

SKB P-22-13

ISSN 1651-4416

ID 1943307

Maj 2023

Hydrokemisk provtagning i nyinstallerade jordrör i Forsmark 2021

Initiala hydrokemiska förhållanden

Julia Dahlström
Svensk Kärnbränslehantering AB

Nyckelord: Ytnära grundvatten, grundvattenrör, jordrör, hydrogeokemi, vattenkemi, spårelement, Forsmark

Data i SKB:s databas kan ändras av olika skäl. Mindre ändringar i SKB:s databas kommer inte nödvändigtvis att resultera i en reviderad rapport. Revideringar av data kan även presenteras som supplement, tillgängliga på www.skb.se.

Denna rapport är publicerad på www.skb.se

© 2023 Svensk Kärnbränslehantering AB

Sammanfattning

Sedan 2015 fram till 2020 har ett 40-tal jordrör installerats i Forsmarks undersökningsområde för kompletterande datainsamling och platsförståelse. Inga tidigare undersökningar avseende hydrokemiska parametrar har gjorts för dessa jordrör. Under hösten 2021 genomfördes därför hydrokemisk provtagning i 38 nyinstallerade jordrör i Forsmarks undersökningsområde för att samla kunskap om de nya rörens initiala hydrogeokemiska förhållanden och få vidare underlag till platsförståelsen och förändringar av det ytnära grundvattnet.

De hydrokemiska parametrarna inkluderar fältmätningar, huvudkomponenter, spårmetaller, totalt- och löst organiskt kol (TOC och DOC) samt isotoperna $\delta^{18}\text{O}$, deuterium (δD) och tritium (^3H). Fältmätningar kunde genomföras i 25 rör och vattenprov för kemiska analyser kunde erhållas i 29 av rören. Avvikelse för saknade data avser bland annat torra jordrör, metodval och tillgänglighet till rören.

Resultaten av de hydrokemiska analyserna är varierande då jordören är utspridda geografiskt i Forsmarks undersökningsområde och undersökningen sträckte sig över en längre period, mellan september och november 2021. Endast ett vattenprov per jordrör samlades in. Majoriteten av proverna hade acceptabelt relativt jonbalansfel ($\pm 5\%$).

Majoriteten av rören uppvisade liknande egenskaper som tidigare undersökningar av det ytnära grundvattnet som genomförts. Fördelning av de vanligaste jonerna varierade mellan rör där kalcium och vätekarbonat var den vanligaste förekommande katjonen respektive anjonen i majoriteten av rören. Hög andel och koncentration av klorid kunde noteras för ett fåtal rör i det kustnära området av Söderviken. Höga natrium- och kloridkoncentrationer kunde också noteras för det enda järnröret som analyserades, SFM000195. Högre naturligt förekommande urankoncentrationer i det ytnära grundvattnet kunde också observeras i några rör i Söderviken samt vid Storskäret.

Abstract

Since 2015 to 2020 there have been around 40 new soil pipes installed in the Forsmark investigation area for the purpose of site descriptive data collection. No previous investigations regarding hydrochemical parameters have been done in these pipes so an initial hydrochemical sampling was conducted in autumn 2021 that included 38 of the newly installed soil pipes between 2015 and 2020.

The scope of the hydrochemical analysis includes field measurements, major components, trace elements, total and dissolved organic carbon (TOC and DOC) and isotopes $\delta^{18}\text{O}$, Deuterium (δD) and Tritium (^3H). Field measurements (pH, electrical conductivity and temperature) could be performed in 25 of the soil pipes and water samples for chemical analysis was collectable in 29 of the pipes. Explanations for missing data included dry soil pipes, choice of pumping method, availability to the pipes etc.

The analysis results were diverse which was expected seeing that the soil pipes are distributed over a quite large area in the Forsmark investigation area and the sampling period were between September and November 2021 and only one sample per soil pipe were collected. The majority of samples had a relative charge balance error within the acceptable range for near surface ground water ($\pm 5\%$).

The vast majority of the water samples from the soil pipes showed similar qualities compared to earlier sampling campaigns for the near surface groundwater in Forsmark. The distribution of major components varied between pipes, however calcium and bicarbonate were generally the most dominated cation and anion respectively. High concentrations of chloride were observed in the coastal area of Söderviken and in the only iron soil pipe sampled. Higher uranium concentrations in the near surface groundwater were also observed in pipes in certain areas; Söderviken and the pipes in the area Storskäret.

Innehåll

1	Introduktion	4
2	Metoder och utförande	5
2.1	Provtagningsobjekt.....	5
2.2	Utrustning.....	7
2.3	Utförande.....	8
2.3.1	Förberedelser.....	8
2.3.2	Vattenprovtagning, provhantering och mätningar.....	8
2.3.3	Avvikelser	9
3	Resultat	10
3.1	Avsänkning.....	10
3.2	Fältmätningar	10
3.3	Vattenanalyser	11
3.3.1	Huvudkomponenter.....	11
3.3.2	Kolföreningar	14
3.3.3	Spårämnen.....	14
3.3.4	Isotoper.....	14
4	Diskussion och slutsats	16
	Referenser	17
	Appendix 1: Hydrokemiska analysresultat från vattenprovtagning	18

1 Introduktion

Provtagning av jordrör, ytnära grundvatten, i Forsmarks undersökningsområde för det planerade slutförvaret av använt kärnbränsle har genomgått undersökningar i någon form sedan 2001 (SKB 2001). Syftet är att tillhandahålla data för en förbättrad förståelse för de processer som sker i gränssnittet mellan geosfären och ytekosystemet.

Provtagning av ytnära grundvatten pågår enligt övervakningsprogrammet i Forsmark. Sedan 2015 har dock 45 nya jordrör installerats. Så sent som hösten 2019 och vårvintern 2020 installerades ett tjugotal jordrör för grund- och ytvattenmätningar för att komplettera redan befintlig hydrogeologisk platsövervakning. Många av rören har inte provtagits avseende hydrogeokemiska parametrar och det saknas därmed kunskap kring dessa jordrörs initiala hydrogeokemiska förhållanden. Jordrör med id-kod SFM000147, SFM000188 och SFM000190 har ingått i ett kontrollprogram inkluderande provtagning månatligen sedan hösten 2020 med några undantag. Denna provtagning avslutades i och med kontrollprogrammets avslutande i augusti 2022.

För att få ett mer komplett underlag för vidare platsförståelse syftar denna rapport till att beskriva initiala förhållanden av grundvattenkemin för samtliga jordrör installerade 2015–2020 inom Forsmarks undersökningsområde.

Styrande dokument för utförandet anges i tabell 1-1. Aktivitetsplan och metodbeskrivning är SKB:s interna dokument. Ursprungliga data från rapporterade aktiviteter lagras i SKB:s databas Sicada.

Tabell 1-1 *Styrande dokument för den vattenkemiska undersökningen av jordrör installerade 2015–2020 inom Forsmarks undersökningsområde.*

Styrande dokument		Version
AP SFK-21-027	Initial hydrokemisk provtagning i nya grundvattenrör	2.0
AP SFK-20-025	Kontrollprogram vid markarbeten i Söderviken avseende vägar och ledningsdragning	2.0
SKB MD 425.003	Metodbeskrivning för hydrokemisk provtagning i grundvattenrör	2.0
SKBdoc id 1063531	Provtagning och provhantering	17.0
SKBdoc id 1494275	Kvalitetsparametrar för kemianalyser – SKB:s kemiklasser, aktuella detektions-, rapporteringsgränser samt mätosäkerheter	1.0

2 Metoder och utförande

2.1 Provtagningsobjekt

Samtliga grundvattenrör i jord, 38 st., som installerats mellan åren 2015 och 2020 och som ingår i undersökningen presenteras i tabell 2-1 och är utplacerade i Forsmarks undersökningsområde enligt figur 2-1.

Majoriteten av rörens casing är gjorda av plast av typen högdensitets polyeten (benämns PEH eller HDPE) med en innerdiameter på 50–51 mm. Övriga rörs casing är av järn, se exempel i figur 2-2. Rörens längd samt filterintervall presenteras i tabell 2-1. Längderna är angivna i meter från TOC (Top Of Casing) vilket motsvarar längden från grundvattenrörets övre kant till filtrets övre respektive undre del.



Figur 2-1 Ingående jordrör i hydrokemiska undersökningen 2021 i rör installerade 2015–2020 inom Forsmarks undersökningsområde.

Tabell 2-1 Ingående jordrör i hydrokemiska undersökningen 2021 i rör installerade 2015–2020 inom Forsmarks undersökningsområde. Rader markerade i fet stil ingick i ett kontrollprogram och hade provtagits sedan hösten 2020 med några undantag.

SFM-nr	Område	Koordinater (N, E)	Rörtyp	Rörlängd (m)	Filter från TOC* (m)	Installerades
SFM000143	Söderviken	6698892, 160197	PEH-plast	3,0	2 - 3	2016
SFM000144	Söderviken	6698824, 160180	PEH-plast	4,0	3 - 4	2016
SFM000145	Söderviken	6698709, 160242	PEH-plast	3,0	2 - 3	2016
SFM000146	Söderviken	6698643, 160158	PEH-plast	4,0	3 - 4	2016
SFM000147	Söderviken	6698307, 159804	PEH-plast	3,0	2 - 3	2016
SFM000149	Söderviken	6698890, 160127	PEH-plast	3,0	2 - 3	2016
SFM000153	Söderviken	6698422, 160031	PEH-plast	5,0	4 - 5	2016
SFM000154	Vid BP8	6698771, 160102	PEH-plast	3,0	2 - 3	2016
SFM000157	Bolundsfjärden	6697223, 161045	Järn	5,0	3 - 5	2016
SFM000160	Vid göl 16	6697621, 160261	PEH-plast	2,5	0,5 - 1,5	2016
SFM000161	Djupsundsdelarna	6696481, 161876	PEH-plast	1,0	0 - 1	2016
SFM000162	Varmbörssfjärden	6696427, 161378	PEH-plast	1,5	0,5 - 1,5	2016
SFM000163	Söderviken	6698365, 160094	PEH-plast	4,0	3 - 4	2017
SFM000167	Söderviken	6698304, 159986	PEH-plast	6,0	5 - 6	2017
SFM000168	Söderviken	6698348, 159716	PEH-plast	5,0	4 - 5	2017
SFM000169	Vid BP6	6698044, 161506	PEH-plast	4,0	2 - 3	2019
SFM000171	Våtmark 23/BP6	6698281, 161848	Järn	3,5	2,5 - 3,5	2019
SFM000173	Puttan	6697970, 161145	Järn	5,0	4 - 5	2019
SFM000174	Vid BP6	6697936, 161863	PEH-plast	3,0	1 - 2	2019
SFM000175	Röngrund	6696316, 162227	PEH-plast	6,0	4 - 5	2019
SFM000176	Storskäret	6695987, 163163	PEH-plast	7,0	5 - 6	2019
SFM000177	Storskäret	6695713, 163055	PEH-plast	6,0	4 - 5	2019
SFM000179	Gunnarsboträsket	6697552, 158012	Järn	5,0	4 - 5	2019
SFM000180	Vid Gunnarsboträsket	6697589, 158078	PEH-plast	6,0	4 - 5	2019
SFM000181	Vid Gunnarsboträsket	6697660, 158098	PEH-plast	5,0	3 - 4	2019
SFM000182	Söderviken	6698225, 160010	PEH-plast	5,0	3 - 4	2018
SFM000183	Djupsundsdelarna	6696481, 161880	PEH-plast	7,1	5,1 - 6,1	2018
SFM000187	Varmbörssfjärden	6696429, 161376	PEH-plast	4,0	1 - 2	2019
SFM000188	Söderviken	6698380, 160168	PEH-plast	5,0	3 - 4	2018
SFM000190	Söderviken	6698445, 159692	PEH-plast	7,0	5 - 6	2019
SFM000191	Vid göl 7	6697900, 160180	PEH-plast	9,2	7,2 - 8,2	2018
SFM000192	Vid göl 14	6697625, 160648	PEH-plast	9,0	7 - 8	2019
SFM000193	Vid BP5	6697453, 160472	PEH-plast	5,1	3,1 - 4,1	2018
SFM000194	Kungsträsket	6697052, 160245	PEH-plast	4,0	2 - 3	2019
SFM000195	Gällsboträsket	6697299, 159566	Järn	7,0	5 - 6	2019
SFM000196	Sandträsket	6696225, 16081	PEH-plast	11,0	9 - 10	2019
SFM000197	Sandträsket	6696227, 160803	PEH-plast	8,0	6 - 7	2019
SFM000198	Sandträsket	6696223, 160805	PEH-plast	7,0	5 - 6	2019

* Top Of Casing



Figur 2-2 Grundvattenrör SFM000194 med casing av PEH-plast (t. v.) och grundvattenrör SFM000195 med casing av järn (t. h.).

2.2 Utrustning

Utrustningen som används i fält för vattenprovtagning summeras nedan:

Pumputrustning:

- Dränkpumpar av typen MiniPurger, olika pumpar för järn- respektive plaströr för att minimera kontaminationsrisk av metaller mellan rör
- Pumpstyrning till pump med litiumbatteri
- Teflonslang kopplade till pumpen

Fältmätningstrustning:

- Multiparameterinstrument HACH för mätning av pH, vattentemperatur och elektrisk konduktivitet
- Ljuslod eller klucklod för nivåmätning

Provtagningskit:

- Provflaskor och tillhörande etiketter för respektive jordrör
- Engångsmembranfilter (0,4µm Millipore) inklusive filterhållare
- Avjoniserat vatten för sköljning av filterhållare och fältmätningstrustning
- Provtagningsprotokoll
- Skyddshandskar för provtagning

2.3 Utförande

2.3.1 Förberedelser

Innan provtagning packades provflaskor för varje jordrör i isolerade backar och etiketter medtogs i fält. Flaskor med salpetersyra förvarades i separata plastpåsar utanför backarna för att undvika kontamination av proverna. Kalibrering av fältmätningssinstrument utfördes av SKB:s interna laboratorium enligt instruktion innan provtagningsomgången. Pumparna var rengjorda inför varje provtagningsomgång.

Innan pumpning beräknades den vattenvolym som behövde omsättas innan provtagning enligt metodbeskrivning (MD 425.003 Metodbeskrivning för hydrokemisk provtagning i grundvattenrör). Vattenvolymen som omsätts innan provtagning bör om möjligt uppgå till fem brunnsvolym, alternativt filtervolym, dock minst tre om omsättningen är långsam. Pumpningen planerades genomföras med relativt lågt flöde (ungefär 0,3 L/min) då omsättningen antogs vara långsam för majoriteten av rören. Omsättningsvolym valdes därmed beräknas utifrån filtervolymen (ekvation 2-1) enligt metodbeskrivning. Undantaget grundvattenrören SFM000147, SM000188 och SFM000190 som omsatte volymer beräknat från brunnsvolym i fält enligt kontrollprogram.

$$V_s = \frac{\pi d^2 S}{4} \quad (2-1)$$

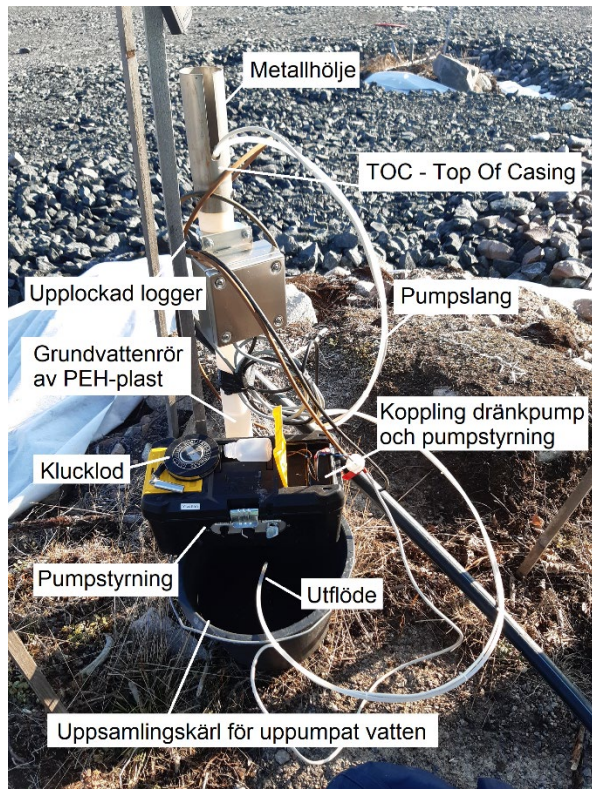
Tre till fem filtervolym (V_s) motsvarade cirka 6 till 10 L vatten för samtliga rör, då filterintervallet (S) är 1 m och alla rör har diameter (d) på 50 till 51 mm.

2.3.2 Vattenprovtagning, provhantering och mätningar

Utförandet genomfördes enligt metodbeskrivning MD 425.003. Innan pumpstart lodades grundvattenytan och för grundvattenrör SFM000147, 188 och 190 beräknades brunnsvolymen och omsättningsvolym enligt kontrollprogram. Först togs eventuell installerad hydrologisk logger upp innan dränkpump med ansluten slang försiktigt fördes ner i röret till strax ovanför finterintervallet. Pumpning utfördes därefter med ett flöde på maximum 0,5 L/min och uppumpat vatten samlades i ett uppsamlingskärl.

Vattenprovtagning genomfördes efter omsättning av cirka 8 liter. Engångsplasthandskar användes och flaskorna märktes och fylldes enligt provtagningschema. Samtliga flaskor förutom de preparerade med syra på förhand sköljdes med provvatten innan de fylldes. Engångsfilter användes i filterhållare vilken kopplades direkt på provtagningsslangen för filtrering av provvatten för analys av huvudkomponenter, spårelement, Fe, DOC och arkivprover. Flaskor innehållande syra fylldes sist för att förhindra kontamination. Proverna förvarades sedan i isolerade backar med surgjorda prover förvarade utanför backen.

Fältmätningar genomfördes i överflödande provkärl och värden noterades efter det att stabilitet i mätvärde erhållits. Efter det att provtagning och fältmätning var genomförd, stängdes pumpen av och utrustningen togs upp från röret. Innan röret stängdes med lock och lås, lodades grundvattenytan på nytt för att notera avsänkning samt eventuell hydrologisk logger sattes tillbaka.



Figur 2-3 Pumpningsförfarande vid SFM000190.

2.3.3 Avvikelser

Av de totalt 38 grundvattenrör i jord som installerats mellan 2015–2020, kunde 36 jordrör besökas för provtagning under perioden 27 september till och med 2 november 2021. Rör SFM000157 visades ej längre vara installerat vid provtagningstillfället och SFM000161 utgick från provtagningen då röret har funktionen som ett pegelrör med filterplacering 0–1 m där ytvattnet infiltreras och ej skulle ge ett representativt vatten för prov på ytnära grundvatten. Vissa av de besökta rören saknade helt vatten eller hade vatten under filterintervallet i rören, medan vissa rör pumpade torrt under mycket kort tid vilket inte gjorde det möjligt att erhålla representativt vattenprov. Vattenprover för analys kunde erhållas från 29 rör.

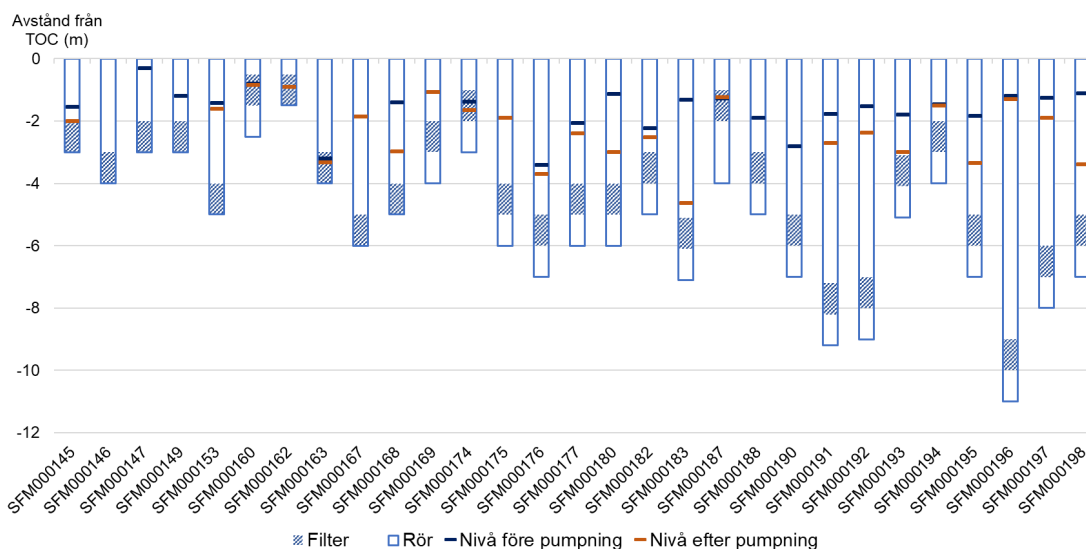
På grund av fel vid beräkning av omsättningsvolym omsattes endast cirka fyra filtervolym (8 liter) istället för fem (10 liter) innan provtagning påbörjades.

Fältnätningar utfördes för 25 rör. Utöver att några rör var för torra för att erhålla provvatten, saknades fältnätningstrustning vid några tillfällen för utförandet och fältnätning kunde därmed ej utföras.

3 Resultat

3.1 Avsänkning

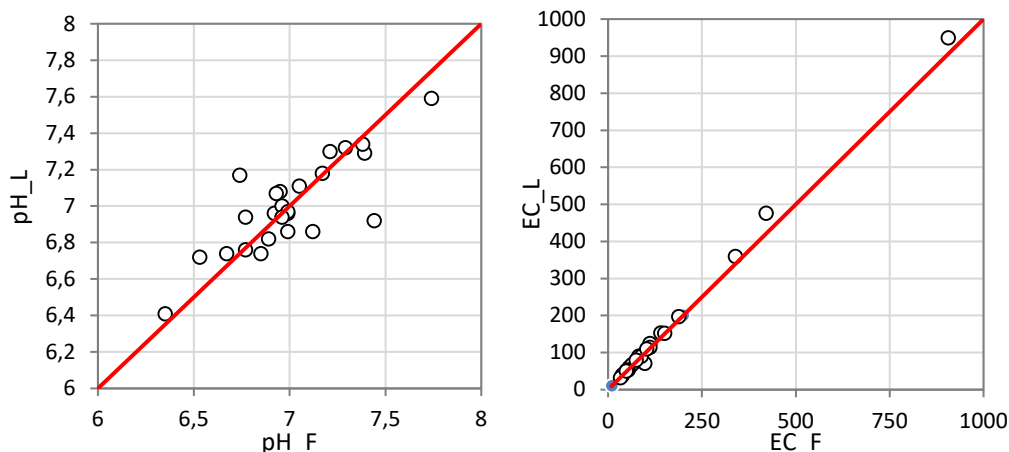
Innan och efter pumpning lodades grundvattenytan för att få information kring avsänkning och återhämtning. Som visas i figur 3-1 blev avsänkning väldigt stor för några av rören (SFM000168, SFM000180, SFM000183, SFM000195 och SFM000198) vilket indikerar att för högt pumpflöde användes och att röret hade lång återhämtningstid. För några av rören var avsänkningen mycket liten eller ingen alls, vilket indikerar att flödet var bra eller kunde varit högre. Noterbart är även att grundvattennivån är på samma höjd som filtret för några rör, men att återhämtningen ändå varit bra. Det är dock tydligt att de flesta rör hade någon avsänkning, så lägre flöde och längre omsättningstid hade varit att föredra för mer representativt provvatten.



Figur 3-1 Grundvattennivå före (mörkblå) och efter (orange) pumpning och provtagning i olika jordrör i hydrokemiska undersökningen 2021 installerade 2015–2020 inom Forsmarks undersökningsområde, som varierar i djup och filterintervall (ljusblå fyllning). Avstånd är angett från rörets övre kant, TOC som i denna figur är nollnivån.

3.2 Fältmätningar

Fältmätningar för yttnära grundvatten inkluderade pH, konduktivitet och temperatur. Vid plottning av pH uppmätt i fält vid fälttemperatur mot pH uppmätt i laboratorium vid 25°C i figur 3-2 är det tydligt att fält- och labbvärdena överensstämmer. Viss avvikelse förekommer och är att förvänta sett till skillnad i tiden mellan de olika mätningarna. Elektrisk konduktivitet uppmätt i fält och laboratorium överensstämmer bra.



Figur 3-2. Uppmätta pH och EC-värden i fält mot pH och EC-värden i laboratorium i jordrör i hydrokemiska undersökningen 2021 installerade 2015–2020 inom Forsmarks undersökningsområde. Värdena uppmättes i provtagningstemperatur i fält respektive 25°C i laboratorium.

3.3 Vattenanalyser

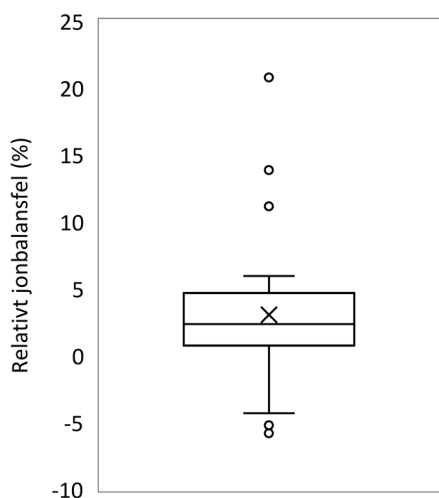
3.3.1 Huvudkomponenter

De hydrokemiska analyserna för huvudkomponenter inkluderar Na, K, Ca, Mg, Si, Sr, SO_4^{2-} , $\text{SO}_4\text{-S}$, Cl^- och HCO_3^- samt de mindre komponenterna Fe, Mn, Li, F^- och Br. Inom ramen för dessa analyser analyseras även pH och konduktivitet. Resultatet från dessa analyser redovisas i appendix 1.

Analyskvalitet och mätosäkerhet för analyserna kan indikeras från jonbalansen, där det relativa jonbalansfelet RCB (Relative Charge-Balance Error) kan beräknas enligt ekvation 3-1.

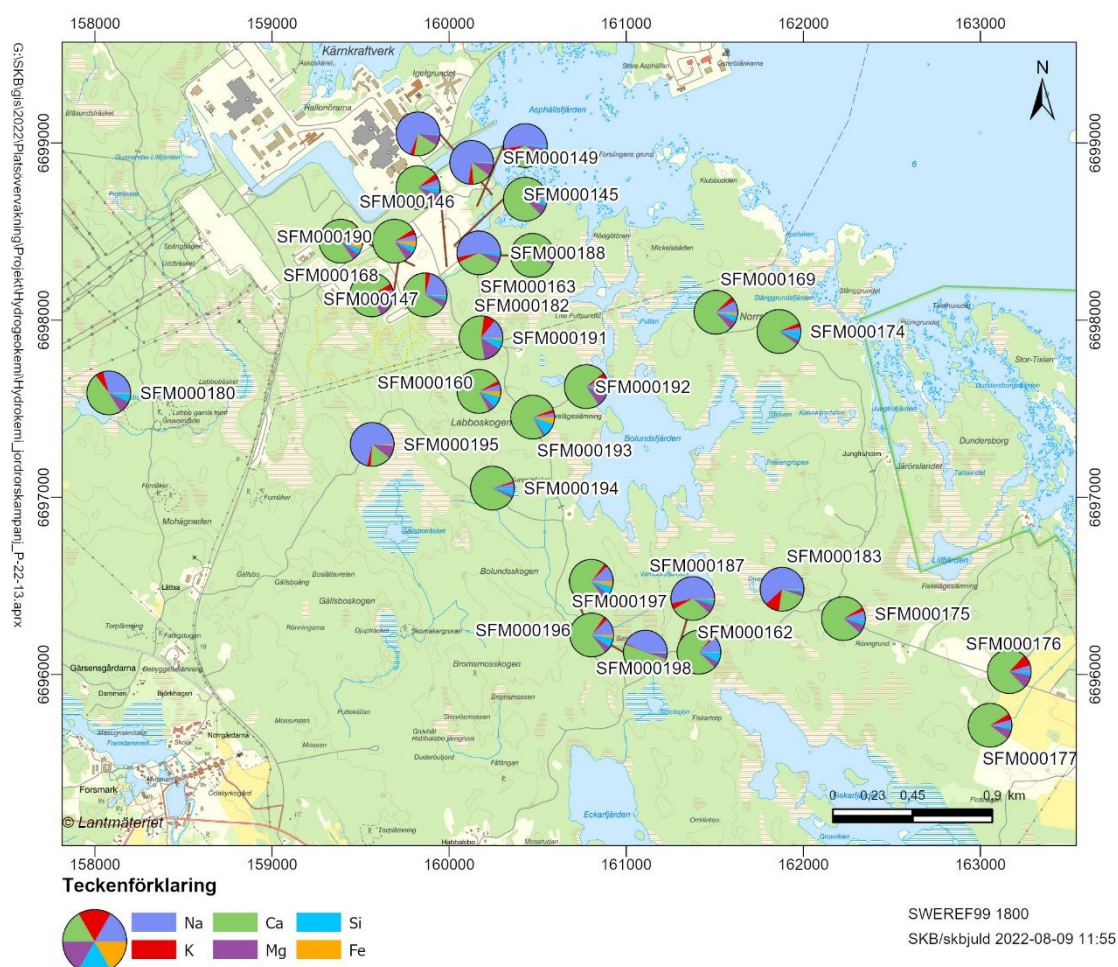
$$RCB (\%) = 100 \times \frac{\sum \text{kat joner} - |\sum \text{anjoner}|}{\sum \text{kat joner} + |\sum \text{anjoner}|} \quad (3-1)$$

Relativa jonbalansfel inom $\pm 5\%$ anses vara acceptabla för grundvatten. Majoriteten av proven hamnade innanför det accepterade intervallet och jonbalansfel för jordrör SFM000174, -187, -196 och -198 var under $\pm 6\%$. Detta indikerar tillförlitliga analysresultat för de flesta av jordrören. Jordrör SFM000193 och -163 beräknades till relativt fel under 15 % och SFM000160 beräknades ha relativt fel på 20,8 % vilket är mycket avvikande och resultaten bör inte anses helt tillförlitliga. Orsaken till avvikande resultat kan bland annat bero på låg total jonstyrka vilken kan noteras för dessa rör och bidra till större osäkerheter. Fördelningen av relativt jonbalansfel för jordrören redovisas i figur 3-3.



Figur 3-3. Jonbalansfördelning för samtliga analyserade yt nära grundvattenprover i jordrör i hydrokemiska undersökningen 2021 installerade 2015–2020 inom Forsmarks undersökningsområde. Outliers nerifrån: SFM000196 (-5,8 %), -187 (-5,2 %), -193 (11,2 %), -163 (13,9 %) och -160 (20,8 %).

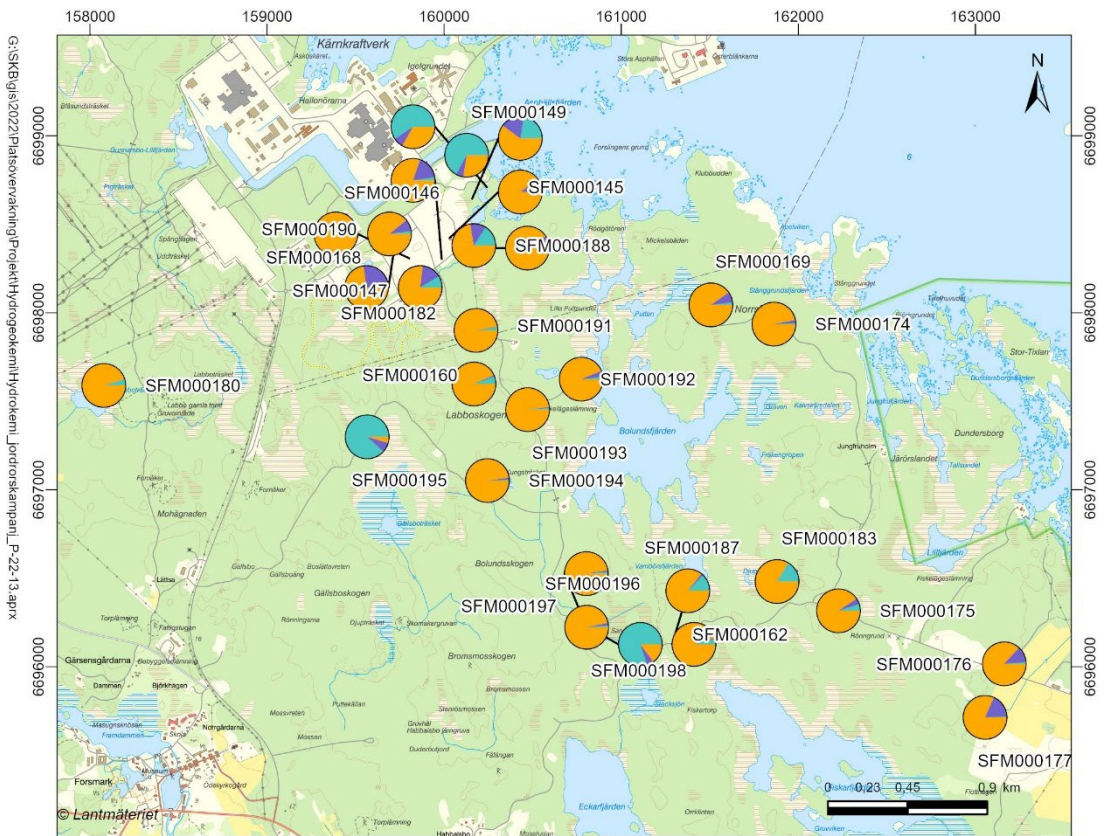
De vanligaste förekommande katjonerna för jordrören är natrium och kalcium, med mindre andelar kalium och magnesium. Förhållandet mellan dessa katjoner varierade något mellan rören, liknande förhållanden kunde dock noteras i rör som var inom samma område, t.ex. kustnära delen av Söderviken (figur 3-4). Kalcium står för den största andelen bland katjonerna i de flesta rör med undantag för rör SFM000145, -146, -159, -183, -187, -188 och -195 där natrium är störst andel. Natriumandelen i rör SFM000196 och rör SFM000180 var också mycket stor (figur 3-6). I rör SFM000147 kan även bidrag från järn noteras i större grad än övriga rör.



Figur 3-4. Fördelning av de vanligaste katjonerna (natrium (Na), kalium (K), kalcium (Ca), magnesium (Mg), kisel (Si) och järn (Fe)) i analyserade jordrör i hydrokemiska undersökningen 2021 installerade 2015–2020 inom Forsmarks undersökningsområde. Några id-koder saknas i figuren och placering av några kan vara missvisande, se figur 2-1 för korrekt placering och figur 3-6 för ytterligare information om jonkoncentrationer och fördelning.

Rör SFM000195 som var det enda järnröret vars provvatten analyserades. Rörets vatten har mycket avvikande värden jämfört med övriga rör (figur 3-4, 3-5 och 3-6). Generellt var koncentrationer av huvudkomponenter betydligt högre än övriga rör, t.ex. kloridkoncentrationen i detta rör var 3060 mg/L. Kontamination av järn från själva röret är given, men andelen järn i förhållande till övriga katjoner var inte utmärkande stort för detta rör vid analys. Det är tydligt att salthalten är hög i detta rör.

De vanligaste förekommande anjonerna för jordrören är vätekarbonat och klorid med mindre andelar sulfat. I majoriteten av rören stod vätekarbonat för den största andelen anjoner (figur 3-5). Vätekarbonatkoncentrationen varierade mellan 158 mg/L och 1060 mg/L. I rör SFM000145, -149, -195 och -196 var klorid den mest förekommande anjonen.



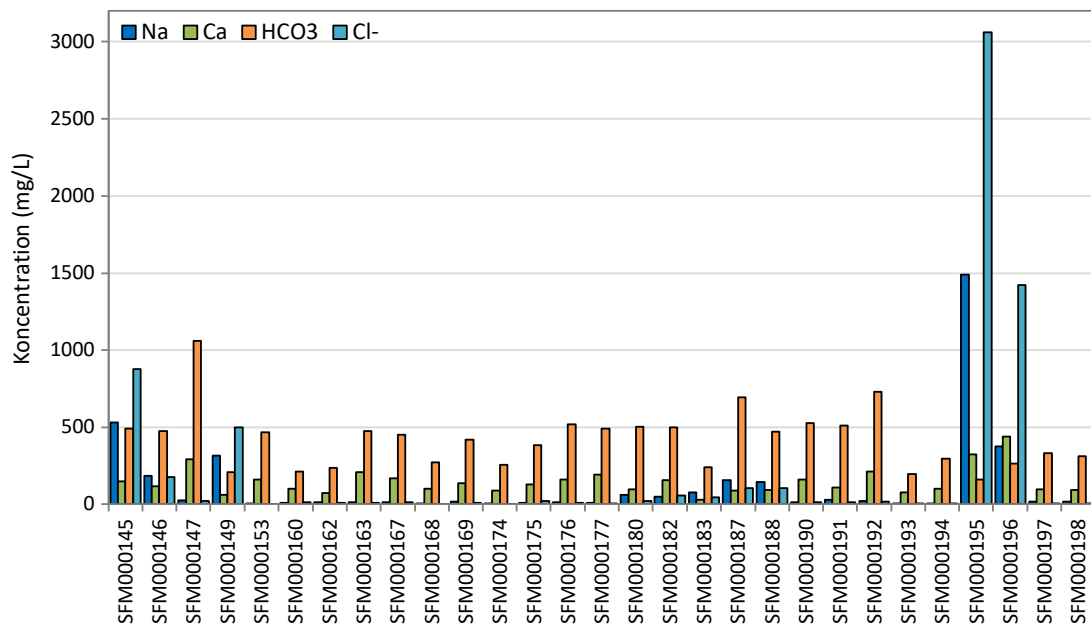
Teckenförklaring



SWEREF99 1800

SKB/skbjuld 2022-08-08 15:35

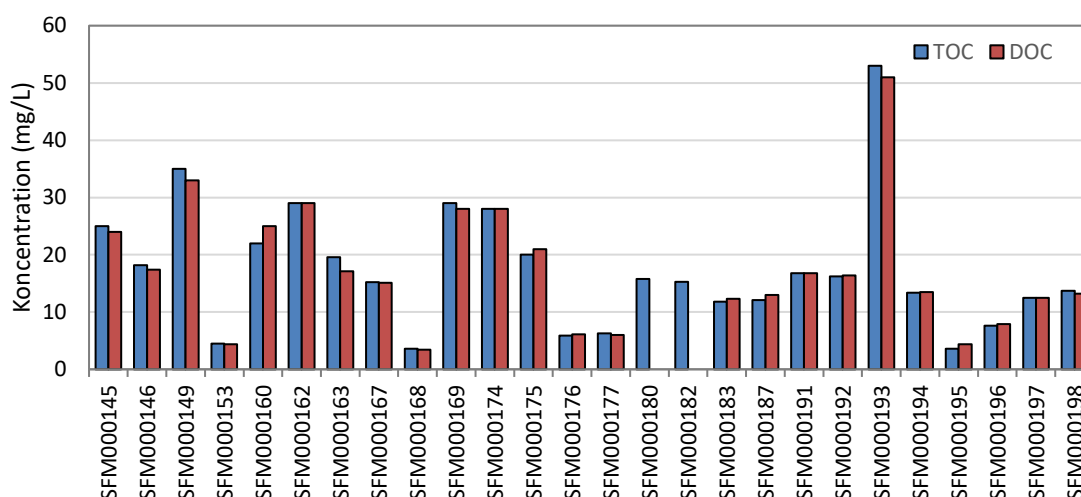
Figur 3-5. Fördelning av de vanligaste anjonerna (klorid (Cl⁻), vätekarbonat (HCO₃⁻) och sulfat (SO₄²⁻)) i analyserade jordrör i hydrokemiska undersökningen 2021 installerade 2015–2020 inom Forsmarks undersökningsområde. Några id-koder saknas i figuren och placering kan vara missvisande, se figur 2-1 för korrekt placering och figur 3-6 för ytterligare information om jonkoncentrationer och fördelning.



Figur 3-6. Jämförelse mellan koncentrationer av natrium (Na), kalcium (Ca), vätekarbonat (HCO₃⁻) och klorid (Cl⁻) i analyserade jordrör i hydrokemiska undersökningen 2021 installerade 2015–2020 inom Forsmarks undersökningsområde.

3.3.2 Kolföreningar

Analysen för kol inkluderar totalt organiskt kol (TOC) och löst organiskt kol (DOC). DOC-koncentrationen var generellt lika hög som TOC-koncentrationen, men analysresultaten rapporterar även högre koncentration DOC än TOC för några rör vilket tyder på osäkerhet i analyserna. SFM000180 och -182 uppmättes ha extremt högre DOC-koncentrationer (runt 40–50 % högre) än TOC och kan inte anses som tillförlitliga resultat. Orsaken till detta kan ha berott på provets kvalitet. För två av rören, SFM000180 och -195, analyserades motsvarande prov på dekanterat prov då det var mycket grumligt. Lägst koncentrationer av TOC hade rör SFM000168 och rör SFM000195 (3,6 mg/L) och högst koncentration hade SFM000193 (53 mg/L).



Figur 3-7. Koncentrationer av TOC och DOC i jordrör i hydrokemiska undersökningen 2021 installerade 2015–2020 inom Forsmarks undersökningsområde. DOC-koncentrationen för jordrör SFM000180 och -182 saknas i figuren.

3.3.3 Spårämnen

Analysen för spårämnen och ovanliga komponenter inkluderar Ag, Al, As, B, Ba, Cd, Cu, Cr, Co, Hg, Nb, Ni, Mo, Pb, Se, Sn, V, Zn samt U, Th, Sc, Rb, Y, Zr, Sb, Cs, La, Hf, Tl, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb och Lu. Analysresultat för spårämnen presenteras i bilaga 1, tabell A1-2c och tabell A1-2d.

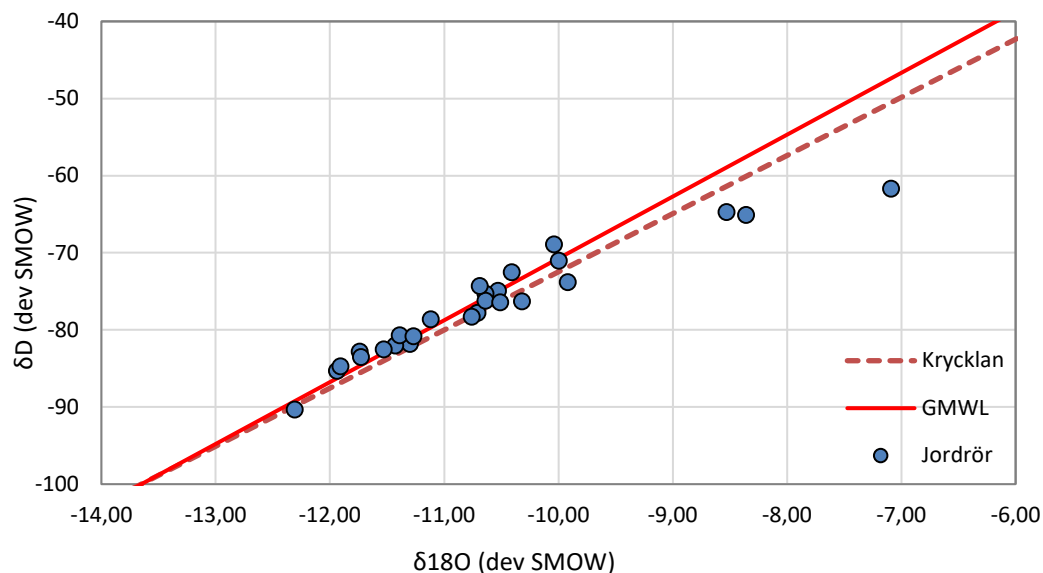
De vanligaste förekommande ämnena var aluminium, bor och barium. Aluminium var det vanligast förekommande spårämne i 13 av rören, bor var vanligast i fem av rören och barium var dominerande i tio av rören. I ett av rören, SFM000183, förekom en mycket hög koncentration av molybden (624 µg/L) som också var det vanligaste förekommande ämnet i det röret. SFM000160 hade absolut högst aluminiumkoncentration av alla rör (2620 µg/L). Höga koncentrationer aluminium hade även rör SFM000193 (1110 µg/L) -195 (1040 µg/L), -187 (857 µg/L) och -168 (737 µg/L). Borkoncentrationen var som högst i rör SFM000145 (398 µg/L) samt rör SFM000195 och -196. Rör SFM000196 hade också hög bariumkoncentration (380 µg/L) följt av SFM000191 (250 µg/L) och SFM000180 (248 µg/L). Urankoncentrationen var också relativt hög för sju av rören, som låg över 25 µg/L, med det högst uppmätta värdet i SFM000163 på 46,1 µg/L.

3.3.4 Isotoper

Isotoplanalyserna omfattar de stabila isotoperna $\delta^{18}\text{O}$ och deuterium (δD) samt även den radioaktiva isotopen tritium. Analysresultat för isotoper presenteras i bilaga 1, tabell A1-2b.

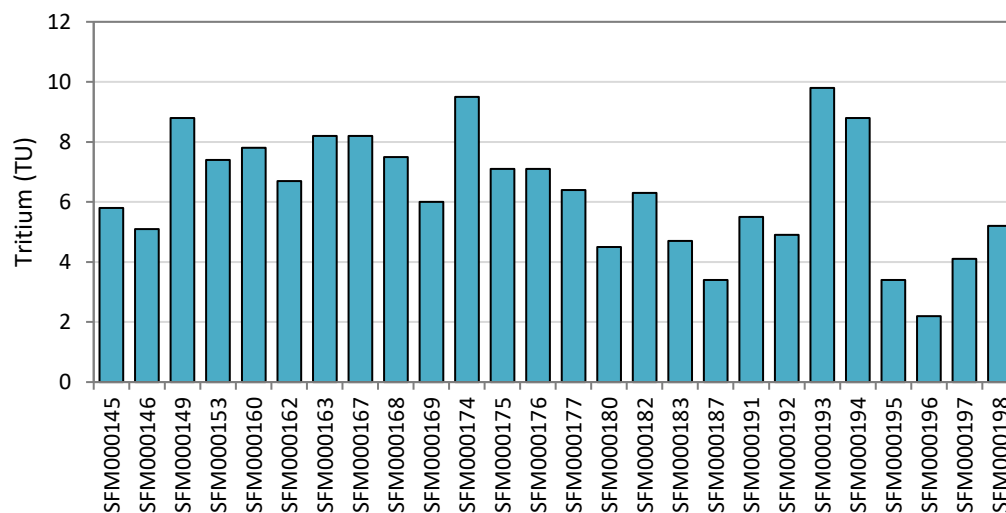
GMWL (Global Meteoric Water Line) beskriver förhållandet mellan stabila syre- och väteisotoper i global nederbörd (Craig 1961) och kan jämföras med kvoten för insamlade data för att ge information om det ytnära grundvattnets ursprung, om det är påverkat av evaporation eller har liknande karaktär som nederbörden. Vid plottning av δD och $\delta^{18}\text{O}$ är det tydligt att de uppmätta värdena till stor del följer GMWL med undantag till ett fåtal punkter, se figur 3-8. De mest avvikande jordrören under GMWL är SFM000191, -149, och -162 vilka påvisar evaporation i det ytnära grundvattnet i dessa jordrör.

LMWL (Local Meteoric Water Line) som beskriver isotopförhållandet i den lokala nederbörden kan ge en mer representativ bild av evaporation i det ytnära grundvattnet i jordrören vid jämförelse med insamlade data. Då tillräckligt omfattande nederbördsdata saknas för en representativ LMWL för Forsmarksområdet används datasetet för Krycklan för en jämförbar LMWL. Krycklan är ett stort avrinningsområde för Vindelälven i Sverige där hydrogeokemiska data har i forsknings syfte samlats in i över 30 år (Laudon 2019) och kan anses jämförbart med Forsmark i detta fall. Uppmätta värden från provtagningskampanjen 2021 i nya jordrör installerade 2015–2020 ligger även här nära eller på LMWL för Krycklan och de flesta jordrör visar inte ha särskild stor påverkan från evaporation förutom de tidigare nämnda punkterna.



Figur 3-8. Förhållandet mellan $\delta^{18}\text{O}$ och δD för jordrör i hydrokemiska undersökningen 2021 installerade 2015–2020 inom Forsmarks undersökningsområde, jämfört med GMWL (Global Meteoric Water Line; $y = 8,02x + 9,47$) (Craig 1961) och LMWL (Local Meteoric Water Line) för Krycklan ($y = 7,5403x + 2,9344$) (Laudon et al. 2013).

Tritiumhalterna i det ytnära grundvattnet låg inom intervallet 2,20–9,80 TU och presenteras i figur 3-9. Koncentrationen av tritium är ganska normalfördelad mellan jordrören med ett medeltal på 6,32 och median på 6,35. Jämfört med årliga insamlade data för övervakningen (Wallin et al. 2021) håller sig tritiumvärdena för det ytnära grundvattnet för jordrören i denna undersökning inom samma intervall som jordrören som ingår i den årliga hydrogeokemiska övervakningen.



Figur 3-9. Tritiumhalter i analyserade jordrör i hydrokemiska undersökningen 2021 installerade 2015–2020 inom Forsmarks undersökningsområde.

4 Diskussion och slutsats

Resultatet för initiala hydrokemiska förhållanden i jordrör installerade mellan åren 2015–2020 i Forsmarks undersökningsområde och vilka provtogs under 2021 är inte helt jämförbara mellan varandra till följd av ett flertal anledningar. De är dels installerade över ett stort geografiskt där olika platser har varierande hydrologiska och hydrokemiska förhållanden. Provtagningen av jordrörens vatten genomfördes också under lite mer än en månad under olika dagar mellan september och november där endast ett prov erhöles från varje rör. Skillnader i resultat kan därmed även bero på säsongsvariation som inte kan utläsas från den data som finns tillgänglig.

En stor påverkan på resultatet har val av metod. Då kemiprovtagning i dessa rör ej tidigare genomförts, saknades kunskap om rörens återhämtningstid samt lämpligt pumpflöde för kemiprovtagning. Metoden att omsätta filtervolymen för majoriteten av rören, där den önskvärda omsättningsvolmen är minst fem filtervolymen, valdes då det var en effektiv metod och antog kunna genomföras för majoriteten av rören under samma tidsperiod. Accepterade resultat kan enligt metoden erhållas efter tre filtervolymers omsättning även om fem är att föredra. Endast fyra filtervolymen pumpades innan provtagning påbörjades, vilket kan ha påverkat provens kvalitet ytterligare.

Provtagningskampanjen visade att vald generell metod för provtagning som användes för undersökningen ej var lämpligt i vissa beroende på jordrörens beskaffenhet. Många jordrör visade tecken på mycket långsam omsättning och ett fåtal hade mycket snabb återhämtning och hade kunnat pumpats med högre flöde. Denna initiala provtagning var också bristande i att endast ett prov per rör erhöles och i vissa fall inget prov bland annat till följd av tid på året då många rör var torra. För ytterligare provtagningar bör en metod anpassad efter varje enskilt jordrörs hydrologiska förhållande.

De jordrör som ingick i provtagningskampanjen 2021 följer liknande trend gällande egenskaper av det ytnära grundvattnet som erhållits från tidigare undersökningar i Forsmark (Nilsson and Borgiel 2005). Till exempel har det ytnära grundvattnet tidigare delats in i två huvudtyper baserat på dess signaturer, fresh-dilute Ca-HCO_3 och brackish-saline $\text{Na-HCO}_3\text{-Cl}$ som påverkats av marint vatten. Vilka signaturer de jordrören som provtagits inom ramen för undersökningen inom denna rapport representerar går inte helt att säga baserat på insamlade data, men det finns likheter gällande fördelning av huvudkomponenterna samt koncentrationer av dessa. Man kan tänka sig att majoriteten av rören har mer av en Ca-HCO_3 -karaktär än $\text{Na-HCO}_3\text{-Cl}$ -karaktär om man endast tittar på huvudkomponenterna. Stor andel natrium- och kloridkomponenter är tydliga i SFM000146, -149, -195 och 196 och kan ha en ”brackish-saline”-karaktär.

Isotopresultaten vittnar om liknande isotopkaraktär i det ytnära grundvattnet som för nederbörden i Forsmark. Endast ett fåtal rör var noterbart påverkat av evaporation (speciellt SFM000191, -149, och -162) och tritiumkoncentrationerna visar generellt att det ytnära grundvattnet i dessa jordrör är relativt ungt (mindre än ca. 36–48 år) då halterna för de flesta rör ligger lika eller lägre än bakgrundshalterna för nederbörd, på runt 5–8 TU.

Det går även att notera vissa likheter mellan rören utifrån rörens placering. Högre andelar natrium och klorid uppmättes i de kustnära rören i området Söderviken. Det är möjligt att bräckvatteninträngning från havet skett i området (SGU 2013). Högre naturliga uranhalter observerades också i flera rör i Söderviken samt i SFM000176, -177 (Storskäret) som ligger nära varandra och även i SFM000196. Generellt kan det även observeras att uranhalterna för en del av rören var högre än vad som observerats i mätningar i andra rör av ytnära grundvatten under åren (Wallin et al. 2021).

Somliga enskilda rör är också mer utmärkande i resultaten, som till exempel SFM000196 som utmärkte sig bland annat genom att ha mycket högre koncentrationer av joner (jonstyrka) bland övriga rör (t.ex. klorid), bortsett från järnröret SFM000195, och hade mycket bra omsättning, samtidigt som det är ett väldigt djupt rör. SFM000193 hade högst TOC-koncentration bland rören samt hög aluminiumkoncentration. Återhämtningen för detta rör var långsam så det är möjligt att provvattnet hade andelar av stillastående vatten från röret. Bland spårelementen noterades SFM000160 ha hög aluminiumkoncentration, men med det mycket höga relativa jonbalansfel kan resultatet inte antas vara helt representativt. Röret var ett av de kortare och hade också snabb återhämtning vid provtagning och hade generellt låga koncentrationer jämför med andra rör, vilket kan ha påverkat den relativa jonbalansen.

Referenser

SKB's (Svensk Kärnbränslehantering AB) publications can be found at www.skb.com/publications. SKBdoc documents will be submitted upon request to document@skb.se.

Craig H, 1961. Isotopic variations in meteoric waters. *Science* 133, 1702–1703.

Laudon H, Taberman I, Ågren A, Futter M, Ottosson-Löfvenius M, Bishop K, 2013. The Krycklan Catchment Study—A flagship infrastructure for hydrology, biogeochemistry, and climate research in the boreal landscape. *Water Resource Research*, 49. doi.org/10.1002/wrcr.20520.

Laudon H, 2019. The Krycklan Catchment Study, A unique infrastructure for field based research on hydrology, ecology and biogeochemistry A Hitcher's Guide 4.0. Sverige's Lantbruksuniversitet.

Nilsson A-C, Borgiel M, 2005. Sampling and analyses of near surface groundwaters. Results from sampling of shallow soil monitoring wells, BAT pipes, a natural spring and private wells, May 2003 – April 2005. SKB P-05-171, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Sveriges geologiska undersökning, 2013. Bedömningsgrunder för grundvatten. SGU-rapport 2013:01 Sweco, 2019. Markteknisk undersökning/geoteknik. Installation av grundvattenrör. Sweco Civil AB. SKBdoc 1877396 ver 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2001. Site investigations. Investigation methods and general execution programme. SKB TR-01-29, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Tröjbom M, Söderbäck B, Johansson P-O, 2007. Hydrochemistry of surface water and shallow groundwater. Site descriptive modelling, SDM-Site Forsmark. SKB R-07-55, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Wallin A, Qvarfordt S, Borgiel M, Dahlström J, 2021. Hydrochemical monitoring of near surface groundwater, surface waters and precipitation. Results from the sampling period January – December 2019. SKB P-20-30, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Appendix 1: Hydrokemiska analysresultat från vattenprovtagning

Tabell A1-1 Fältmätningar

Idkod	Provtagn.-datum (åååå-mm-dd)	Secup (m)	Seclow (m)	Provnr.	GV-yta (m)	GV-yta e. pump (m)	Temp. (°C)	Ph	EC (mS/m)	Pumpflöde (l/min)
SFM000143	2021-09-27	2	3	A	1,8	-	A	A	A	A
SFM000144	2021-09-27	3	4	A	2,4	-	A	A	A	A
SFM000145	2021-09-27	2	3	94492	1,55	2	13,3	6,95	339	0,36
SFM000146	2021-09-27	3	4	94493	C	C	12,0	7,17	140,5	0,3
SFM000147	2021-10-18	2	3	95144	0,3	-	9,0	6,77	150,9	-
SFM000149	2021-09-27	2	3	94494	1,2	-	12,0	6,67	188,4	0,3
SFM000153	2021-10-07	4	5	94495	1,42	1,6	12,0	6,89	73,2	0,3
SFM000160	2021-11-01	0,5	1,5	94498	0,8	0,83	7,2	6,53	38,2	0,4
SFM000162	2021-09-28	0,5	1,5	94500	0,9	0,9	11,3	6,35	38,6	0,21
SFM000163	2021-10-07	3	4	94501	3,2	3,33	12,2	6,85	83,6	0,35
SFM000167	2021-10-07	5	6	94502	1,85	1,85	12,8	6,99	B	0,35
SFM000168	2021-09-27	4	5	94503	1,4	2,98	13,5	7,39	57,4	0,29
SFM000169	2021-10-08	2	3	94504	1,06	1,06	11,1	6,92	98,2	0,29
SFM000171	2021-10-08	2,5	3,5	A	1,49	-	A	A	A	A
SFM000173	2021-09-27	4	5	A	1,36	3,26	A	A	A	A
SFM000174	2021-10-08	1	2	94507	1,37	1,65	C	C	C	0,4
SFM000175	2021-11-02	4	5	94508	1,9	1,9	9,1	6,77	63,8	0,42
SFM000176	2021-09-28	5	6	94509	3,4	3,7	12,8	6,99	84,6	0,25
SFM000177	2021-09-28	4	5	94510	2,06	2,4	13,7	6,96	82	0,29
SFM000179	2021-10-04	4	5	A	0,87	-	-	-	-	B
SFM000180	2021-10-04	4	5	94512	1,13	3	C	C	C	0,32
SFM000181	2021-10-04	3	4	A	3,46	-	A	A	A	A
SFM000182	2021-11-01	3	4	94514	2,22	2,52	C	C	C	0,3
SFM000183	2021-09-27	5,1	6,1	94515	1,32	4,62	12,6	7,74	53,9	0,3
SFM000187	2021-09-28	1	2	94516	1,28	1,24	12,1	6,93	112	0,35
SFM000188	2021-10-18	3	4	95145	1,9	-	9,9	7,05	112	-
SFM000190	2021-10-19	5	6	95148	2,8	-	8,3	6,99	88,5	-
SFM000191	2021-11-01	7,2	8,2	94517	1,78	2,7	9,9	6,74	75,1	0,2
SFM000192	2021-09-29	7	8	94518	1,53	2,37	10,7	6,96	102,7	0,4
SFM000193	2021-09-29	3,1	4,1	94519	1,8	3	12,5	7,12	33,1	0,2
SFM000194	2021-11-01	2	3	94520	1,45	1,5	C	C	C	0,3
SFM000195	2021-11-02	5	6	94521	1,83	3,35	9,1	7,44	906	0,25
SFM000196	2021-09-28	9	10	94522	1,2	1,3	9,1	7,21	421	0,6
SFM000197	2021-09-28	6	7	94523	1,25	1,9	9,3	7,38	49,6	0,25
SFM000198	2021-09-28	5	6	94524	1,1	3,38	10,2	7,29	48,2	0,37

A: Röret var torrt, hade för låg grundvattennivå eller pumpade torrt och kunde ej generera ett prov/mätning

B: Instrument ur funktion

C: Instrument ej tillgänglig

- : Ingen mätning

Tabell A1-2a. Huvudkomponenter

ldkod	Provtagn.datum (åååå-mm-dd)	Provnr.	RCB (%)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SO ₄ -S (mg/L)	Br ⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	Si (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)
SFM000145	2021-09-27	94492	0,30	528	24,0	148	55,9	489	876	107	39,4	3,10	1,00	8,83	1,67	0,294
SFM000146	2021-09-27	94493	1,73	183	14,6	118	27,2	473	177	138	49,5	0,72	1,30	7,02	0,831	0,202
SFM000147	2021-10-18	95144	0,34	26,3	23,4	292	22,5	1060	20,0	6,60	3,24	0,99	0,71	17,3	23,6	3,82
SFM000149	2021-09-27	94494	3,95	315	16,8	58,5	39,0	205	499	41,0	20,0	1,80	0,41	3,60	1,35	0,104
SFM000153	2021-10-07	94495	3,41	5,10	7,22	158	14,8	467	1,80	50,0	18,2	<0,2	1,30	8,12	1,44	0,608
SFM000160	2021-11-01	94498	20,8	7,00	4,08	101	6,89	212	13,2	1,80	1,37	<0,2	0,42	11,3	5,48	0,237
SFM000162	2021-09-28	94500	4,86	12,1	1,72	74,3	4,86	235	9,70	2,00	1,58	<0,2	0,43	7,15	0,28	0,0166
SFM000163	2021-10-07	94501	13,9	10,0	9,21	208	10,8	475	6,10	41,0	16,5	<0,2	0,98	6,54	0,0941	0,179
SFM000167	2021-10-07	94502	2,23	13,3	10,2	168	15,9	452	13,0	98,0	36,4	0,22	0,93	9,12	0,651	0,667
SFM000168	2021-09-27	94503	1,39	5,10	6,50	100	18,8	270	0,800	100	35,9	<0,2	0,95	4,15	1,32	0,157
SFM000169	2021-10-06	94504	4,70	16,0	7,25	137	12,2	417	8,80	36,0	13,4	<0,2	0,61	9,09	4,03	0,284
SFM000174	2021-10-06	94507	5,18	3,20	3,47	87,1	3,67	256	1,80	6,20	2,23	<0,2	0,40	6,43	0,20	0,0712
SFM000175	2021-11-02	94508	3,36	8,80	5,04	128	10,6	381	21,0	18,2	6,57	0,25	0,43	6,82	0,932	0,151
SFM000176	2021-09-28	94509	1,17	10,3	18,0	160	21,2	518	8,20	71,0	26,4	<0,2	0,59	5,94	0,193	0,0902
SFM000177	2021-09-28	94510	4,68	9,80	11,1	191	17,3	491	4,70	106	38,6	<0,2	0,70	6,46	0,754	0,258
SFM000180	2021-10-04	94512	1,24	57,8	12,0	96,4	18,2	502	23,0	0,78	0,43	<0,2	0,65	12,2	1,44	0,307
SFM000182	2021-11-01	94514	-4,31	49,0	9,07	154	12,6	499	57,0	93,0	36,4	0,60	0,81	7,39	1,90	0,562
SFM000183	2021-09-27	94515	1,77	77,5	13,7	27,3	4,13	239	46,0	0,48	0,38	0,21	<0,2	2,58	0,245	0,0441
SFM000187	2021-09-28	94516	-5,19	156	13,2	88,0	20,2	694	103	11,7	4,72	0,46	1,10	10,2	3,45	0,262
SFM000188	2021-10-18	95145	-0,22	142	10,2	91,4	16,0	469	103	76,0	27,5	0,45	1,20	6,30	0,601	0,163
SFM000190	2021-10-19	95148	-2,03	10,4	8,85	158	14,3	527	13,3	51,0	17,9	<0,2	0,64	10,4	8,69	0,373
SFM000191	2021-11-01	94517	2,62	27,7	16,8	107	27,6	509	12,6	1,80	1,04	<0,2	0,56	13,5	2,83	0,213
SFM000192	2021-09-29	94518	2,35	19,4	12,2	214	23,9	729	14,2	34,0	13,0	0,22	0,54	13,8	7,43	0,304
SFM000193	2021-09-29	94519	11,2	3,00	2,57	76	2,29	195	2,40	1,30	1,10	<0,2	0,30	9,71	4,77	0,381
SFM000194	2021-11-01	94520	3,35	4,00	1,78	98,5	2,82	296	2,20	4,20	1,54	<0,2	0,33	5,52	0,219	0,15
SFM000195	2021-11-02	94521	1,99	1490	57,2	323	197	158	3060	245	91,7	11,9	0,94	5,17	20,0	0,967
SFM000196	2021-09-28	94522	-5,80	373	7,25	438	34,6	262	1420	92,0	30,2	5,90	0,76	7,32	2,52	0,999
SFM000197	2021-09-28	94523	3,50	16,1	3,68	94,2	6,80	332	4,60	3,50	1,27	<0,2	<0,2	8,82	4,92	0,376
SFM000198	2021-09-28	94524	5,95	16,6	4,01	92,9	6,80	312	4,40	5,90	2,11	<0,2	<0,2	9,42	2,80	0,284

Tabell A1-2a forts.

ldkod	Provtagn.datum (åååå-mm-dd)	Provnr.	Li (mg/L)	Sr (mg/L)	pH_lab	EC_lab (mS/m)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)
SFM000145	2021-09-27	94492	0,0218	0,739	7,08	359	25,0	24,0
SFM000146	2021-09-27	94493	0,0133	0,344	7,18	153	18,2	17,4
SFM000147	2021-10-18	95144	0,00675	0,503	6,76	152	-	-
SFM000149	2021-09-27	94494	0,00989	0,324	6,74	197	35,0	33,0
SFM000153	2021-10-07	94495	0,0101	0,218	6,82	75,0	4,50	4,40
SFM000160	2021-11-01	94498	0,00926	0,163	6,72	38,0	22,0	25,0
SFM000162	2021-09-28	94500	0,00464	0,104	6,41	40,0	29,0	29,0
SFM000163	2021-10-07	94501	0,0105	0,221	6,74	90,0	19,6	17,1
SFM000167	2021-10-07	94502	0,00885	0,242	6,86	88,0	15,2	15,1
SFM000168	2021-09-27	94503	<0,004	0,128	7,29	60,0	3,60	3,40
SFM000169	2021-10-06	94504	0,0105	0,236	6,96	71,0	29,0	28,0
SFM000174	2021-10-06	94507	<0,004	0,1	7,14	40,0	28,0	28,0
SFM000175	2021-11-02	94508	0,00604	0,193	6,94	67,0	20,0	21,0
SFM000176	2021-09-28	94509	0,0219	0,323	6,96	90,0	5,90	6,10
SFM000177	2021-09-28	94510	0,0208	0,285	7,00	90,0	6,30	6,00
SFM000180	2021-10-04	94512	0,0269	0,893	7,35	79,0	15,8**	24**
SFM000182	2021-11-01	94514	0,00712	0,262	7,05	95,0	15,3	30,0
SFM000183	2021-09-27	94515	0,035	0,056	7,59	53,0	11,8	12,3
SFM000187	2021-09-28	94516	0,0147	0,405	7,07	124	12,1	13,0
SFM000188	2021-10-18	95145	0,0108	0,228	7,11	114	-	-
SFM000190	2021-10-19	95148	0,0137	0,284	6,97	90,0	-	-
SFM000191	2021-11-01	94517	0,0186	0,503	7,17	79,0	16,8	16,8
SFM000192	2021-09-29	94518	0,0228	0,62	6,94	110	16,2	16,4
SFM000193	2021-09-29	94519	<0,004	0,081	6,86	32,0	53,0	51,0
SFM000194	2021-11-01	94520	<0,004	0,102	6,86	47,0	13,4	13,5
SFM000195	2021-11-02	94521	0,0379	2,44	6,92	949	3,60*	4,40*
SFM000196	2021-09-28	94522	0,0232	5,2	7,30	476	7,60	7,90
SFM000197	2021-09-28	94523	0,00662	0,371	7,34	52,0	12,5	12,5
SFM000198	2021-09-28	94524	0,00919	0,441	7,32	50,0	13,7	13,2

*TOC är analyserat på dekanterat prov,

- : Ingen analys

**TOC/DOC analyserat två gånger med liknande resultat

Tabell A1-2b. Isotoper

Idkod	Provtagn.datum (åååå-mm-dd)	Provnr.	dD (dev. SMOW)	³ H (TU)	d ¹⁸ O (dev. SMOW)
SFM000145	2021-09-27	94492	-73,8	5,80	-9,92
SFM000146	2021-09-27	94493	-81,8	5,10	-11,30
SFM000147	2021-10-18	95144	-	-	-
SFM000149	2021-09-27	94494	-65,1	8,80	-8,36
SFM000153	2021-10-07	94495	-82,0	7,40	-11,43
SFM000160	2021-11-01	94498	-72,5	7,80	-10,41
SFM000162	2021-09-28	94500	-64,7	6,70	-8,53
SFM000163	2021-10-07	94501	-78,6	8,20	-11,12
SFM000167	2021-10-07	94502	-82,5	8,20	-11,53
SFM000168	2021-09-27	94503	-74,9	7,50	-10,53
SFM000169	2021-10-06	94504	-77,8	6,00	-10,71
SFM000174	2021-10-06	94507	-71,0	9,50	-10,00
SFM000175	2021-11-02	94508	-75,3	7,10	-10,64
SFM000176	2021-09-28	94509	-82,8	7,10	-11,74
SFM000177	2021-09-28	94510	-80,7	6,40	-11,39
SFM000180	2021-10-04	94512	-76,3	4,50	-10,32
SFM000182	2021-11-01	94514	-80,8	6,30	-11,27
SFM000183	2021-09-27	94515	-76,2	4,70	-10,64
SFM000187	2021-09-28	94516	-78,3	3,40	-10,76
SFM000188	2021-10-18	95145	-	-	-
SFM000190	2021-10-19	95148	-	-	-
SFM000191	2021-11-01	94517	-61,7	5,50	-7,09
SFM000192	2021-09-29	94518	-85,3	4,90	-11,94
SFM000193	2021-09-29	94519	-68,9	9,80	-10,04
SFM000194	2021-11-01	94520	-74,3	8,80	-10,69
SFM000195	2021-11-02	94521	-76,4	3,40	-10,51
SFM000196	2021-09-28	94522	-90,3	2,20	-12,31
SFM000197	2021-09-28	94523	-84,7	4,10	-11,91
SFM000198	2021-09-28	94524	-83,5	5,20	-11,73

- : Ingen analys

Tabell A1-2c. Spårämnen I

Idkod	Provtagn.datum (åååå-mm-dd)	Provnr.	Ag (µg/L)	Al (µg/L)	As (µg/L)	B (µg/L)	Ba (µg/L)	Cd (µg/L)	Cr (µg/L)	Cu (µg/L)	Co (µg/L)	Hg (µg/L)	Nb (µg/L)	Ni (µg/L)	Mo (µg/L)	Pb (µg/L)	Pd (µg/L)
SFM000145	2021-09-27	94492	<0,05	64,4	1,20	398	184	0,0121	1,22	0,356	0,0712	<0,002	0,411	0,676	0,66	0,0571	0,0823
SFM000146	2021-09-27	94493	<0,05	117	0,957	182	60,9	0,0475	0,945	2,88	0,533	0,0023	0,141	3,30	4,01	0,478	0,0455
SFM000147	2021-10-18	95144	<0,05	102	29,9	31,2	129	<0,002	1,69	0,526	1,68	<0,002	0,628	2,59	2,23	0,0675	0,0212
SFM000149	2021-09-27	94494	<0,05	108	1,54	172	25,4	0,0244	0,343	0,69	0,481	0,0042	0,0624	1,28	0,319	0,358	0,00636
SFM000153	2021-10-07	94495	<0,05	537	1,06	33,6	78,6	0,0759	1,30	5,56	1,52	<0,002	0,153	5,18	5,95	1,49	0,0151
SFM000160	2021-11-01	94498	<0,05	2620	1,98	20,2	78,6	0,0524	6,49	10,2	2,35	<0,002	0,473	5,79	0,398	4,17	0,031
SFM000162	2021-09-28	94500	<0,05	44,6	0,396	22,1	20	<0,002	0,199	0,15	0,136	<0,002	0,0197	0,402	<0,05	0,061	0,00225
SFM000163	2021-10-07	94501	<0,05	32,3	0,468	29,9	106	0,0981	0,226	18,0	0,646	<0,002	0,0561	4,52	3,54	0,101	0,029
SFM000167	2021-10-07	94502	<0,05	16,0	0,532	48,4	146	0,0417	0,319	3,13	1,41	<0,002	0,0665	4,19	6,33	0,0586	0,0181
SFM000168	2021-09-27	94503	<0,05	737	1,63	28,4	64,8	0,0515	1,29	8,26	0,795	<0,002	0,217	1,87	22,3	3,12	<0,01
SFM000169	2021-10-06	94504	<0,05	128	0,924	53,6	103	0,0084	0,637	0,289	0,275	<0,002	0,167	0,837	2,42	0,190	0,0612
SFM000174	2021-10-06	94507	<0,05	265	0,489	10,2	30,2	0,0385	1,03	15,5	0,427	0,0056	0,099	2,18	10,4	0,157	0,0104
SFM000175	2021-11-02	94508	<0,05	38,1	0,780	26,4	64,8	0,0219	0,456	2,97	0,266	<0,002	0,0426	1,65	0,778	0,108	0,028
SFM000176	2021-09-28	94509	<0,05	69,9	0,357	65,5	51,7	0,0111	0,38	2,93	0,557	<0,002	0,0358	5,20	11,7	0,100	<0,005
SFM000177	2021-09-28	94510	<0,05	377	0,532	40,5	56,4	0,0404	0,727	5,13	0,982	<0,002	0,148	4,98	6,22	0,708	0,00852
SFM000180	2021-10-04	94512	<0,05	32,4	3,93	129	241	<0,02	0,524	0,468	1,42	0,0048	0,0779	10,6	55,0	0,113	<0,02
SFM000182	2021-11-01	94514	<0,05	37,8	1,69	63,9	102	0,0073	0,367	0,568	1,60	<0,002	0,140	1,74	11,4	0,225	0,0601
SFM000183	2021-09-27	94515	<0,05	43,0	0,456	56,8	19,3	<0,2	0,413	2,18	0,0894	<0,002	0,0195	1,45	624	0,167	<0,005
SFM000187	2021-09-28	94516	<0,05	857	1,61	185	184	0,0453	1,99	0,425	0,698	<0,002	0,392	1,37	1,26	0,854	0,0342
SFM000188	2021-10-18	95145	<0,05	36,3	1,52	170	48,3	0,0249	0,392	1,52	0,286	0,0025	0,160	2,14	5,04	0,983	0,052
SFM000190	2021-10-19	95148	<0,05	3,56	5,12	39,0	166	0,0052	0,452	0,102	0,0893	<0,002	0,0806	0,478	1,60	0,0107	0,0127
SFM000191	2021-11-01	94517	<0,05	314	2,43	142	250	0,007	0,845	1,17	0,482	<0,002	0,118	0,987	1,73	0,565	0,0108
SFM000192	2021-09-29	94518	<0,05	22,8	11,0	67,0	132	0,0065	0,611	<0,1	0,167	<0,002	0,159	0,885	1,49	0,0562	0,019
SFM000193	2021-09-29	94519	<0,05	1110	2,82	<10	40,7	0,0638	4,46	5,26	2,01	0,0103	0,719	4,13	4,62	1,84	0,054
SFM000194	2021-11-01	94520	<0,05	127	0,386	<10	26,9	0,0316	0,364	3,03	0,199	0,0032	0,0067	1,08	0,381	0,15	<0,002
SFM000195	2021-11-02	94521	<0,3	1040	1,13	268	126	0,0577	2,78	5,30	1,82	<0,002	0,398	5,53	9,82	2,98	0,0278
SFM000196	2021-09-28	94522	<0,05	6,34	0,965	200	380	0,0023	0,227	0,176	0,0507	<0,002	0,0512	1,01	4,60	0,0355	0,0372
SFM000197	2021-09-28	94523	<0,05	24,5	1,01	36,4	51,6	0,0054	1,32	0,144	0,109	<0,002	0,0818	0,37	6,32	0,0554	0,0259
SFM000198	2021-09-28	94524	<0,05	7,84	2,04	40,0	55,3	0,0045	0,426	0,436	0,0586	<0,002	0,0738	2,75	1,54	0,0178	0,0271

Tabell A1-2c forts.

Idkod	Provtagn.datum (åååå-mm-dd)	Provnr.	Se (µg/L)	Sn (µg/L)	V (µg/L)	Zn (µg/L)
SFM000145	2021-09-27	94492	2,83	0,0698	5,21	0,96
SFM000146	2021-09-27	94493	1,02	0,0588	2,22	3,11
SFM000147	2021-10-18	95144	0,356	0,0573	9,64	1,18
SFM000149	2021-09-27	94494	2,22	<0,05	0,687	1,26
SFM000153	2021-10-07	94495	<0,3	<0,05	1,85	17,4
SFM000160	2021-11-01	94498	<0,3	0,105	8,10	41,5
SFM000162	2021-09-28	94500	<0,3	<0,05	0,511	0,74
SFM000163	2021-10-07	94501	<0,3	<0,05	0,499	4,06
SFM000167	2021-10-07	94502	0,338	<0,05	0,638	2,96
SFM000168	2021-09-27	94503	<0,3	0,0542	1,81	12,2
SFM000169	2021-10-06	94504	<0,3	<0,05	4,04	1,69
SFM000174	2021-10-06	94507	<0,3	<0,05	1,07	5,03
SFM000175	2021-11-02	94508	<0,3	<0,05	1,41	1,41
SFM000176	2021-09-28	94509	0,314	<0,05	0,686	2,39
SFM000177	2021-09-28	94510	0,343	<0,05	1,45	4,06
SFM000180	2021-10-04	94512	0,34	<0,05	1,10	4,79
SFM000182	2021-11-01	94514	<0,3	<0,05	2,52	13,4
SFM000183	2021-09-27	94515	0,317	0,128	0,521	6,04
SFM000187	2021-09-28	94516	31,0	0,0726	3,07	4,85
SFM000188	2021-10-18	95145	<0,3	<0,05	3,12	1,27
SFM000190	2021-10-19	95148	<0,3	<0,05	0,681	2,04
SFM000191	2021-11-01	94517	<0,3	0,0506	1,46	3,00
SFM000192	2021-09-29	94518	0,31	<0,05	1,34	0,41
SFM000193	2021-09-29	94519	<0,3	0,111	6,51	4,57
SFM000194	2021-11-01	94520	<0,3	<0,05	0,507	2,00
SFM000195	2021-11-02	94521	<2	0,439	3,52	13,9
SFM000196	2021-09-28	94522	4,60	<0,05	1,09	1,19
SFM000197	2021-09-28	94523	<0,3	<0,05	2,62	1,43
SFM000198	2021-09-28	94524	<0,3	<0,05	1,90	1,30

Tabell A1-2d. Spårämnen II

Idkod	Provtagn.datum (åååå-mm-dd)	Provnr.	U (µg/L)	Th (µg/L)	Sc (µg/L)	Rb (µg/L)	Y (µg/L)	Zr (µg/L)	Sb (µg/L)	Cs (µg/L)	La (µg/L)	Hf (µg/L)	Tl (µg/L)	Ce (µg/L)	Pr (µg/L)	Nd (µg/L)
SFM000145	2021-09-27	94492	6,26	0,207	0,142	8,52	3,24	10,8	0,0962	0,0319	0,948	0,164	<0,01	1,89	0,240	1,13
SFM000146	2021-09-27	94493	31,4	0,158	0,106	6,39	1,81	6,37	0,107	0,0453	0,541	0,0869	0,084	1,11	0,134	0,603
SFM000147	2021-10-18	95144	-	-	-	10,2	-	2,35	1,13	<0,03	-	-	-	-	-	-
SFM000149	2021-09-27	94494	0,958	0,128	<0,06	4,93	0,544	0,569	0,132	<0,03	0,646	0,0176	<0,01	1,28	0,135	0,556
SFM000153	2021-10-07	94495	34,0	0,407	0,234	6,54	1,30	2,20	0,358	0,157	1,39	0,0485	0,163	2,84	0,327	1,37
SFM000160	2021-11-01	94498	4,00	0,776	0,526	13,5	3,81	3,68	0,0913	0,756	7,00	0,110	0,0816	13,1	1,54	6,02
SFM000162	2021-09-28	94500	0,418	0,0469	<0,06	2,30	0,419	0,31	0,0878	<0,03	0,393	0,0065	<0,01	0,714	0,0878	0,359
SFM000163	2021-10-07	94501	46,1	0,0831	0,129	5,47	1,37	3,59	0,200	<0,03	0,273	0,0713	0,204	0,454	0,0749	0,348
SFM000167	2021-10-07	94502	26,0	0,0427	0,0695	8,76	0,927	2,58	0,133	0,035	0,198	0,0397	0,0933	0,377	0,047	0,241
SFM000168	2021-09-27	94503	8,69	0,509	0,266	6,48	2,08	1,58	0,724	0,155	2,58	0,0437	0,092	5,36	0,585	2,43
SFM000169	2021-10-06	94504	2,20	0,182	0,132	2,43	1,40	8,07	0,0731	0,032	1,14	0,124	<0,01	2,57	0,249	1,10
SFM000174	2021-10-06	94507	6,32	0,534	0,554	5,84	5,63	1,88	0,515	<0,03	6,88	0,0444	0,045	10,6	1,56	6,58
SFM000175	2021-11-02	94508	5,42	0,102	0,118	2,45	2,11	2,99	0,133	<0,03	1,26	0,0568	0,0212	1,91	0,285	1,22
SFM000176	2021-09-28	94509	28,2	0,0563	<0,06	2,93	0,655	0,58	0,49	<0,03	0,396	0,0084	0,0279	0,683	0,0837	0,369
SFM000177	2021-09-28	94510	34,9	0,282	0,153	3,86	2,03	1,29	0,323	0,0908	1,90	0,0297	0,0696	3,10	0,419	1,83
SFM000180	2021-10-04	94512	1,01	0,0519	<0,06	6,56	0,211	1,28	0,844	0,0658	0,278	0,0173	<0,01	0,527	0,0589	0,246
SFM000182	2021-11-01	94514	13,3	0,0745	0,112	2,18	4,94	7,23	0,116	<0,03	3,46	0,110	<0,01	1,62	0,701	3,34
SFM000183	2021-09-27	94515	0,321	<0,02	<0,06	2,98	0,11	0,449	11,4	<0,03	0,102	0,0069	0,018	0,209	0,0215	0,0883
SFM000187	2021-09-28	94516	2,58	0,82	0,392	4,22	6,38	4,41	0,132	0,156	6,09	0,0789	0,018	12,8	1,29	5,42
SFM000188	2021-10-18	95145	-	-	-	4,55	-	7,36	0,0796	<0,03	-	-	-	-	-	-
SFM000190	2021-10-19	95148	-	-	-	1,76	-	1,43	0,0776	<0,03	-	-	-	-	-	-
SFM000191	2021-11-01	94517	0,666	0,192	0,0823	3,54	1,64	1,27	0,0725	0,0829	2,67	0,027	0,0122	4,67	0,563	2,25
SFM000192	2021-09-29	94518	2,11	0,0504	<0,06	2,92	0,241	2,17	0,0356	<0,03	0,131	0,0256	<0,01	0,265	0,0304	0,131
SFM000193	2021-09-29	94519	4,93	2,31	1,13	5,89	12,0	6,86	0,513	0,0597	12,5	0,165	0,0671	31,0	2,99	12,1
SFM000194	2021-11-01	94520	4,08	<0,02	<0,05	2,55	0,248	0,0989	0,587	<0,03	0,0066	<0,005	0,0261	<0,005	<0,005	0,0071
SFM000195	2021-11-02	94521	18,6	2,73	0,857	14,3	7,14	2,76	0,147	0,386	7,62	0,0756	0,0547	15,5	1,89	7,70
SFM000196	2021-09-28	94522	41,0	0,0697	<0,06	7,24	2,82	4,41	0,0443	0,225	0,195	0,0437	<0,01	0,504	0,0506	0,266
SFM000197	2021-09-28	94523	1,26	0,0503	<0,06	1,38	1,23	3,77	0,0245	<0,03	0,948	0,0412	<0,01	2,04	0,194	0,904
SFM000198	2021-09-28	94524	1,06	0,0247	<0,06	1,17	0,479	3,28	0,0599	<0,03	0,166	0,0348	<0,01	0,287	0,0356	0,190

- : Ingen analys

Tabell A1-2d forts.

Idkod	Provtagn.datum (åååå-mm-dd)	Provnr.	Sm (µg/L)	Eu (µg/L)	Gd (µg/L)	Tb (µg/L)	Dy (µg/L)	Ho (µg/L)	Er (µg/L)	Tm (µg/L)	Yb (µg/L)	Lu (µg/L)
SFM000145	2021-09-27	94492	0,251	0,0222	0,298	0,051	0,363	0,0848	0,289	0,0415	0,318	0,0538
SFM000146	2021-09-27	94493	0,135	0,0156	0,157	0,0275	0,199	0,0482	0,161	0,0239	0,181	0,0344
SFM000147	2021-10-18	95144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SFM000149	2021-09-27	94494	0,100	0,0103	0,093	0,0124	0,0756	0,0151	0,0416	0,0058	0,0388	0,0055
SFM000153	2021-10-07	94495	0,251	0,0348	0,223	0,0307	0,190	0,037	0,110	0,0145	0,102	0,0149
SFM000160	2021-11-01	94498	1,08	0,153	0,956	0,133	0,669	0,124	0,344	0,0444	0,300	0,043
SFM000162	2021-09-28	94500	0,069	0,0079	0,0612	0,0086	0,0586	0,0118	0,0339	0,0048	0,0325	<0,005
SFM000163	2021-10-07	94501	0,0863	0,0087	0,107	0,0181	0,144	0,0342	0,119	0,0178	0,142	0,024
SFM000167	2021-10-07	94502	0,055	<0,008	0,0693	0,0109	0,0893	0,0226	0,0798	0,0113	0,0881	0,0154
SFM000168	2021-09-27	94503	0,442	0,0661	0,373	0,0549	0,329	0,0642	0,184	0,0248	0,162	0,0237
SFM000169	2021-10-06	94504	0,223	0,0258	0,208	0,029	0,189	0,0387	0,120	0,0157	0,117	0,0184
SFM000174	2021-10-06	94507	1,14	0,139	0,973	0,133	0,779	0,153	0,431	0,0544	0,373	0,0544
SFM000175	2021-11-02	94508	0,242	0,0378	0,301	0,0446	0,257	0,0555	0,172	0,0223	0,157	0,0242
SFM000176	2021-09-28	94509	0,0681	0,0084	0,0637	0,0085	0,0579	0,013	0,0392	0,0052	0,0332	0,0052
SFM000177	2021-09-28	94510	0,326	0,0446	0,296	0,0404	0,248	0,0493	0,134	0,0186	0,123	0,0182
SFM000180	2021-10-04	94512	0,0428	<0,01	0,0347	<0,005	0,0307	0,0059	0,0206	<0,004	0,0198	<0,005
SFM000182	2021-11-01	94514	0,536	0,0844	0,632	0,0729	0,411	0,092	0,274	0,0335	0,228	0,0397
SFM000183	2021-09-27	94515	0,0187	<0,005	0,015	<0,005	0,0156	<0,005	0,0105	<0,004	0,008	<0,005
SFM000187	2021-09-28	94516	1,00	0,117	0,946	0,132	0,833	0,171	0,489	0,0631	0,434	0,0658
SFM000188	2021-10-18	95145	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SFM000190	2021-10-19	95148	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SFM000191	2021-11-01	94517	0,390	0,0626	0,366	0,0482	0,235	0,0442	0,126	0,0154	0,100	0,0143
SFM000192	2021-09-29	94518	0,0263	<0,007	0,0275	<0,005	0,0262	0,0065	0,0207	<0,004	0,0239	<0,005
SFM000193	2021-09-29	94519	2,32	0,272	1,95	0,296	1,80	0,363	1,06	0,143	0,992	0,144
SFM000194	2021-11-01	94520	<0,005	<0,005	0,0063	<0,005	0,0117	<0,005	0,0155	<0,004	0,0194	<0,005
SFM000195	2021-11-02	94521	1,59	0,251	1,50	0,227	1,24	0,237	0,67	0,0862	0,591	0,0805
SFM000196	2021-09-28	94522	0,0868	<0,02	0,142	0,0241	0,191	0,0515	0,175	0,0233	0,161	0,0296
SFM000197	2021-09-28	94523	0,157	0,0204	0,164	0,0194	0,124	0,0284	0,085	0,0116	0,0829	0,0143
SFM000198	2021-09-28	94524	0,0384	0,0054	0,0465	0,0069	0,0495	0,0118	0,0404	0,0061	0,0454	0,0084

- : Ingen analys