



268 | 2022

PFAS i råvann og drikkevann fra Norge



Norsk Vann Rapport

Det utgis tre typer rapporter:

Rapportserie A

Dette er de opprinnelige hovedrapportene.

Dette kan være:

- Rapportering av prosjekter som er gjennomført innenfor organisasjonens eget prosjektsystem
- Rapportering av spleiselagsprosjekter hvor to eller flere andelseiere i Norsk Vann BA samarbeider for å løse felles utfordringer
- Rapportering av prosjekter som er gjennomført av andelseiere eller andre.
Rapporten vil i slike tilfeller kunne være en ren kopi av originalrapporten eller noe bearbeidet

Fortløpende nummer xx-årstall

Rapportserie B

Dette er en serie for «enklere» rapporter, for eksempel forprosjekter, som vil være grunnlag for videre prosjektvirksomhet mm.

Fortløpende nummer Bxx-årstall

Rapportserie C

Dette er rapporter delfinansiert av Norsk Vann, men som er utgitt av andre.

Fortløpende nummer Cxx-årstall

Forsidefotos:
MOVAR IKS



Norsk Vann BA, Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Tlf: 62 55 30 30 E-post: post@norskvann.no
www.norskvann.no



Prosjekresultatene fra Norsk Vann Rapport (serie A og B) kan fritt benyttes internt i egen organisasjon. Når prosjekresultatene benyttes i skriftlig materiale, må kilde oppgis. Videre salg/ formidling av resultatene utover dette er kun tillatt etter skriftlig avtale med Norsk Vann BA.

Norsk Vanns rapporter utarbeides i samspill mellom rådgiver, styringsgruppe og referansegruppe for prosjektet og er ikke behandlet i Norsk Vanns styrende organer. Norsk Vann har ikke ansvar for feil eller ufullstendigheter som måtte forekomme i rapporten og kan ikke stilles økonomisk eller på annen måte til ansvar for problemer som måtte oppstå som følge av bruk av rapporten.

Norsk Vann Rapport

Ekstrakt

Rapporten oppsummerer resultater fra en kartlegging av per- og polyfluor-alkylstoffer (PFAS) i råvann og drikkevann fra utvalgte norske vannverk. Totalt 11 kommuner, kommunale foretak og interkommunale selskaper, med totalt 20 ulike drikkevannskilder (innsjøer, elv), deltok i prosjektet. Noen av de delta-
gende vannverkene har hatt historiske aktiviteter i nedbørfeltet som kan medføre tilførsel av PFAS til råvannet, som brannøvingsfelt og industri som har benyttet PFAS i produksjonen, mens andre ble ansett å være «uberørte». Det ble målt noe PFOS i vannprøver fra alle vannverkene. Fra flere vannverk ble det også påvist andre PFAS, men verdiene var generelt svært lave. Alle råvannsprøvene og rentvannsprøvene fra alle vannverkene hadde konsentrasjoner langt under drikkevannsdirektivets grenseverdi på 100 ng/L for 20 PFAS.

Den europeiske myndigheten for mattrygghet, EFSA, fastsatte i 2020 en ny tålegrense for trygt ukentlig inntak av 4 ulike PFAS. Tålegrense er hva man kan få i seg gjennom hele livet uten å risikere helseskader. De fleste mennesker får i dag i seg mer PFAS enn tålegrensen fra maten vi spiser. I Danmark er det satt en egen grenseverdi for drikkevann på 2 ng/L for disse 4 PFAS, som gjenspeiler at inntaket fra drikkevann kan være omtrent 10% av EFSA's tålegrense. Kartleggingen i prosjektet viste mindre enn 2 ng/L av disse 4 PFAS i alle drikkevannsprøvene, med unntak av kun en prøvedag fra ett vannverk.

Resultater fra Vansjø vannverk viste at vannbehandling med koagulering-partikkelseparasjon og aktivt kull vil kunne redusere PFAS nivåene noe. Omtrent 70% renseeffekt ble oppnådd for PFOS, hvorav noe mer i koagulering-partikkelseparasjon enn i aktivt kull. Renseeffekten var lavere for de mer kortkjedede PFAS, og for disse var sannsynligvis renseeffekten høyest over aktivt kull. For de 20 PFAS som inngår i drikkevannsdirektivet og de 4 som inngår i EFSA's risikovurdering var renseeffekten totalt omtrent 60%.

Norsk Vann BA

Adresse: Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Telefon: 62 55 30 30
E-post: post@norsk vann.no
Internettadresse: norsk vann.no

Rapportens tittel

PFAS i råvann og drikkevann fra Norge

Forfattere

Merete Grung, Kine Bæk, Thomas Rundberget,
Hans Jørgen Halvorsen og Ingun Tryland

Rapportnummer: 268/2022

ISBN 978-82-414-0465-8 (elektronisk utg.)

ISSN 1890-8802 (elektronisk utg.)

Rapporten er kun publisert elektronisk.

Emneord, norsk

Drikkevann; PFAS; drikkevannsdirektivet

Emneord, engelsk

Drinking water, PFAS, drinking water directive

Forord



Det er økende bekymring knyttet til per- og polyfluoralkylstoffer (PFAS) i vann og mat. Den europeiske myndigheten for mattrygghet, EFSA, fastsatte i 2020 en ny tålegrense for trygt ukentlig inntak av PFAS. Tålegrense er hva man kan få i seg gjennom hele livet uten å risikere helseskader. Den nye tålegrensen er mer enn 1000 ganger strengere enn den som ble satt i 2008, og i dag får de fleste mennesker i seg mer PFAS enn tålegrensen. Som en konsekvens av dette advarer Mattilsynet mot å spise fisk fra noen norske innsjøer som brukes som drikkevannskilder, deriblant Tyrifjorden og Vansjø. Det er tatt inn grenseverdier for PFAS i EUs nylig reviderte drikkevannsdirektiv, som også vil inkluderes i den norske drikkevannsforskriften.

For å få mer kunnskap om mulig forekomst av PFAS i råvann og rentvann fra norske vannverk, inviterte Norsk Vann til spleiselagsprosjekt. Vi ønsket deltagelse fra vannverk med ulike råvannstyper og vannbehandling, herunder vannverk der historiske aktiviteter i nedbørfeltet kunne tilsi tilførsel av PFAS til råvannet, som brannøvingfelt og industri som har benyttet ulike PFAS i produksjonen. Vi ønsket også deltagelse fra vannverk der råvannet var forventet å være mindre påvirket av lokale kilder, for å få et inntrykk av bakgrunnsnivåene, som inkluderer langtransportert forurensning. Totalt 11 kommuner, kommunale foretak og interkommunale selskaper, med totalt 20 ulike drikkevannskilder (innsjøer, elv) deltok i prosjektet. De deltagende vannverkene leverer drikkevann til mer enn 2 millioner mennesker.

Det var opp til hvert enkelt vannverk å avgjøre hvor mange prøver de mente var nødvendig for å få et godt bilde av nivået av PFAS i eget råvann/rentvann. Det ble anbefalt å ta prøver spredt over året for en god farekartlegging. Vannverkene betalte for sine egne analyser.

Analysemetodene for PFAS er betydelig forbedret de siste årene, og det er nå mulig å måle nivåer av enkeltstoffer helt ned mot 0.05 ng/l. Det medførte at alle vannverkene som var med i studien påviste noe PFOS i sine drikkevannskilder, selv de «mest uberørte».

Rapporten bidrar med mer kunnskap om nivåer av ulike PFAS i råvann og drikkevann fra norske vannverk

Fordelen med å kunne måle svært lave verdier, som er langt under det som utgjør en helsefare, er at det gir oss mulighet til å lære mer. Råvannet fra Vansjø vannverk inneholder lave nivåer av flere ulike PFAS, både langkjedede og kortkjedede. Det ble derfor gjennomført utvidet prøvetaking ved Vansjø vannverk for å få mer kunnskap om i hvilken grad vannbehandling med koagulering-flotasjon-filtrering og aktivt kull er i stand til å fjerne ulike PFAS. Tusen takk til MOVAR IKS for ekstra innsats i prosjektet og for å dele resultatene.

Styringsgruppen for prosjektet bestod av Lars Hem fra Oslo VAV, Mai Riise fra Hias IKS, Tanja Breyholtz fra Vestfold Vann IKS og Stein Solheim Olsen fra Sarpsborg kommune. De øvrige deltagende vannverkene utgjorde prosjektets referansegruppe. I tillegg ble prosjektet og sluttrapporten diskutert med Folkehelseinstituttet og Mattilsynet. NIVA ble engasjert som rådgiver og analyselaboratorium. Tusen takk til alle som har bidratt for godt samarbeid.

Oslo, desember 2021

Ingun Tryland
Prosjektleder, Norsk Vann

Sammendrag

PFAS er en gruppe miljøgifter som i dag finnes i de fleste økosystemer. Norge har ikke hatt produksjon av PFAS, men PFOS har vært brukt i brannskum, og PFOS og andre PFAS har vært brukt noen steder i industriell anvendelse. Norge har rapportert få analyser av PFAS i drikkevann, og denne rapporten er derfor et bidrag for å fremskaffe mer informasjon om nivåer av ulike PFAS i råvann og drikkevann fra norske vannverk.

Drikkevann fra 20 ulike drikkevannskilder og 11 ulike kommuner/kommunale foretak/interkommunale selskaper ble samlet og sent til NIVA for analyse av 31 ulike PFAS, inkludert de 20 PFAS som inngår i EUs drikkevannsdirektiv og noen få andre PFAS som kunne tenkes å finnes i vann (FTS; fluorotelomer sulfonatsyrer og PFASA; perfluoralkan sulfonamider). Både råvann (n=93) og rentvann (n=71) ble analysert. Drikkevannskildene hadde en god geografisk spredning i øst-vest-sør, men vannkilder nord for 61° var ikke med. De deltagende vannverkene ble kategorisert i 3 kategorier avhengig av om de hadde ingen, en eller to rensetrinn med forventet renseeffekt for PFAS (koagulering/partikkelseperasjon og eventuelt aktivt kull). Rensegraden ble beregnet for PFAS som hadde målte verdier høyere enn to ganger kvantifiseringsgrensen ($\geq 2 \times \text{LOQ}$) i råvann.

PFOS og brPFOS hadde de høyeste deteksjonsfrekvensene (95% i råvann og 89 og 94% i rentvann). Andre PFAS som ble ofte påvist var PFBS og korte PFCA (PFBA til PFNA med kjedelengder 4-9). Fem PFAS ble kun påvist i en drikkevannskilde, mens 15 av de analyserte PFAS ikke ble påvist over LOQ i noen av vannprøvene.

Median antall PFAS som ble påvist i vannprøver var 3, men inntil 14 PFAS ble påvist i en prøve. Av de 20 PFAS som er inkludert i drikkevannsdirektivet var mediansummen (LB, dvs. at PFAS under LOQ ble satt til 0) for råvann svært lav, 0.28 ng/L, mens for rentvann var mediansummen 0.26 ng/L. Maksimalkonsentrasjonene var 12 ng/L (rentvann) og 23 ng/L (råvann). Grenseverdien i drikkevannsdirektivet er på 100 ng/L. Danmark har satt en lav grenseverdi på 2 ng/L for drikkevann for de 4 PFAS som er inkludert i EFSAs tålegrense. Bare et vannverk hadde høyere konsentrasjon enn dette i rentvannet ved kun en av totalt 7 prøvetakningsdager.

Rensegrad ved vannbehandlingen ble beregnet for PFAS ut fra råvann- og rentvannsprøver som ble tatt samme dag. For vannverk med både koagulering-flotasjon-filtrering og granulert aktivert karbon ble det målt høyest rensegrad (totalt i snitt ca. 60% renseeffekt for PFOS og brPFOS).

English summary

**This report is published in Norwegian by
Norwegian Water BA (Norsk Vann BA).**

Address: Vangsvegen 143, NO-2321 Hamar, Norway
Phone: + 47 62 55 30 30
E-mail: post@norsk vann.no
Website: www.norsk vann.no

Report no: 268 – 2022
Report title: PFAS in raw water and drinking
water from Norway.
Date of issue: Desember 2021

Author: Merete Grung, Kine Bæk,
Thomas Rundberget,
Hans Jørgen Halvorsen and
Ingun Tryland

ISBN: 978-82-414-0465-8 (electronic edition)
ISSN: 1890-9248 (electronic edition)

Summary

PFAS are contaminants that can be found in most ecosystems. Norway has had no production of PFAS, but PFOS have been used in fire-fighting foams and have been employed at a few industrial sites. Norway has reported very few analytical measurements of PFAS in drinking water, and data was therefore warranted.

Drinking water from 20 different drinking sources and 11 different waterworks were sampled and sent to NIVA for analyses of 31 PFAS, including the PFAS in EU's drinking water directive and a few other PFAS groups expected to be found in water (FTS; fluorotelomer sulfonic acids and PFASA; perfluoralkane sulfonamides). Both source water (n=93) and finished drinking water (n=71) were analysed. The surface waters had a wide geographical spread east-west-south, but not northern part. Information about the technology used for treating the water was categorised (3 categories) to calculate removal efficiency (based on PFAS detected above $\geq 2 \times \text{LOQ}$ in source water).

PFOS and brPFOS had the highest detection frequencies (95% in surface water and 89% and 94% in drinking water). Other PFAS that were frequently detected included PFBS and short PFCA (perfluorinated carboxylic acids, PFBA to PFNA) and PFHxS. Five PFAS were only detected in one drinking water source (PFBA, PFPS, PFHpS, N-EtFOSAA and PFHxSA). 15 of the measured

PFAS were not detected above the LOQ in any samples representing mainly long PFCA and PFSA (perfluorosulfonic acids).

The median number of PFAS in drinking water was 3, but up to 14 PFAS were detected in one sample. The lower bound sum of 20 PFAS included in EUs drinking water directive, was 0.28 ng/L (source water), while the maximum was 23 ng/L. For drinking water, the median was 0.26 ng/L and the maximum 12 ng/L. Denmark has regulated drinking water with a limit for the sum of 4 PFAS, risk assessed by EFSA, to 2 ng/L. Only one waterworks in Norway had levels above this limit in drinking water at one of seven sampling days.

The treatment efficiency at the waterworks were calculated based on PFAS concentrations in source water and drinking water taken the same day. The removal efficiency of PFAS for treatments with a combination of coagulation, dissolved air flotation, filtration and granulated activated carbon performed better for removing PFAS (ca. 60% removal of PFOS and brPFOS) than other categories. Details of the removal efficiency for different treatment stages at one treatment facility is presented in the report.

Innhold

1. Bakgrunn og mål	9
2. Metode	12
2.1. Oversikt over vannverk og drikkevannskilder	12
2.2. Hvilke PFAS ble analysert og hvordan	13
2.3. Beregning av rensegrad	15
2.4. Statistisk behandling	15
3. Resultater og diskusjon	16
3.1. Hvilke PFAS ble påvist	16
3.2. Hvilke nivåer/konsentrasjoner ble målt	18
3.3. Rensegrad ved vannbehandlingsanleggene	20
3.4. PFAS i drikkevann vurdert opp mot reguleringer	24
3.4.1. PFAS inkludert i EUs drikkevannsdirektiv	24
3.4.2. PFAS inkludert i EFSA's risikovurdering	27
4. Konklusjon	30
5. Referanser	31
Tidligere utgitte rapporter	57

Forkortelser, begreper og definisjoner

- PFAS:** per- and polyfluoroalkyl substances (per- og polyfluorerte substanser)
PFOS: perfluorooctane sulfonic acid (perfluorert sulfonsyre)
brPFOS: branched PFOS (forgreinet PFOS)
PFCA: perfluorinated carboxylic acid (perfluorerte karboksylsyrer)
PFSA: perfluorosulfonic acids (perfluorerte sulfonatsyrer)
PFASA: perfluoroalkane sulfonamides (perfluorerte sulfonamider)
FTS: fluorotelomer sulfonic acid (fluortelomere)
LOQ: limit of quantification (kvantifiseringsgrense)

For en liste over hvilke PFAS som er målt i denne rapporten henvises det til Tabell 3 for en oversikt. Kun forkortelser for PFAS er brukt i rapporten, men CASnr er oppgitt for interesserte lesere.

EUs drikkevannsdirektiv: EU har i 2020 inkludert PFAS på sin liste over miljøgifter som skal overvåkes i drikkevann og det er satt grenseverdier for hvor mye PFAS i drikkevannet som tolereres.

EFSA: European Food Safety Authority (det europeiske organet for mattrygghet).

TWI (tolerable weekly intake): tolerabelt ukentlig inntak (av en substans eller blanding av substanser) i løpet av en uke. Grenseverdien settes av EFSA og er en tålegrense per kg kroppsvekt for et ukentlig inntak gjennom et helt livsløp.

TDI (tolerable daily intake): Det samme som TWI (se over), men grenseverdien gjelder daglig inntak, ikke ukentlig.

LB (lower bound): LB beregnes dersom man er interessert i en sum av ulike forbindelser. For stoffer som ikke er detektert over kvantifiseringsgrensen vil delsummen settes til 0. Dette gjøres for å få et bilde av den laveste konsentrasjonen som er mulig.

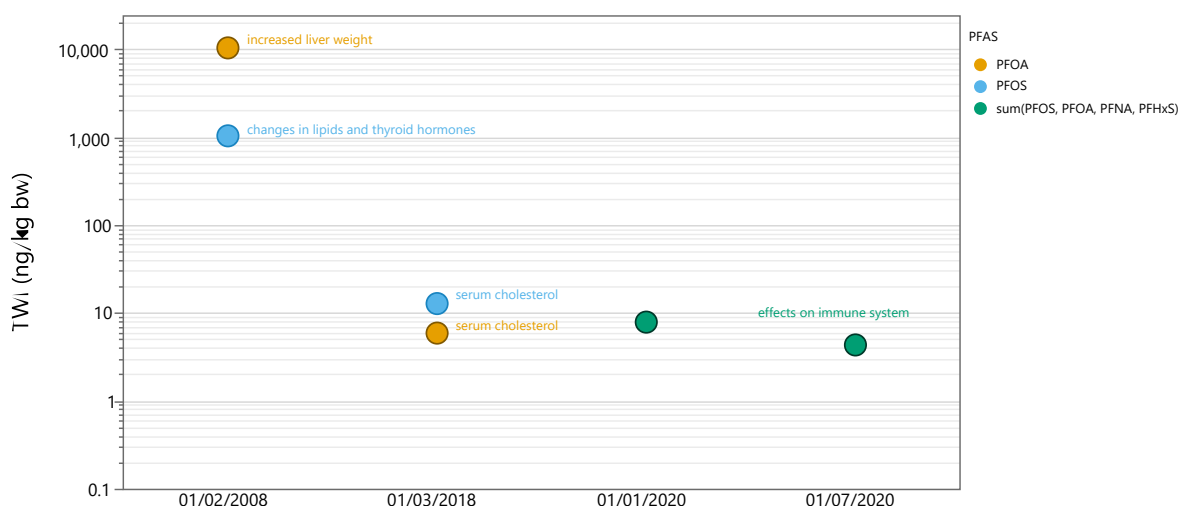
UB (upper bound): UB beregnes dersom man er interessert i en sum av ulike forbindelser. For stoffer som ikke er detektert over kvantifiseringsgrensen vil delsummen settes til LOQ. Dette gjøres for å få et bilde av den høyeste konsentrasjonen som er mulig.

1. Bakgrunn og mål

Det er økende oppmerksomhet og bekymring knyttet til per- og poly-fluor-alkylstoffer (PFAS) i vann og mat. NIVA ble derfor kontaktet av Norsk Vann høsten 2019 med det formål å kartlegge mulig forekomst av PFAS i drikkevann ved analyse av råvann og behandlet vann (rentvann) fra et utvalg norske vannverk.

PFAS er en stor gruppe av syntetiske fluorforbindelser der de fleste (mest sannsynlig alle) brytes svært langsomt ned i naturen. OECD (OECD 2018) har identifisert over 4700 PFAS, mens en liste publisert av US EPA inneholder over 8000 PFAS (US EPA u.å.). Det er derfor en stor og uoversiktlig gruppe stoffer. PFAS har hatt en rekke anvendelsesområder i en rekke produkter gjennom de siste 50 årene. Generelt er de høyeste konsentrasjonene i miljøet funnet i nærheten av der det er benyttet brannskum (for eksempel øvingsfelt på flyplasser) eller der PFAS er brukt industrielt. Noen av forbindelsene kan være helseskadelige og hoppe seg opp i mennesker og organismer høyt i næringskjeden (se mer informasjon om PFAS på nettsiden til FHI¹⁾). En oversikt over toksisitetsstudier på 29 PFAS er gitt på en nettside («PFAS-Tox Database» u.å.) og i en artikkel beskrives hvordan data ble samlet (Pelch mfl. 2019).

EFSA (European Food Safety Authority) er den europeiske myndigheten som gir råd om effekter av substanser på mennesker. De har oversikt over toksisitetsdata og hvilke virkninger substanser har, og gir råd gjennom å bestemme tålegrenser, det vil si hvor mye man kan få i seg av en substans i løpet av et helt liv uten at det gir negative effekter. I de senere årene har det kommet flere oppdateringer for PFAS (2008, 2018 og 2020) fra EFSA når det gjelder menneskers tålegrense (TWI – tolerable weekly intake). I utredningene tar EFSA utgangspunkt i en negativ virkning på mennesker og setter en tålegrense basert på enten dyrestudier eller epidemiologi av effekter som er observert hos mennesker. I den første studien var det dyrestudier som var opphavet til tålegrensen, mens i de to siste er det epidemiologiske studier som danner grunnlaget. I den siste oppdateringen av PFAS (Schrenk mfl. 2020) var det redusert virkning av effekten av vaksiner som dannet grunnlaget for den ukentlige tålegrensen som ble satt til 4,4 ng/kg kroppsvekt for summen av 4 PFAS. De fire PFAS var følgende: perfluorheksansulfonat (PFHxS), perfluoroktansulfonat (PFOS), perfluoroktansyre (PFOA), perfluorononansyre (PFNA). En figur som illustrerer utviklingen i tålegrensen, er gitt i Figur 1.



Figur 1 Oversikt over EFSA's tålegrenser (tolerabelt ukentlig inntak) for PFAS mot tidspunktet for publisering. Merk at tidligere TDI (tolerabelt daglig inntak) er gjort om til ukentlig inntak for sammenligning (TWI). Merk også at skalaen vertikalt er log₁₀-basert.

1) <https://www.fhi.no/ml/miljo/miljogifter/fakta/fakta-om-pfos-og-pfoa/>

PFAS er en stor gruppe av forbindelser og noen av dem har like, mens andre har svært ulike egenskaper. En av likhetene for alle PFAS er at bindingen mellom C og F gir en liten negativ ladning på fluoratomet og en liten positiv ladning på karbonatomet, selv om bindingen ikke er en ionebinding. Denne lave ladningen på hvert atom er noe av det som gir PFAS mange av de spesielle egenskapene (både fettløselig og vannløselig, og samtidig fettavstøtende og vannavstøtende) som gjør at de brukes i så mange ulike produkter. Fluor er det mest elektronegative elementet, og bindingen mellom C og F er den sterkeste bindingen vi kjenner til. Det krever derfor mye energi for å bryte bindingen, noe som gjør at de fleste PFAS er persistente og kalles ofte for «forever chemicals» eller evighetskjemikalier. Noen vil hopes opp i næringskjeden, selv om opphopingen ikke skjer i fettvev, men i proteinrike vev siden PFAS bindes til proteiner. Andre PFAS er mer vannløselige og kan derfor finnes i vann. Kortere PFAS-kjeder er mer vannløselige enn lengre kjeder, mens generelt er perfluorsyrene (PFCA) mer vannløselige enn tilsvarende lange perfluorsulfonater (PFSA).

På grunn av de spesielle egenskapene har PFAS blitt brukt i svært mange ulike produkter siden 1950-tallet. Både FHI og Miljødirektoratet har mer informasjon om PFAS på sine nettsider^{2),3)}. I Norge har mye av forurensningen av PFAS vært forbundet med bruk av PFOS i brannskum (se mer om dette i neste avsnitt). PFAS har vært brukt i svært mange ulike produkter fra impregnering av tekstiler og tepper, i matemballasje, i slipp-belegg i stekepanner og kokekar, i skismøring, i sminke og hudkrem for å nevne noen få produkttyper. Det er en pågående prosess for å regulere alle PFAS som en gruppe⁴⁾ og også for å regulere stoffer som er persistente, mobile (dvs. vannløselige) og toksiske (Hale mfl. 2020). Det er også et mål for EU at bruk av persistente forbindelser kun skal brukes for såkalt essensielle bruk⁵⁾ (Cousins mfl. 2020; Cousins, Ng, mfl. 2019). Essensiell bruk av PFAS kan være i medisinsk utstyr (for eksempel stenter som brukes etter hjerteinfarkt) eller i beskyttelsesutstyr. Ikke essensiell bruk er for eksempel bruk av PFAS i sminke, skismøring og i stekepanner (Cousins, Goldenman, mfl. 2019).

Siden flere PFAS er litt vannløselige har det i den senere tiden vært fokus på PFAS i drikkevann. I USA, som har hatt en stor produksjon av PFAS, kan drikkevann være en kilde til menneskelig eksponering, spesielt i geografisk nærhet til anvendelse av PFAS (Hu mfl. 2019). Norge har ikke hatt produksjon av PFAS, men vi har hatt anvendelse av PFAS i industri, der det mest kjente eksempelet er fabrikken ved Viul som produserte papptallerkener belagt med en PFAS som brytes ned til PFOS. Dette ble oppdaget ved regulær overvåking av fisk i norske innsjøer, der fisk fra Tyrifjorden hadde langt høyere konsentrasjoner av PFAS enn tilsvarende andre innsjøer i Norge (Slinde, G.Aa og Høisæter, Åø. 2017; Grønning mfl. 2019; Langberg mfl. 2020). Andre kjente kilder til PFAS i Norge er bruk av brannskum. I 2005 gjorde Miljødirektoratet en gjennomgang av bruk av brannskum (Miljødirektoratet 2005). Svært mange av flyplassene har hatt øvingsfelt for brannskum, og det har derfor vært et betydelig fokus på forurensning av PFAS rundt flyplasser i Norge (se mer info om dette hos AVINOR⁶⁾). Det har også blitt brukt i øvelse av kommunale brannmannskaper, og Miljødirektoratet har kartlagt kommunale øvingsanlegg (se kart her⁷⁾). Bruk av PFAS i brannskum på flyplasser er utfaset, og siden 2011 er all bruk av brannskum på sivile flyplasser fluorfritt.

Siden mennesker kan eksponeres for PFAS gjennom drikkevann er det lagt inn en grenseverdi på 100 ng/L for summen av 20 PFAS i EUs nylig reviderte drikkevannsdirektiv (se hvilke PFAS i Tabell 3) (EC (European Commission) 2020), og en grenseverdi for PFAS totalt på 500 ng/L. Tilsvarende grenseverdier vil høyst sannsynlig bli tatt inn i norsk regelverk⁸⁾. Mattilsynet skriver at vi vil ha minst mulig PFAS i drikkevann, og at Mattilsynet anbefaler å jobbe for å få ned konsentrasjonene av PFAS, også ved påviste nivåer under 100 ng/L. Det sies samtidig at den kommende grenseverdien tillater vannverkseieren å akseptere noe PFAS i drikkevannet. I Danmark har Miljøstyrelsen innført en

2) <https://www.fhi.no/ml/miljo/miljogifter/fakta/fakta-om-pfos-og-pfoa/>

3) <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/miljogifter/prioriterte-miljogifter/perfluorerte-stoffer-pfos-pfoa-og-andre-pfas-er/>

4) <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2020/mai-2020/fem-europeiske-land-vil-ha-generelt-forbud-mot-pfaser/>

5) https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_1839

6) <https://avinor.no/konsern/miljo-og-samfunn/pfos-i-fokus/>

7) <https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=204b4728685942b293880364b58a2ec2&extent=-6.2868,56.6863,35.3077,68.8289>

8) https://www.mattilsynet.no/mat_og_vann/drikkevann/beredskap_for_drikkevann/pfas_i_drikkevann.42576

lavere nasjonal grenseverdi for de 4 PFAS som inngår i EFSA's risikovurdering på 2 ng/L⁹⁾. I Sverige ble det for noen år tilbake innført en aksjonsgrense på 90 ng/L for summen av 11 utvalgte PFAS, og dersom grenseverdien ble overskredet måtte en rekke tiltak gjennomføres¹⁰⁾.

Fra og med 22. desember 2018 ble PFOS og forløpere tatt med på listen over prioriterte stoffer i Vannforskriften, som skal inngå i vurderingen av kjemisk tilstand for vannforekomster. God kjemisk tilstand for disse nye stoffene skal oppnås innen 22. desember 2027. For PFOS er **miljøkvalitetsstandard for ferskvann satt til 0.65 ng/L for årlig gjennomsnitt, med 36 µg/L som maksimalverdi.**

I Norge har det vært få undersøkelser av PFAS i vann eller i drikkevann, men i en undersøkelse av PFAS i norsk kosthold ble det analysert 3 vannprøver (Haug mfl. 2010). I forbindelse med undersøkelsen av fisk og sediment i Tyrifjorden ble det også tatt noen få vannprøver, men fokuset i undersøkelsene i Tyrifjorden var å kartlegge kilden til PFAS-forurensning (Slinde, G.Aa og Høisæter, Åø. 2017; Grønning mfl. 2019). Mattilsynet har advart mot å drikke vann nær flyplasser, så fremt vannet ikke er rensset ved et vannverk. En sammenstilling av ulike undersøkelser av konsentrasjoner av PFAS i drikkevann er gjort av flere (Domingo og Nadal 2019; Andrews og Naidenko 2020). Fra Domingo og Nadals undersøkelse fremgår det at nivåer fra 0.4 ng/L og opp til >100 ng/L er funnet i drikkevann og overflatevann i Europa, mens nivåene rundt kjente forurensninger kan være mange ganger høyere. Fra Andrews og Naidenkos undersøkelse fremgår det at >200 millioner amerikanere er eksponert for drikkevann med ≥ 1 ng/L (PFOS og PFOA), mens 18-80 millioner er eksponert for ≥ 10 ng/L.

NIVA ble kontaktet av Norsk Vann for å gjøre en undersøkelse av konsentrasjoner av PFAS i utvalgte drikkevann i Norge. I løpet av perioden juni 2020 til mai 2021 ble det analysert 172 vannprøver (93 råvannsprøver og 79 rentvannsprøver) fra 11 deltagende kommuner/KF/IKS med til sammen 20 drikkevannskilder i Norge. Resultatene er presentert i denne rapporten.

9) <https://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2021/jun/skaerpede-krav-til-pfas-stoffer-i-drikkevand/>

10) <https://www.livsmedelsverket.se/en/production-control-and-trade/drinking-water-production-and-control/t>

2. Metode

2.1. Oversikt over vannverk og drikkevannskilder

De 11 kommunene/KF/IKSene og 20 drikkevannskildene som var med i prosjektet er vist i Tabell 1. Vannprøver av råvann og rentvann ble tatt på plastflasker som i forkant av prøvetakingen ble sendt fra NIVA til vannverket. Noen av prøvene er også sendt inn på andre egnede plastflasker. Personale fra vannverket tok vannprøvene som ble sendt til NIVA. Ved NIVA ble vannprøvene oppbevart frosne (-18°C) inntil de ble analysert.

Tabell 1 Oversikt over deltagende kommuner/KF/IKS og drikkevannskilder

Deltager	Vannkilde	råvann	rentvann
ABV IKS*	Aurevann	5	3
	Holsfjorden	11	2*
Bergen kommune	Jordalsvatnet	5	5
	Svartediket	5	5
FREVAR KF	Isnesfjorden	4	6
Glitrevannverket IKS	Glitre	5	0
	Røysjø	5	0
Hias IKS	Mjøsa_Hamar	4	2
	Mjøsa_Stange	4	2
IVAR IKS	Årdal	1	1
	Birkelandsvatn	2	0
	Langevatn	2	2
MOVAR IKS**	Vansjø	7	7 (15**)
NRVA IKS	Glomma_Hammeren	3	3
Oslo VAV	Elvåga	5	6
	Maridalsvannet	5	7
Sarpsborg kommune	Glomma_Baterød	6	6
	Isesjø	6	6
Vestfold Vann IKS	Eikern	4	4
	Farris	4	4
Tilsammen		93	71 (79)

* Prøvene fra Holsfjorden er et samarbeid mellom ABV og Oslo VAV i prosjektet «ny drikkevannsforsyning Oslo» og de 2 rentvannsprøvene fra Holsfjorden er renset i Kattås-piloten (Moldeprosessen).

** MOVAR IKS deltok med ekstra vannprøver for å undersøke renseeffekt etter koagulering-flotasjon-filtreringstrinnet og etter ulike parallelle kullfilter. Totalt ble det tatt prøver på 7 ulike dager. På 4 av disse dagene ble prøvetakingen utvidet med en prøve tatt før kullfilter og 3 (2) prøver tatt etter ulike kullfilter (totalt 7 råvannsprøver, 4 prøver tatt før kullfilter og 15 prøver tatt etter kullfilter/av rentvannet). I tillegg ble det tatt prøver fra slamcontainer og filtermasser. For de 4 dagene det ble tatt flere rentvannsprøver ble det for hver dag beregnet en medianverdi som er brukt videre i rapportering av rentvann.

Noen av de deltagende vannverkene har vannbehandling som ikke forventes å ha renseeffekt med hensyn på PFAS, dvs. kun forbehandling, korrosjonskontroll og desinfeksjon. Flere av disse vannverkene valgte å kun inkludere råvannsprøver i prøvetakingen, siden råvannsprøvene gir et godt bilde av mengden PFAS i drikkevannet. Tabell 2 gir en oversikt over hvilke av de deltagende vannverkene som har rensetrinn som kan forventes å ha noe renseeffekt med hensyn på PFAS, dvs. hvilke vannverk som har koagulering for partikkelfjerning og hvilke som også har aktivt kull.

Tabell 2 Oversikt over hvilke kommuner/IKS/KF som var med i studien med drikkevannskilder og vannbehandlingsanlegg. De ulike vannbehandlingsanleggene er kategorisert i tre ulike rensekategorier med hensyn på forventet effekt på PFAS, der rensekategori 0 ikke forventes å effekt på PFAS, rensekategori 1 inkluderer koagulering for partikkelfjerning, og rensekategori 2 i tillegg inkluderer bruk av aktivt kull

Deltager	Drikkevannskilde	Vannbehandlingsanlegg	Rensekategori	Koagulering	Koagulant-separeringsmetode	Aktivt kull
ABV IKS	Aurevann	Aurevann vba	1	Ja	Al-filtrering	
	Holsfjorden	Kattåspiloten	1	Ja	Fe-Moldeprosessen	
	Holsfjorden	Holsfjorden vba	0	Nei		
Bergen kommune	Jordalsvatnet	Jordalsvatnet vba	1	Ja	Fe-Moldeprosessen	
	Svartediket	Svartediket vba	1	Ja	Fe-Moldeprosessen	
FREVAR KF	Vestvannet/ Isnesfjorden	Frevar vba	1	Ja	Al-sedimentering-filtrering	
Glitrevannverket IKS	Glitre	Kun råvann	0	Nei		
	Røysjø	Kun råvann	0	Nei		
Hias IKS	Mjøsa-Hamar	Hamar vba	0	Nei		
	Mjøsa_Stange	Hemstad/Stange	0	Nei		
IVAR IKS	Årdalselva	Årdal vannverk	0	Nei		
	Birkelandsvatn	Kun råvann	0	Nei		
	Storevatn/Stølsvatn	Langevatn vba	0	Nei		
MOVAR IKS	Vansjø	Vansjø vannverk	2	Ja	Al-flotasjon-filtrering	ja
NRV IKS	Glomma	Nedre Romerike vannverk	2	Ja	Al-Superpulsator-filtrering	ja
Oslo VAV	Maridalsvannet	Oset vba	1	Ja	Al-actiflo-filtrering	
	Elvåga	Skullerud vba	1	Ja	Al-filtrering	
Sarpsborg kommune	Glomma	Baterød vannverk	2	Ja	Al-sedimentering-filtrering	ja
	Isesjøen	Isesjø vannverk	2	Ja	Al-flotasjon-filtrering	ja
Vestfold Vann IKS	Eikern	Eisfoss vba	0	Nei		
	Farrisvannet	Seierstad vba	1	Ja	Al-filtrering	

2.2. Hvilke PFAS ble analysert og hvordan

Vannprøvene (200 mL) ble tilsatt 10 µL intern standard og ristet kraftig, pumpet gjennom fast fase kolonne (200 mg Oasis HLB) og eluert med 5 mL metanol. Ekstraktet ble til slutt konsentrert til 0,2 mL før bestemmelsen av PFAS ble gjort med HPLC-TOF-MS. Fast stoff ble tilsatt 10 µL intern standard og ekstrahert med acetonitril. For hver prøveserie som ble analysert (ca. 20 prøver) ble det analysert blankprøver (prøver uten PFAS) og en eller flere prøver med kjent innhold av PFAS. Totalt ble det analysert 31 ulike PFAS i vannprøvene. I Tabell 3 vises oversikt over PFAS som ble analysert, hvor mange F-atomer som er i hvert molekyl, kvantifiseringsgrense (LOQ), hvilke PFAS som er inkludert i henholdsvis EUs drikkevannsdirektiv og EFSAs risikovurdering (markert med 1). Fargene som er brukt i tabellen brukes også i noen av figurene senere i rapporten. PFOS består både av en lineær versjon og en forgreinet versjon (brPFOS) og begge inngår i EFSAs tålegrense og EUs drikkevannsdirektiv. De PFAS som er analysert består av 4 grupper PFAS, og i tillegg til PFCA og PFSA er også noen perfluoralkansulfonamider (PFASA) og fluortelomersulfonater (FTS) analysert i vannprøvene siden noen av disse kan være vannløselige. Egenskapene til PFAS gjør at alle har en vannløselig del av molekylet samt en mer fettløselig del. Dette gjør at om en PFAS er vannløselig eller mer partikkelbundet er komplekst. Generelt er karboksylsyrene (PFCA) mer vannløselige enn tilsvarende sulfonater (PFSA), og innen samme PFAS gruppe er generelt kortere fluorkjeder mer vannløselig enn lengre.

Når en PFAS ikke er detektert i en vannprøve vet man ikke konsentrasjonen i vannprøven – den kan være fra og med 0 og opp til kvantifiseringsgrensen (LOQ). Når man skal summere PFAS som inngår i en gruppe (for eksempel EFSAs risikovurderinger eller EUs drikkevannsdirektiv) er det vanlig å oppgi to verdier dersom noen av PFAS som inngår i summen ikke er detektert. Dette for å illustrere hva som er lavest mulige sum av konsentrasjoner og høyest mulige sum av konsentrasjoner. I EFSAs gjøres dette ved at man for PFAS som er mindre enn LOQ i beste fall antar at konsentrasjonen er 0 eller i verste fall antar at konsentrasjonen er lik LOQ. Den virkelige konsentrasjonen i prøvene ligger på eller mellom disse verdiene. EFSAs kaller disse verdiene hhv. lower bound (LB) og upper bound (UB). I dette prosjektet ble konsentrasjonene av PFAS som inngår i EFSAs risikovurdering og EUs drikkevannsdirektiv rapportert som både LB og UB til vannverkene, og det blir også gjort i denne rapporten. Når vannverk skal gjennomføre en farekartlegging/risikovurdering er det viktig å velge en analyseleverandør som har lave LOQ for å være så sikker som mulig på de verdiene som skal inngå.

Tabell 3 Oversikt over PFAS som ble analysert, hvor mange F-atomer som er i hvert molekyl, kvantifiseringsgrense (LOQ), hvilke PFAS som er inkludert i henholdsvis EUs drikkevannsdirektiv og EFSAs risikovurdering (markert med 1). Fargene som er brukt i tabellen brukes også i noen av figurene senere i rapporten.

Gruppe	PFAS	Antall karbon i fluorkjeden	Antall fluor	LOQ (ng/L)	Drikkevanns-direktivet	EFSAs risikovurdering
PFCA	PFBA	4	7	0.1	1	
	PFPA	5	9	0.1	1	
	PFHxA	6	11	0.2	1	
	PFHpA	7	13	0.2	1	
	PFOA	8	15	0.2	1	1
	PFNA	9	17	0.2	1	1
	PFDA	10	19	0.1	1	
	PFUnDA	11	21	0.2	1	
	PFDoDA	12	23	0.2	1	
	PFTTrDA	13	25	0.2	1	
	PFTeDA	14	27	0.2		
PFSA	PFPrS	3	7	0.05		
	PFBS	4	9	0.05	1	
	PFPS	5	11	0.05	1	
	PFHxS	6	13	0.05	1	1
	PFHpS	7	15	0.04	1	
	PFOS	8	17	0.05	1	1
	brPFOS	8	17	0.05	1	1
	PFNS	9	19	0.04	1	
	PFDS	10	21	0.1	1	
	PFUnDS	11	23	0.1	1	
	PFDoDS	12	25	0.1	1	
	PFTTrDS	13	27	0.1	1	
PFASA	PFBSA	4	9	0.05		
	PFHxSA	6	13	0.05		
	PFOSA	8	17	0.1		
	N-MeFOSAA	8	17	0.04		
	N-EtFOSAA	8	17	0.04		
FTS	4:2 FTS	4	9	0.05		
	6:2 FTS	6	13	0.05		
	8:2 FTS	8	17	0.05		

* brPFOS er en forgreinet versjon av PFOS. brPFOS er ikke nevnt spesifikt i drikkevannsdirektivet, men brPFOS er inkludert i analysene som EFSAs risikovurderingen er gjort på bakgrunn av. Vi har derfor inkludert brPFOS når vi summerer PFAS for drikkevannsdirektivet og EFSAs-PFAS.

Fra Vansjø vannverk ble det også analysert en månedsblandprøve og to stikkprøver fra slamcontainer som inneholdt koagulert slam fra flotasjon. Det ble også tatt prøver av filtermassen fra tre ulike aktivkull filtre (regenerert i 2018, 2019 og 2020), samt av nytt aktivt kull (kontroll).

2.3. Beregning av rensegrad

For beregning av rensegrad ble prøver av råvann og rentvann som var prøvetatt på samme dag benyttet. Dersom det var flere prøver tatt på samme dag ble mediankonsentrasjon av disse prøvene beregnet og benyttet videre. Dette av hensyn til statistikk, der det kreves like mange prøver av råvann som av rentvann.

Rensegraden ble beregnet som et forhold mellom differansen mellom konsentrasjoner i råvann og rentvann som deretter ble normalisert mot konsentrasjon i råvann.

$$\text{rensegrad} = \frac{(\text{råvannskonsentrasjon} - \text{rentvannskonsentrasjon})}{\text{råvannskonsentrasjon}}$$

Siden usikkerheten ved en konsentrasjon som er rett over LOQ er høyere enn ellers, ble kun resultater som var lik eller mer enn 2×LOQ benyttet. For PFOS og brPFOS var LOQ på 0,05 ng/L, som betyr at alle resultater som var lik eller høyere enn 0,1 ng/L ble inkludert. Vi inkluderte også bare resultater der det var funn i både råvann og rentvann.

Det ble gjennomført utvidet prøvetaking på Vansjø vannverk for å undersøke renseeffekt med hensyn på PFAS gjennom anlegget. På fire ulike prøvedager ble det tatt prøver av både råvann inn på anlegget, etter koagulering-flotasjon-filtrering (koagulering med aluminiumsbasert koagulant, flokkulering, flotasjon, og 2-mediafiltrering med Filtralite/sand) og etter filtrering gjennom ulike parallelle aktivkull-filtre (regenerert i 2018, 2019 og 2020). Resultatene fra denne prøvetakingen er vist i egne figurer og i vedlegg C og vedlegg D. For enkelte parametere var rentvannsverdiene under LOQ, selv om de ble påvist i råvann samme dag. For å få et inntrykk av renseeffekt også for disse parameterne ble LOQ-verdien benyttet for rentvann.

2.4. Statistisk behandling

All behandling av data, fremstilling av data og statistikk er gjort med JMP v. 16.1.0 fra SAS og med Microsoft Excel.

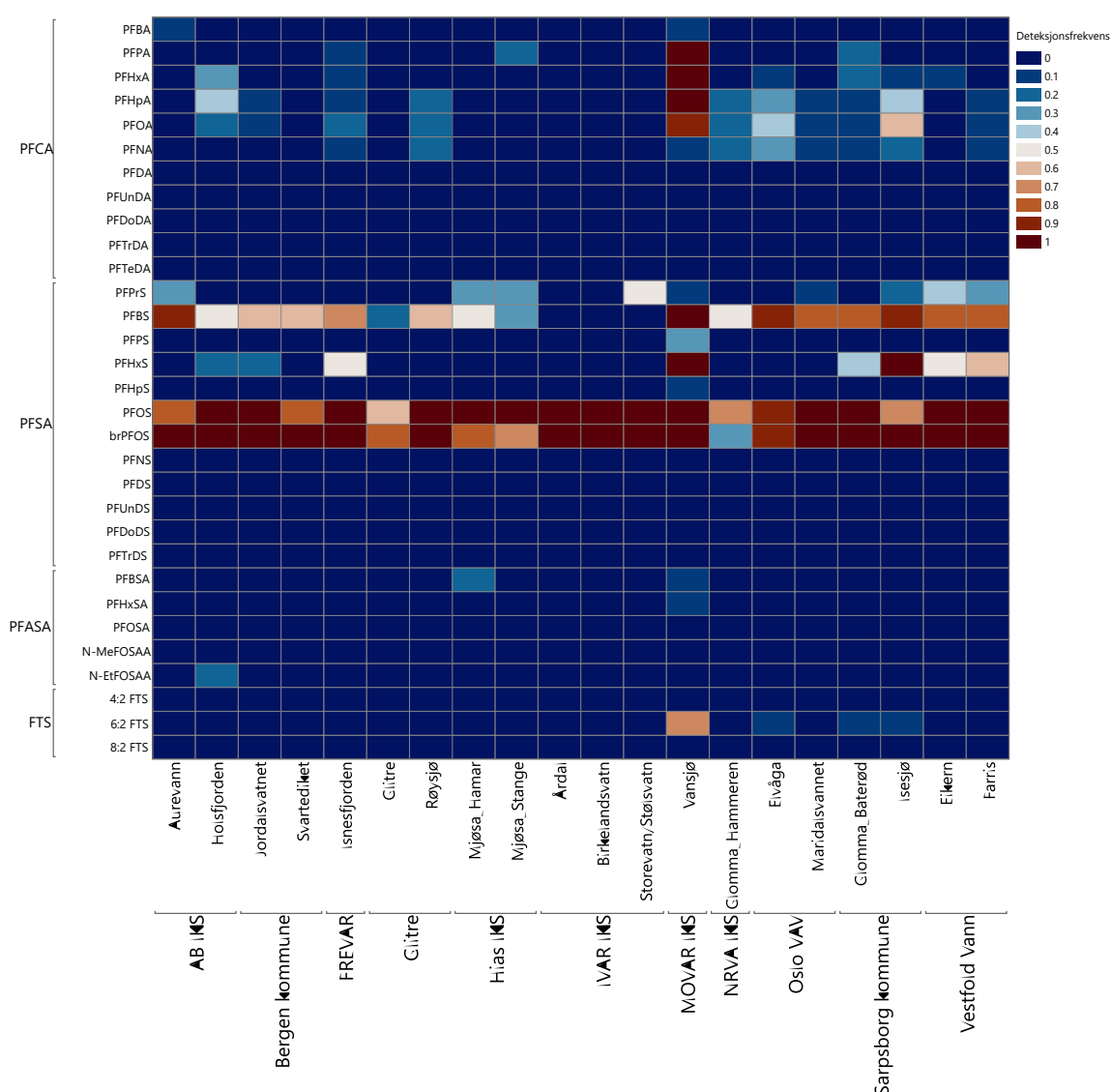
3. Resultater og diskusjon

3.1. Hvilke PFAS ble påvist

Deteksjonsfrekvensen er andelen av detekterte PFAS mot totalt antall prøver analysert. En deteksjonsfrekvens på 1 betyr at alle prøvene var over deteksjonsgrensen, mens en deteksjonsfrekvens på 0.5 betyr at halvparten av prøvene hadde konsentrasjoner over LOQ, og halvparten var ikke påvist (konsentrasjonen var lavere enn LOQ).

Deteksjonsfrekvensen for alle vannprøvene er vist (Figur 2).

Alle vannverk hadde høy deteksjonsfrekvens ($\geq 0,6$) av PFOS mens alle uten NRV også hadde høy deteksjonsfrekvens av brPFOS. Med høye deteksjonsfrekvenser vil konsentrasjonene av PFOS og brPFOS være en god indikator for PFAS i vann.



Figur 2 Oversikt over PFAS som er analysert og hvilken deteksjonsfrekvens de hadde i de ulike vannverkene og drikkevannskildene. Figuren viser data for prøver merket rentvann og råvann samlet. Deteksjonsfrekvensen er avrundet til ett signifikant siffer.

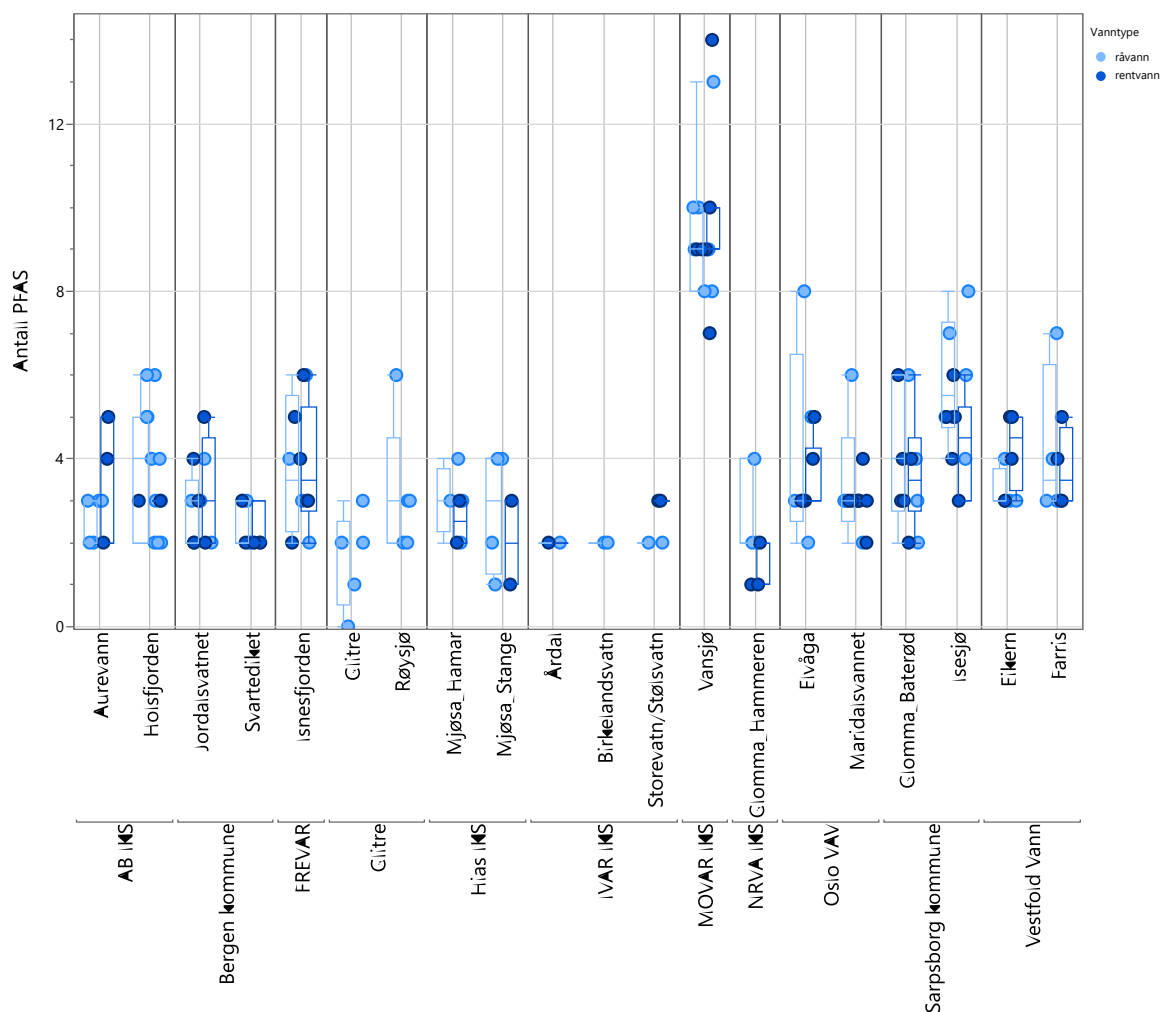
Andre PFAS som ble målt i mange drikkevannskilder var PFBS (kortkjedet/4 karbon) og korte perfluorsyrer (PFCA, fra PFBA til PFNA, dvs fra 4-9 karbon). PFHxS (kortkjedet/6 karbon) ble også målt i 8 av de undersøkte drikkevannskildene. 15 av de analyserte PFAS ble ikke målt over LOQ i noen av prøvene. Dette var lange perfluorsyrer (PFCA, PFDA og lengre), lange perfluorsulfonater (PFSA, PFNS og lengre) samt PFOSA, N-MeFOSAA, 4:2 FTS og 8:2 FTS. I tillegg var det 5 PFAS som kun ble detektert i en drikkevannskilde (PFBA, PFPS, PFHpS, N-EtFOSAA og PFHxSA).

En oversikt over deteksjonsfrekvens for hver PFAS i råvann og rentvann er gitt i Tabell 4.

Tabell 4 Oversikt over antall prøver med påvist/ikke påvist PFAS, samt deteksjonsfrekvenser for prøver merket råvann og rentvann. Deteksjonsfrekvens er oppgitt med to signifikante sifre. Tabellen er sortert etter deteksjonsfrekvens i råvann.

PFAS	Råvann			Rentvann		
	Ikke påvist	Påvist	Deteksjonsfrekvens	Ikke påvist	Påvist	Deteksjonsfrekvens
brPFOS	5	88	0.95	8	63	0.89
PFOS	5	88	0.95	4	67	0.94
PFBS	34	59	0.63	18	53	0.75
PFHxS	67	26	0.28	48	23	0.32
PFHpA	71	22	0.24	59	12	0.17
PFOA	71	22	0.24	59	12	0.17
PFHxA	79	14	0.15	61	10	0.14
PFNA	82	11	0.12	70	1	0.014
PFPA	84	9	0.097	62	9	0.13
6:2 FTS	86	7	0.075	65	6	0.085
PFPrS	91	2	0.022	56	15	0.21
PFPS	91	2	0.022	69	2	0.028
PFBSA	91	2	0.022	70	1	0.014
N-EtFOSAA	91	2	0.022	71	0	0
PFHpS	92	1	0.011	70	1	0.014
PFHxSA	92	1	0.011	70	1	0.014
PFBA	93	0	0	69	2	0.028
PFDA	93	0	0	71	0	0
PFUnDA	93	0	0	71	0	0
PFDoDA	93	0	0	71	0	0
PFTTrDA	93	0	0	71	0	0
PFTeDA	93	0	0	71	0	0
PFNS	93	0	0	71	0	0
PFDS	93	0	0	71	0	0
PFUnDS	93	0	0	71	0	0
PFDoDS	93	0	0	71	0	0
PFTTrDS	93	0	0	71	0	0
PFOSA	93	0	0	71	0	0
N-MeFOSAA	93	0	0	71	0	0
4:2 FTS	93	0	0	71	0	0
8:2 FTS	93	0	0	71	0	0

I mange av prøvene ble det påvist flere enn én PFAS, og en oversikt over hver drikkevannskilde fordelt på råvann og rentvann er vist i Figur 3. Medianverdien for antall PFAS i hver prøve var tre, mens opptil 14 PFAS ble målt i en prøve fra Vansjø. I kun en vannprøve i datasettet (en prøve fra Glitre) ble det ikke målt noen PFAS over deteksjonsgrensen.



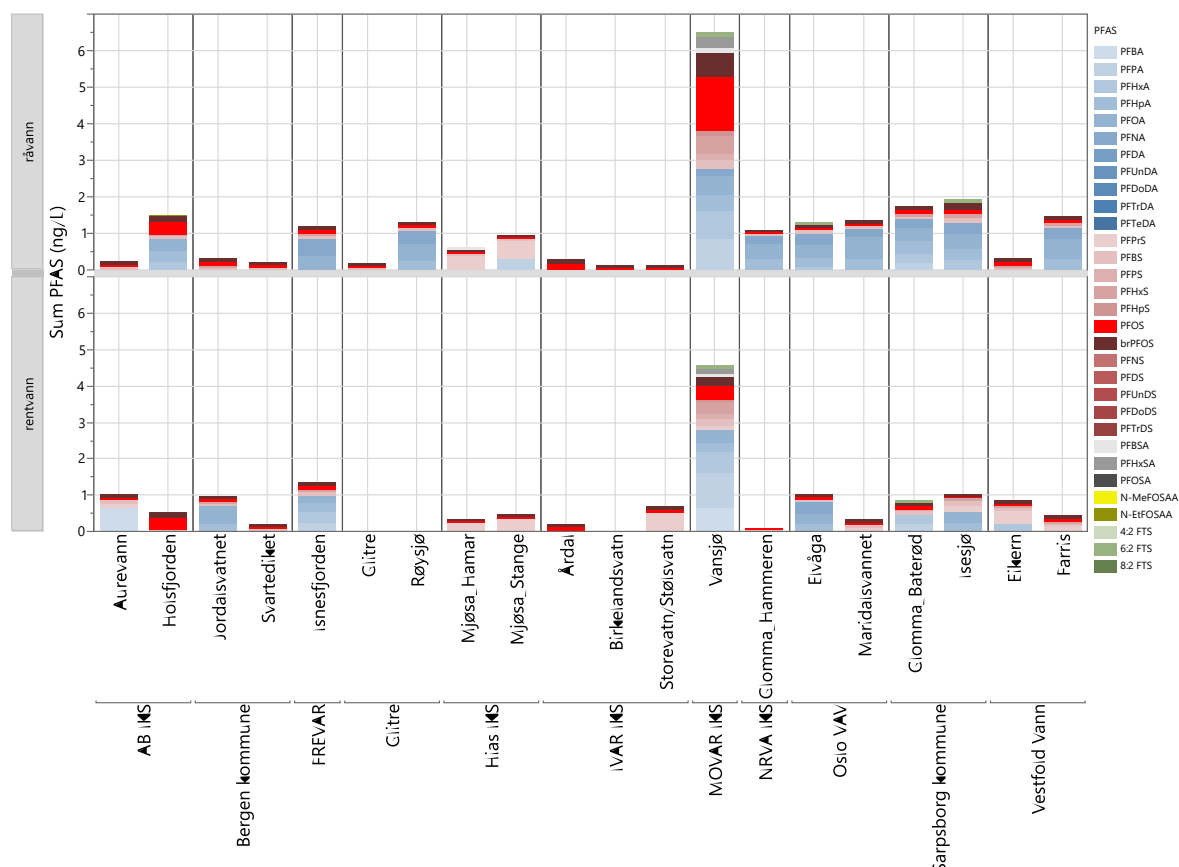
Figur 3. Boksplott med oversikt over antall PFAS påvist i prøver merket råvann (lys blå) og rentvann (mørk blå). Hver vannkilde og vannverk er vist horisontalt. Boksplottene for råvann og rentvann viser median (strek inne i boksen), mens øverste og nederste horisontale linje på boksen representerer 1 og 3 kvartil (og forskjellen mellom disse to punktene kalles interkvartil utstrekning). Enden på utstikkerne fra boksen («whiskers») representerer 1,5 ganger interkvartil utstrekning.

3.2. Hvilke nivåer/konsentrasjoner ble målt

Vurdert opp mot grenseverdiene i drikkevannsdirektivet (100 ng/L for 20 PFAS og 500 ng/L for total PFAS), så var nivåene av PFAS lave i både råvann og rentvann fra alle anlegg, men med betydelig variasjon mellom de ulike anleggene. I Figur 4 er det vist en oversikt over mediansummen av PFAS påvist i hver drikkevannskilde fra alle vannverk. Det varierte en del også innen hver drikkevannskilde når og hvor mange PFAS som ble påvist. Tilsvarende figurer for hver drikkevannskilde er gitt i Vedlegg A, der man ser hver enkelt prøve fra hver drikkevannskilde sortert på dato. Siden det er påvist svært lave verdier av PFAS ved de fleste vannverkene, er det vanskelig å si noe om variasjon i nivåer med sesong og værforhold. Fra Vansjø vannverk ble det påvist forhøyede verdier på en prøvedag. Det er interessant å merke seg at dette var 15. februar, da det var is på Vansjø.

Det er viktig å være klar over at LOQ er forskjellig mellom de ulike PFAS-gruppene. Generelt har perfluorsyrene (vist i blå farge) høyere LOQ enn perfluorsulfonatene (vist i røde/rosa farger). De fleste perfluorsyrene har LOQ på 0.2 ng/L, mens mange av perfluorsulfonatene har LOQ på 0.05 ng/L. Dette betyr at dersom en perfluorsyre blir påvist vil utslaget være 4 ganger større (og dermed stolpen tilsvarende høyere) enn dersom en perfluorsulfonat blir påvist. Det er sannsynligvis lave konsentrasjoner til stede av perfluorsyrene i mange drikkevann, og tilfeldig når de forekommer i konsentrasjoner høyere enn LOQ og når de forekommer i konsentrasjoner lavere enn LOQ. Denne naturlige variasjonen, med tilfeldig påvisning av perfluorsyrer over LOQ, antas å være hovedårsaken til at det noen ganger er påvist mer PFAS i rentvannsprøven enn i råvannsprøven tatt samme dag (som gir høyere stolper for rentvann enn for råvann i noen av figurene i vedlegg A). Det er ønskelig med så lave LOQ som mulig, men lave LOQ er utfordrende med flere av perfluorsyrene.

Som det også kommer frem av Figur 2 hadde PFOS og brPFOS høy deteksjonsfrekvens, og ble påvist i alle drikkevannskilder (hhv. rød og brun farge). I tillegg ble det i mange drikkevannskilder påvist perfluorsyrer (PFCA vist i blå farger) opp til kjedelengde 9. Også korte perfluorsulfonater (PFSA vist i rosa farger) ble påvist i mange drikkevannskilder. I noen få drikkevannskilder ble det også påvist PFAS fra andre grupper (grå, gul og grønn farge). Disse andre gruppene av PFAS er ikke inkludert i den laveste grenseverdien i drikkevannsdirektivet på 100 ng/L for 20 PFAS, men vil inngå i den høyere grenseverdien på 500 ng/L for total PFAS.



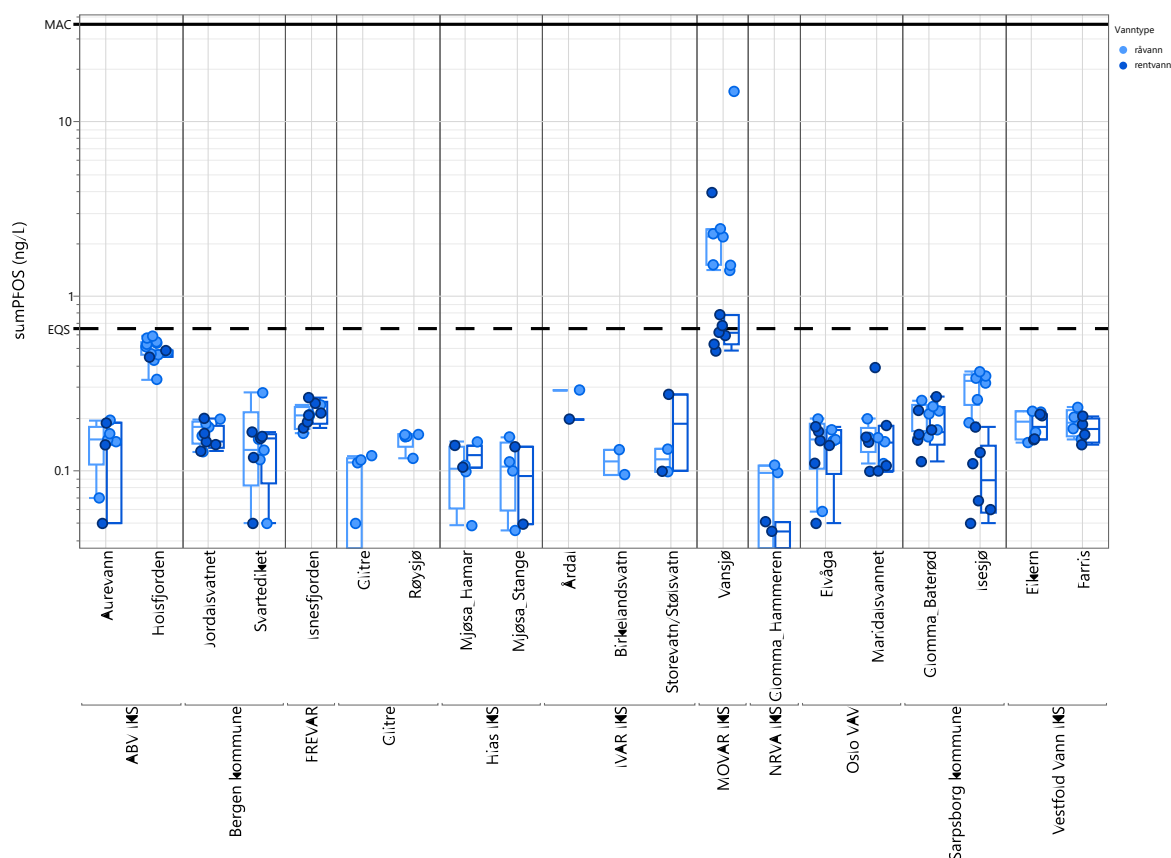
Figur 4 Sum av mediankonsentrasjoner (der data <LOQ er utelatt, dvs. LB) av alle de 31 analyserte PFAS for alle vannkilder og vannverk (ng/L). De ulike PFAS-gruppene som er analysert har ulike farger (se også Tabell 3 for forklaring av farger). Råvann er vist øverst, mens rentvann er vist nederst.

De høyeste nivåene ble funnet i Vansjø (Figur 4). Rett i nærheten av Vansjø har det vært et øvingsfelt for brann i forbindelse med den nedlagte flyplassen Rygge. Det er kjent at ved slike øvingsfelt er det benyttet brannskum som inneholder PFAS¹¹⁾. De tidvis høyere nivåene (se detaljer i Vedlegg A) skyldes i hovedsak brannøvingsfeltet.

11) <https://avinor.no/konsern/miljo-og-samfunn/pfos-i-fokus/>

Forsvarsbygg har hatt fokus på dette siden 2012 og har gjennomført betydelige tiltak. Nivåene av PFAS i Vansjø har derfor vist synkende trend de senere årene.

Fra og med 22. desember 2018 ble PFOS og forløpere tatt med på listen over prioriterte stoffer i Vannforskriften, som skal inngå i vurderingen av kjemisk tilstand for vannforekomster. God kjemisk tilstand for disse nye stoffene skal oppnås innen 22. desember 2027. For PFOS er miljøkvalitetsstandard for ferskvann (EQS) satt til 0.65 ng/L for årlig gjennomsnitt, med 36 µg/L som maksimalverdi (MAC). PFOS i Vannforskriften omfatter både PFOS og br-PFOS. Ingen av råvannsprøvene fra vannverkene overskred maksimalverdien, og det var kun råvannsprøver fra Vansjø som overskred verdien for årlig gjennomsnitt Figur 5.

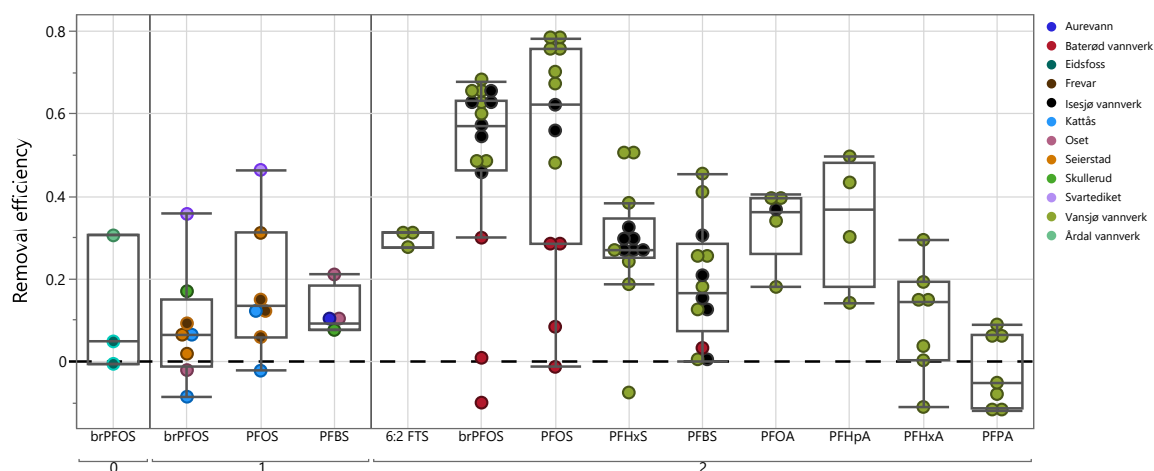


Figur 5 Oversikt over sum PFOS (PFOS + brPFOS). MAC og EQS fra Vanndirektivet er satt inn som hhv. heltrukken og stiplet linje. For hver vannkilde er råvannsprøver (lys blå) og rentvannsprøver (mørk blå) markert som sirkler med tilhørende boksplott.

3.3. Rensegrad ved vannbehandlingsanleggene

Rensegrad av flere PFAS ble undersøkt der det var mulig. For rensegraden ble dataene beregnet som beskrevet i kapittel 2.3. Kort oppsummert ble en ratio mellom konsentrasjonsdifferansen mellom råvann og rentvann normalisert (dividert) på råvannskonsentrasjonen. En ratio på 1 betyr at alt ble fjernet ved rensing, mens en ratio på 0.5 betyr at halvparten av PFAS ble rensset/fjernet fra vannfasen. Informasjon om hvilke renseprosesser (relevante for PFAS) som finnes ved hvert anlegg er vist i Tabell 2. Hvor mange prøver som ble inkludert i beregningen av rensegrad for hvert PFAS er vist i Figur 6. Det var totalt tilgjengelig 232 par med prøver der både råvann og rentvann ble tatt på samme dag, og der det ble påvist ett eller flere PFAS i både rentvann og råvann. Av dette var 110 prøver detektert i lik eller større mengde enn 2×LOQ i råvann slik at det var mulig å beregne en rensegrad med tilstrekkelig sikkerhet i analysekonsentrasjoner.

Rensegraden er vist i Figur 6 og statistiske data er vist i Tabell 5. brPFOS og PFOS hadde høy grad av rensing for vannverk som brukte kategori 2 rensing (dvs. koagulering/partikkelfjerning og aktivt kull), med median rensegrad på hhv. 0.57 og 0.62. Imidlertid var rensegraden ved Baterød variabel og lavere enn på Vansjø og Isesjø, noe som reduserte medianverdiene. PFHxS hadde lavere median rensegrad på 0.27, noe som er i tråd med at denne PFSA (sulfonat) er mer vannløselig. Også PFOA og PFHpA som er mer vannløselig enn PFOS/brPFOS hadde lavere rensegrad (0.36 og 0.37), mens de mer vannløselige PFCA (syrer) med kortere kjedelengde hadde synkende rensegrad. brPFOS var den eneste PFAS som det kunne beregnes en renseeffekt for ved alle tre rensekategorier. Det var ikke forskjell i rensegrad mellom kategori 0 og 1 (median rensegrad var lavere enn 0.1, men det må også bemerkes at nivåene av PFAS var svært lave i både råvann og rentvann for alle disse anleggene), mens for renskategori 2 var rensegraden betydelig høyere (medianverdi 0.57).



Figur 6 Renseeffekt vs. kategori/omfang av rensing og type PFAS basert på prøver der råvannsprøven inneholder PFAS-konsentrasjon $\geq 2 \times \text{LOQ}$ og der det er påvist PFAS også i rentvann. For ulike kategorier av rensing se Tabell 2. De ulike vannbehandlingsanleggene har ulike farger. PFAS med kun én beregnet rensegrad er ikke tatt med (PFPS, PFBSA, PFHpS, PFHxSA og PFNA). Det er heller ikke vist rensegrad dersom det kun var en prøve innen hver rensekategori (dette gjaldt PFOS for renskategori 0).

Tabell 5 Rensegrad av PFAS for vannverk delt i ulike rensekategorier (med 0, 1 eller 2 potensielle rensetrinn for PFAS i vannbehandlingen). Minimum, median og maksimum er vist med to gjeldende sifre. Ved negativ rensegrad betyr dette at råvannskonsentrasjonen var lavere enn rentvannskonsentrasjonen denne dagen.

PFAS	Rensekategori 0			Rensekategori 1			Rensekategori 2		
	Min.	Median	Max.	Min.	Median	Max.	Min.	Median	Max.
PFOS				-0.022	0.13	0.46	-0.013	0.62	0.78
brPFOS	-0.0054	0.049	0.31	-0.085	0.065	0.36	-0.099	0.57	0.68
PFHpA							0.14	0.37	0.5
PFOA							0.18	0.36	0.4
6:2 FTS							0.28	0.31	0.31
PFHxS							-0.075	0.27	0.51
PFBS				0.077	0.091	0.21	0.0018	0.17	0.46
PFHxA							-0.11	0.14	0.29
PFPA							-0.12	-0.052	0.089

Resultatene fra utvidet prøvetaking ved Vansjø vannverk for å undersøke renseeffekt med hensyn på ulike PFAS gjennom anlegget er vist i Figur 7 (ulike prøvedager), samt i vedlegg C og D. Det ble oppnådd en betydelig fjerning av PFOS. Det var koagulering-flotasjon-filtrering som ga størst fjerning av PFOS, hhv. 63%, 46%, 62% og 66% for de 4 prøveuttaksdatoene, mens ytterligere rensegrad på verdiene før og etter aktivt kull var i gjennomsnitt hhv. 43%, 49%, 38% og 6% (Figur 7 og vedlegg C).

Det ble også oppnådd noe renseeffekt for enkelte andre PFAS, men generelt langt mindre total renseeffekt for kortkjedede PFAS enn for PFOS (Figur 7 og vedlegg C). For kortkjedede PFAS antyder resultatene at rensingen var mer betydelig over aktivt kull filter enn over koagulering-flotasjon-filtrering (Figur 7 og vedlegg C). Analysene av slam fra flotasjonen bekreftet dette. Her ble det kun påvist PFAS som regnes som langkjedede, det vil si PFNA, PFOA, PFOS, br-PFOS (Figur 8), mens det også ble funnet flere av de mer kortkjedede PFAS fra råvannet i filtermasse fra kullfiltrene (Vedlegg D).

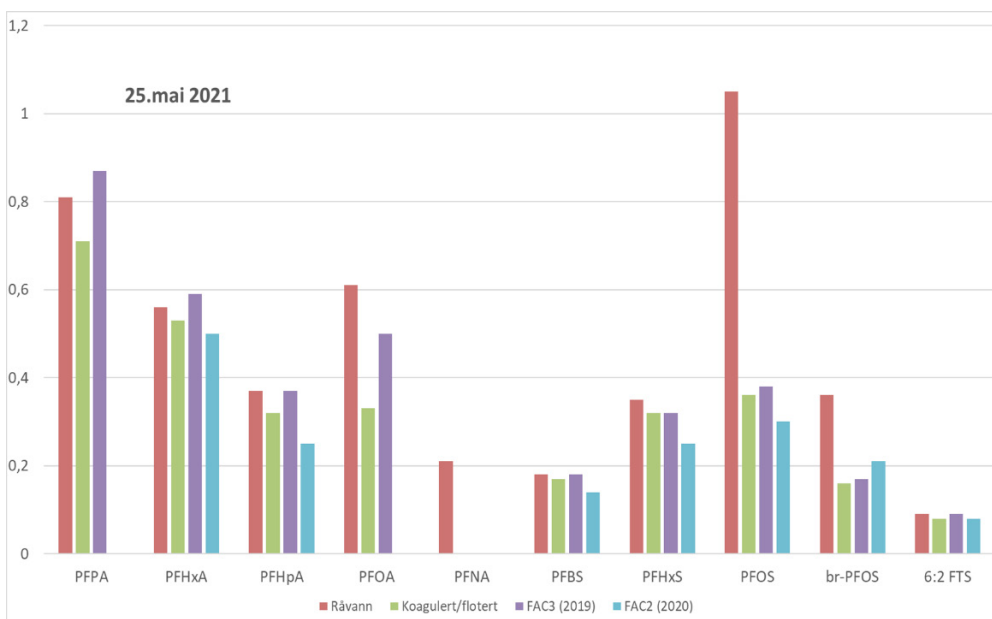
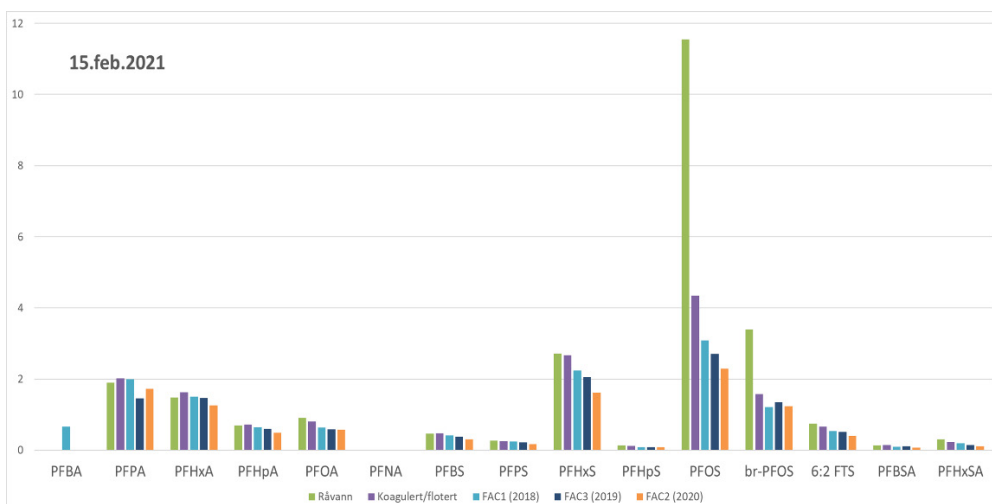
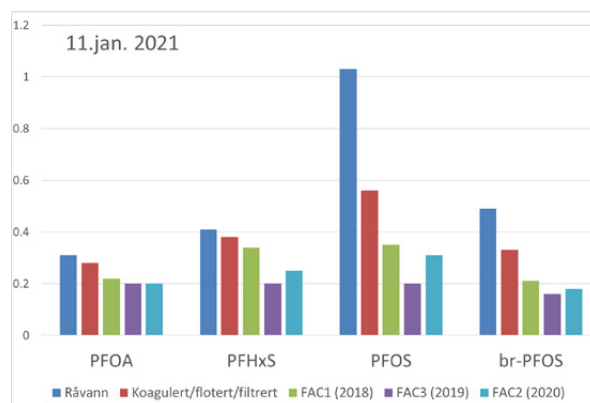
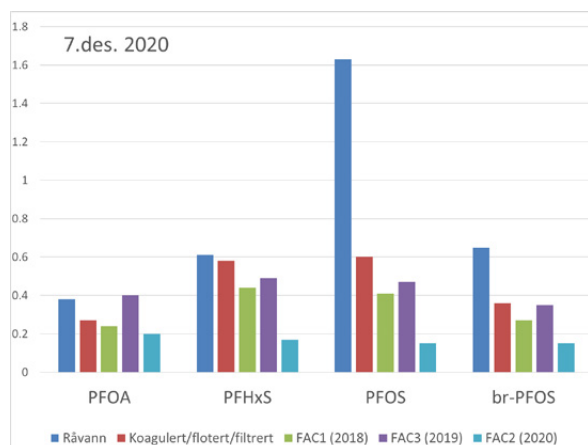
Fra figur 7 og 8 sees også at mengden langkjedede PFAS i slammet fra flotasjonen gjenspeilet nivåene som ble målt i råvannet, med betydelig mer PFAS i slammet den 15. februar da det også var forhøyede verdier i råvannet.

I filtermasse fra kullfiltrene var det ingen klar sammenheng mellom adsorbert mengde og driftstid for de 3 kullfiltrene (Tabell 6). Utenlandske studier har vist at kullfiltre raskt går i metning for ulike PFAS, og må regenereres ofte¹²⁾. Målingene indikerer at mer enn 1 års driftstid kan være for lenge for optimal adsorpsjon av PFAS også ved Vansjø vannverk. Det må bemerkes at analyse av PFAS i filtermasse fra kullfiltre ikke var en stor del av prosjektet, og at analysemetodene som ble brukt ikke er optimalisert for å håndtere dette prøvematerialet. Det er en sannsynlighet for at PFAS nivåene i kullfiltret kan være noe underestimert på grunn av begrenset ekstraksjonsutbytte.

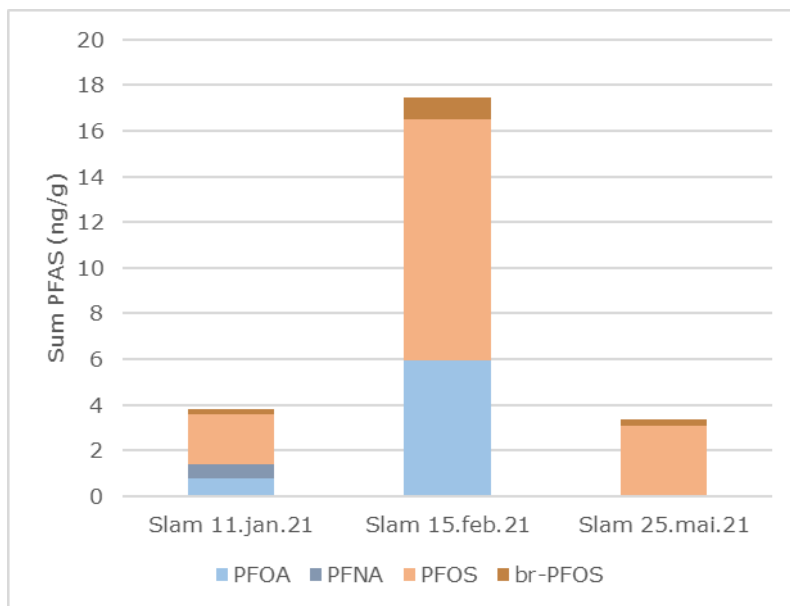
Tabell 6 Oversikt over adsorpsjon av PFAS og tid i drift for 3 ulike kullfilter (se også vedlegg D)

Kullfilter	FAC1	FAC3	FAC2
Driftsatt år	2018	2019	2020
Sum PFAS (ng/g)	16,5	10,3	15,8

12) [SVU-rapport_2017-20.pdf \(griffel.net\)](#)



Figur 7 Mengden (ng/L) av ulike PFAS i råvann, etter koagulering-flotasjon-filtrering og etter 3 ulike aktivt kullfilter (år siden regenerering i parentes) for 4 ulike prøvedager ved Vansjø vannverk. Merk at skalaen på y-aksen varierer.



Figur 8 Sum PFAS (ng/g tørrvekt) i slam fra flotasjonen fra Vansjø vannverk ved tre ulike prøvedager. Se vedlegg D for rådata.

3.4. PFAS i drikkevann vurdert opp mot reguleringer

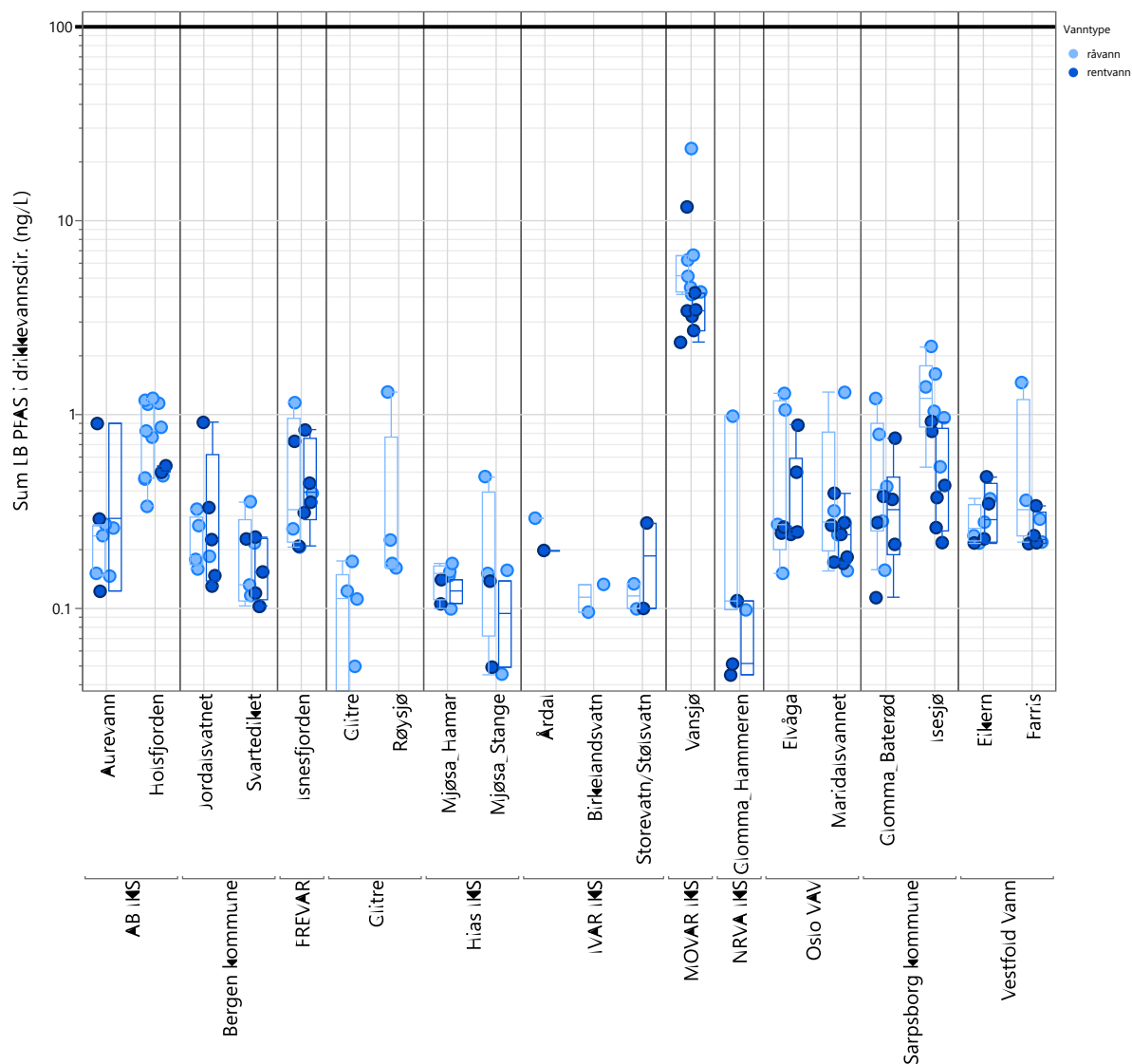
3.4.1. PFAS inkludert i EUs drikkevannsdirektiv

Det er 20 PFAS inkludert i den laveste grenseverdien på 100 ng/L i EUs drikkevannsdirektiv (Tabell 3). Den laveste summen av konsentrasjoner av 20 PFAS (dvs. LB der PFAS <LOQ er satt til 0) er vist i Figur 9, mens den høyeste teoretisk mulige summen av konsentrasjoner av 20 PFAS (dvs. UB der PFAS <LOQ er satt til LOQ) er vist i Figur 10. Som figurene viser var konsentrasjonene, både basert på LB og UB, i både råvann og rentvann fra alle vannverkene, betydelig lavere enn grenseverdien på 100 ng/L.

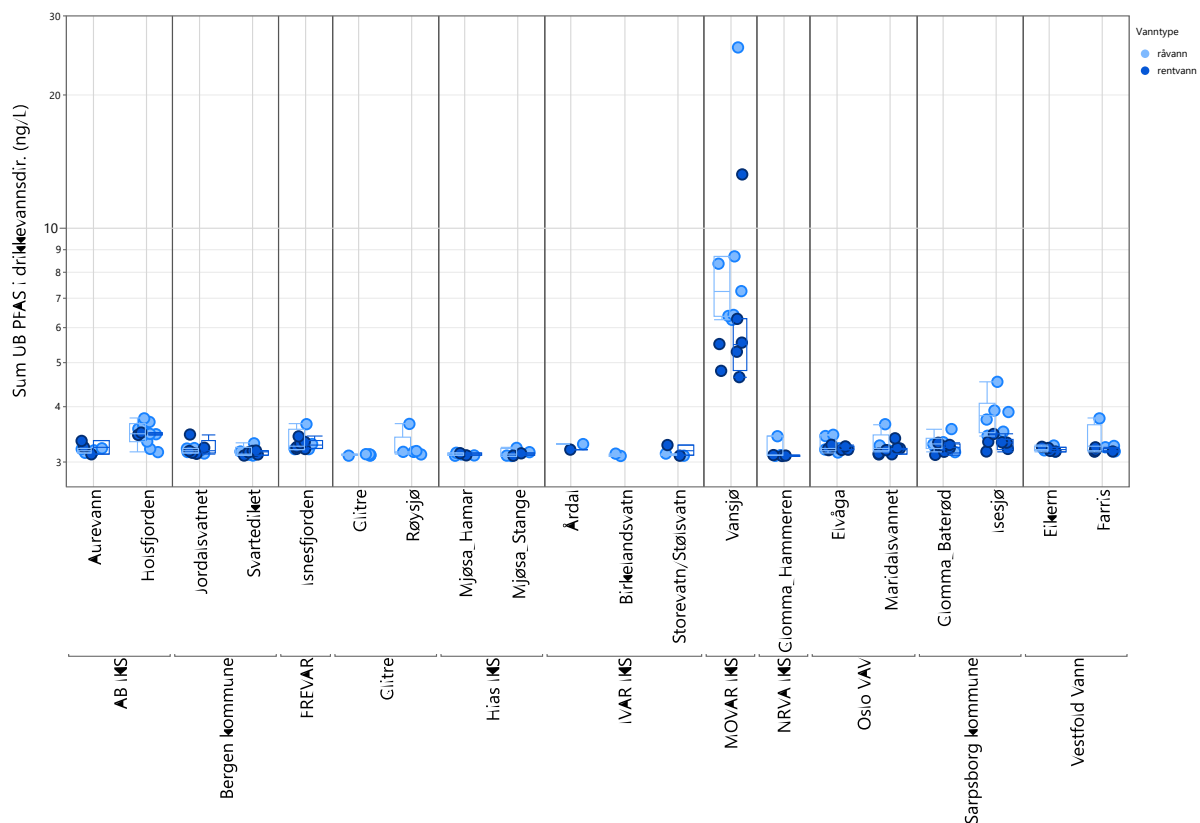
For miljøkonsentrasjoner er medianverdier oftest mer representative enn gjennomsnittskonsentrasjoner. Mediankonsentrasjonen for summen av 20 PFAS (LB) for drikkevann fra alle vannverkene som deltok i prosjektet var på 0.23 ng/L. For LB var 75% av prøvene under 0.44 ng/L og 90% av prøvene var under 1.1 ng/L. Dette er lave verdier sammenlignet med hva som er rapportert fra mange andre land, blant annet Sverige¹³⁾.

Siden det er en sum av 20 PFAS er det en forskjell mellom LB og UB for både rentvann og råvannsprøver siden det for mange prøver vil være en sum av mange LOQ. Antallet PFAS påvist i hver prøve var 3 PFAS (median), og derfor vil UB for svært mange prøver domineres av LOQ siden det er en sum av 20 PFAS. Det er derfor ønskelig med så lave LOQ som mulig for å minimere usikkerhet om reell konsentrasjon i prøvene.

13) [L 2021 nr 21 - Kartlegging av per- og polyfluorerte alkylsubstanter \(livsmedelsverket.se\)](#)



Figur 9 Sum av 20 PFAS (LB) som inngår i EUs drikkevannsdirektiv i prøver fra hvert vannverk/hver drikkevannskilde. Råvannsprøver er i lys blå sirkler mens rentvann er i mørk blå sirkler med tilhørende boksplokk. Merk at y-skalaen er på log10-format. Grensen i drikkevannsdirektivet (100 ng/L) er markert med heltrukket svart linje. LB betyr at for PFAS under LOQ er delsummen satt til 0.



Figur 10 Sum av 20 PFAS (UB) som inngår i EUs drikkevannsdirektiv i prøver fra hvert vannverk/hver drikkevannskilde. Merk at y-skalaen er på log10-format. UB betyr at for PFAS under LOQ er delsummen satt til LOQ.

3.4.2. PFAS inkludert i EFSAs risikovurdering

Siden EFSA har gjort en beregning av hvor mye PFAS man tåler er det av interesse å se på hvor mye det er av de 4 PFAS som inngår i EFSAs risikovurdering i de norske drikkevannsprøvene. På samme måte som for EUs drikkevannsdirektiv gjøres det en beregning av LB og UB for summen av de 4 PFAS, og dette er vist i hhv. Figur 11 og Figur 12. I figurene er det også satt inn en stiplet linje for det strenge danske drikkevannskravet på 2 ng/L. Alle vannverkene, med unntak av Vansjø, hadde både LB-verdier og UB-verdier under 2 ng/L for alle råvanns- og rentvannsprøvene. For rentvann var det kun en dagsprøve (det vil si medianverdien av tre prøver tatt samme dag) fra Vansjø som overskred det strenge danske kravet.

Folkehelseinstituttet har beregnet at for barn (2 år) og kvinner overskrides tålegrensen (TWI) fra EFSA allerede ved et normalt kosthold (fratrasket drikkevann), mens voksne menn kan i tillegg drikke vann med 2,6 ng/L uten at TWI overskrides¹⁴⁾. Fisk, frukt og egg er de matvaregruppene som bidrar med mest til det ukentlige inntaket.

I vår undersøkelse av det norske drikkevannet utgjorde de 4 PFAS som inngår i EFSAs risikovurdering i gjennomsnitt omtrentlig 60% av de 20 PFAS som inngår i grenseverdien i EU-direktivet. En grenseverdi på 100 ng/L for de 20 PFAS vil derfor tilsvare i størrelsesorden 60 ng/L for de 4 PFAS. Dette vil selvsagt variere med lokale forhold.

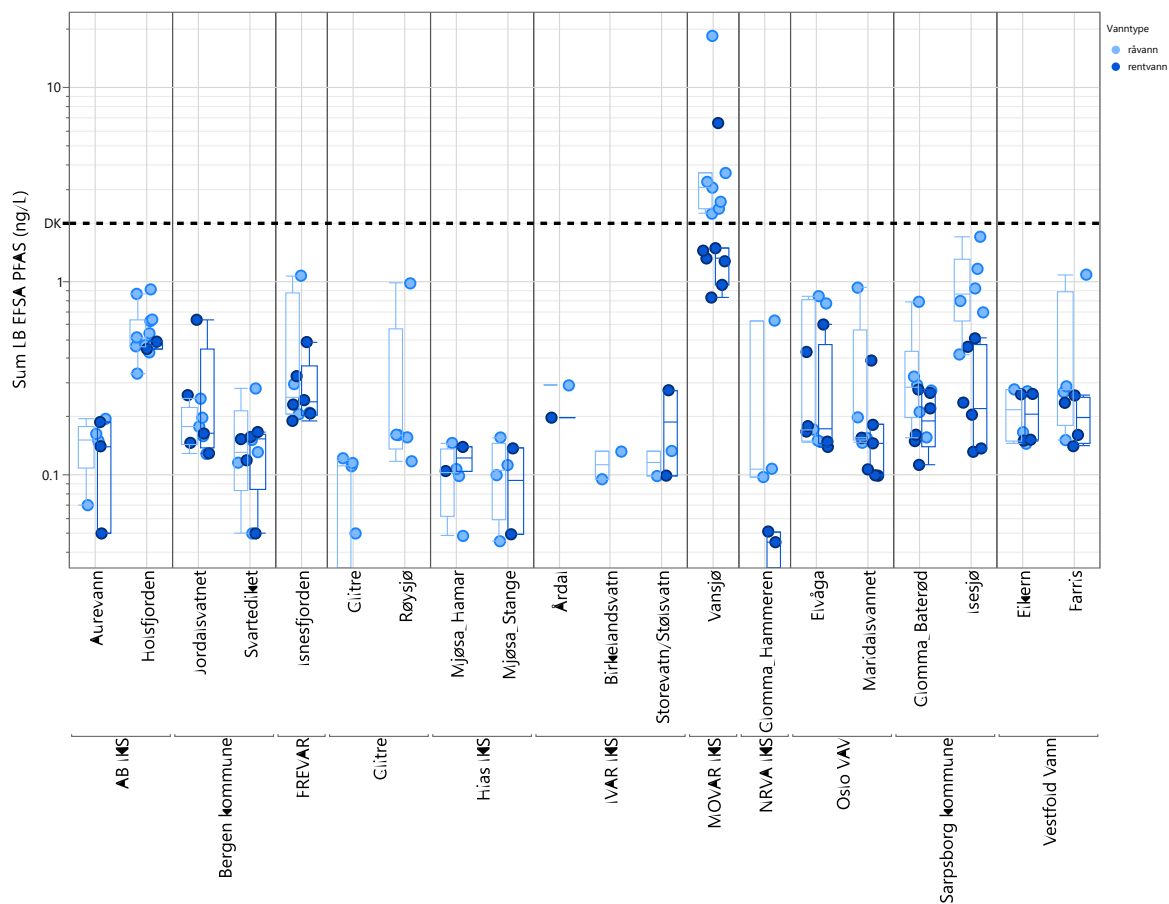
Folkehelseinstituttet benytter i sine beregninger en kroppsvekt for 2 åringer på 12.8 kg, voksne kvinner 69.2 kg og voksne menn 86.2 kg. Videre anslår de at 2 åringer daglig drikker 0.32 L vann, kvinner 1.67 L vann og menn 1.84 L vann. For 2 åringer, kvinner og menn som drikker vann med 60 ng/L (4 PFAS som inngår i EFSAs risikovurdering) så vil det ukentlige inntaket da være henholdsvis 10.5, 10.1 og 9.0 ng/kg kroppsvekt. Dette overskrider TWI med drøye faktor 2 (EFSAs ukentlige tålegrensen er satt til 4.4 ng/kg kroppsvekt for summen av 4 PFAS). I mange land diskuteres det derfor om det bør settes strengere grenseverdier for drikkevannet. Som nevnt har Danmark allerede gjort dette, og satt en grenseverdi på 2 ng/L for summen av de 4 PFAS.

For 2 åringer, kvinner og menn som drikker vann med 2 ng/L (den strenge danske kravverdien) så vil det ukentlige inntaket være henholdsvis 0.35, 0.34 og 0.30 ng/kg kroppsvekt (basert på FHIs tall om vekt og daglig inntak av drikkevann). Dette tilsvarer i underkant av 8% av TWI. En så streng grenseverdi som den danske vil for mange land være urealistisk å gjennomføre i praksis. Norge er i en heldigere situasjon som har mange store drikkevannskilder med relativt lite historisk og pågående industriell aktivitet i nedbørfeltene.

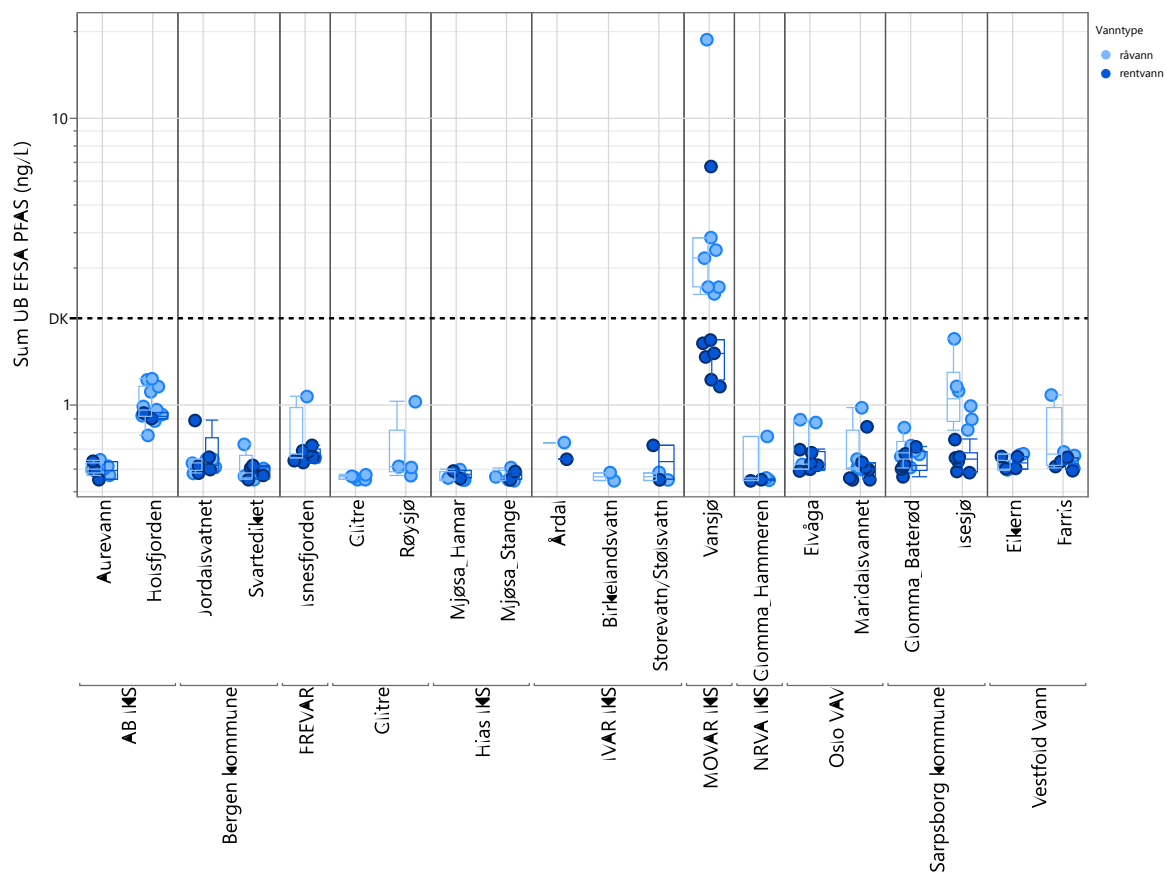
Den høyeste verdien for de 4 PFAS som ble målt i rentvann i denne studien var 6.6 ng/L, (medianverdi av dagsprøver målt en dag ved Vansjø vannverk). Hvis denne forhøyede verdien hadde vedvart i en uke ville det ukentlige inntaket vært omtrent 25% av TWI. På de øvrige prøvedagene ble det målt < 2 ng/L i drikkevannet ved Vansjø vannverk.

Mattilsynet skriver på sine hjemmesider at den kommende grenseverdien i drikkevannsforskriften (100 ng/L for 20 PFAS) tillater vannverkseieren å akseptere noe PFAS i drikkevannet, og at helseeffekten av å drikke vann oppveier som regel ulempene ved å få i seg små mengder PFAS fra drikkevannet. Mattilsynet anbefaler uansett å jobbe for å få ned konsentrasjonen av PFAS, også ved påviste konsentrasjoner under 100 ng/L. De skriver videre at det alltid må være et mål å redusere den totale mengden vi får i oss.

14) https://www.matportalen.no/matvaregrupper/tema/fisk_og_skalldyr/article57860.ece/BINARY/Folkehelseinstituttet%20-%20vurdering%20PFAS%2025.09.2020



Figur 11 Sum av 4 PFAS (LB) som inngår i EFSA's risikovurdering i drikkevann for hvert vannverk/hver drikkevannskilde. Merk at y-skalaen er på log10-format. Figuren viser LB av summen, dvs. for PFAS under LOQ er delsummen satt til 0. Den stiplede linjen viser den strenge danske grenseverdien for disse 4 PFAS på 2 ng/L.



Figur 12 Sum av 4 PFAS (UB) som inngår i EFSA's risikovurdering i drikkevann for hvert vannverk/hver drikkevannskilde. Figuren viser UB av summen, dvs. for PFAS under LOQ er delsummen satt til LOQ. Den stiplede linjen viser den strenge danske grenseverdien for disse 4 PFAS på 2 ng/L.

4. Konklusjon

Det ble målt noe PFOS og br-PFOS i vannprøver fra alle vannverkene. Fra flere vannverk ble det også påvist andre PFAS. Nivåene varierte mellom de ulike vannverkene og mellom ulike prøver fra samme anlegg, men verdiene var generelt svært lave. Alle råvannsprøvene og rentvannsprøvene hadde konsentrasjoner langt under grenseverdien på 100 ng/L for 20 PFAS i drikkevannsdirektivet/kommende drikkevannsforskrift.

Grenseverdiene i drikkevannsdirektivet gjenspeiler ikke tålegrensen for 4 PFAS fra EFSA. Danmark har derfor satt en langt strengere grenseverdi på kun 2 ng/L for 4 PFAS. En slik grenseverdi tilsvarer at man godtar at omtrent 10% av totalt trygt ukentlig inntak av PFAS kan komme fra drikkevann. I mange land vil det være krevende/urealistisk å oppnå en så lav verdi i drikkevannet. I drikkevannsprøvene fra vår kartlegging ble det målt verdi over 2 ng/L på kun en prøvedag fra kun ett vannverk.

Resultatene fra prosjektet bekrefter at inntaket av PFAS fra drikkevann, fra de deltagende vannverkene som forsyner mer enn 2 millioner mennesker med drikkevann, er langt lavere enn inntaket fra annen mat. I Norge har vi stort sett tilgang på gode råvannskilder med relativt lite historisk og pågående industriaktivitet i nedbørfeltene. PFAS-utfordringen er likevel en påminnelse om viktigheten av å fortsatt beskytte våre drikkevannskilder.

Resultater fra Vansjø vannverk viste at vannbehandling med koagulering-partikkelseparasjon og aktivt kull vil kunne redusere PFAS nivåene noe (5-70% avhengig av type PFAS, mest for PFOS med omtrent 70% renseeffekt).

PFOS er tatt med på listen over prioriterte stoffer i Vannforskriften, og noen steder er det behov for tiltak for å rydde opp i PFAS-forurensning fra flyplasser og gammel industri for å sikre god kjemisk tilstand i lokale vannforekomster. Dette arbeidet vil også bidra til å redusere nivået av PFAS i påvirkede drikkevannskilder.

5. Referanser

- Andrews, David Q., og Olga V. Naidenko. 2020. «Population-Wide Exposure to Per- and Polyfluoroalkyl Substances from Drinking Water in the United States». *Environmental Science & Technology Letters* 7 (12): 931–36. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.0c00713>.
- Cousins, Ian T., Jamie C. DeWitt, Juliane Glüge, Gretta Goldenman, Dorte Herzke, Rainer Lohmann, Carla A. Ng, Martin Scheringer, og Zhanyun Wang. 2020. «The High Persistence of PFAS Is Sufficient for Their Management as a Chemical Class». *Environmental Science: Processes & Impacts* 22 (12): 2307–12. <https://doi.org/10.1039/DOEM00355G>.
- Cousins, Ian T., Gretta Goldenman, Dorte Herzke, Rainer Lohmann, Mark Miller, Carla A. Ng, Sharyle Patton, mfl. 2019. «The Concept of Essential Use for Determining When Uses of PFASs Can Be Phased Out». *Environmental Science: Processes & Impacts* 21 (11): 1803–15. <https://doi.org/10.1039/C9EM00163H>.
- Cousins, Ian T., Carla A. Ng, Zhanyun Wang, og Martin Scheringer. 2019. «Why Is High Persistence Alone a Major Cause of Concern?» *Environmental Science: Processes & Impacts* 21 (5): 781–92. <https://doi.org/10.1039/C8EM00515J>.
- Domingo, José L., og Martí Nadal. 2019. «Human Exposure to Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) through Drinking Water: A Review of the Recent Scientific Literature». *Environmental Research* 177 (oktober): 108648. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108648>.
- EC (European Commission). 2020. *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the quality of water intended for human consumption (recast) – Outcome of proceedings*. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-5813-2020-INIT/en/pdf>.
- Grønning, H.M., G.Aa Slinde, S. Hale, H.A. Langeberg, Morten Jartun, og Jan Thomas Rundberget. 2019. «PFAS Tyrifjorden 2018. Environmental Monitoring of PFAS in Biotic and Abiotic Media». M-1318. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1318/m1318.pdf>.
- Hale, Sarah, Hans Peter Arp, Ivo Schliebner, og Michael Neumann. 2020. «Persistent, Mobile and Toxic (PMT) and Very Persistent and Very Mobile (VPvM) Substances Pose an Equivalent Level of Concern to Persistent, Bioaccumulative and Toxic (PBT) and Very Persistent and Very Bioaccumulative (VPvB) Substances under REACH». 1–15. <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00440-4>.
- Haug, Line Småstuen, Samira Salihovic, Ingrid Ericson Jogsten, Cathrine Thomsen, Bert van Bavel, Gunilla Lindström, og Georg Becher. 2010. «Levels in Food and Beverages and Daily Intake of Perfluorinated Compounds in Norway». *Chemosphere* 80 (10): 1137–43. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.06.023>.
- Hu, Xindi C., Andrea K. Tokranov, Jahred Liddie, Xianming Zhang, Philippe Grandjean, Jaime E. Hart, Francine Laden, Qi Sun, Leo W. Y. Yeung, og Elsie M. Sunderland. 2019. «Tap Water Contributions to Plasma Concentrations of Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFAS) in a Nationwide Prospective Cohort of U.S. Women». *Environmental Health Perspectives* 127 (6): 067006. <https://doi.org/10.1289/EHP4093>.
- Langberg, Håkon A., Gijs D. Breedveld, Gøril Aa. Slinde, Hege M. Grønning, Åse Høisæter, Morten Jartun, Thomas Rundberget, Bjørn M. Jenssen, og Sarah E. Hale. 2020. «Fluorinated Precursor Compounds in Sediments as a Source of Perfluorinated Alkyl Acids (PFAA) to Biota». *Environmental Science & Technology* 54 (20): 13077–89. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c04587>.
- Miljødirektoratet. 2005. «Kartlegging av PFOS i brannskum.» TA-2139/2005. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/klif2/publikasjoner/kjemikalier/2139/ta2139.pdf>.

Nielsen, M. 2018. «Kartlegging av brannøvingslokaliteter.» 17-0032.

OECD. 2018. «Toward a new comprehensive global database of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs): Summary report on updating the OECD 2007 list of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs)». ENV/JM/MONO(2018)7. Series on Risk Management. No. 39. [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV-JM-MONO\(2018\)7&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV-JM-MONO(2018)7&doclanguage=en).

Pelch, Katherine E., Anna Reade, Taylor A. M. Wolffe, og Carol F. Kwiatkowski. 2019. «PFAS Health Effects Database: Protocol for a Systematic Evidence Map». *Environment International* 130 (september): 104851. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.05.045>.

«PFAS-Tox Database». u.å. Åpnet 27. april 2021. <https://pfastoxdatabase.org/>.

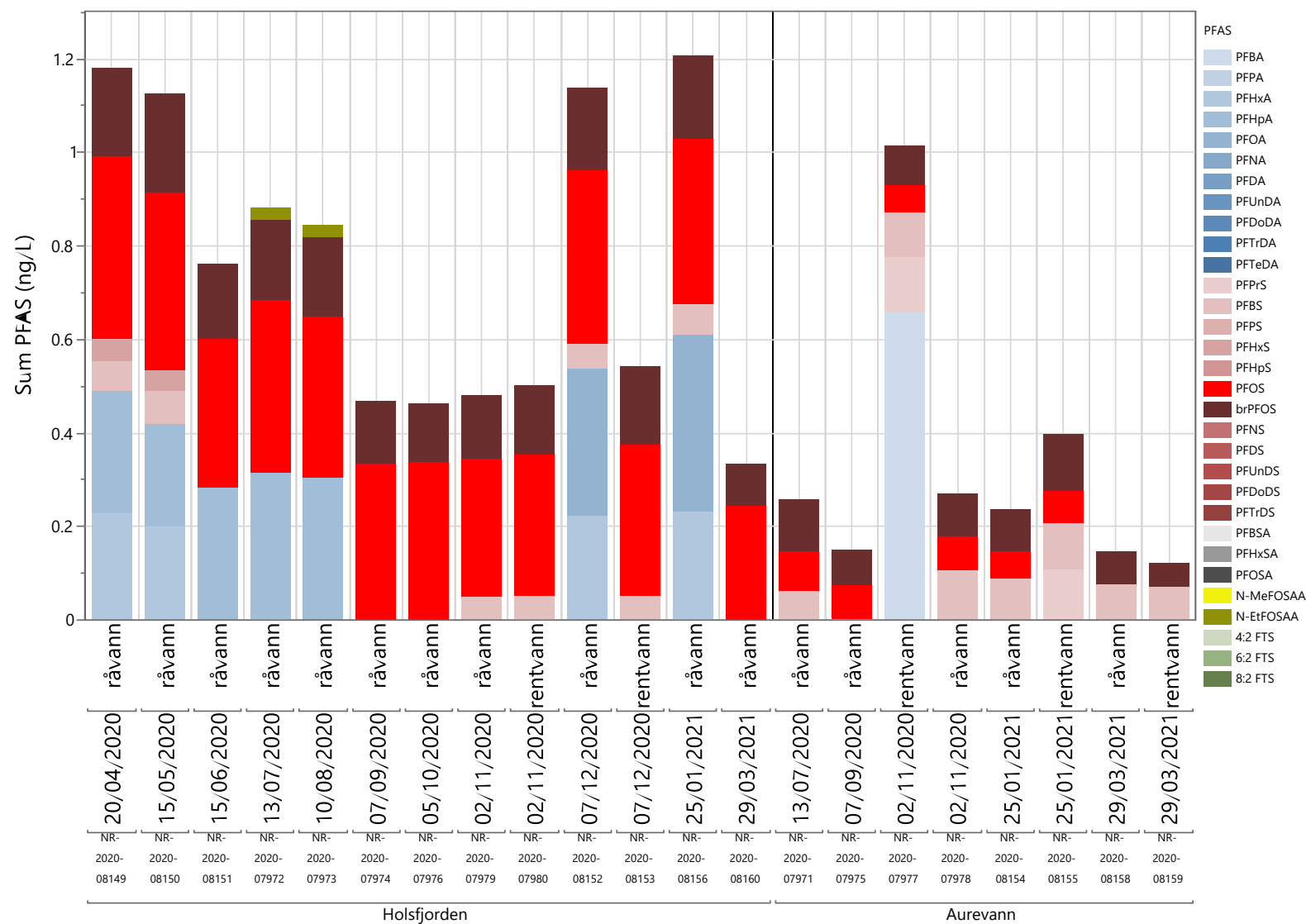
Schrenk, Dieter, Margherita Bignami, Laurent Bodin, James Kevin Chipman, Jesús del Mazo, Bettina Grasl-Kraupp, Christer Hogstrand, mfl. 2020. «Risk to Human Health Related to the Presence of Perfluoroalkyl Substances in Food». *EFSA Journal* 18 (9): e06223. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6223>.

Slinde, G.Aa og Høisæter, Åø. 2017. «Source tracing of PFAS to Tyrifjorden – Final report». M-863. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m863/m863.pdf>.

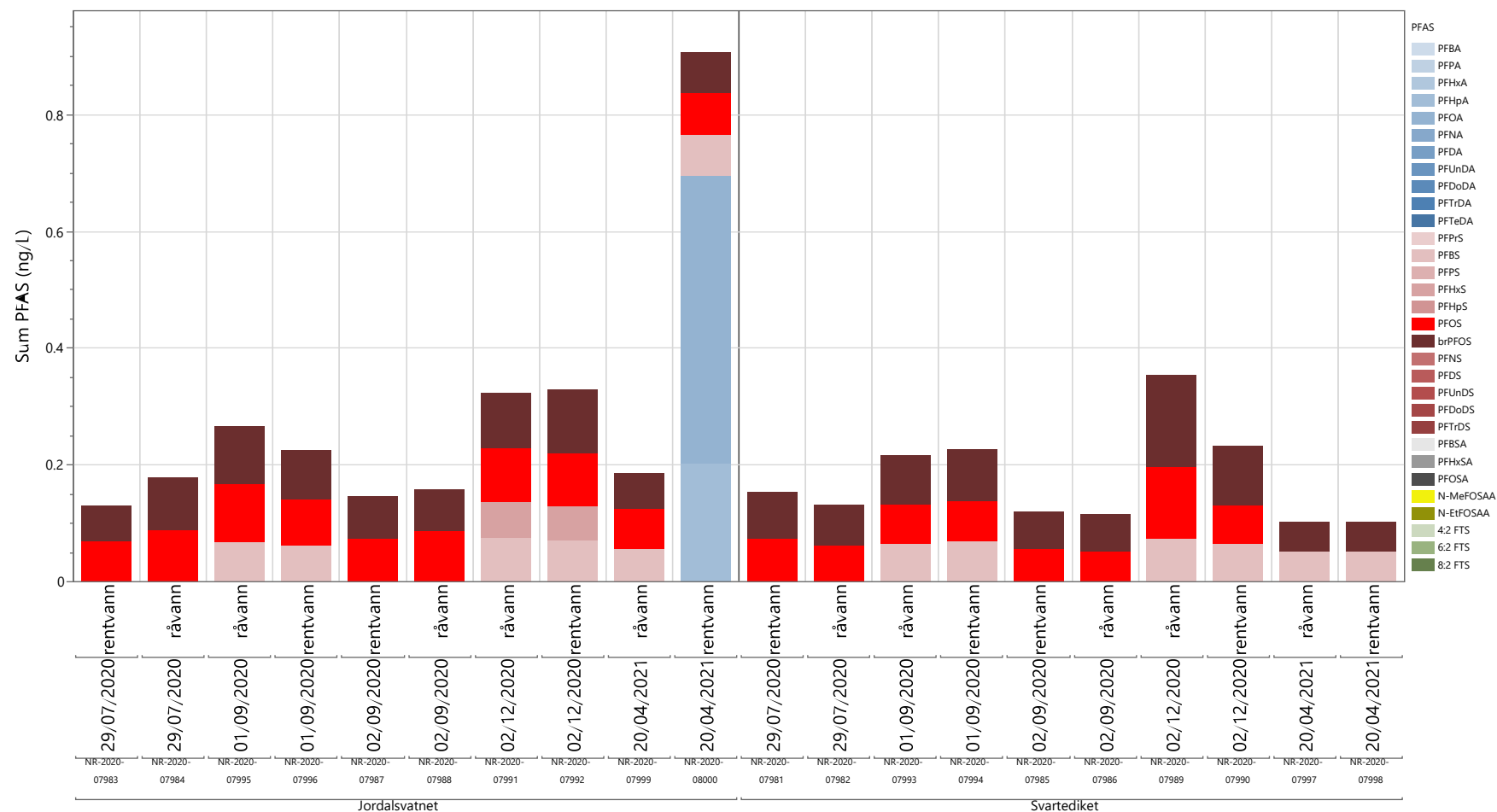
US EPA. u.å. «CompTox Chemicals Dashboard, PFASSTRUCT Chemicals». PFAS structures in DSSTox (update August 2020). Åpnet 27. april 2021. https://comptox.epa.gov/dashboard/chemical_lists/PFASSTRUCT.

Vedlegg A. Stolpediagram av hver enkelt prøve fra hvert vannverk. Kun PFAS>LOQ er tatt med i figurene

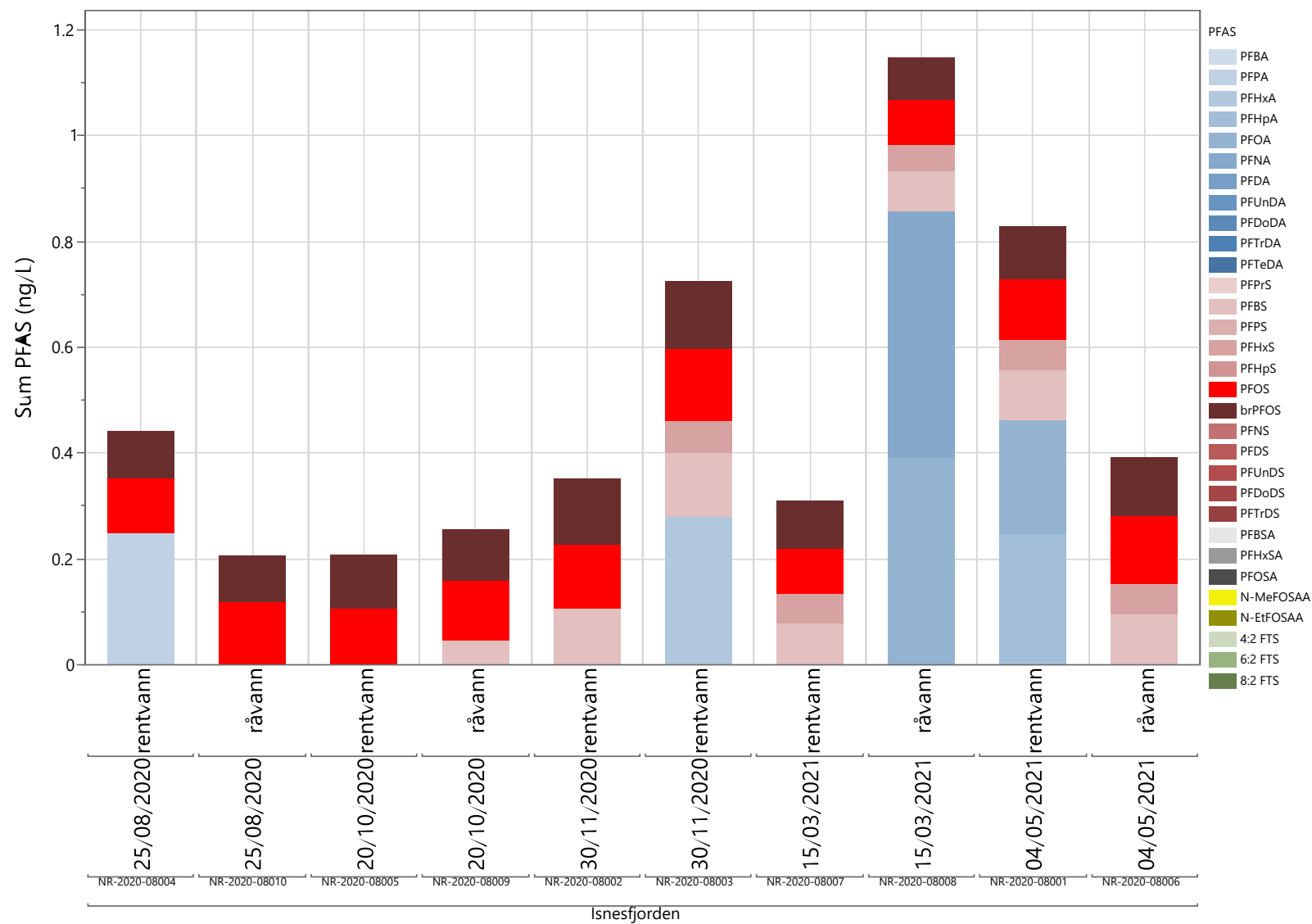
1. ABV IKS, prøver merket rentvann fra Holsfjorden er renset i Kattåspiloten



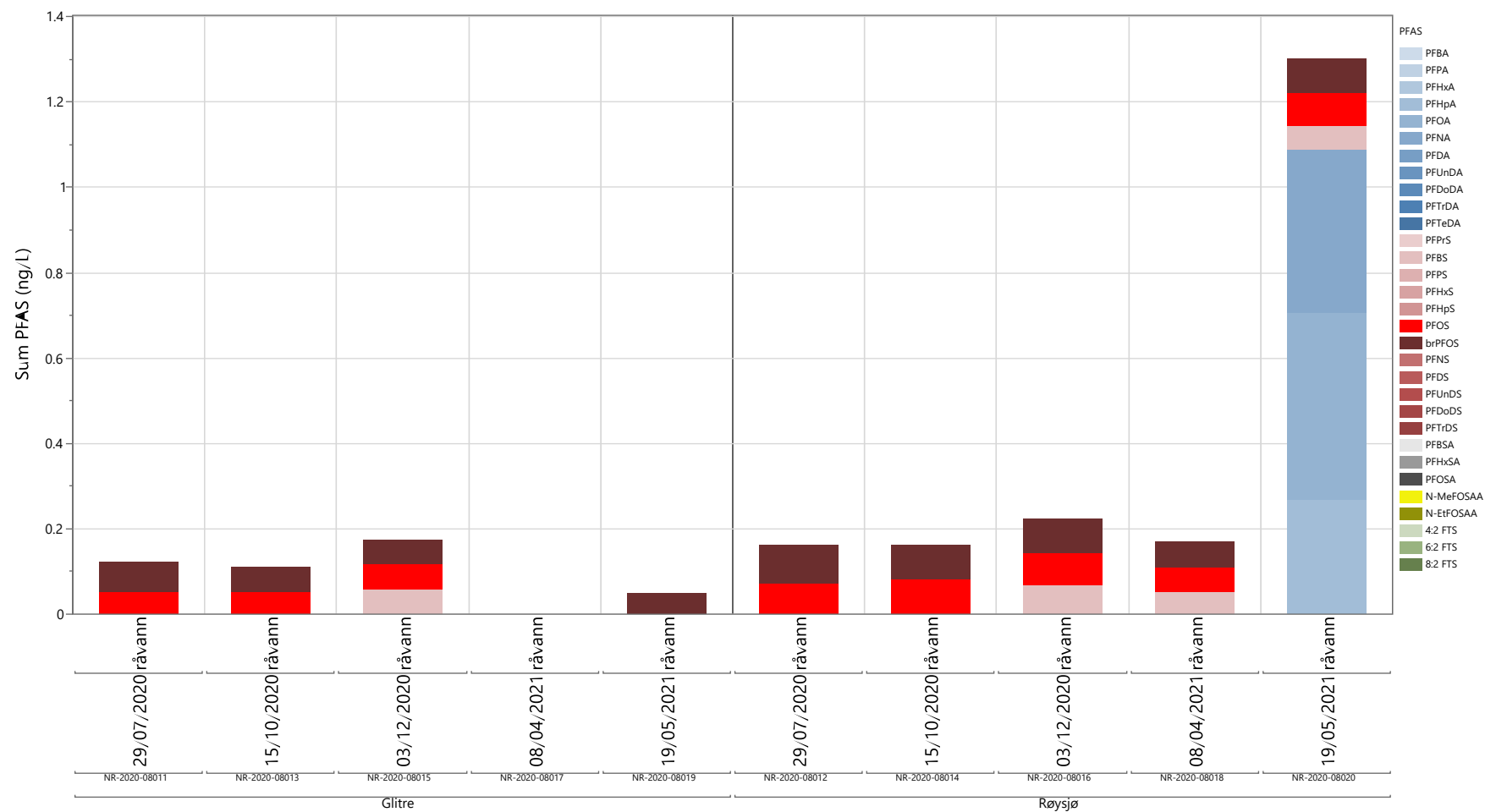
2. Bergen kommune



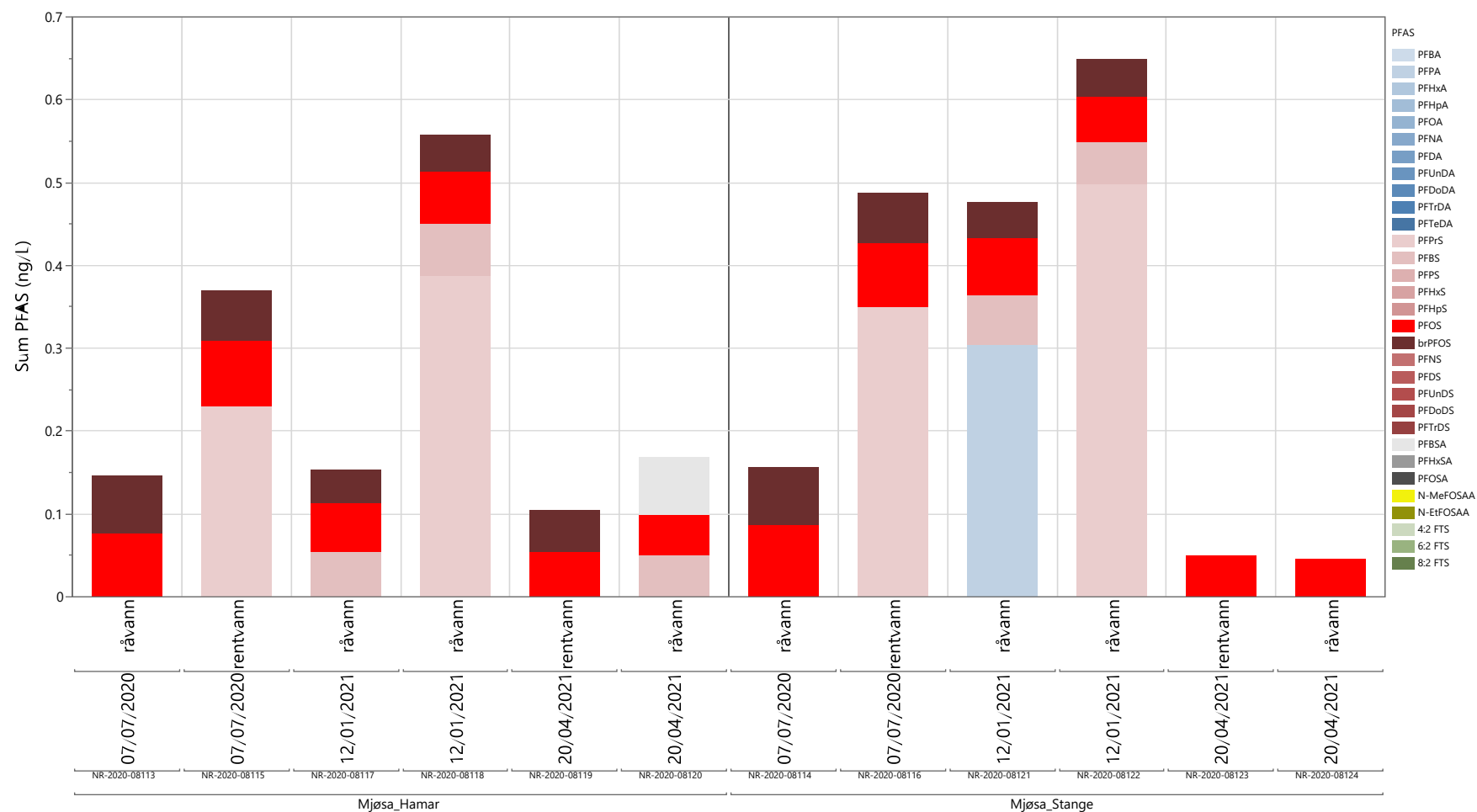
3. FREVAR



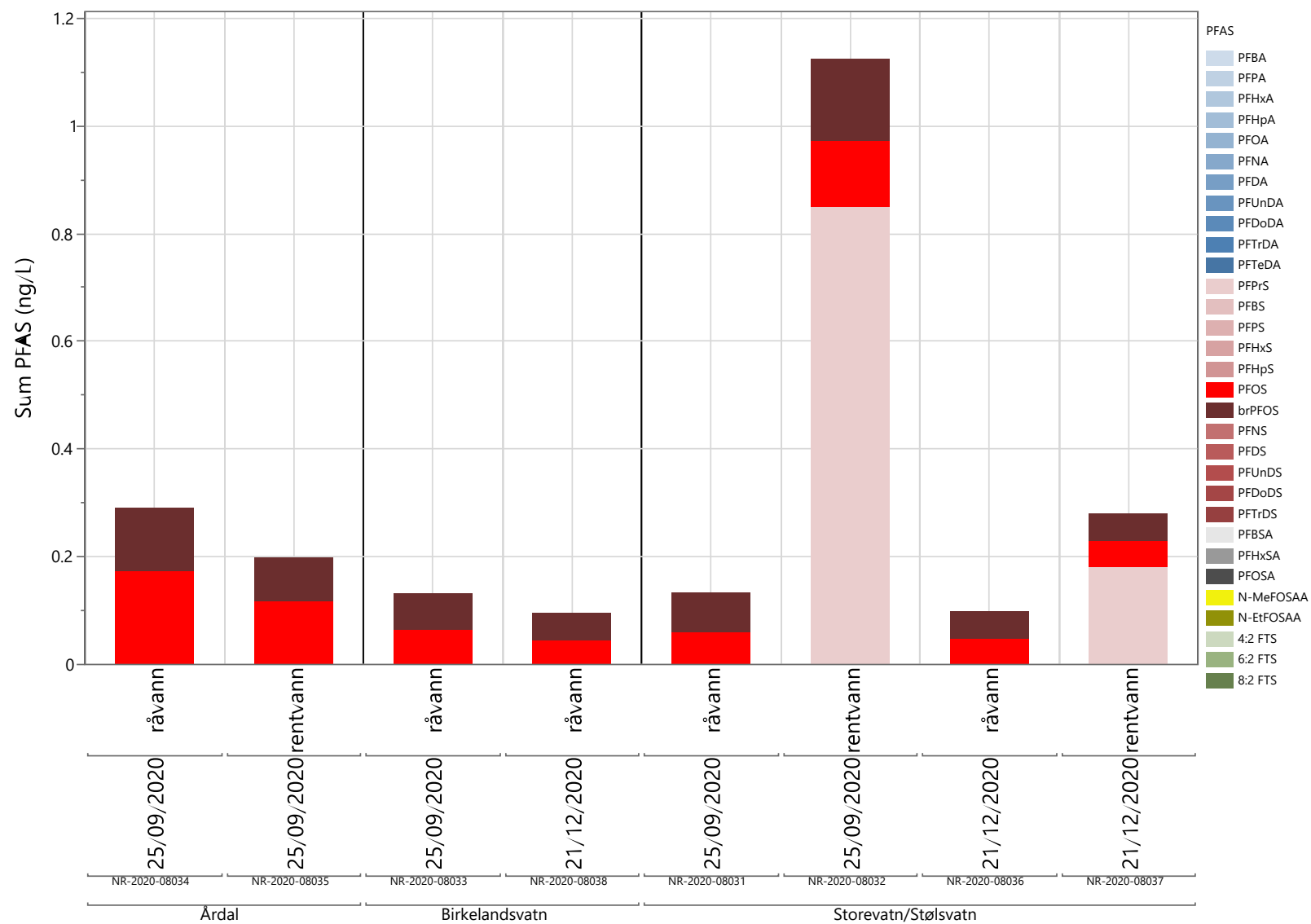
4. Glitrevannverket IKS



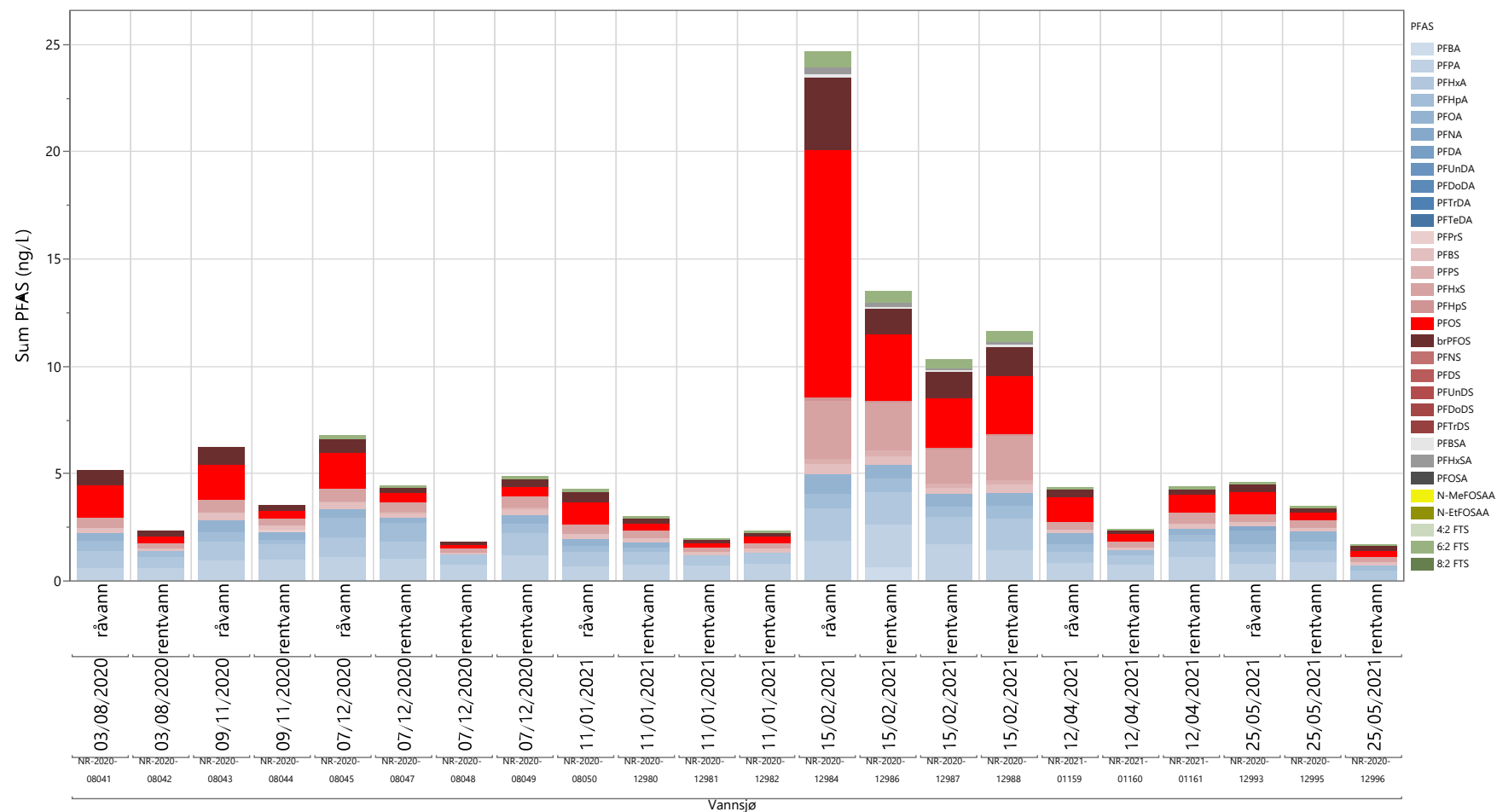
5. Hias IKS



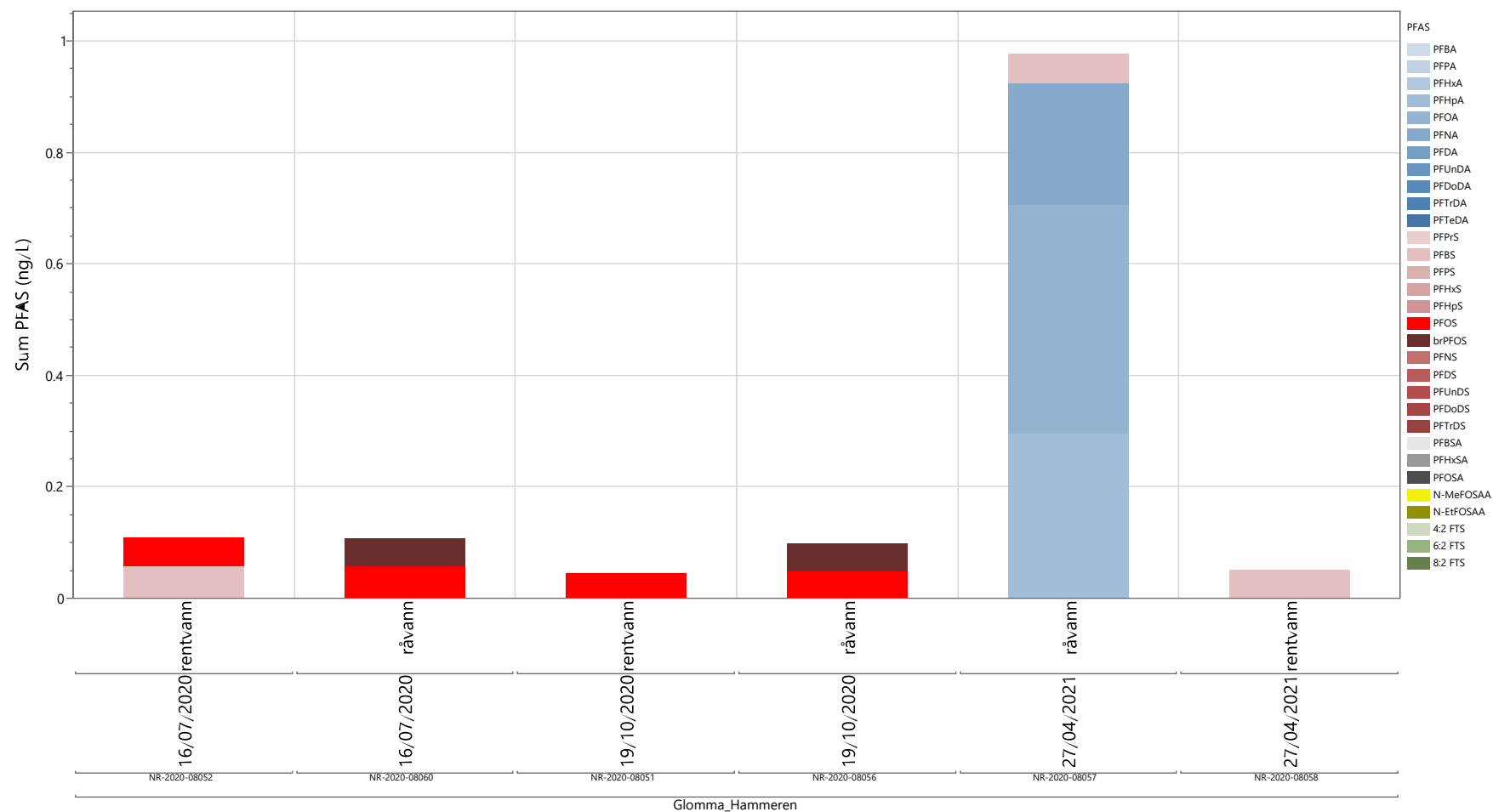
6. IVARIKS



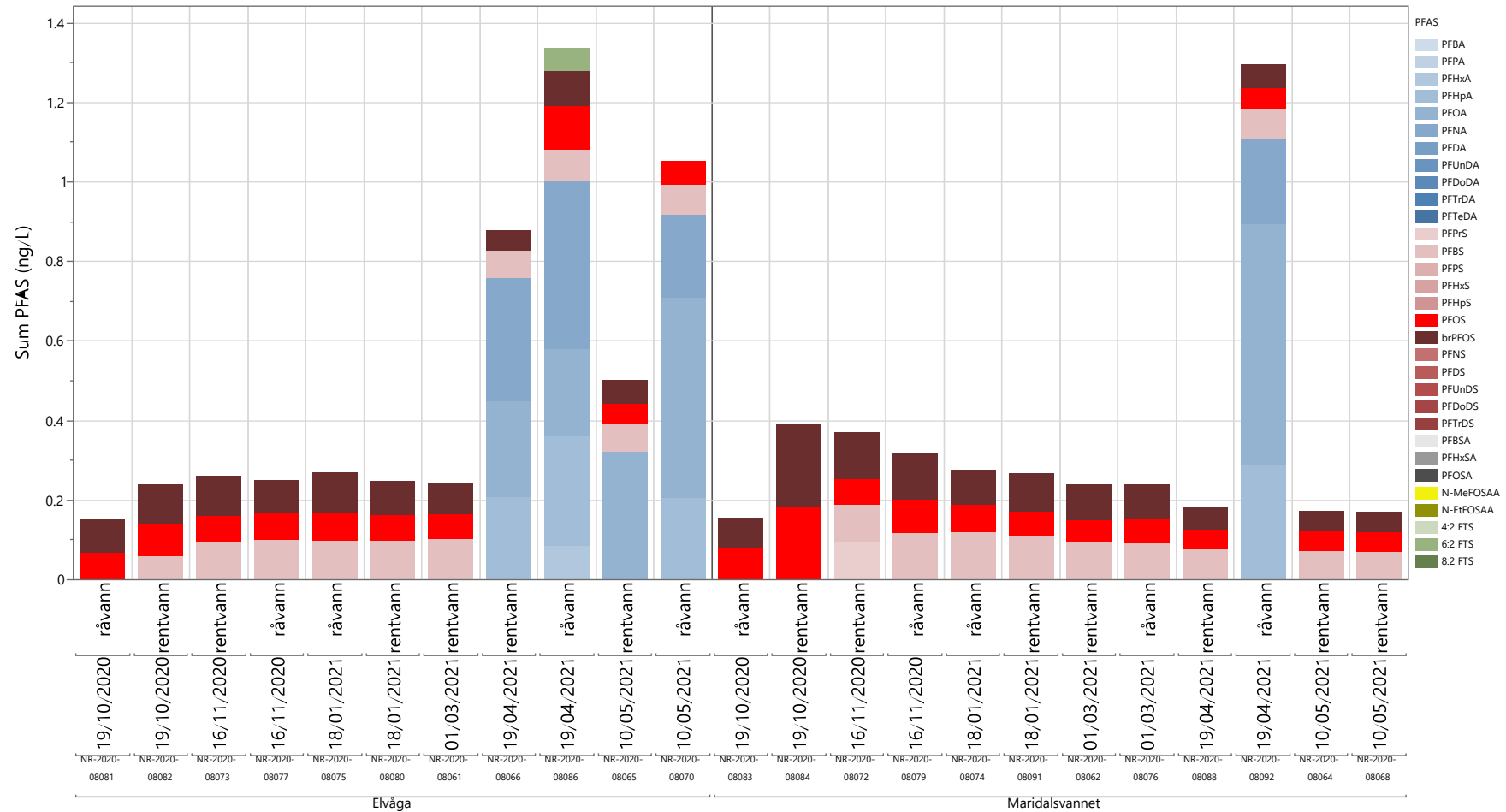
7. MOVAR IKS



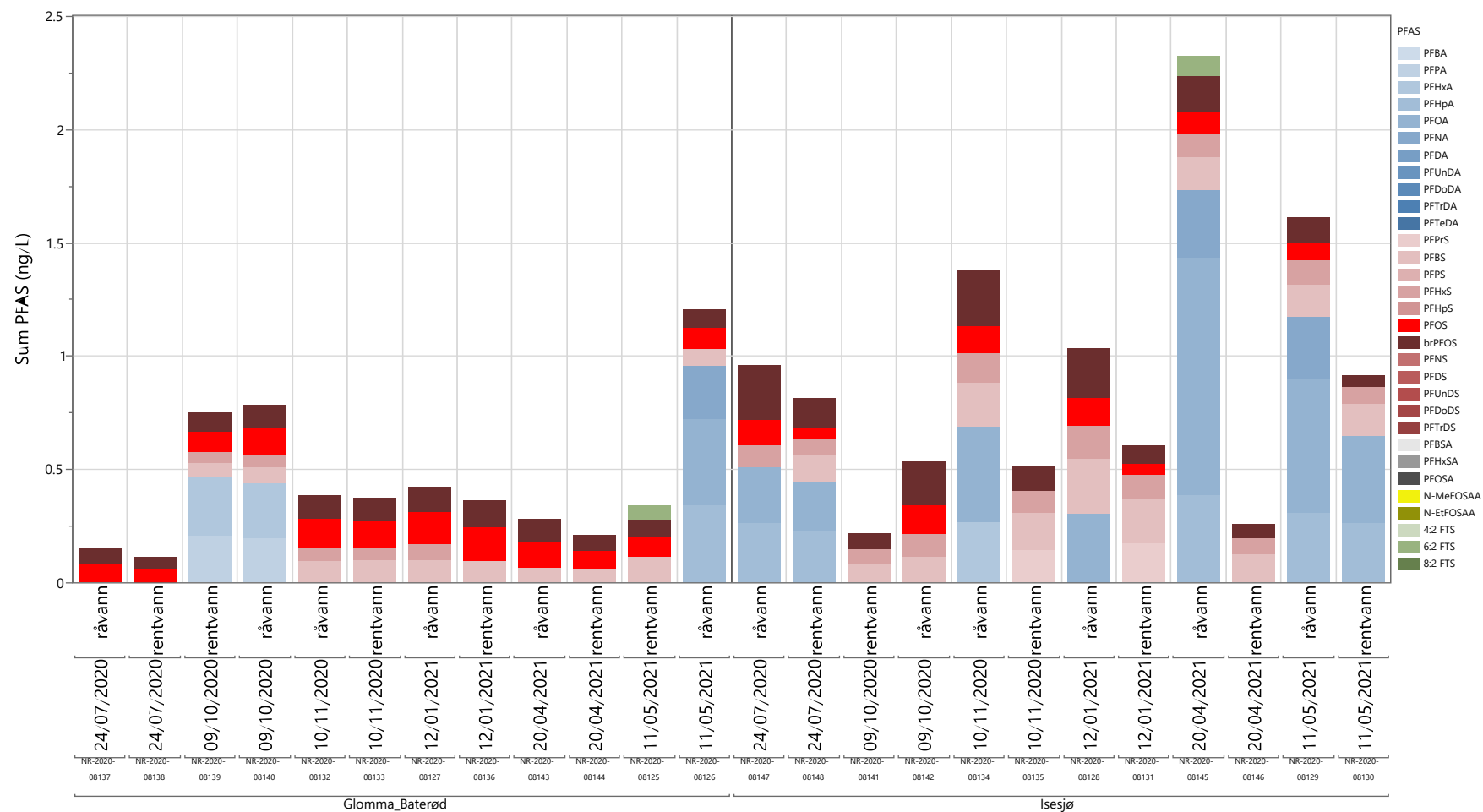
8. NRVA IKS



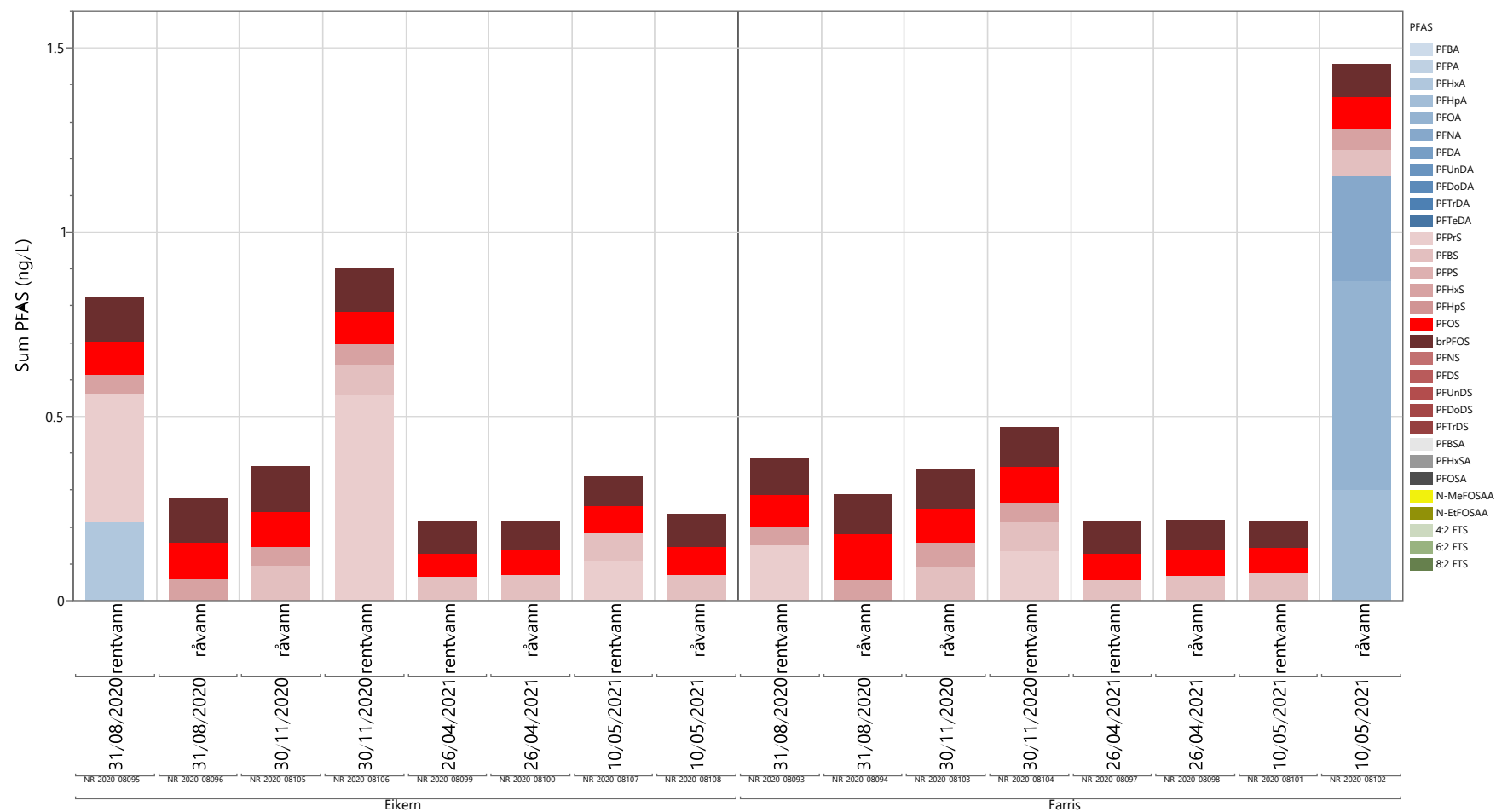
9. Oslo VAV



10. Sarpsborg kommune

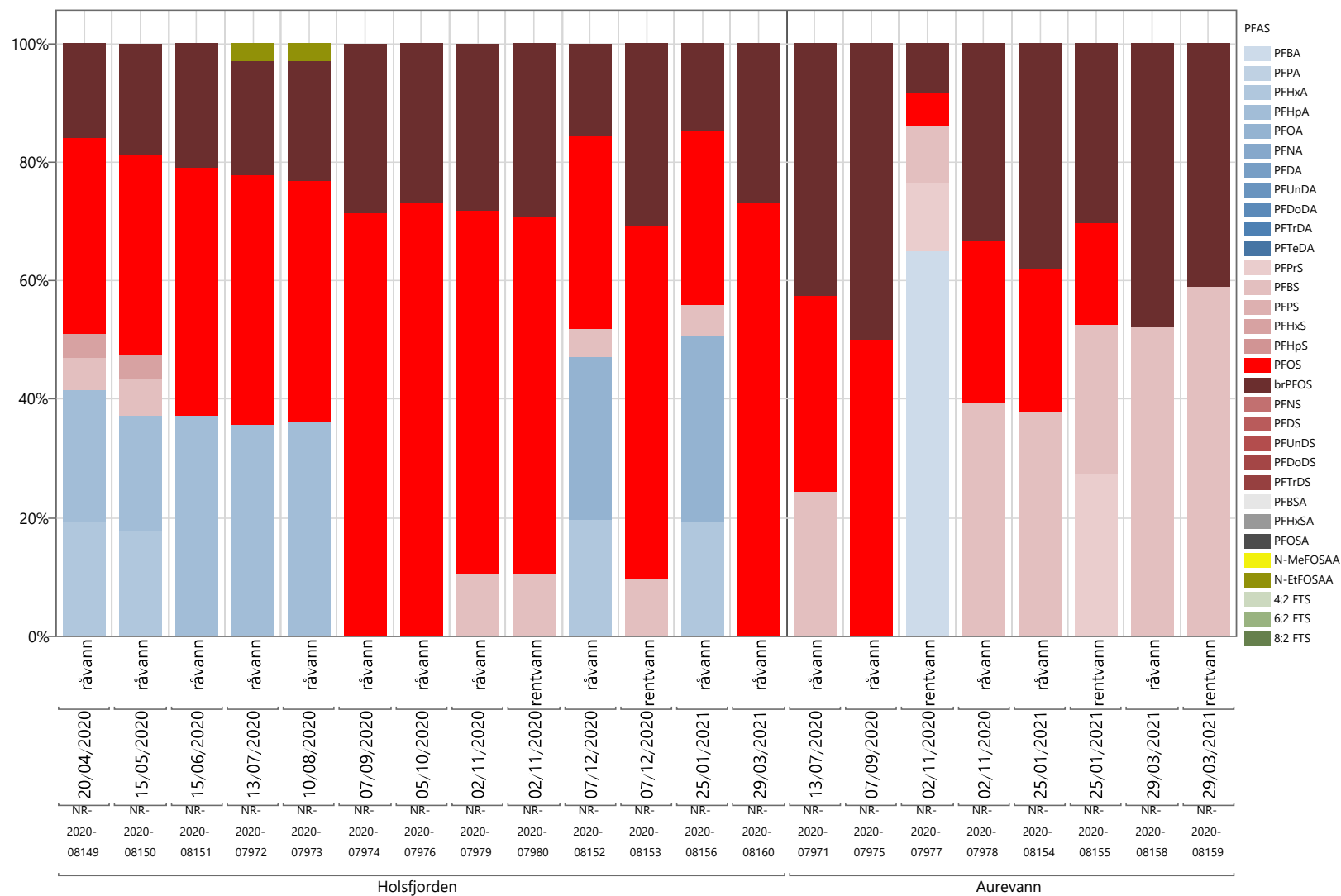


11. Vestfold Vann

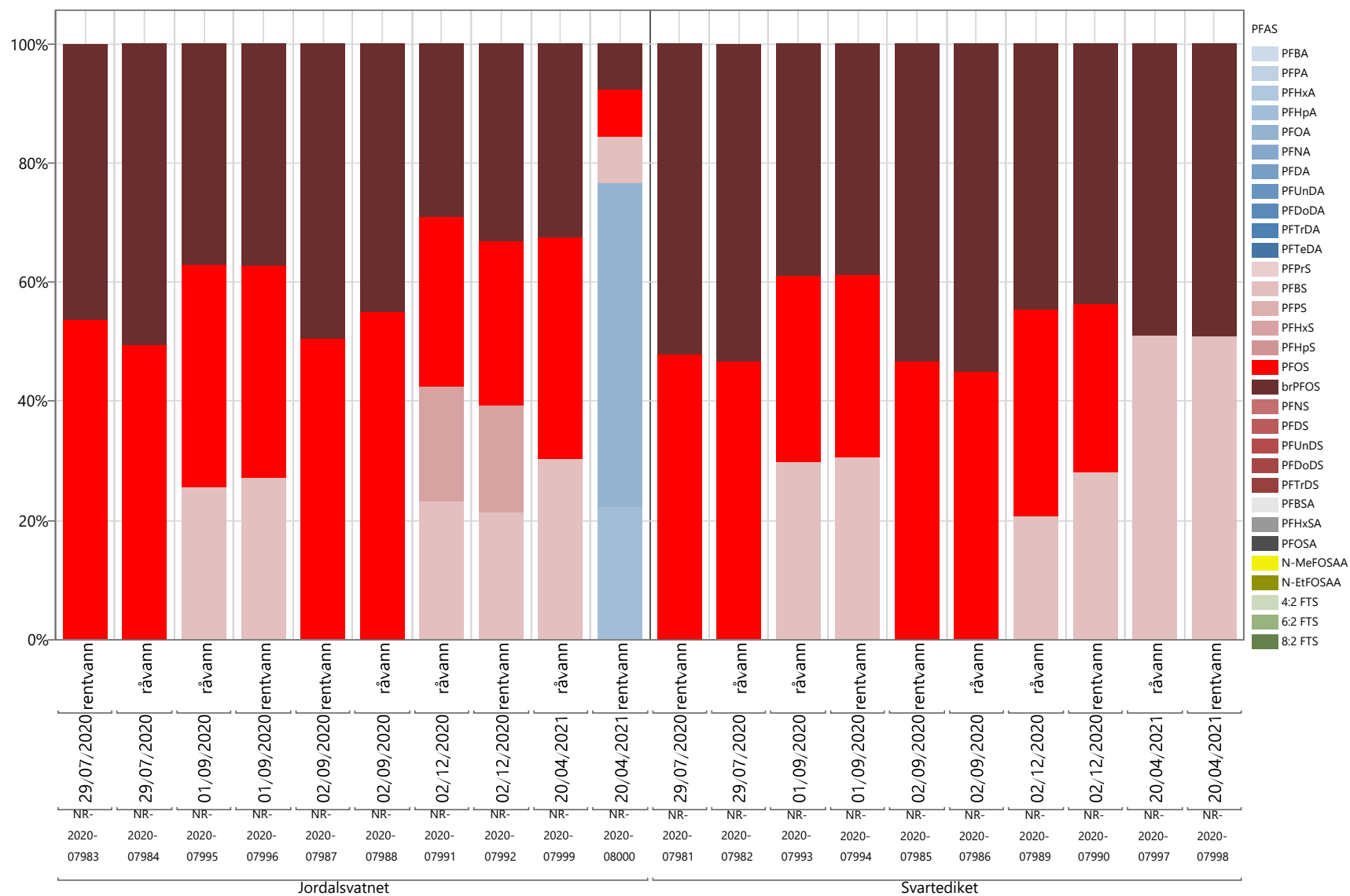


Vedlegg B. Prosentvis innhold av PFAS i hver prøve

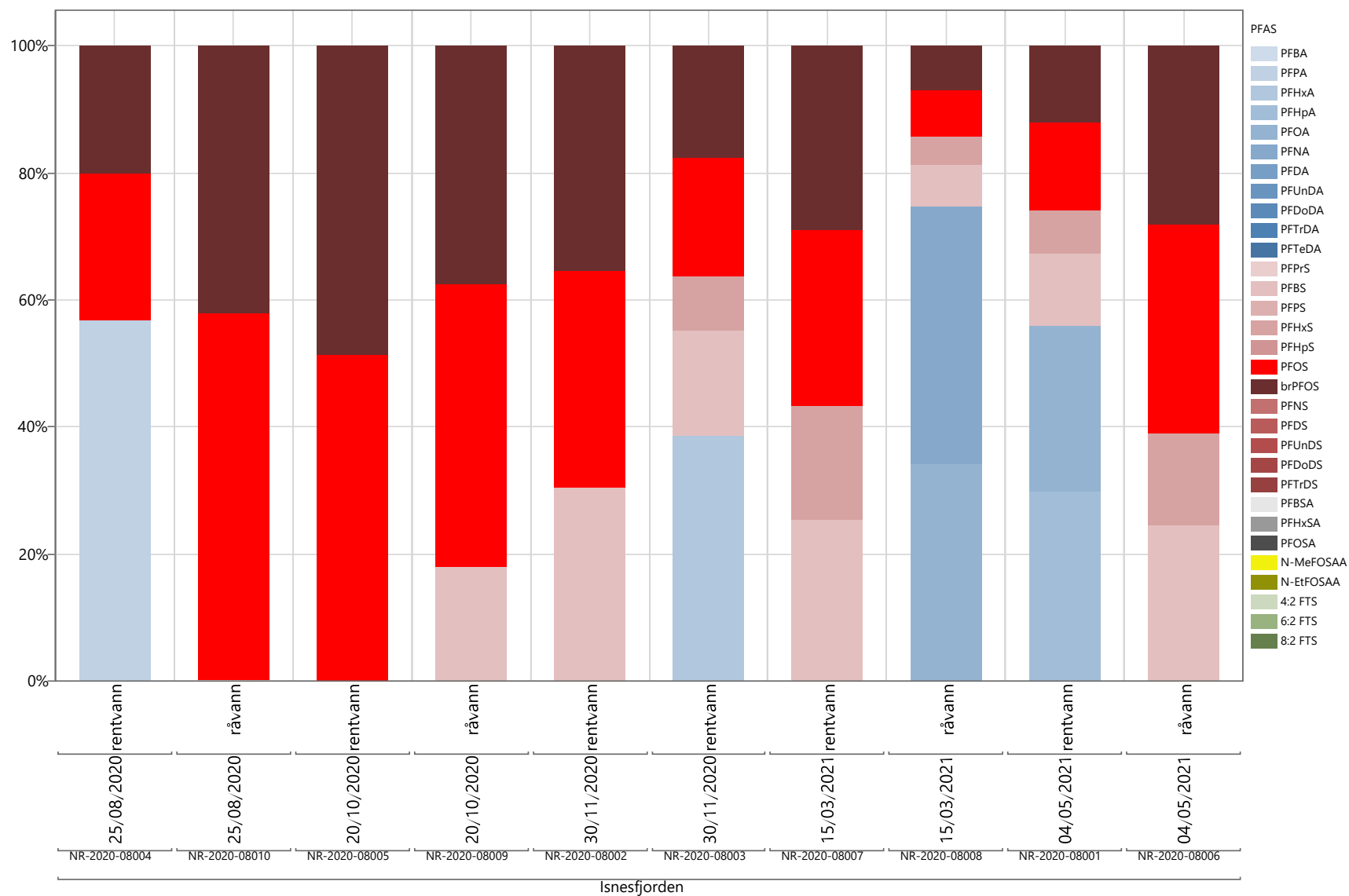
1. ABV IKS



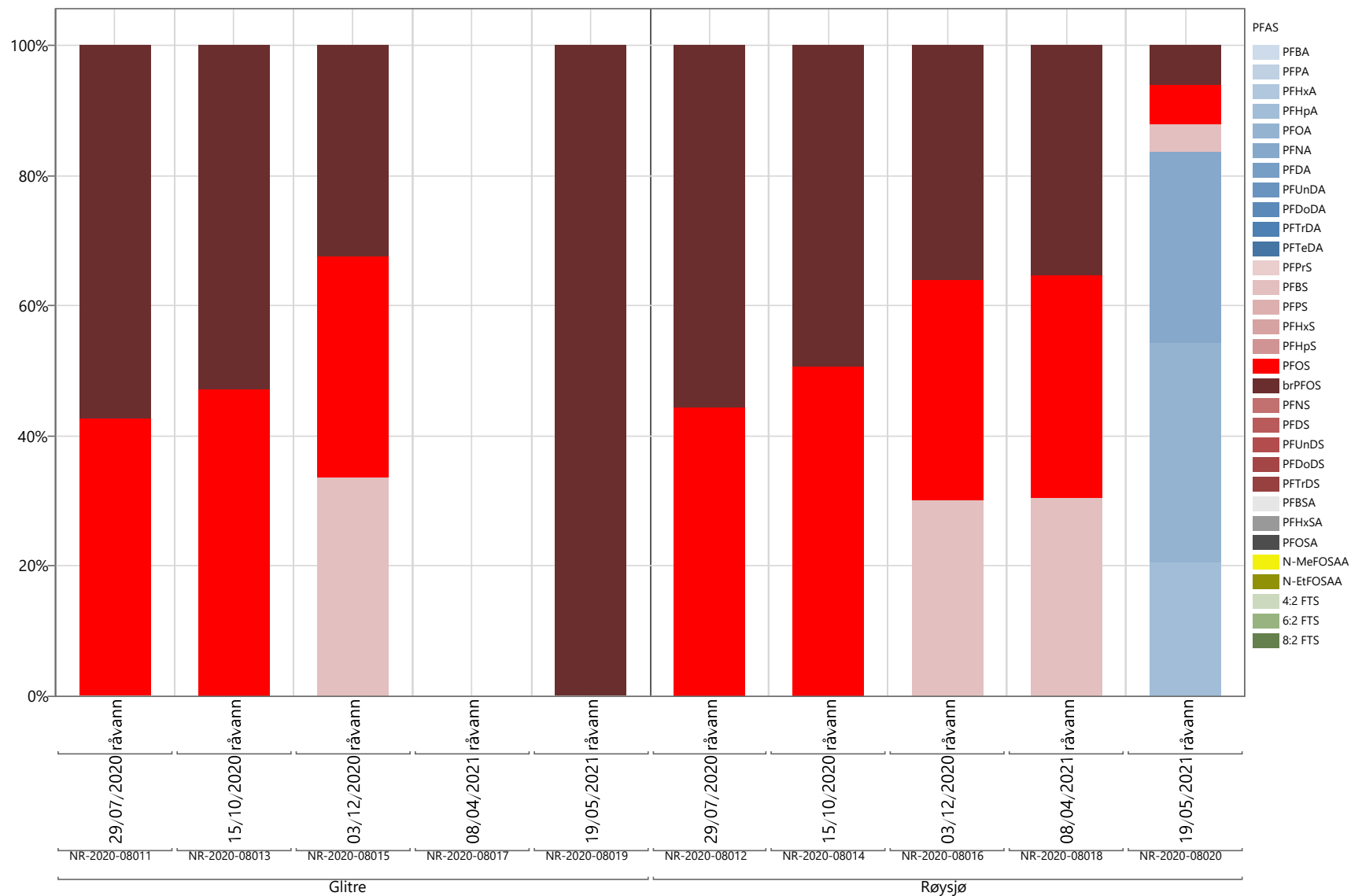
2. Bergen kommune



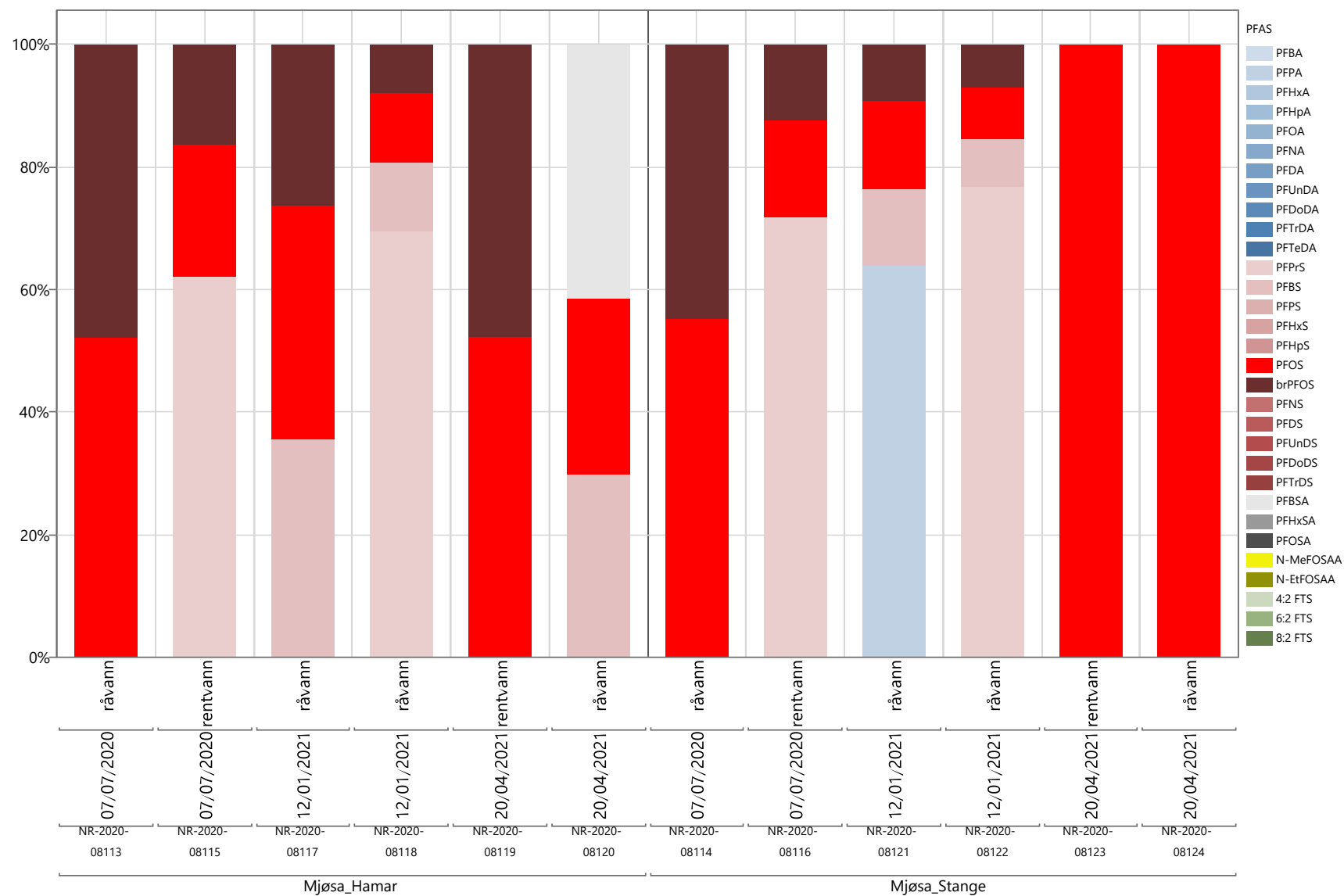
3. FREVAR



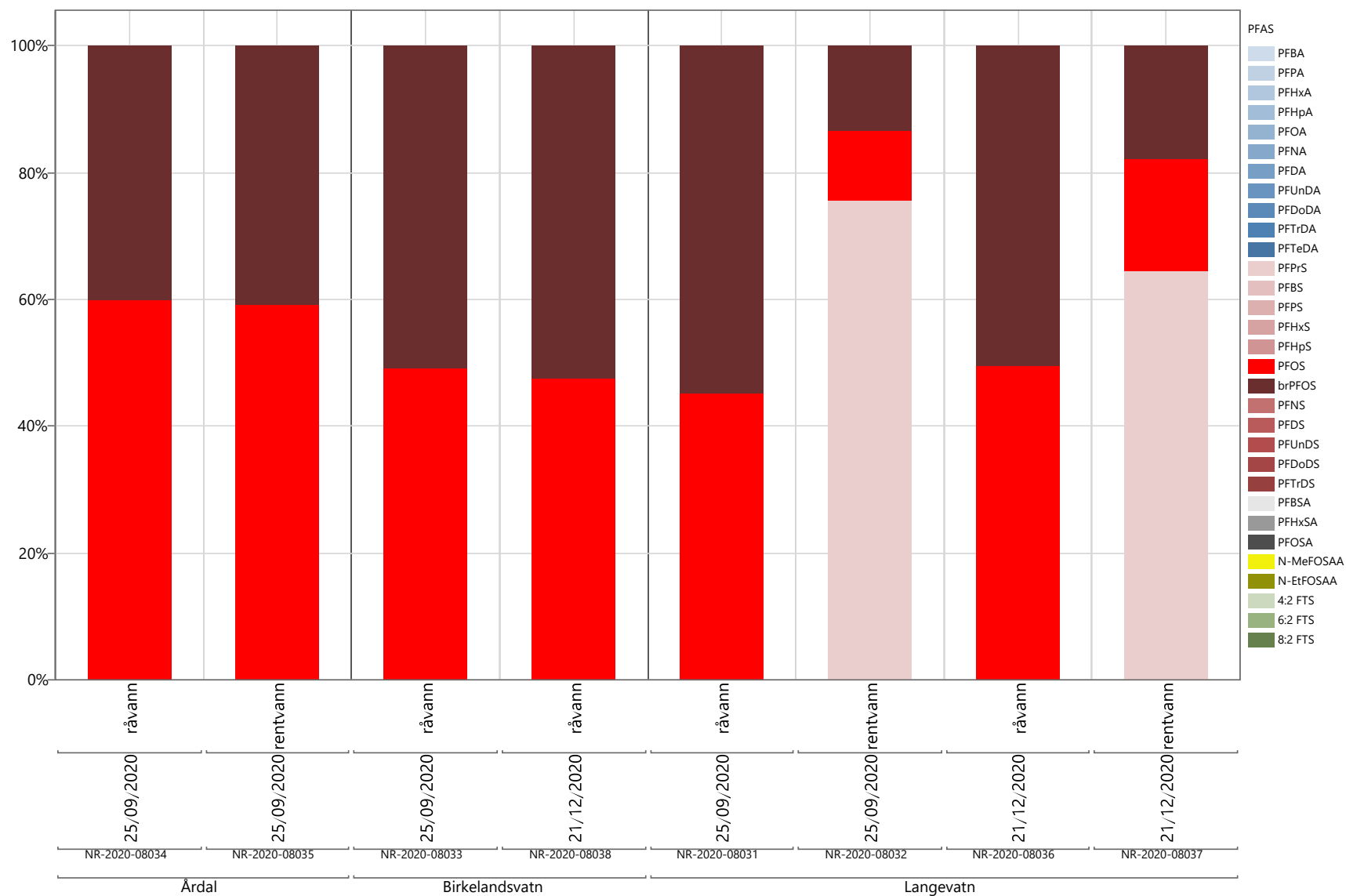
4. Glitrevannverket IKS. For prøven uten stolpe ble det ikke påvist PFAS over LOQ.



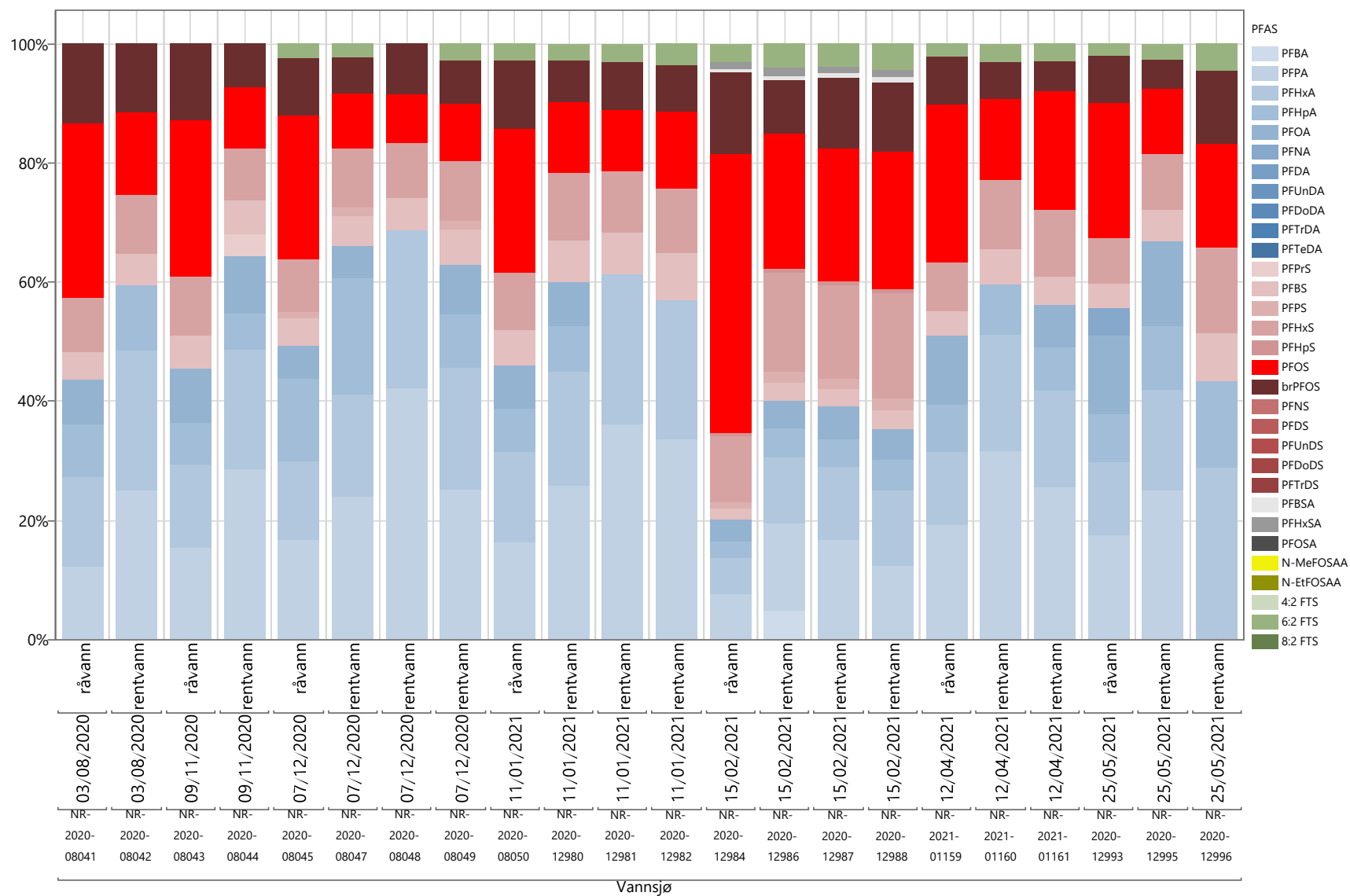
5. Hias IKS



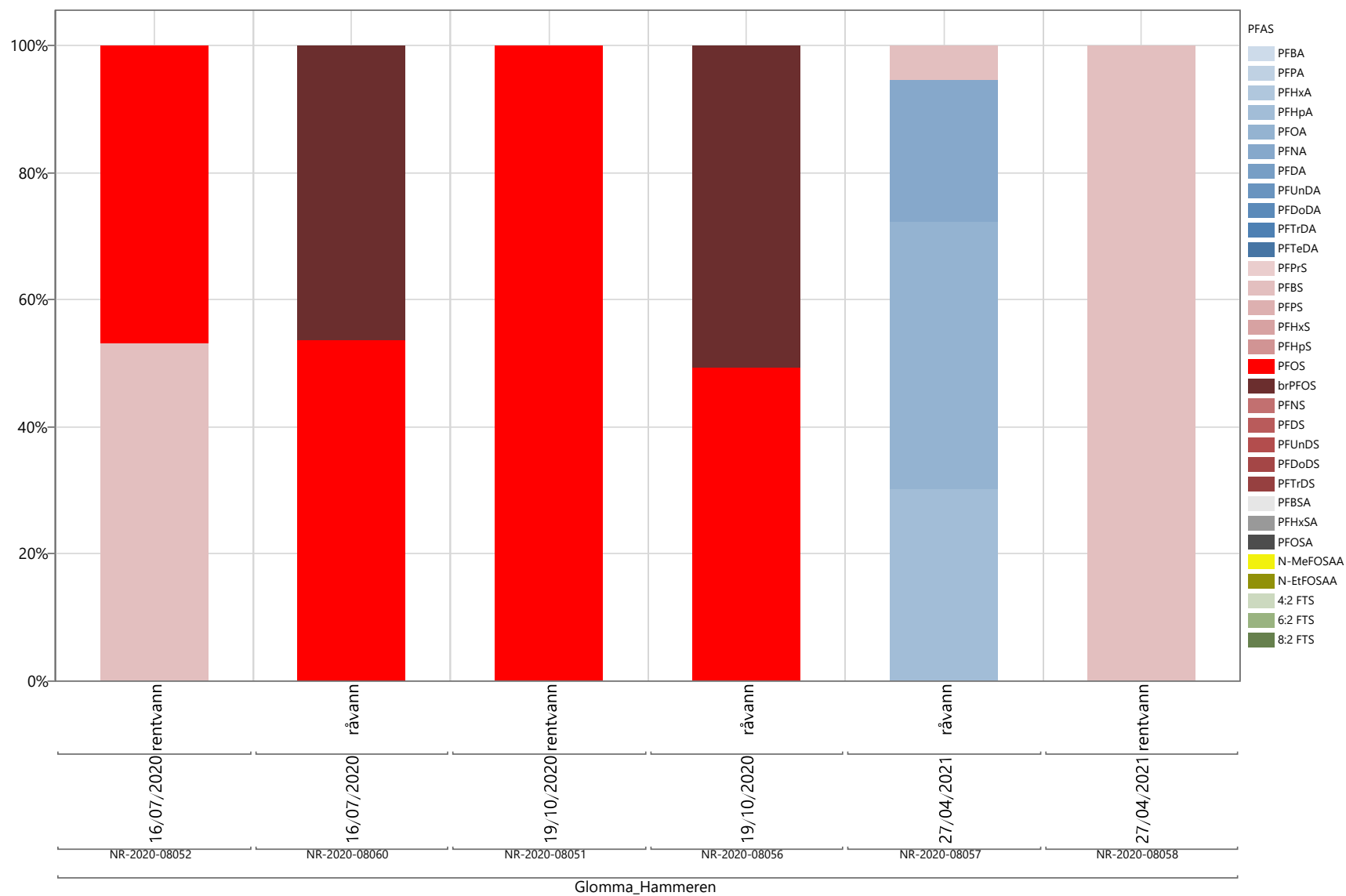
6. IVAR IKS



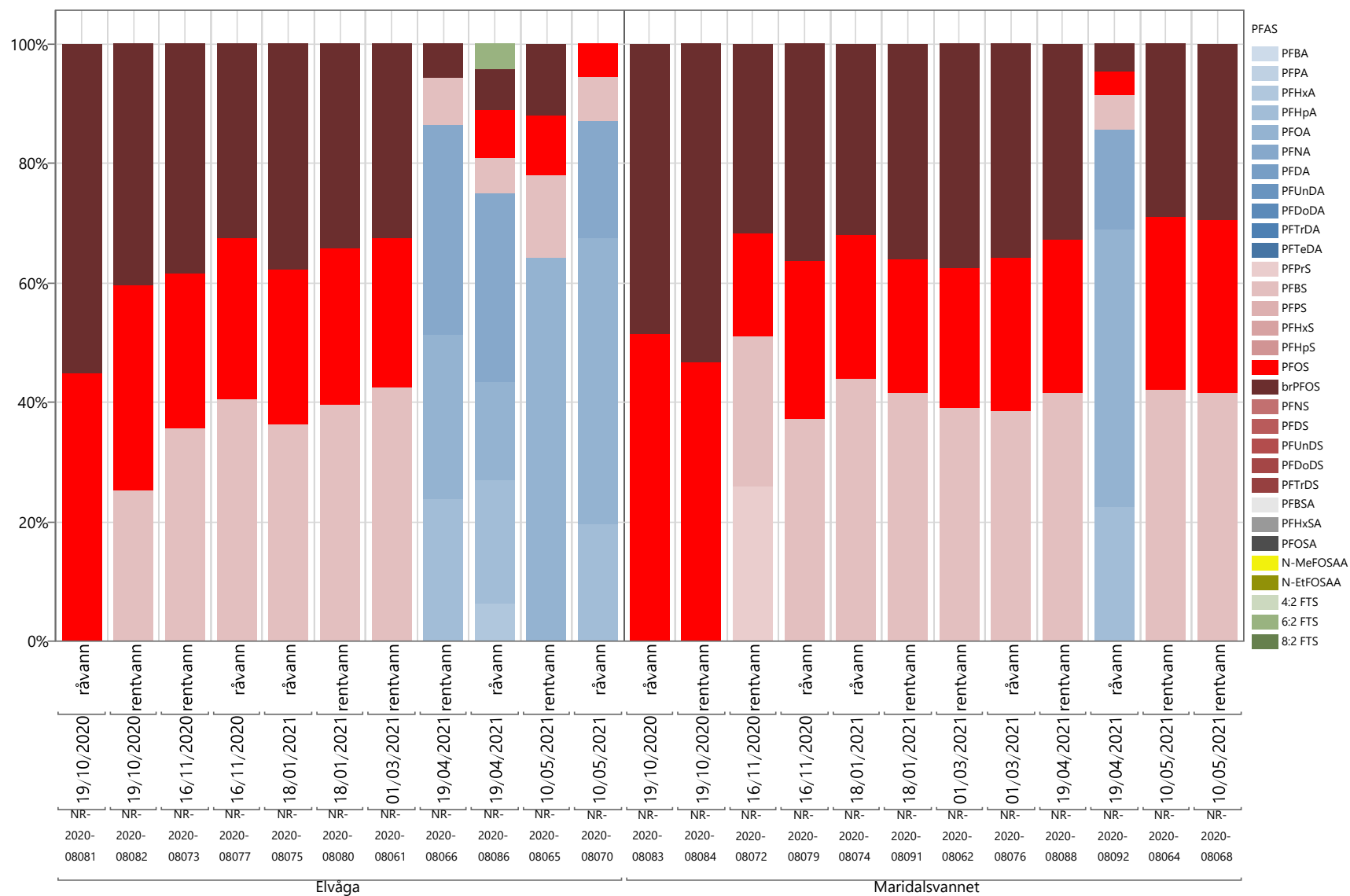
7. MOVAR IKS



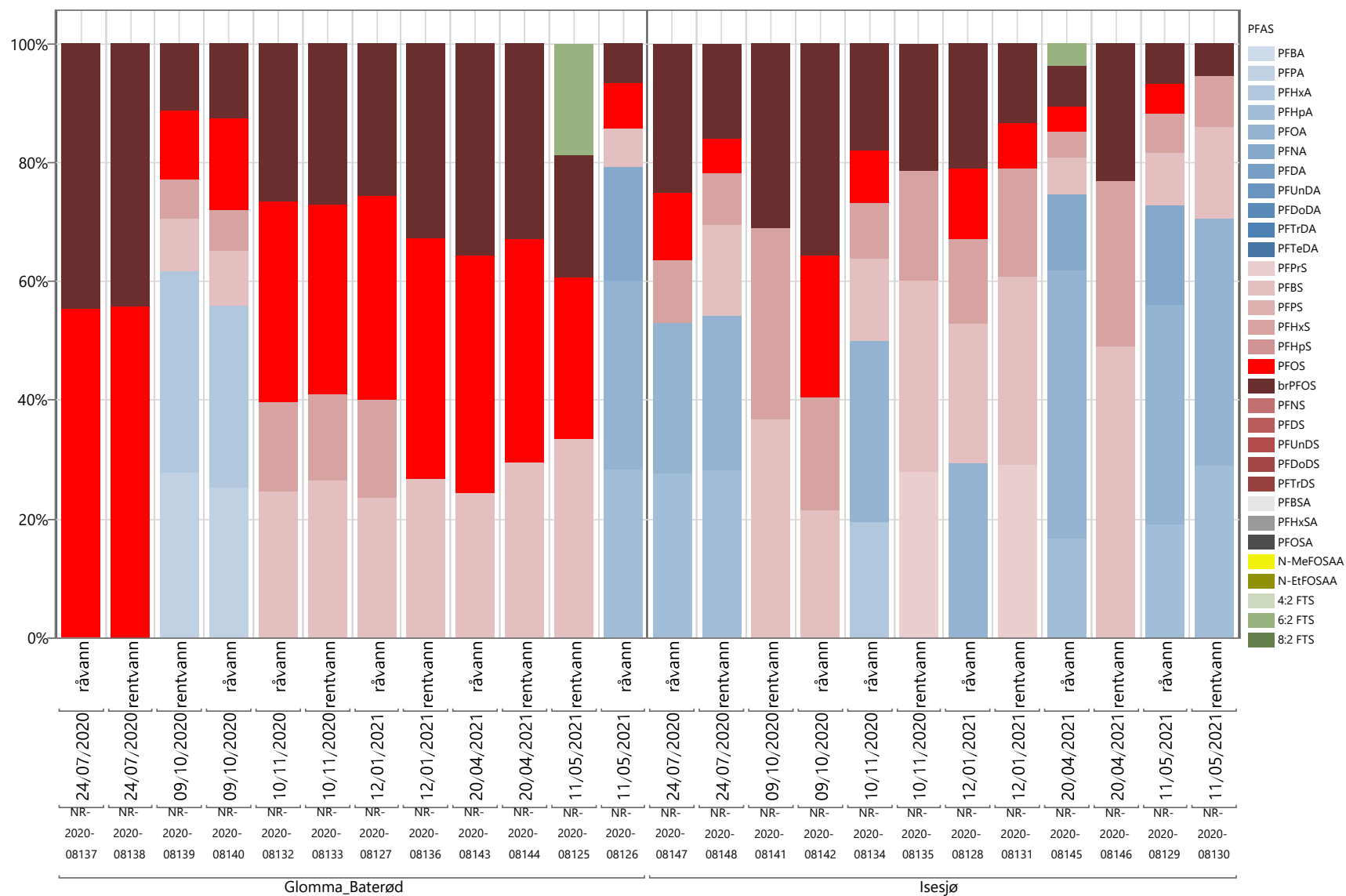
8. NRVA IKS



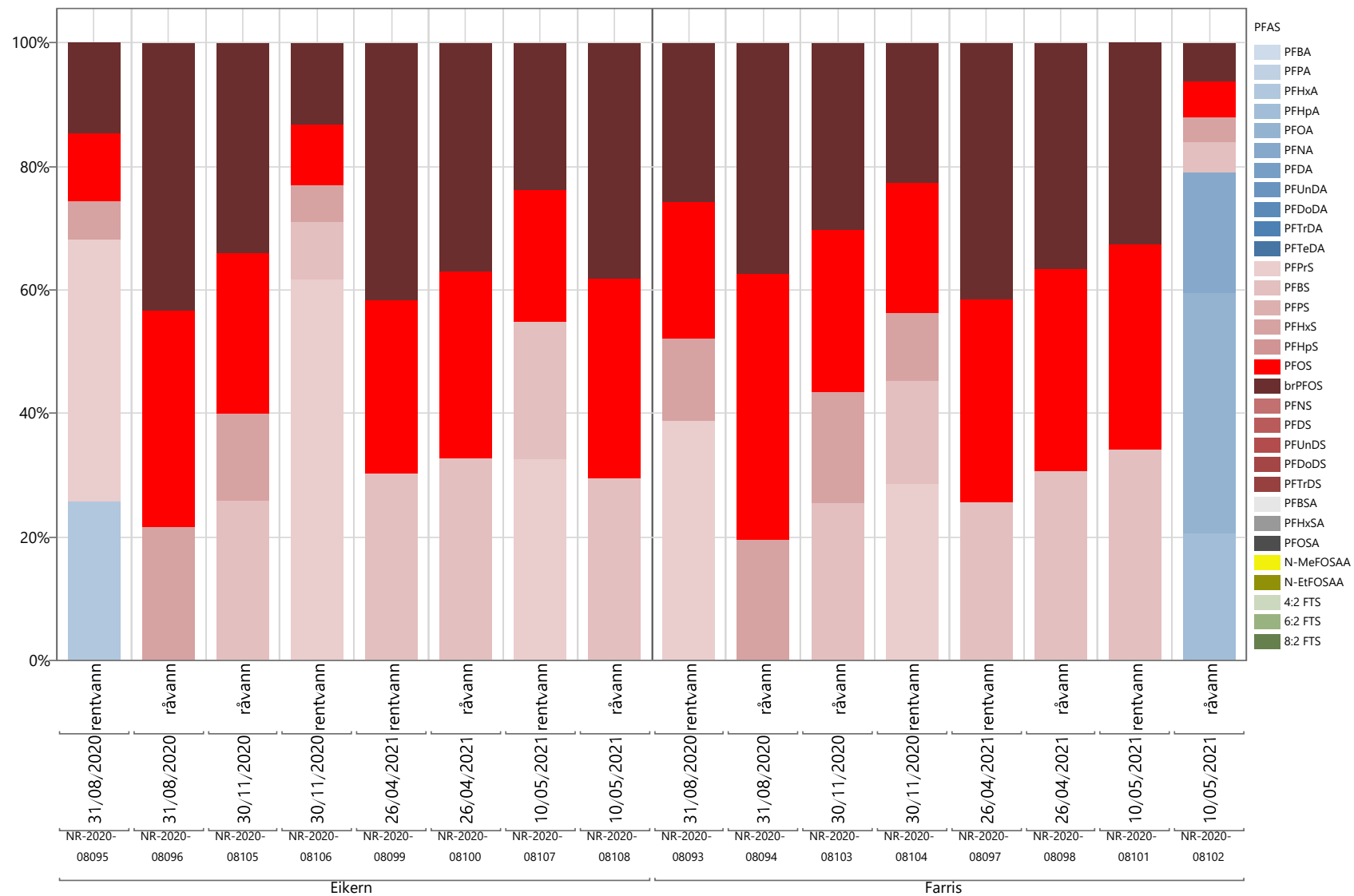
9. Oslo VAV



10. Sarpsborg kommune



Vestfold Vann



Vedlegg C. Målte konsentrasjoner av ulike PFAS i vannprøver og beregnet renseeffekt ved Vansjø vannverk

	Proveniering	Vannsjø råvannskanal	Vannsjø Lab. Rentvann	Renseeffekt	Råvann	Lab.rentvannskanal			Råvannskanal	UV rom før kullfilter	Utløp kullfilter 1	Utløp kullfilter 2	Utløp kullfilter 3	Snitt rentvann	Renseeffekt	Råvannskanal	UV-rom (før kullfilter)	Utløp kullfilter 1	Utløp kullfilter 2	Utløp kullfilter 3	Snitt rentvann	Renseeffekt	Råvannskanal	Lab.rentvannskanal	Renseeffekt	Rentvann Kambo R	Råvannskanal	UV-rom (før kullfilter)	Utløp kullfilter 3	Utløp kullfilter 2	Snitt rentvann	Renseeffekt			Råvann	Rentvann	Renseeffekt							
	Prevellett	03.08.2020	03.08.2020	03.08.2020	09.11.2020	09.11.2020			07.12.2020	07.12.2020	07.12.2020	07.12.2020	07.12.2020	07.12.2020	11.01.2021	11.01.2021	11.01.2021	11.01.2021	11.01.2021	11.01.2021	11.01.2021	15.02.2021	15.02.2021	15.02.2021	15.02.2021	15.02.2021	15.02.2021	15.02.2021	15.02.2021	12.04.2021	12.04.2021	12.04.2021	12.04.2021	25.05.2021	25.05.2021	25.05.2021	25.05.2021	25.05.2021	25.05.2021	Snitt 7 dtk	Snitt 8 dtk			
Benevning	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L			ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	%	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	%	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	%						
															0,00																													
PFBA	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5				<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5			<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5			<0,5	<0,5	0,66	<0,5	<0,5	0,22		<0,5	<0,5		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,00			0,00	0,06		
PFPA	0,63	0,59	6 %	0,97	1,02				1,14	1,13	1,07	0,77	1,24	1,03	10 %	0,7	0,76	0,78	0,72	0,79		0,76	-9 %	<0,5	1,9	2,02	1,99	1,73	1,45	1,7233	9 %	0,84	0,76	10 %	1,12	0,81	0,71	0,87	<0,2	0,44	46 %	0,87	0,83	5 %
PFHxA	0,78	0,55	29 %	0,88	0,71				0,89	0,88	0,76	0,48	1	0,75	16 %	0,65	0,63	0,57	0,5	0,55		0,54	17 %	1,48	1,63	1,5	1,26	1,47	1,41	5 %	0,53	0,47	11 %	0,71	0,56	0,53	0,59	0,5	0,55	3 %	0,72	0,63	12 %	
PFHpA	0,45	0,26	43 %	0,43	0,22				0,94	0,93	0,87	<0,2	0,44	0,44	54 %	0,31	<0,2	0,23	<0,2	<0,2		0,20	35 %	0,7	0,72	0,65	0,49	0,6	0,58	17 %	0,35	0,2	43 %	0,32	0,37	0,32	0,37	0,25	0,31	16 %	0,44	0,28	37 %	
PFOA	0,39	0,2	49 %	0,57	0,34				0,38	0,27	0,24	<0,2	0,4	0,21	44 %	0,31	0,28	0,22	<0,2	<0,2		0,20	35 %	0,9	0,81	0,63	0,57	0,59	0,597	34 %	0,51	0,2	61 %	0,31	0,67	0,33	0,5	<0,2	0,25	59 %	0,46	0,26	44 %	
PFNA	<0,2	<0,2		<0,2	<0,2				<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2			<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0		<0,2	<0,2		<0,2	0,21	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,20	5 %	0,11	0,05	?	
PFDA	<0,2	<0,2		<0,2	<0,2				<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2			<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0		<0,2	<0,2		<0,2	&										
PFUnDA	<0,2	<0,2		<0,2	<0,2				<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2			<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0		<0,2	<0,2		<0,2	&										
PFOdA	<0,2	<0,2		<0,2	<0,2				<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2			<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0		<0,2	<0,2		<0,2	&										
PFTrDA	<0,2	<0,2		<0,2	<0,2				<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2			<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0		<0,2	<0,2		<0,2	&										
PFTeDA	<0,2	<0,2		<0,2	<0,2				<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2			<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0		<0,2	<0,2		<0,2	&										
PFPrS	<0,1	<0,1		<0,1	0,13				<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0		<0,1	<0,1		<0,1	&										
PFBS	0,23	0,13	46 %	0,34	0,2				0,31	0,3	0,23	0,1	0,29	0,21	33 %	0,25	0,25	0,21	0,14	0,19		0,18	28 %	0,46	0,48	0,41	0,31	0,38	0,3667	20 %	0,17	0,14	18 %	0,2	0,18	0,17	0,18	0,14	0,16	11 %	0,24	0,18	28% ?	
PFPS	<0,05	<0,05		<0,05					0,07	0,07	0,06	<0,05	0,07	0,04	38 %	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			0,27	0,26	0,24	0,17	0,22	0,21	22 %	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			0,11	0,08	25% ?		
PFHxS	0,47	0,23	51 %	0,62	0,31				0,61	0,58	0,44	0,17	0,49	0,37	40 %	0,41	0,38	0,34	0,2	0,25		0,26	36 %	2,72	2,67	2,24	1,62	2,06	1,973	27 %	0,36	0,28	22 %	0,5	0,35	0,32	0,32	0,25	0,29	19 %	0,69	0,47	32 %	
PFHpS	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05				<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			0,13	0,12	0,08	0,08	0,08	0,08	38 %	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			0,07	0,03	69% ?		
PFOs	1,50	0,33	78 %	1,64	0,36				1,63	0,6	0,41	0,15	0,47	0,34	79 %	1,03	0,56	0,35	0,2	0,31		0,29	72 %	11,6	4,35	3,08	2,29	2,7	2,69	77 %	1,16	0,33	72 %	0,87	1,05	0,36	0,38	0,3	0,34	68 %	2,45	0,62	75 %	
br-PFOs	0,69	0,27	61 %	0,8	0,26				0,65	0,36	0,27	0,15	0,35	0,26	61 %	0,49	0,33	0,21	0,16	0,18		0,18	63 %	3,39	1,38	1,21	1,24	1,34	1,263	63 %	0,35	0,15	57 %	0,22	0,36	0,16	0,17	0,21	0,19	47 %	0,84	0,31	63 %	
PFNS	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1				<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0		<0,1	<0,1		<0,1	&										
PFDS	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1				<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0		<0,1	<0,1		<0,1	&										
PFUnDS	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1				<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0		<0,1	<0,1		<0,1	&										
PFOdS	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1				<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0		<0,1	<0,1		<0,1	&										
PFTrDS	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1				<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0		<0,1	<0,1		<0,1	&										
PFOSA	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1				<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0		<0,1	<0,1		<0,1	&										
N-MeFOSAA	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05				<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0		<0,05	<0,05		<0,05	&										
N-EtFOSAA	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05				<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0		<0,05	<0,05		<0,05	&										
4:2 FTS	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05				<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0		<0,05	<0,05		<0,05	&										
6:2 FTS	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05				0,17	0,11	0,1	<0,05	0,14	0,08	53 %	0,12	0,1	0,08	0,06	0,08		0,07	39 %	0,74	0,66	0,54	0,4	0,51	0,4833	35 %	0,09	0,07	22 %	0,13	0,09	0,08	0,09	0,08	0,09	6 %	0,20	0,13	35% ?	
8:2 FTS	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05				<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0		<0,05	<0,05		<0,05	&										
PFBSA	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05				<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			0,13	0,15	0,09	0,07	0,11	0,09	31 %	<0,05	<0,05		<0,05	&										
PFHxSA	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05				<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			0,3	0,23	0,19	0,11	0,14	0,1467	51 %	<0,05	<0,05		<0,05	&										

Data som er skrevet i **rød font** ble målt < LOQ, og har blitt erstattet med LOQ for å kunne beregne renseeffekt. Den beregnede renseeffekten (dvs. til høyre for de røde tallene) er dermed minimum av renseeffekten. Sannsynligvis er renseeffekten høyere, men vi kan ikke vite hvor mye høyere siden vi ikke er i stand til å måle så lave konsentrasjoner.

Vedlegg D. Resultater fra analyser av slam fra flotasjon og filtermasse fra aktivt kull filter fra Vansjø vannverk

Prøvenummer	NV-5	NV-11	NV-20	NV-24	NV-12	NV-13	NV-14
Prøvetatt	11/01/2021	15/02/2021	25/05/2021	25/05/2021	12/04/2021	25/05/2021	25/05/2021
Prøvemerkning	Slamcontainer (blandprøve)	Slamcontainer (stikkprøve)	Slamcontainer (stikkprøve)	Container reaktivert kull	Filtermasse FAC1 (2018)	Filtermasse FAC2 (2020)	Filtermasse FAC3 (2019)
Benevnning	ng/g	ng/g	ng/g	ng/g	ng/g	ng/g	ng/g
	Slam 11.jan.21	Slam 15.feb.21	Slam 25.mai.21	Reaktivert kull	FAC1 (2018)	FAC2 (2020)	FAC3 (2019)
PFBA	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
PFPA	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	2.02	1.77	1.20
PFHxA	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	2.25	2.17	1.70
PFHpA	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	1.35	1.81	1.30
PFOA	0.75	5.93	<0,4	<0,4	2.03	2.83	1.72
PFNA	0.63	<0,4	<0,4	<0,4	0.68	0.48	<0,4
PFDA	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
PFUnDA	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
PFDoDA	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
PFTTrDA	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
PFTeDA	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
PFPrS	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PFBS	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0.35	0.46	0.35
PFPS	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0.15	0.21	0.14
PFHxS	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1.31	1.90	1.29
PFHpS	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
PFOS	2.19	10.60	3.05	<0,1	3.66	2.24	1.49
br-PFOS	0.26	0.91	0.33	<0,1	1.65	0.88	0.51
PFNS	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PFDS	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PFUnDS	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
PFDoDS	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
PRTTrDS	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
PFOSA	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
4:2 FTS	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
6:2 FTS	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0.68	0.73	0.63
8:2 FTS	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
N-MeFOSAA	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
N-EtFOSAA	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
PFBSA	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
PFHxSA	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0.33	0.36	<0,3
	3.83	17.44	3.38	0.00	16.46	15.83	10.33

Det ble tatt prøver av slammet fra flotasjonen (slamkonteiner) på 3 ulike prøvedager. Samme dager ble det også tatt vannprøver (vedlegg C). Prøver av filtermasse fra aktivt kull filtre ble tatt fra 3 ulike filtre med ulik driftstid (år siden reaktivering i parentes). Det ble også tatt prøve av nylig reaktivert kull som tidligere har vært brukt i 3 år ved Vansjø vannverk.

TIDLIGERE UTGITTE RAPPORTER

2022	268	PFAS i råvann og drikkevann fra Norge
	267	Veiledning for utarbeidelse av kommunale forskrifter på avløpsområdet
2021	266	Vannbransjens erfaringer med kommune-sammenslåinger
	265	MEMiNOR: Membranfiltrering for fjerning av Naturlig Organisk Materiale i Nordiske drikkevann
	264	Alternativ til akkreditert prøvetaking
	263	Trykkoptimalisering på vannledningsnett – beste praksis
2020	262	Undersøkelser som grunnlag for valg av avløpsløsning
	261	Omfyllingsmasser
	260	Innovative anskaffelser i vannbransjen
	259	Kommunalt finansieringsbehov i vannbransjen 2021 – 2040
	258	Rekutteringsbehov i vannbransjen – status og prognoser 2020 – 2050
	257	Etablering og drift av mindre avløpsanlegg
	256	Veiledning for dimensjonering av avløpsrenseanlegg
	255	Bærekraftig fremmedvannsandel – Modell for vurdering av riktig nivå
	254	Forvaltning av nedbørsfelt for overflatevannkilder
	B26	Kunnskapsbehov innen overvann og klimatilpasning
2019	B25	Forprosjekt – Digital Vannstatistikk
	253	Mikroplast i avløpsvann, avløps slam og jord
	252	Kummer – Klassifisering og tilstandsvurdering
	B24	Primærrens – Status og renseseffekter 10 år etter
	C14	Bærekraftig fornyelse av ledningsnett
2018	251	Klimagassutslipp, veiledning for vannbransjen
	250	Kommunens roller, rettigheter og fremgangsmåter i private utbyggingsområder
	249	Veiledning i nød vannforsyning
	B23	Evaluerer av Norsk Vanns prosjektsystem
	248	Organic Pollutants in Norwegian Wastewater Sludge
	247	Beste praksis for HMS-arbeid i vannbransjen
	246	Regulering og organisering av vann- og avløpssektoren i utvalgte europeiske land
	245	Veiledning for tilstandsvurdering av infiltrasjonssystemer
	244	Veiledning i utarbeidelse av prøvetakingsplan for drikkevann
	243	Verdiforvaltning av vann- og avløpsinfrastruktur
2017	242	Praktiske råd ved valg av ledningsmateriale
	241	Mapping microplastic in Norwegian drinking water
	240	UV-desinfeksjon av drikkevann
	B22	Vann og avløp i arealplanlegging og byggesaker
	239	Beregning av bærekraftig lekkasjenivå
	238	Informasjonssikkerhet og skybaserte tjenester
	237	Dataflyt for GIS-informasjon i VA-prosjekter
	236	Akseptkriterier - Vurdering av nye og nyrenoverte avløpsledninger ved rørinspeksjon
	235	Dataflyt
	234	Rørinspeksjon av hovedledninger for vann og avløp
2016	233	Veiledning for bruk av betongrør og kummer
	232	Plastrør for vannforsyning og avløp: Hvordan skal vi oppnå minst 100 års levetid?
	231	NOMiNOR: Natural Organic Matter in drinking waters within the Nordic Region
	230	NOMiNOR: Naturlig Organisk Materiale i Nordiske drikkevann
	229	Sikring av vannforsyning mot tilskudte uønskede hendelser
	228	Tilførsel av industrielt avløpsvann
	227	Beregning av forurensningsutslipp fra avløpsanlegg
	226	Tømming av slam
	225	Trykkavløp i spredtbygde og urbane strøk
	224	Eierskap til stikkledninger
2015	223	Finansieringsbehov i vannbransjen 2016-2040
	222	Dokumentasjon av utslipp fra avløpsnett
	221	Smart ledningsfornyelse – bruk av NoDig-metoder
	B21	Utvikling av studietilbud i bachelor i vann- og miljøteknikk
	B20	Norske tall for vannforbruk med fokus på husholdningsforbruk
	220	Kritiske ledninger for vann og avløp – klassifisering og tiltaksvurdering
	219	Eksempler på implementering av bærekraft i vannbransjen
	218	Vann til brannsløkking og sprinkleranlegg
	217	Videreutvikling av beregningsmetodikk for gjenanskaffelsesverdi og investeringsbehov
	215	Tilbakestrømsikring – veiledning til vannverkseiere
2014	214	Forslag til ny sektorlov for vann tjenester
	213	Sikkerhetsstyring for vannbransjen
	212	Veiledning for dimensjonering av vannbehandlingsanlegg
	211	Erfaringer med ozon-biofiltrering for behandling av drikkevann
	210	Veiledning for praktisering av selvkost
	209	Veiledning i mikrobiell barriere analyse
	208	Sikring av kvalitet på ledningsanlegg
	207	Stikkledninger – ansvar og teknisk utforming
	206	Biostabilitet i drikkevannsnett
	205	Bærekraftig forvaltning av VA-tjenestene
2013	204	Åpne flomveger i bebygde områder
	203	Fra driftsassistanser til regionale vannassistanser
	202	Microbial barrier analysis (MBA) – a guideline
	201	Anskaffelser i vannbransjen
	200	Håndtering av overvann fra urbane veger
	199	Etablering av gode VA-løsninger i spredt bebyggelse
	198	Organiske miljøgifter i norsk avløps slam – Resultater fra undersøkelsen i 2012/13
	197	Avløpsanlegg Vurdering av risiko for ytre miljø
	196	Veiledning i tilstandskartlegging og fornyelse av VA-transportsystemer
	195	Sikkerhet og sårbarhet i driftskontrollsystemer for VA-anlegg
2012	B19	Varmepumper i drikkevannsforsyningssystem
	B18	Kranvannets kokebok for kommunikasjon
	B17	Investeringsbehov i vann- og avløpssektoren
	194	Energiriktig design og prosjektering av avløpsrenseanlegg
	193	Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportsystem
	192	Veiledning for valg av riktige sensorer og måleutstyr i VA-teknikken
	191	Rettigheter til uttak av vann til allmenn vannforsyning
	190	Klimatilpasningstiltak innen vann og avløp i kommunale planer
	188	Veiledning for drift av koaguleringsanlegg
	C8	Omdømmeplattform og -strategi
2011	187	Kommunal overtakelse av vannverk organisert som andelslag eller samvirkeforetak
	186	Veiledning i omorganisering av andelsvannverk til samvirkeforetak
	185	Fett i avløpsnett. Kartlegging og tiltaksforslag
	184	Tilsyn med utslipp fra avløpsanlegg innen kommunens myndighetsområde
	183	Veiledning om regulering av VA-tjenester til næringsmiddelindustri
	182	Prøvetaking av avløpsvann og slam
	181	Veiledning i bygging og drift av drikkevannsbasseng
	180	Fjernavlesning av vannmålere
	179	Veiledning i utarbeidelse av kommunale gebyrforskrifter for vann og avløp
	B16	Veiledning for kartlegging av energibruk i VA-sektoren
2010	B15	Vannforskriftens økonomiske konsekvenser for kommunesektoren og avløpsanleggene
	C7	Forvaltningspraksis ved norsk damsikkerhet
	178	Grunnundersøkelser for infiltrasjon – mindre avløpsanlegg
2009	177	Drikkevannskvalitet og kommende utfordringer – problemoversikt og status
	176	Statlige gebyrer og avgifter på de kommunale VAR-tjenestene
	175	Vann og avløp for nye i bransjen – læreplan. E-læring og samlinger
	174	Hygienisering av avløps slam. Langtidslagring og enkel rankekompostering. Resultater fra 3 års valideringstesting
	173	Veiledning for bruk av støpejernsrør
	B14	Klimatilpasningstiltak i VA-sektoren – forprosjekt
	B13	Silslam – mengder, behandlingsløsninger og bruksområder. Forprosjekt.
	172	Trykktap i avløpsnett
	171	Erfaringer med lekkasjekontroll
	170	Veileder til god desinfeksjonspraksis
2008	169	Optimal desinfeksjonspraksis fase 2
	168	Veiledning for dimensjonering av avløpsrenseanlegg
	167	Veiledning for kjøp av VA-kjemikalier
	166	Tiltak for å bedre fosforfjerningen på kjemiske renseanlegg
	165	Innsamlingsverktøy for vedlikeholdsdata
	B12	Drikkevann i media
	164	Veiledning for UV-desinfeksjon av drikkevann
	163	Veiledning for innhenting og evaluering av tilbud på analyseoppdrag
	162	Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering
	161	Helsemessig sikkert vannledningsnett
2007	160	Driftserfaringer med membranfiltrering
	159	Håndbok i kildeopsporing i avløpssystemet
	158	Termoplastrør i Norge – før og nå
	B11	Økonomiske forhold i interkommunalt VA-samarbeid – praksis og kjøreregler
	B10	Vannkilden som hygienisk barriere
	B9	Utvikling av et system for spørreundersøkelser blant VA-kundene
	C6	I veien for hverandre – Samordning av rør og kabler i veigrunnen
	157	Organiske miljøgifter i norsk avløps slam. Resultater fra undersøkelsen i 2006/07
	156	Veiledning for oljeutskilleranlegg
	155	Norm for merking og FDV-dokumentasjon i VA-sektoren
2006	154	Norm for tagkoding i VA-anlegg
	153	Norm for symboler i driftskontrollsystemer for VA-sektoren
	152	Veiledning for anskaffelse av driftskontrollsystemer i VA-sektoren
	151	Veiledning for vedlikeholdssystemer (FDV)
	150	Dataflyt – Klassifisering av avløpsledninger
	B8	Forprosjekt energinettverk i VA-sektoren
	B7	Sandnesmodellen. Eksempel på system for kommunikasjon og virksomhetsstyring
	149	Tilførsel av industrielt avløpsvann til kommunalt nett. Veiledning
	148	Veiledning i utarbeidelse av prøvetakingsprogrammer for drikkevann
	147	Optimal desinfeksjonspraksis for drikkevann
2005	146	Bærekraftig vedlikehold. Betraktninger av utvalgte problemstillinger knyttet til langsiktig forvaltning av vannledningsnett
	B6	Kommunikasjonsstrategi for NORVAR og norske vann og avløpsverk
	B5	Utslipp fra bilvaskehall
	B4	Vannkvalitet i ledningsnett – Problemoversikt og status. Forprosjekt.
	B3	Kvalitetshveving av nye VA-ledningsanlegg. Kartlegging og tiltaksforslag
	C5	Økt sikkerhet og beredskap i vannforsyningen – veiledning
	C4	Effekter av bruk av matavfallsvernere på ledningsnett, renseanlegg og avfallsbehandling



Norsk Vann BA, Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Tlf: 62 55 30 30 E-post: post@norsk vann.no
www.norsk vann.no