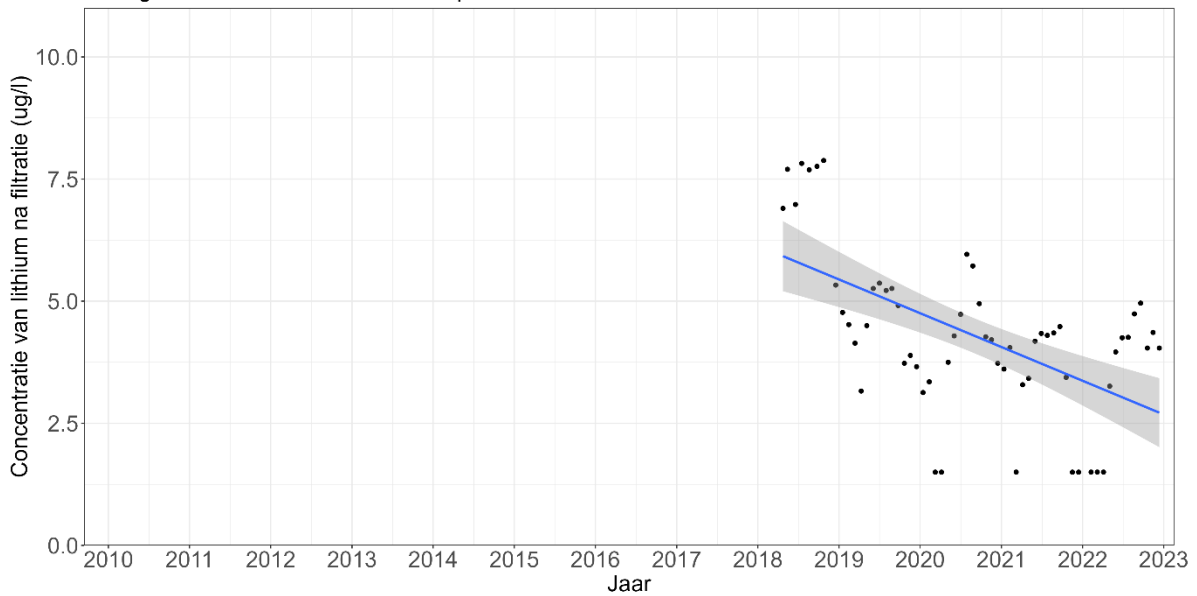
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt PAMPOT



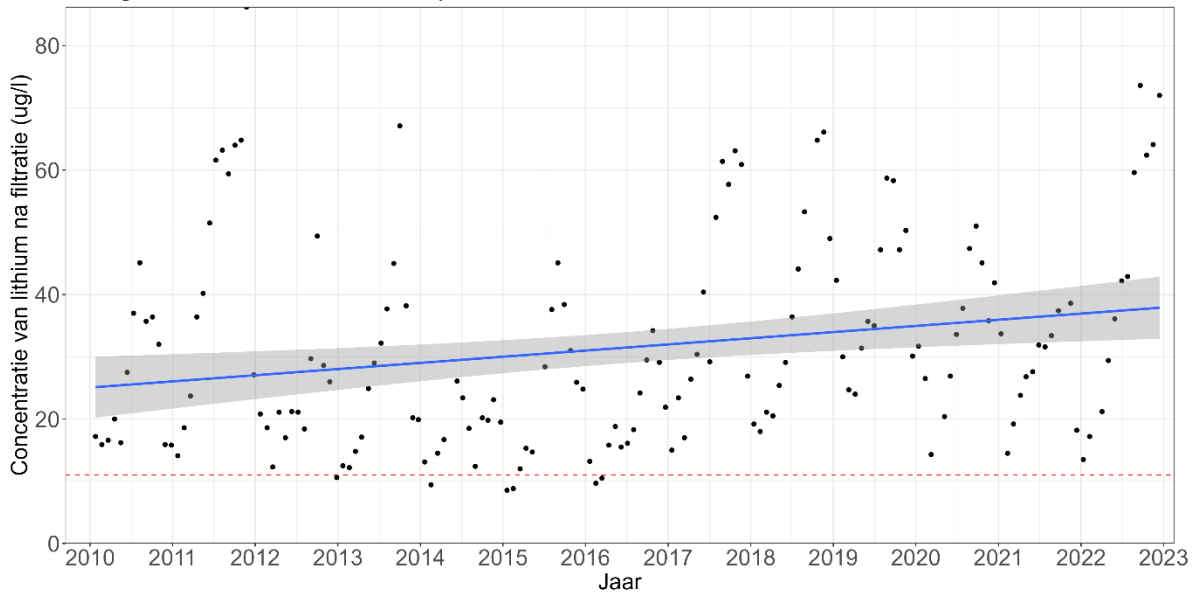
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt PUTTHK



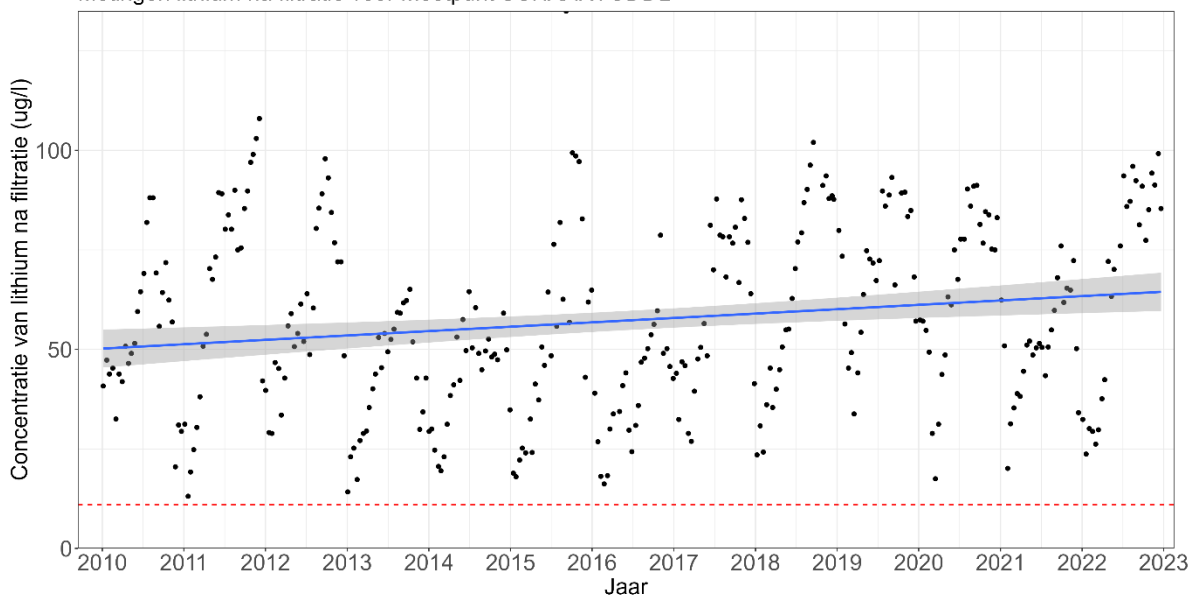
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt REEVDP

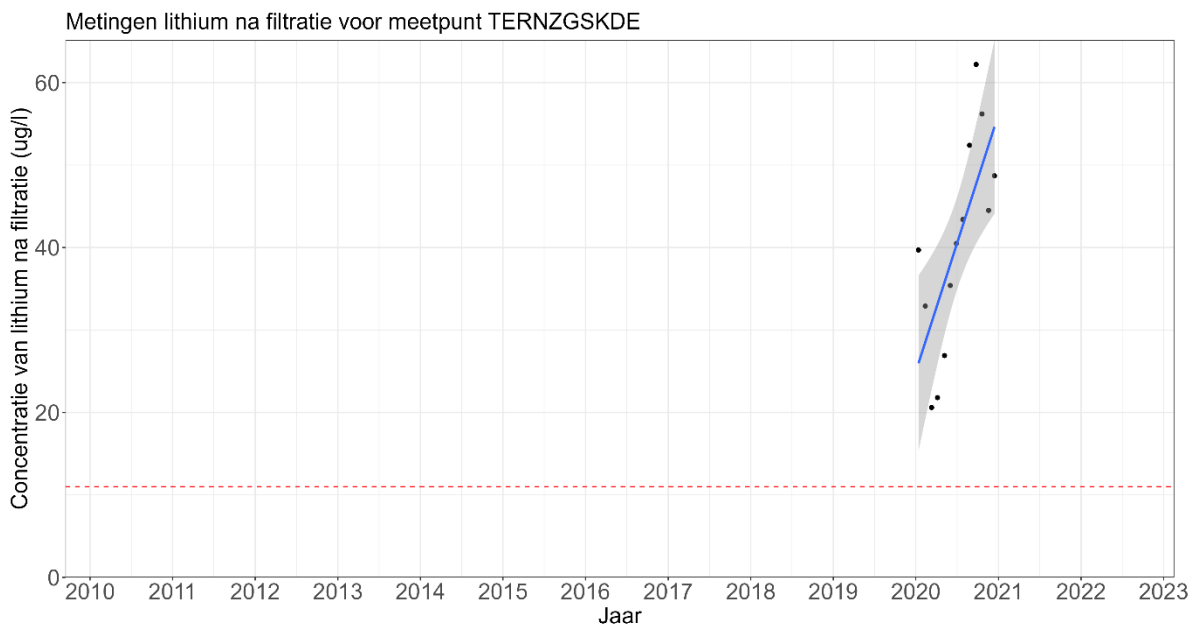
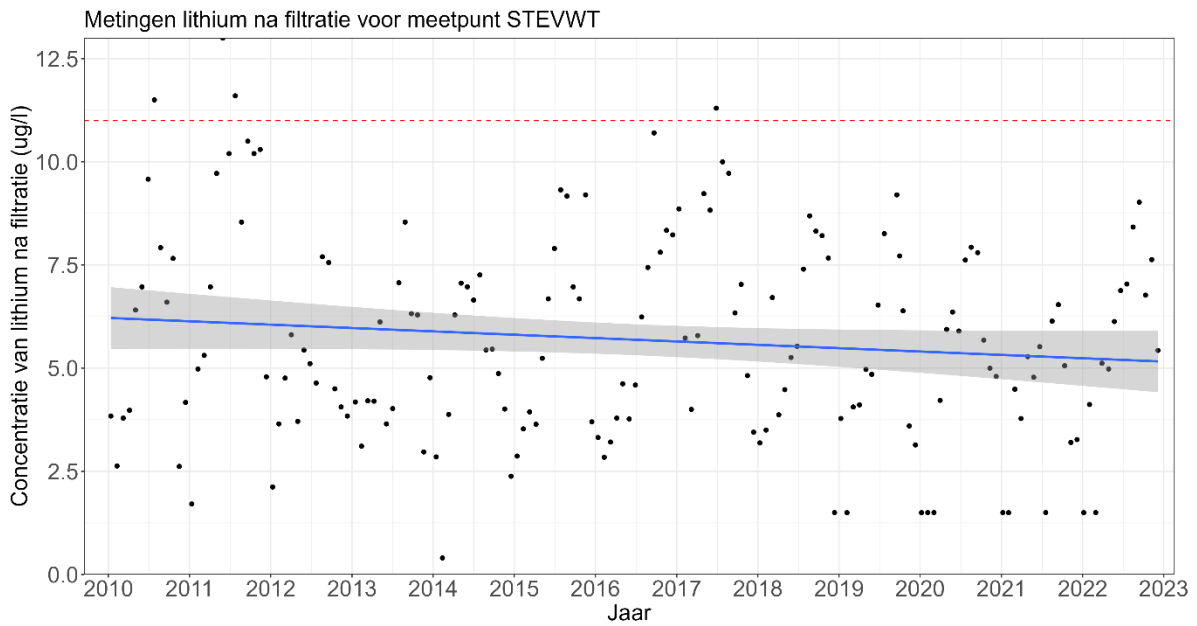


Metingen lithium na filtratie voor meetpunt SASVGT

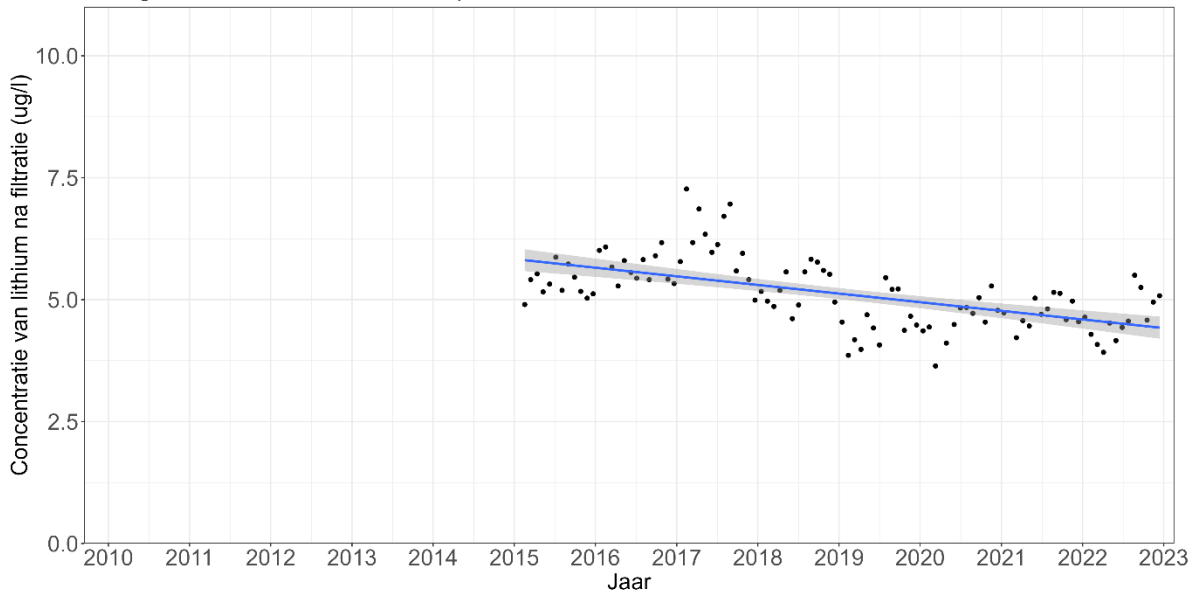


Metingen lithium na filtratie voor meetpunt SCHAARVODDL

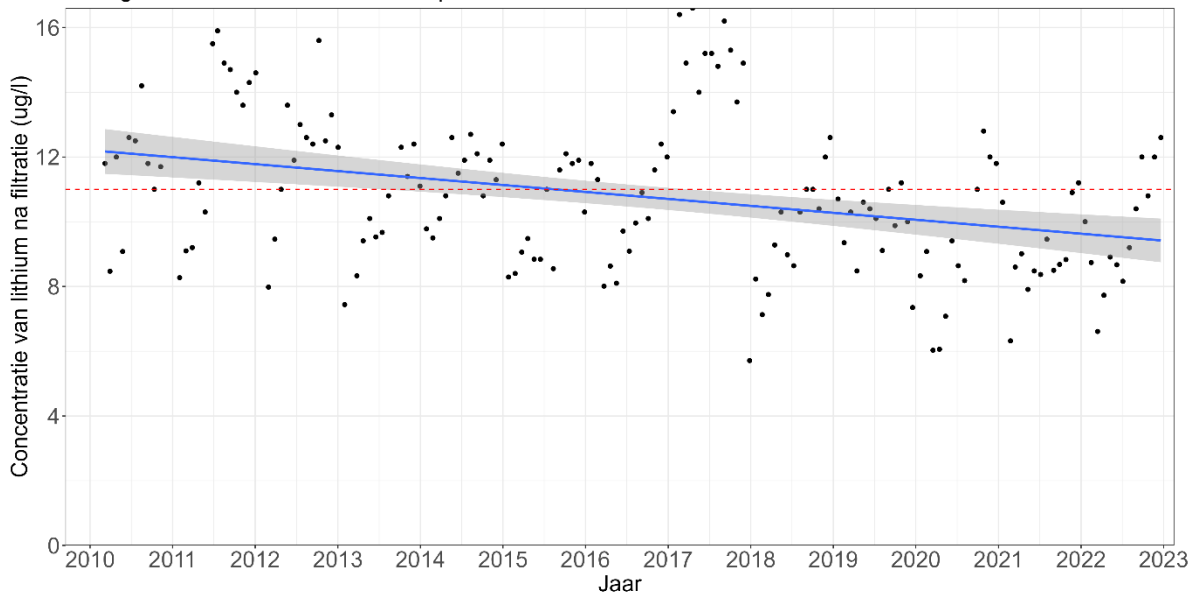




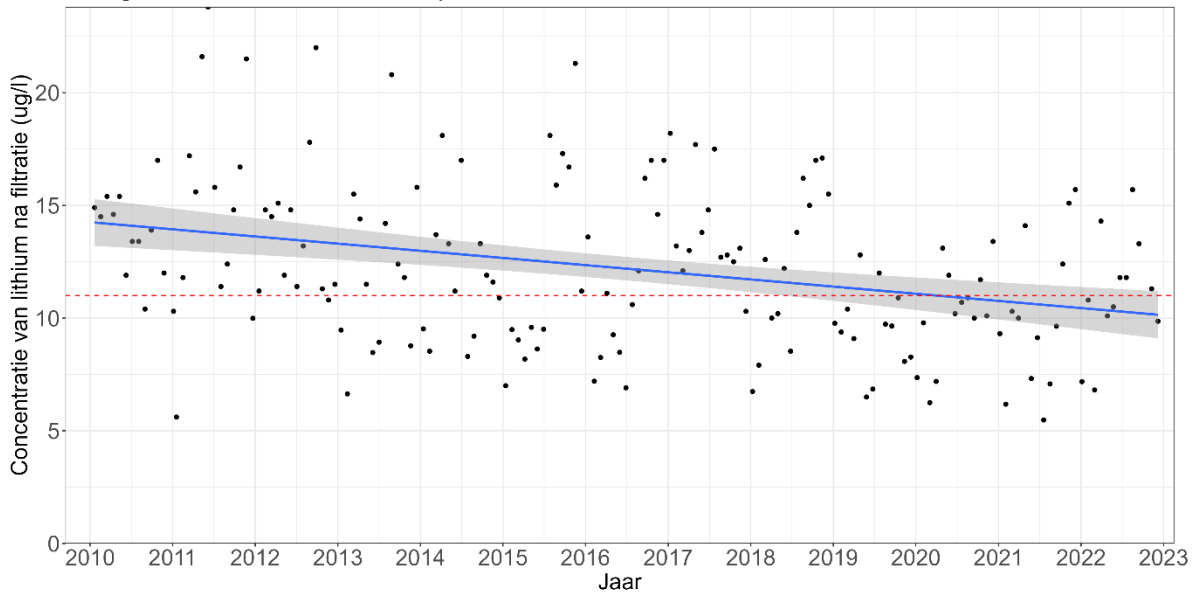
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt VELWMDN



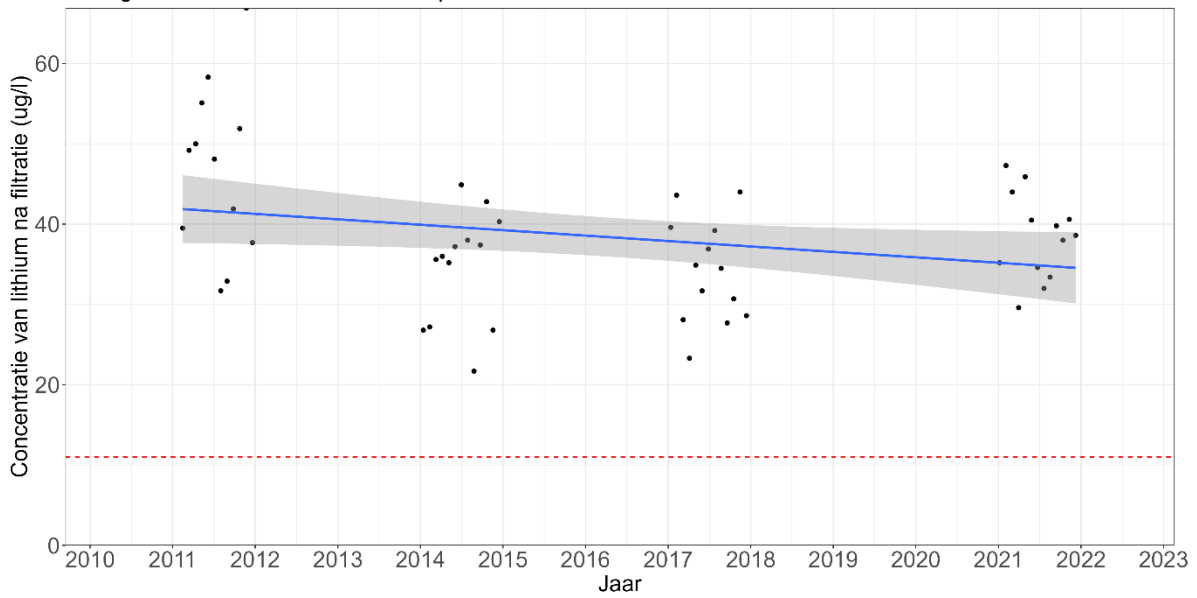
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt VROUWZD



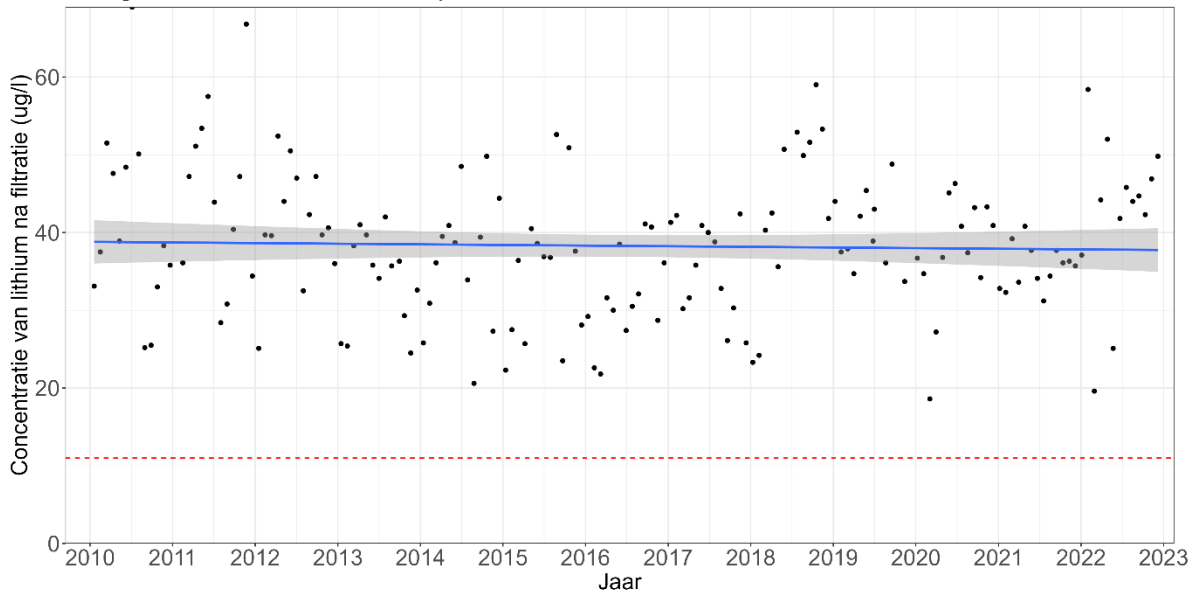
Metingen lithium na filtratie voor meetpunt VURN



Metingen lithium na filtratie voor meetpunt WESTHVN2



Metingen lithium na filtratie voor meetpunt WESTZN



Metingen lithium na filtratie voor meetpunt WIENE

