



NIBIO
NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI



FORSVARSBYGG

Overvåkning av avrenning fra nedlagte skyte- og øvingsfelt

Årsrapport for 2019

NIBIO RAPPORT | VOL. 6 | NR. 49 | 2020



Ståle Haaland
Divisjon for miljø og naturressurser

TITTEL/TITLE

Overvåkning av avrenning fra nedlagte skyte- og øvingsfelt
Årsrapport for 2019

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Ståle Haaland

DATO/DATE:	RAPPORT NR. / REPORT NO.	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
01.02.2022	6/49/2020 FB: 0429/2020/SØFM	Åpen	11400-2	18/00915 FB: 2012/3353
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02552-8	2464-1162	77	1	

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Forsvarsbygg

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Arne Eriksen, Harry Hellebust

STIKKORD/KEYWORDS:

Overvåkning av avrenning fra nedlagte skyte- og øvingsfelt
Årsrapport for 2019

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Vannkvalitet
Nedlagte skyte- og øvingsfelt

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Forsvarsbygg rapporterer årlig fra vannprøvetaking i nedlagte skyte- og øvingsfelt. I 2019 har det blitt tatt ut vannprøver vår, sommer og høst fra 15 skyte- og øvingsfelt i utvalgte bekker og elver. Denne rapporten beskriver nivå og tidsutvikling for bly, kobber, sink og antimon. Utlekking og tiltak vurderes.

LAND/COUNTRY:

Norge

/COUNTY:

Akershus

KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Ås

STED/LOKALITET:

NIBIO

GODKJENT /APPROVED



EVA SKARBØVIK

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



STÅLE HAALAND



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Overvåkning av avrenning fra nedlagte skyte- og øvingsfelt

Årsrapport 2019



Forord

Forsvarsbygg gjennomfører tiltak og avhender en rekke skyte- og øvingsfelt etter hvert som de ikke lenger er i bruk. I forbindelse med dette har Forsvarsbygg anlagt et overvåkingsprogram for overvåking av vannforekomster. Programmet vurderer behov og følger opp de tiltak som allerede er gjennomført, for å begrense utlekking av tungmetaller til vann og vassdrag. NIBIO (da Bioforsk) overvåket vannkvaliteten i skyte- og øvingsfelt fra januar 2010 til april 2014. NIVA overtok deretter frem til 2019. Fra og med januar 2019 tok NIBIO igjen over overvåkingen.

Undertegnede har vært prosjektansvarlig hos NIBIO. Kontaktpersoner hos Forsvarsbygg har vært Arne Eriksen og Harry Hellebust. Jonas Steensgaard Reinemo, Rikard Pedersen og Paul Eric Aspholm fra NIBIO, samt Øystein Løvdal, Arild Vatland og Kjell Arne Skagemo fra COWI har tatt ut vannprøver fra skyte- og øvingsfeltene. Håkon Urdal, Ada Kristoffersen og Maria Kant Pangopoulus har vært kontaktpersoner hos Eurofins. Ove Molland fra NIBIO har administrert databasen. Eva Skarbøvik fra NIBIO har vært kvalitetssikrer for rapporten. Det rettes en takk til dere alle. En takk rettes også til Øyvind Garmo fra NIVA for sømløs overlevering av prosjektet.

Ås, mars 2020



Ståle Haaland

Innhold

1 Innledning.....	7
2 Prøvetaking.....	9
3 Resultater	10
3.1 Overvåking av skyte- og øvingsfelt der tiltak er utført	10
3.1.1 Gimlemoen.....	10
3.1.2 Fredrikstad (Gansrød og Pernes).....	14
3.1.3 Ørskogfjellet	20
3.1.4 Gurulia og Bue-Nebb	24
3.1.5 Kjoselvdalen	28
3.1.6 Kvenvikmoen.....	32
3.1.7 Skarsteindalen.....	36
3.1.8 Melbu/Haugtuva	40
3.1.9 Vikesdalmoen.....	44
3.2 Overvåking av skyte- og øvingsfelt der tiltak ikke er utført.....	48
3.2.1 Børja	48
3.2.2 Kvamskogen (Steinskvandalen).....	52
3.2.3 Skjelanger	56
3.2.4 Brettingen	60
3.2.5 Vaterholmen	64
3.2.6 Nyborgmoen	68
3.3 Utlekking av metaller.....	72
4 Diskusjon.....	73
5 Konklusjon	74
Litteratur	75
Vedlegg.....	78
Analyseresultater 2019	78

Sammendrag

Overvåkingen av de nedlagte skyte- og øvingsfeltene (SØF) omfattet i 2019 tre prøverunder med uttak av vannprøver vår, sommer og høst. Hovedformålet har vært å se på effekten av de tiltak som har blitt gjennomført. Følgende SØF ble prøvetatt: Gimlemoen, Fredrikstad, Ørskogfjellet, Gurulia/Bue-Nebb, Kjoselvdalen, Kvenvikmoen, Vikesdalmoen, Børja, Kvamskogen (Steinskvannaldalen), Skjelanger, Brettingen, Vaterholmen, Melbu, Skarsteindalen og Nyborgmoen. Det ble analysert på metaller og støtteparametere i ufiltrerte og filtrerte vannprøver.

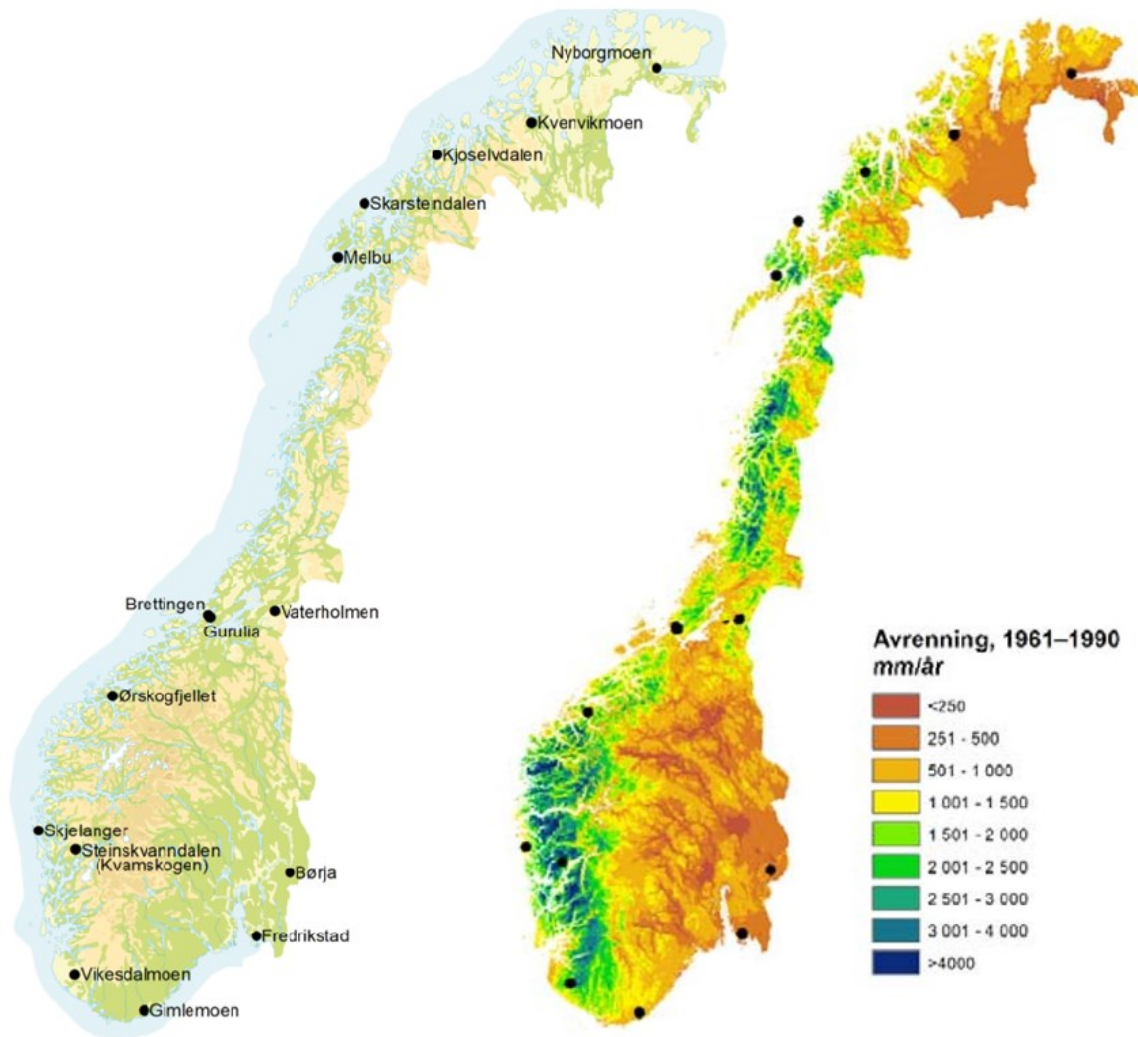
Det ser ut til at tiltakene ved Gimlemoen har fungert, men det lekker fremdeles relativt høye konsentrasjonene av særlig bly og antimon ut av feltet. Overvåkingen har derimot pågått lenge og utlekkingen er stabil. Overvåkingen anbefales avsluttes. Ved Pernes (Fredrikstad) anses utlekkingen ut av feltet å være akseptabel. Feltet har blitt overvåket i tre år etter tiltak og anbefales avsluttet. Ved Gansrød er det som tidligere forhøyede konsentrasjoner av kobber og sink ut av feltet. Vannprøvene er ofte preget av at lokalitetene ofte har meget liten vannføring. Kildesporing kan vurderes. Ved Ørskogfjellet lekker det fremdeles ut en del bly, kobber og sink, men det er tendenser til forbedring og det anbefales at overvåkingen fortsetter for å følge opp effekten av tiltak. Overvåkingen av Gurulia anbefales avsluttes. Tiltakene har gitt lavere konsentrasjoner av metaller i avrenningen. Ved Kjoselvdalen er det tendenser til lavere konsentrasjoner av metaller etter tiltak. Det anbefales å fortsette overvåkingen for å følge opp utviklingen etter tiltak. Ved Kvenvikmoen er det tilsvarende tendenser til forbedring etter tiltak, men anbefales overvåket ut overvåkningsperioden angitt i tillatelsen. Ved Vikesdalmoen har det blitt utført tiltak høsten 2019 og overvåkning gjennomføres ihht tillatelsen. Børja vurderes tsom tilstrekkelig dokumentert. Ytterligere overvåkning før eventuelle tiltak anses ikke som nødvendig. Med fem år med data anses det heller ikke nødvendig med flere undersøkelser ved Kvamskogen. Det lekker en del sink og kobber ut Skjelanger. Det kan kanskje skyldes nylig sanering av fylling 2018. Et referansepunkt mangler og kan vurderes anlagt. Overvåkingen bør fortsette. Ved Brettingen er det planlagt oppryddingstiltak våren 2020 og overvåkning vil foregå etter sanering. Overvåkingen kan avsluttes ved Vaterholmen da undersøkelsene nå gir tilstrekkelig dokumentasjon av utlekkingen. Det er tendenser til lavere metallkonsentrasjoner ved Melbu etter tiltak. Overvåkingen bør fortsette for å bedre dokumentere effekten av tiltak. Situasjonen ved Skarsteindalen er tilsvarende som ved Melbu. Overvåkingen bør fortsette for å dokumentere tilstanden etter tiltak. Nivåene av metallkonsentrasjonene ved Nyborgmoen er langt under grenseverdiene og det har de vært i flere år. Videre overvåking av avrenning i feltet kan avventes til det skal gjennomføres oppryddingstiltak.

1 Innledning

I 2005 ble 27 skyte- og øvingsfelt utrangert av Forsvaret. Av disse er 23 av 27 utrangerte skyte- og øvingsfelt blitt overført til Forsvarsbygg for miljøsanering og avhending. Saneringen ved de første feltene startet opp i 2009. For å vurdere og følge opp tiltakenes effekt på vannkvalitet, ble det i 2010 etablert et overvåkingsprogram med årlig rapportering av resultater (Amundsen, 2011-2012; Gjemlestad og Haaland, 2013-2014; Garmo, 2015-2018). Denne årsrapporten omhandler feltene som har vært overvåket i 2019 (jf. figur 1).

Millitær aktivitet i skyte- og øvingsfelt medfører akkumulering og via forvitring økt utlekking av metaller fra jord og sedimenter til vann og vassdrag. Opp imot vannkvalitet er det især tungmetallene bly, kobber og sink, samt halvmetallet antimon som er utfordrende. Dette er fordi det opp gjennom årene har blitt benyttet kobbermantlede blyprosjektiler som inneholder om lag 60 % bly, 30 % kobber, 7 % antimon og 3 % sink (massebasert; Strømseng og Ljønes, 2002). Konsentrasjon av metaller i avrenningen fra skyte- og øvingsfelt blir vurdert opp mot gjeldene grenseverdier. Grenseverdiene har variert opp gjennom årene og blir stadig revidert. Per i dag benyttes grenser angitt i Vannforskriften for tungmetaller (årsgjennomsnitt), samt grense angitt i Drikkevannsforskriften for antimon (Tabell 1). Grensene er satt til 14 µg bly/l, 7,8 µg kobber/l, samt 11 µg sink/l. Filtrerte prøver skal benyttes (0,45 µm). Grensene for kobber er vesentlig høyere tidligere grenser, mens for sink er det mosatt (jf. Andersen mfl., 1997). I tillegg til løst bly vurderes også en beregnet biotilgjengelig fraksjon av bly. Denne beregnes fra en empirisk sammenheng mellom filtrert bly og konsentrasjonen av løst organisk karbon (DOC). $[\text{Biotilgjengelig bly (}\mu\text{g/l)}] = [\text{Bly filtrert (}\mu\text{g/l)}] \cdot 1,2 / (1,2 + 1,2 \cdot ([\text{DOC (mg/l)}] - 1))$. Sammenhengen gjelder for konsentrasjoner av DOC < 17 mg/l, kalsium > 2 mg/l og pH 6,0-8,5 (European Commission, 2011, 2014). Dette er en statistisk empirisk relasjon, og slik formelen er gitt i litteraturen bør man ved konsentrasjoner av DOC < 1 mg/l sette biotilgjengelig bly lik filtrert fraksjon av bly. Denne rapporten har analysert for totalt organisk karbon (TOC) og det er TOC som benyttes her for å beregne konsentrasjonen av biotilgjengelig bly. Forskjellen mellom TOC og DOC er antatt å være meget liten i feltene (jf. Aaneby mfl. 2018). Tilsvarende korreksjon for biotilgjenge fraksjoner av flere metaller kan bli aktuelt å vurdere i fremtiden, men er per i dag ikke inkludert (jf. Garmo mfl., 2015).

Det er av interesse å få et estimat på hvor mye bly, kobber, antimon og sink som lekker ut av skyte- og øvingsfeltene. Det har av det blitt beregnet en masseutlekking basert på middelavrenning (gjennom normalperioden 1961-1990; 30 års gjennomsnitt, NVE; figur 1), estimert størrelse på nedbørfelt (NEVINA, NVE) og målt metallkonsentrasjon. Estimert masseutlekking er beheftet med stor usikkerhet, blant annet fordi det i denne sammenhengen er få prøver per år som tas ut og fordi vannføringsdata med høy tidsopløsning mangler. Estimaten gir allikevel et overslag som kan være til hjelp for kvantifisering av masseutlekking av metaller (naturlig bakgrunn og militær aktivitet), samt en vurdering av effekten av anlagte saneringstiltak i feltene.



Figur 1. Skyte- og øvingsfelt prøvetatt i 2019. Kartet til høyre viser gjennomsnittlig avrenning per år (NVE). Skyte- og øvingsfeltene er markert.

2 Prøvetaking

Prøvetakingsprogrammet baserer seg i all hovedsak på det som oppinnelig ble anlagt av Bioforsk/NIBIO, samt det som ble anlagt i 2016 ved Nyborgmoen av NIVA (jf. Garmo, 2019). Punktene er anlagt for å kunne fange opp metallutlekking fra ulike delfelt i skyte- og øvingsfeltene, samt identifisere nedbørfeltets bakgrunnskonsentrasjoner av metallene. Feltene som ble prøvetatt i 2019 var Gimlemoen, Fredrikstad (Gansrød og Pernes), Ørskogfjellet, Gurulia og Bue-Nebb, Kjoselvdalen, Melbu, Skarsteindalen, Kvenvikmoen, Vikesdalmoen, Børja, Kvamskogen (Steinskvanndalen), Skjelanger, Brettingen, Vaterholmen, og Nyborgmoen. De 8 førstnevnte feltene har blitt sanert. Saneringstiltakene er kort beskrevet i resultatdelen. I 2019 ble saneringstiltak gjennomført ved Vikesdalmoen, mens tiltak ikke var påbegynt i resten av feltene.

Uttak av vannprøver ble i 2019 utført av Jonas Steensgaard Reinemo, Rikard Pedersen og Paul Eric Aspholm, alle fra NIBIO. Øystein Løvdal, Arild Vatland og Kjell Arne Skagemo fra COWI tok ut vannprøver fra Gimlemoen og Fredrikstad. Feltene ble prøvetatt vår, sommer og høst. Det ble benyttet prøvetakingsflasker i plast fra Eurofins. Flaskene ble skylt før prøvetaking. Prøvene blir tatt ut på en slik måte at kontaminering minimeres. En utfordring her kan være ved prøvepunkter der vannføringen er meget lav og sediment kan virvles opp, noe prøvetakerne er inneforstått med. Vannprøvene ble som tidligere analysert av Eurofins. Prøvene ble sendt til laboratoriet i Moss kort etter prøvetaking. Håkon Urdal, Ada Kristoffersen og Maria Kant Pangopoulus har vært kontaktpersoner hos Eurofins. Det ble analysert på metaller i filtrerte (0,45 µm) og ufiltrerte vannprøver, samt for støtteparametrene pH, ledningsevne, turbiditet og organisk materiale (TOC). Støtteparametrene gir informasjon om metallenes mobilitet, biotilgjengelig, etc. i felt. I resultatdelen beskrives vannkvaliteten for hvert skyte- og øvingsfelt, inkludert vanntypen basert på terminologien som benyttes i Vanndirektivet/Vannforskriften (Veileder 02:2018). Analysemetodikk er vist i tabell 1.

Tabell 1. Analysemetoder, kvantifiseringsgrense og usikkerhet for de analyserte parametrene hos Eurofins.

Analyse	Kvantifiseringsgrense	Usikkerhet (%)	Metode
pH	1		NS-EN ISO 10523
Konduktivitet ved 25°C	0,1 mS/m	10	NS-EN ISO 7888
Turbiditet	0,1 FNU	30	NS-EN ISO 7027
Total organisk karbon (TOC/NPOC)	0,3 mg/l	20	NS EN 1484
Bly (Pb), oppsluttet	0,2 µg/l	25	NS EN ISO 17294-2
Bly (Pb), filtrert	0,01 µg/l	20	NS EN ISO 17294-2
Kobber (Cu), oppsluttet	0,5 µg/l	15	NS EN ISO 17294-2
Kobber (Cu), filtrert	0,05 µg/l	25	NS EN ISO 17294-2
Sink (Zn), oppsluttet	2 µg/l	15	NS EN ISO 17294-2
Sink (Zn), filtrert	0,2 µg/l	25	NS EN ISO 17294-2
Antimon (Sb), oppsluttet	0,2 µg/l	20	NS EN ISO 17294-2
Antimon (Sb), filtrert	0,02 µg/l	20	NS EN ISO 17294-2
Jern (Fe), oppsluttet	2 µg/l	25	NS EN ISO 17294-2
Jern (Fe), filtrert	0,3 µg/l	20	NS EN ISO 17294-2
Kalsium (Ca), oppsluttet	0,05 mg/l	15	NS EN ISO 11885
Kalsium (Ca), filtrert	0,05 mg/l	10	NS EN ISO 11885

3 Resultater

3.1 Overvåking av skyte- og øvingsfelt der tiltak er utført

3.1.1 Gimlemoen

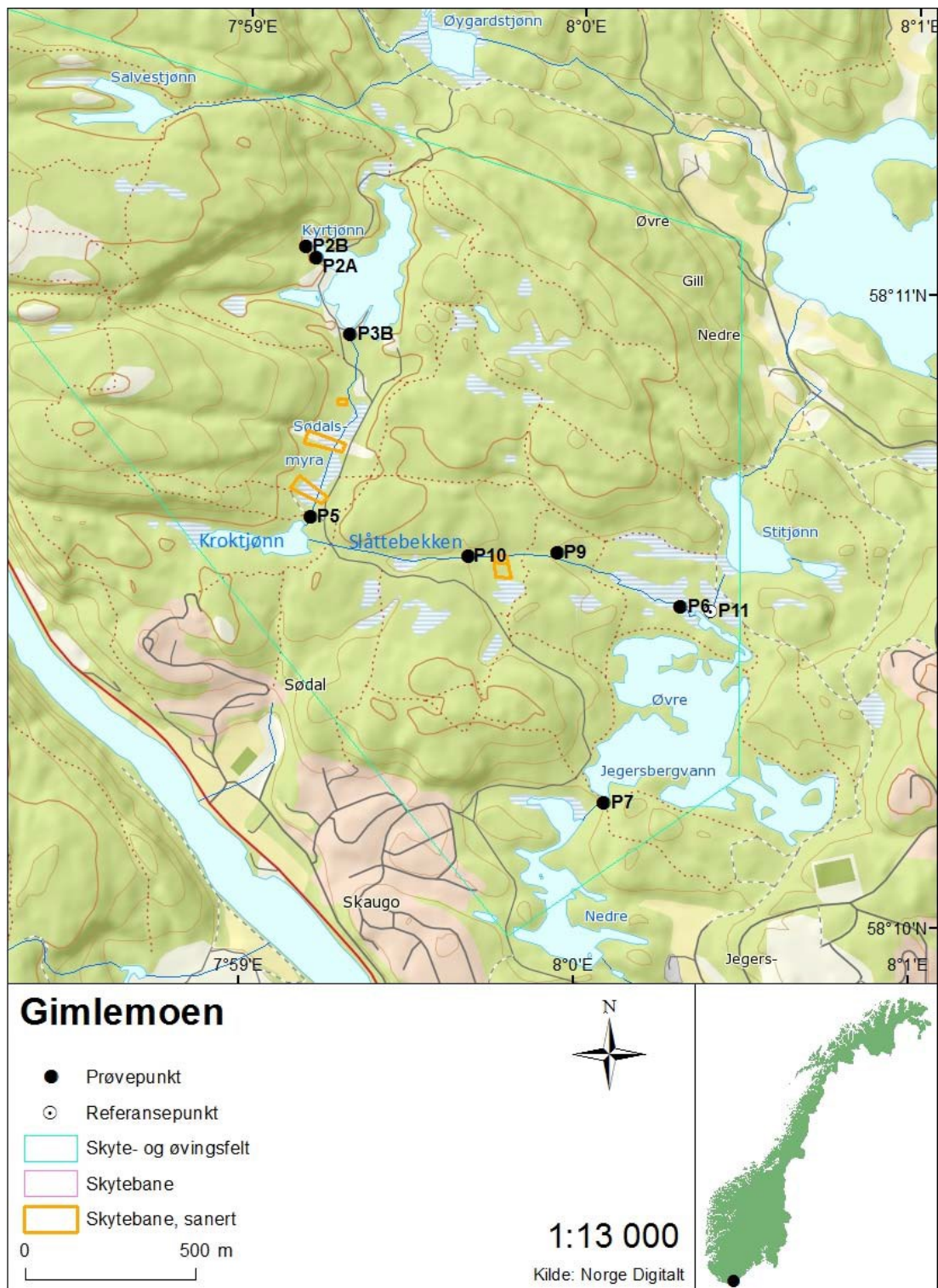
Gimlemoen SØF ligger i Kristiansand kommune i Agder. Området på 7 km² var eid av Forsvaret, men ble høsten 2015 overdratt til Kristiansand kommune. Området består av skog, myrområder, et relativt bratt terreng og et vassdrag med flere innsjøer. Gimlemoen ble etablert som militært område i 1864, og det er antatt at skyte- og øvingsfeltet i skogsområdene nord for leiren ble tatt i bruk som SØF kort tid etter dette. Feltet har bestått av minst fire håndvåpenbaner, panservernrakett (PV)-bane, luftmålbane, håndgranatbane, et åpent øvingsområde for nærkrigsøvelser og en sivil leirduebane. I 2005 ble deler av skytevollmassene fjernet. I 2008 ble forurenset jord fjernet fra Elgbanen og skoleskytebanen ved Kyrjtjønn (COWI, 2013a, 2013b, 2013c). Etablerte bygninger, skivebuer, standplasser, voller, gjerder, strømforsyning og skilt ble i stor grad fjernet i 2008-2009. I 2014 og 2015 ble det fjernet store mengder forurenset masse fra fire lokaliteter. Nedbørfeltareal og middelvannføring er gitt i tabell 2. Prøvepunktene plassering er gitt i figur 2 og avrenning fra delfelter er gitt i tabell 2. Prøvepunktene P2B og P2A er plassert der det tidligere var skoleskytebane. Punkt P3B ligger ved utløpet av Kyrjtjønn. Punkt P5 er plassert i bekken nedstrøms disse ved innløpet til Krokktjønn. Punkt P10 og P9 er plassert hhv. oppstrøms og nedstrøms den tidligere leirduebanen. Punkt P6 og P7 er plassert hhv. nær innløpet og i utløpet av Øvre Jegersbergvann, mens referansepunktet P11 er plassert i bekken fra Stitjønn. I 2019 ble det tatt ut vannprøver 15. mai, 28. august og 14. november. Vannføringen var normal, vannkvaliteten kalsiumfattig og humøst. De fleste prøvepunktene har pH 6-7, med unntak ved punkt P2B (surere; pH 5, mer TOC og mindre kalsium).

Tabell 2. Estimert nedbørfeltareal, årsmiddelvannføring (NVE) og tilhørende vannforekomst i.d. (Vann-Nett) for prøvepunktene på Gimlemoen.

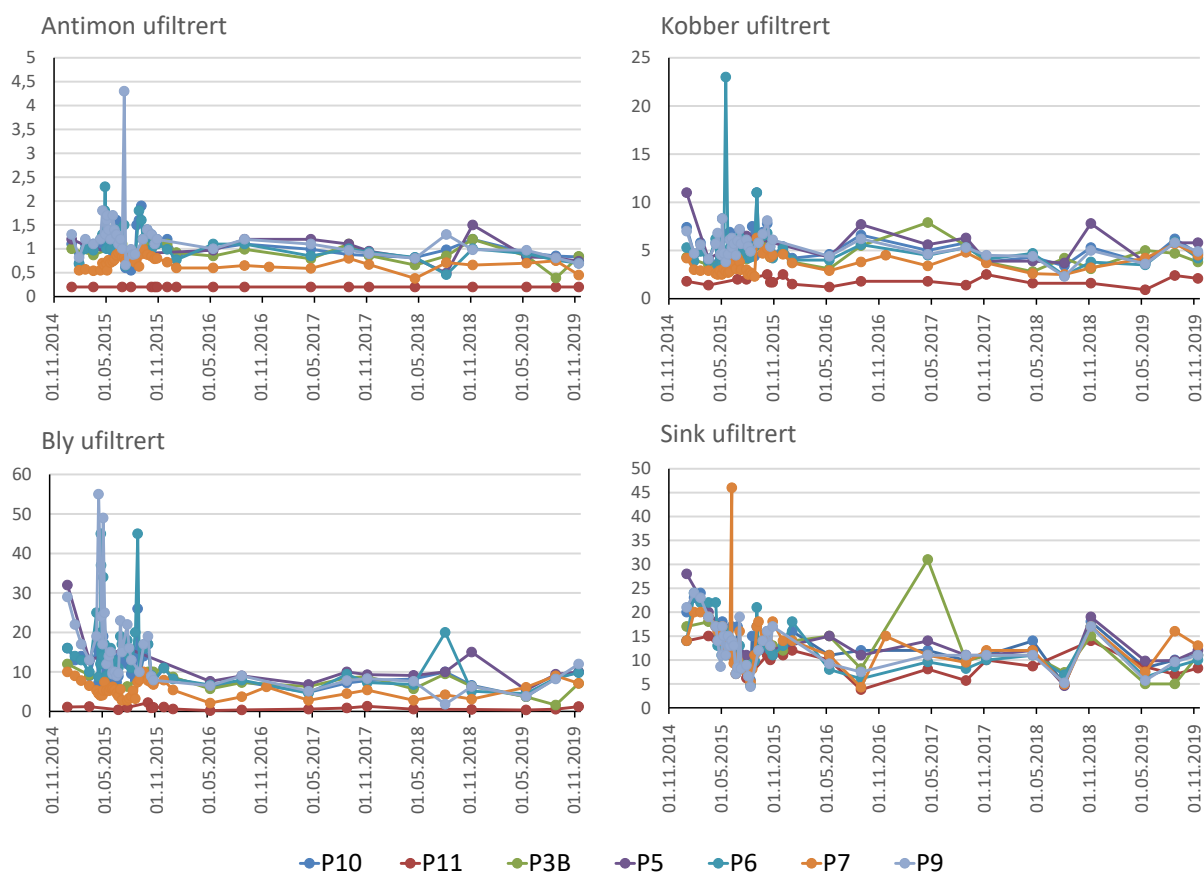
Prøvepunkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal, km ²	Middelvannføring, l/s
P2A	Ikke definert	0,07	1
P2B	Ikke definert	0,07	1
P3B	021-113-R Prestbekken	0,6	16
P5	021-113-R Prestbekken	0,94	25
P6	021-113-R Prestbekken	1,88	51
P7	021-113-R Prestbekken	2,58	70
P9	021-113-R Prestbekken	1,49	40
P10	021-113-R Prestbekken	1,28	35
P11	Ikke definert	0,2	5

Analysedata for filtrerte og ufiltrerte prøver er lagt i vedlegg. Konsentrasjonen av filtrerte prøver for kobber, bly, samt beregnet biotilgjengelig bly, var i 2019 over grenseverdien ved punktene P2B og P2A. Her er vannføringen derimot meget liten (Tabell 2). Lenger ned i bekken er konsentrasjonene som tidligere lavere enn grenseverdien (figur 3). Det er tendenser til lavere konsentrasjoner internt i feltet av bly, kobber og antimon i forhold til årene 2016 og 2017 (2018 var et unormalt tørt år). Grenseverdien for sink overskrides i sommer og høstprøven ved P7 (13 µg/l), men bakgrunnskonsentrasjonen av sink er relativt høy i feltet (9 µg/l ved referansepunktet; figur 3). Estimert tap av tungmetaller ut av feltet i 2019 var på 15 kg bly, 7 kg kobber, 9 kg sink og 1 kg antimon.

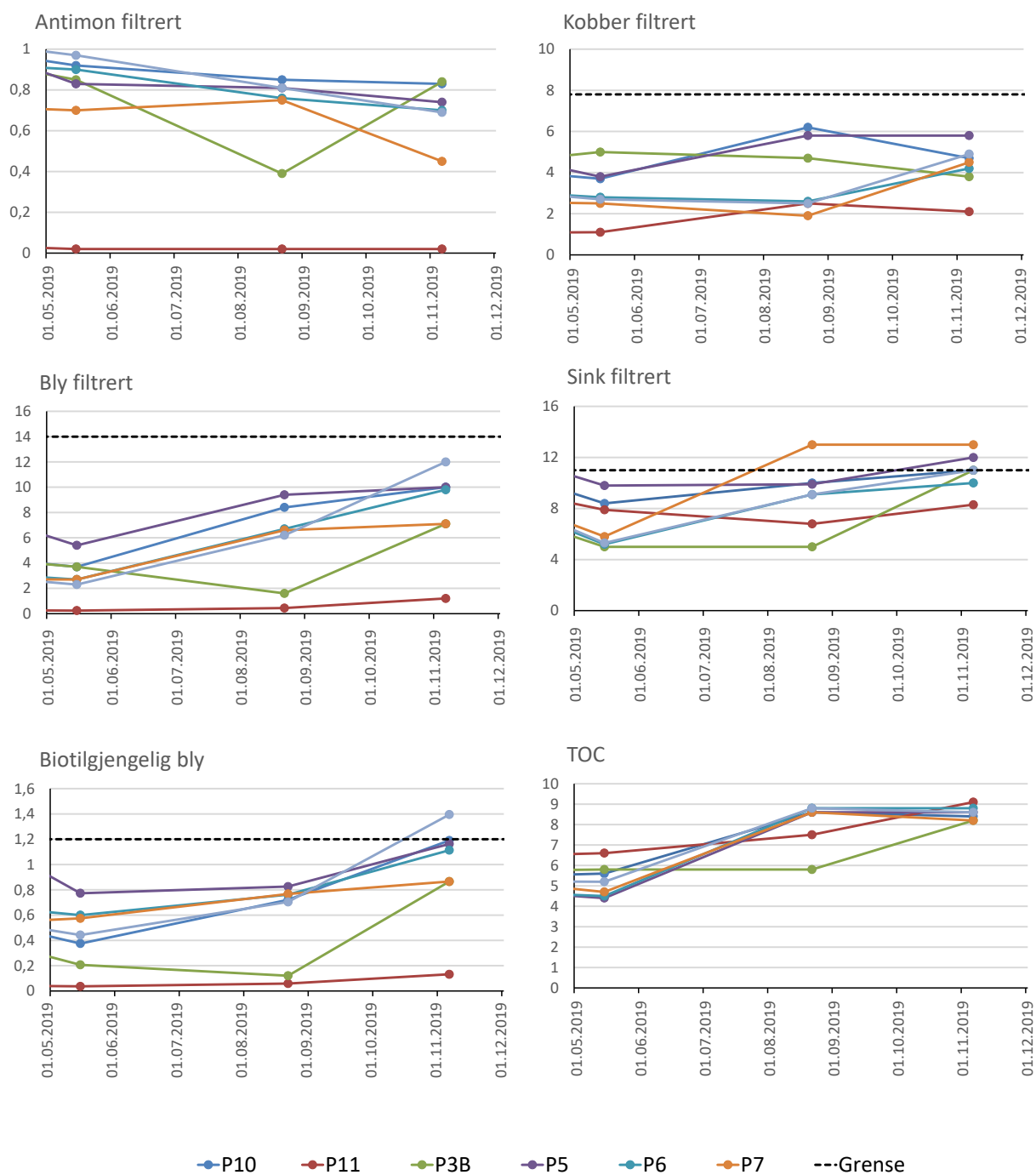
Gimlemoen er godt nok overvåket. Vannovervåkingen anbefales avsluttet.



Figur 2. Prøvepunkter ved Gimlemoen SØF i 2019. ©Kartverket.



Figur 3. Analyseresultater for ufiltrerte prøver tatt ut fra Gimlemoen SØF i 2019. P11 representerer den naturlige bakgrunnskonsentrasjonen fra feltet. Data fra prøvepunktene P2A og P2B har høyere konsentrasjoner av bio-tilgjengelig bly, kobber og antimon. Her er derimot vannføringen meget lav og analysedata er av det lagt i vedlegg. Metaller i µg/l.



Figur 4. Analyseresultater for filtrerte prøver tatt ut fra Gimlemoen SØF i 2019. Biotilgjengelig bly er en beregnet parameter som estimeres via konsentrasjonen av bly og organisk materiale i filtrerte vannprøver. Sort horisontal stiplet linje viser tillatt grenseverdi. Data fra prøvepunktene P2A og P2B har høyere konsentrasjoner av biotilgjengelig bly, kobber og antimon. Her er derimot vannføringen meget lav og analysedata er av det lagt i vedlegg. Metaller i µg/l, TOC i mg/l.

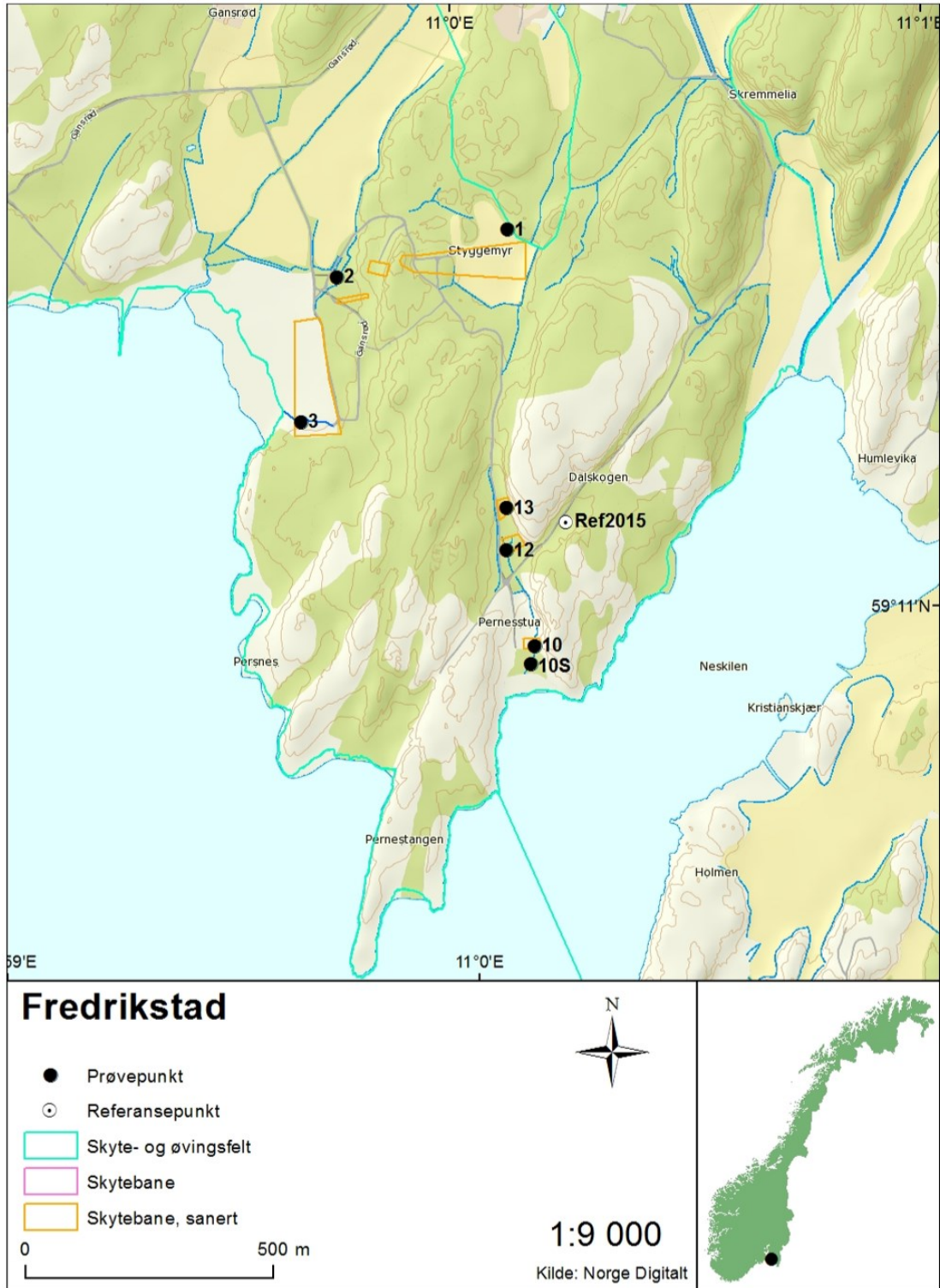
3.1.2 Fredrikstad (Gansrød og Pernes)

Gansrød og Pernes SØF ligger i Fredrikstad kommune i Viken. Områdene rundt skytebanene er kupert med bart fjell, skrinne mark og spredte furuskog. Feltet grenser i sør mot Øra naturreservat. Skyte- og øvingsfeltet har vært brukt siden slutten av 1800-tallet (for kalibrering av kanoner og testskyting av ammunisjon), men den intensive bruksperioden var trolig under utdanningen av kontingentene for Tysklandsbrigaden på slutten av 40-tallet frem til midten av 50-tallet. Det har vært noe bruk av banene frem til 2000-tallet, men etter 2005 har virksomheten vært lav. Mer informasjon om bruk av og tiltaksplan for de ulike banene er beskrevet i (COWI, 2015; Weholt, 2012, 2010, 2009). To baner (H6 og H8) ble ryddet i 2010 og videre 4 baner (H7, G9, G10 og G11) i perioden august til november 2016.

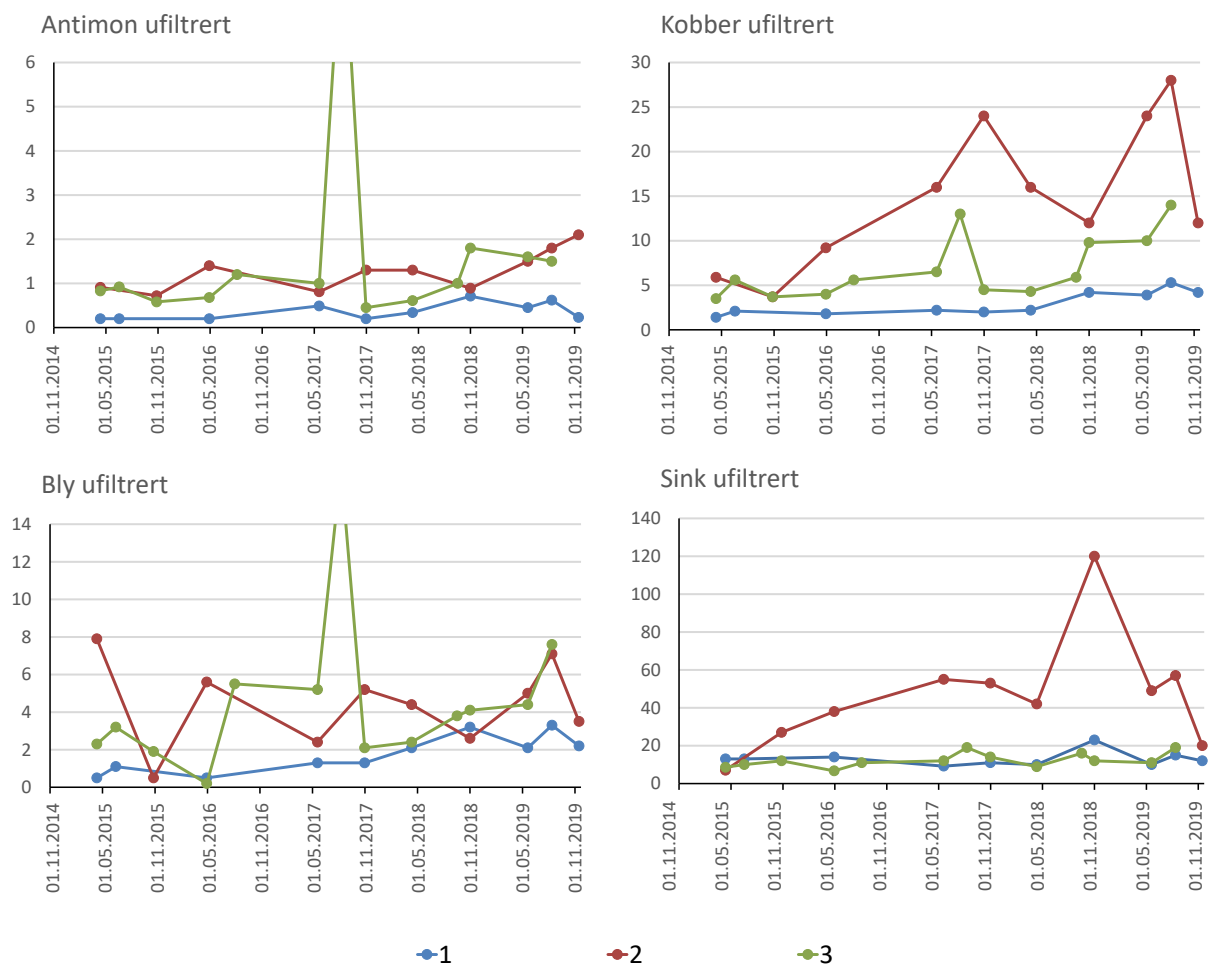
Prøvepunktene plassering er gitt i figur 5. Nytt referansepunkt Ref-2015 ble tatt i bruk fra og med april 2015. Det gamle referansepunktet ble tatt ut da punktet var sterkt påvirket av landbruksavrenning. I Gansrød er prøvepunkt 1 plassert i et sig som mottar avrenning fra målområdet til bane G9. Punkt 2 er plassert i et sig som mottar avrenning fra det som var bane H8. Punkt 3 er plassert i en bekk som mottar avrenning fra det som var målområdet for 200-metersbanen (H6). Ved Pernes er punkt 10 plassert i bekk som mottar avrenning fra bane G10. Punkt 10S representerer samlet avrenning fra banene ved Pernes (G10, G12 og G13) til Neskilen. Punkt 12 er plassert i sig som mottar avrenning fra kortholdsbanen G12, og punkt 13 plassert i sig som mottar avrenning fra kortholdsbanen G13. En utfordring for vannprøvetakerne er at avrenningen fra samtlige punkter, med unntak for punktene 3 og 10S, til tider har meget lav vannføring. Kontaminering av vannprøvene med resuspendert sediment kan forekomme. Vannprøver ble i 2019 tatt ut 20. mai, 12. august og 14. november. Prøvene har blitt forsøkt tatt ut etter nedbørsperioder for å sikre god avrenning.

Analysedata for filtrerte og ufiltrerte prøver er lagt i vedlegg. Vannet er moderat kalsiumrikt, moderat surt til nøytralt (pH 6-7) og humøst (10-20 mg TOC/l). Totalkonsentrasjonene av tungmetaller har vært nokså variable både ved Gansrød (figur 6a, 6b) og Pernes (figur 7a, 7b). Lav vannføring kan være noe av årsaken til dette. Små bekker og sig endrer vannføring raskt, noe som også gir seg utslag i variabel vannkvalitet. I 2019 er det overskridelser for sink og kobber i punkt 2 ved Gansrød og i punktene 12 og 13 ved Pernes. Her er konsentrasjonene godt over grenseverdier. Det påpekes at bakgrunnskonsentrasjonen i feltet også er relativt høy målt ved Ref-2015, særlig for sink. Konsentrasjonen av kobber og sink overskrider også grenseverdiene ut av feltet (punkt 3 i Gansrød og punkt 10s ved Pernes), med en mulig tendens til økt konsentrasjon av kobber i ufiltrerte prøver. Med til tider turbide vannprøver og ustabil vannføring er det utfordrende å vurdere trender, samt å estimere årlige mengder av tungmetaller som lekker ut fra feltet. Ingen av sigene er definert som del av en vannforekomst ifølge Vannnett. Men, dersom man antar en normalavrenning på 10,2 l/s/km² og samlet nedbørfelt om lag 1 km², blir estimert utlekking i 2019 på 1,9 kg bly, 3,8 kg kobber, 2,4 kg sink og 0,5 kg antimon. Estimater er som nevnt usikkert.

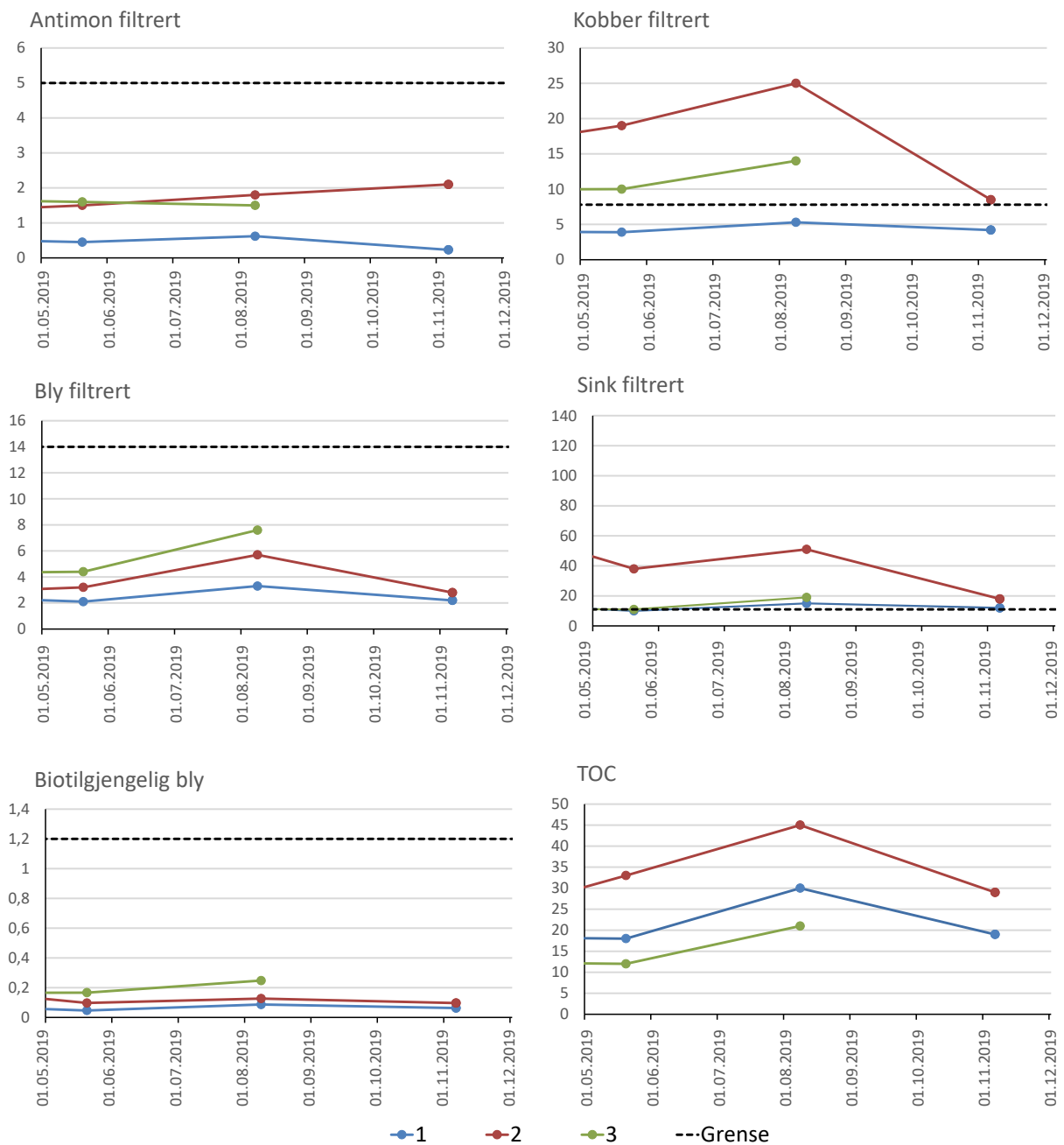
Ved Pernes anses utlekkingen ut av feltet å være akseptabel. Overvåkingen anbefales avsluttet. Ved Gansrød er det forhøyede konsentrasjoner av kobber og sink ut av feltet. Vannprøvene er ofte turbide, preget av at lokalitetene ofte har meget liten vannføring. Kildesporing kan vurderes.



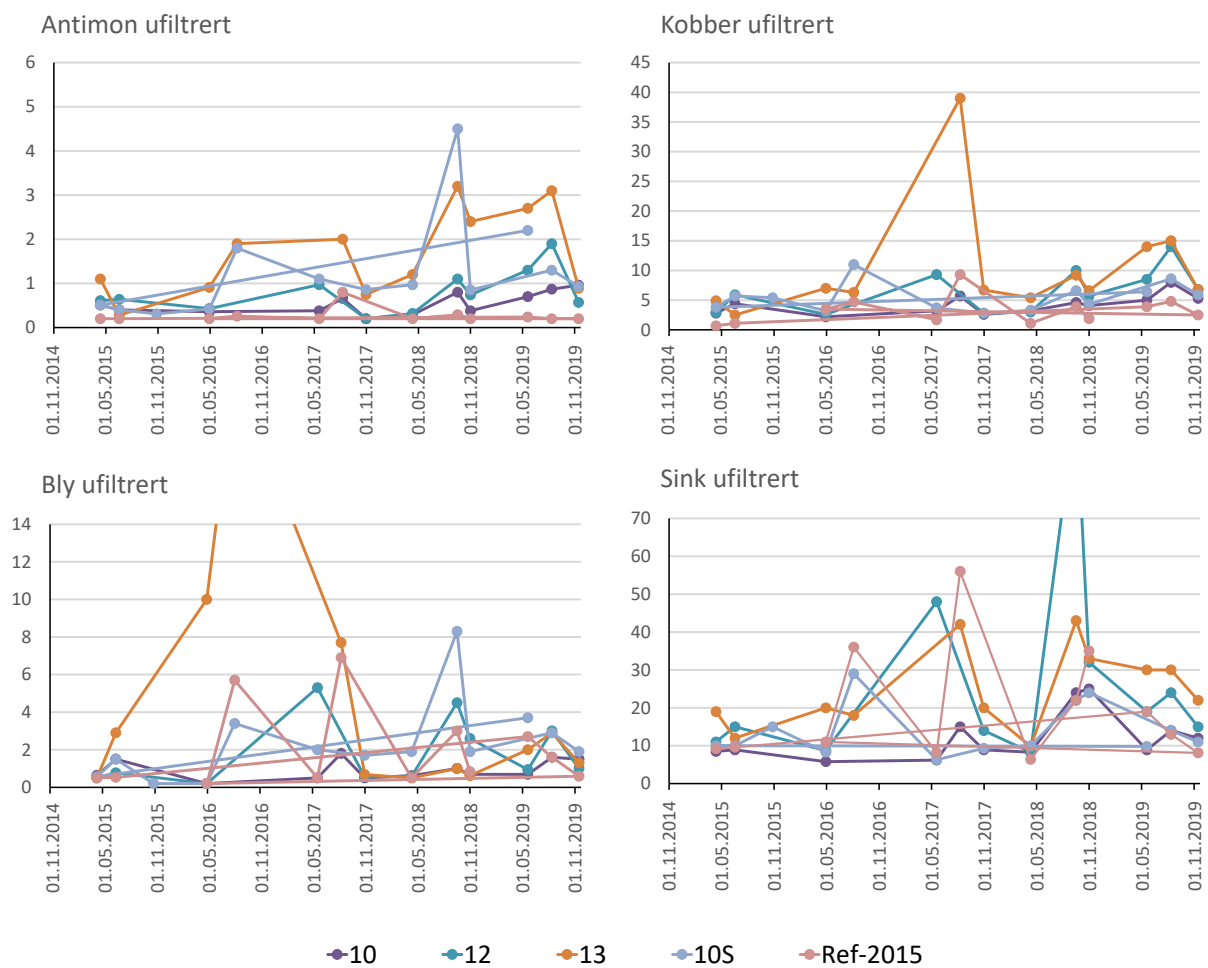
Figur 5. Prøvepunkter ved Fredrikstad SØF (Gansrød og Pernes) i 2019. ©Kartverket.



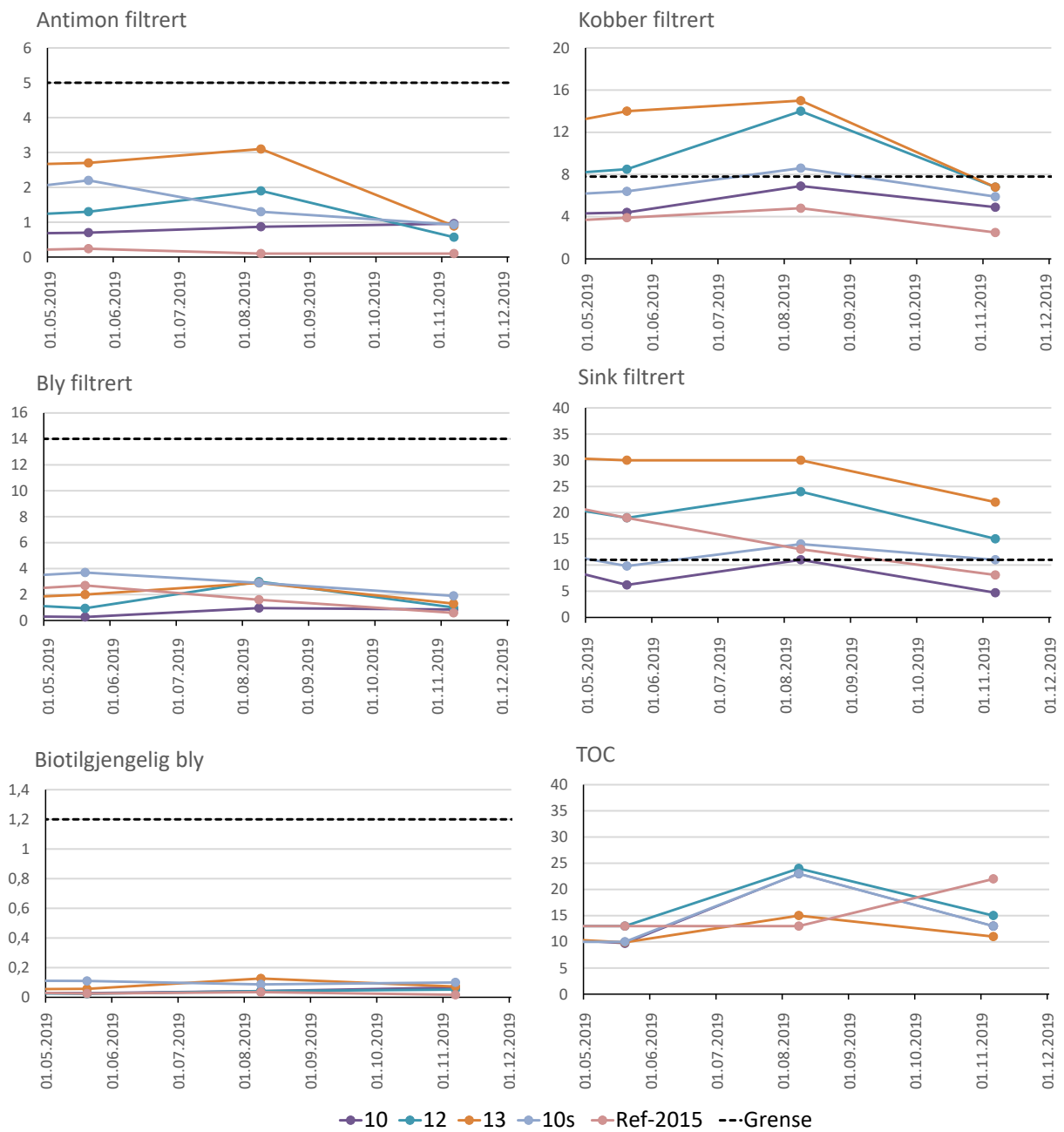
Figur 6a. Analyseresultater (µg/l) for metaller i ufiltrerte prøver fra Gansrød, Fredrikstad SØF. Metaller i µg/l, TOC i mg/l.



Figur 6b. Analyseresultater 2019 for filtrerte prøver fra Gansrød, Fredrikstad SØF. Biotilgjengelig bly er en beregnet parameter som estimeres via konsentrasjonen av bly og organisk materiale i filtrerte vannprøver. Sort horisontal stiplet linje viser tillatt grenseverdi. Metaller i µg/l, TOC i mg/l.



Figur 7a. Analyseresultater ($\mu\text{g/l}$) for metaller i ufiltrerte prøver fra Pernes, Fredrikstad SØF. Metaller i $\mu\text{g/l}$.



Figur 7b. Analyseresultater 2019 for filtrerte prøver fra Pernes, Fredrikstad SØF. Biotilgjengelig bly er en beregnet parameter som estimeres via konsentrasjonen av bly og organisk materiale i filtrerte vannprøver. Sort horisontal stiplet linje viser tillatt grenseverdi. Metaller i $\mu\text{g/l}$, TOC i mg/l .

3.1.3 Ørskogfjellet

Ørskogfjellet SØF ligger i Ålesund kommune i Møre og Romsdal og har vært brukt av Heimevernet siden 1950-tallet. Området er myrlendt. Feltet bestod av totalt åtte baner. Det har det vært skutt med håndvåpen og kanon av ymse kaliber på flere av banene. Bruken av feltet ble nedtrappet 1980 tallet og avsluttet i 1995.

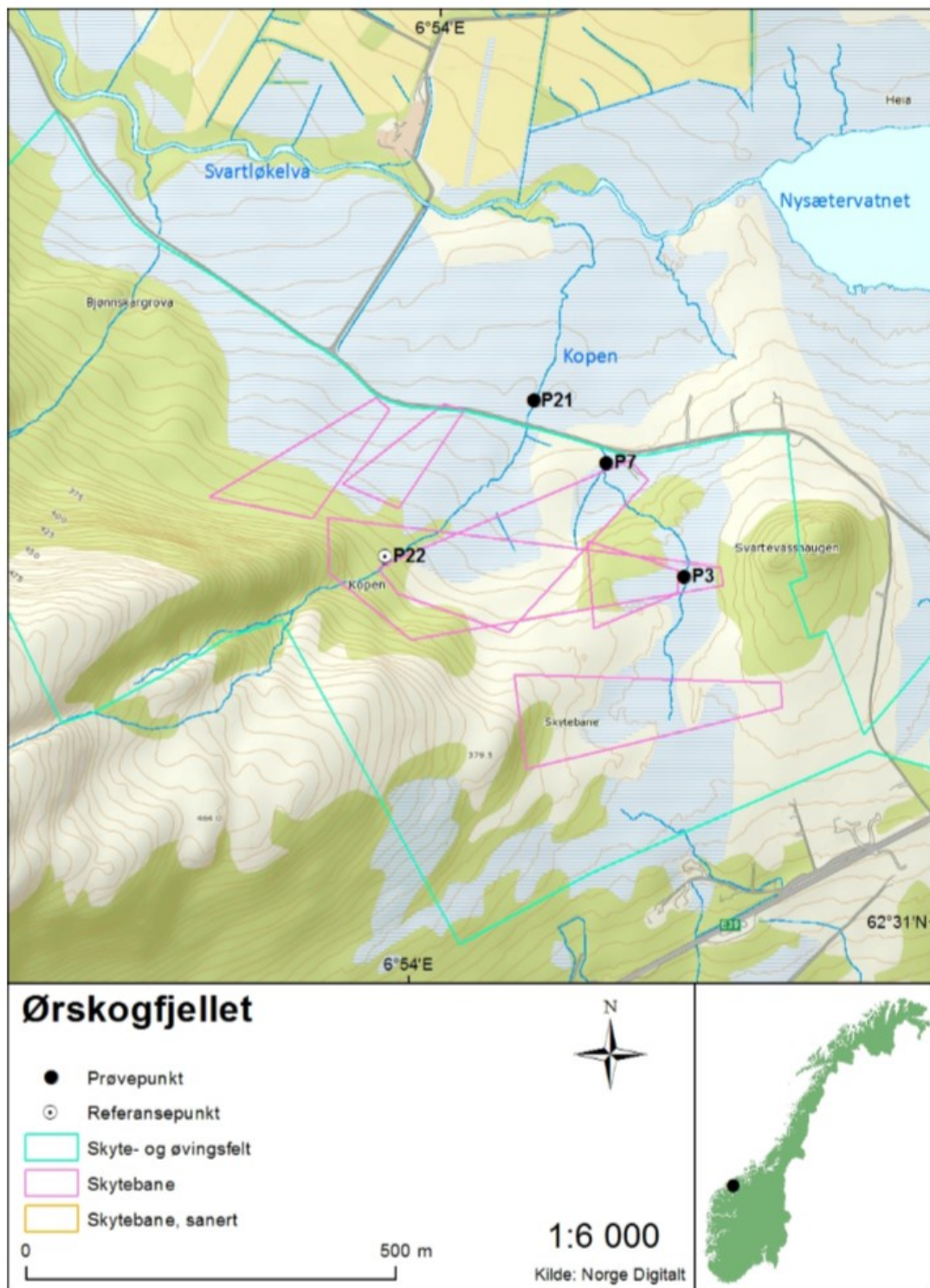
Prøvepunktene plassering er gitt i figur 8 og avrenning fra delfelter er gitt i tabell 3. Vannet renner i nordvestlig retning og inn i bekken Kopen, og deretter ut i Svartløkelva som er utløpselva fra Nysætervatnet. P22 er plassert i bekken Kopen, men så høyt oppe at vannet kan antas å være lite påvirket av militær aktivitet. P3 er plassert i bekk som renner ut fra bane 1. P7 mottar i tillegg avrenning fra bane 1 og 4. P21 er plassert i bekken Kopen og representerer samlet avrenning ut av feltet. Det har blitt gjort forsøk i feltet med tiltak for å hindre metallutlekking fra forurenset myr. Vår og sommer 2017 ble forurensede masser (700 m³) fjernet fra baneområdene (Garmo 2018).

Tabell 3. Estimert nedbørfeltareal, årsmiddelvannføring (NVE) og tilhørende vannforekomst i.d. (Vann-Nett) for prøvepunktene på Ørskogfjellet.

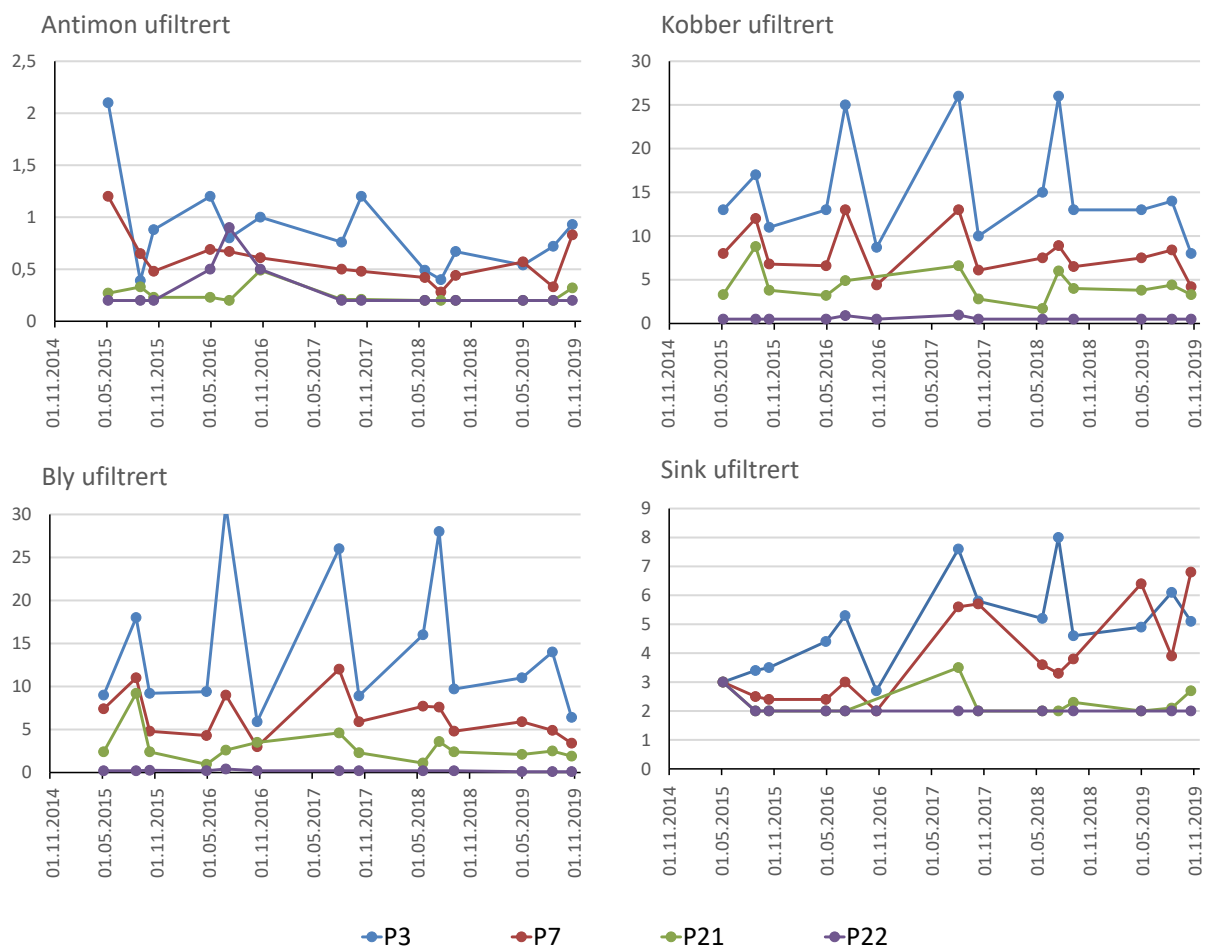
Prøvepunkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal, km ²	Middelvannføring, l/s
P3	Ikke definert	0,075	5
P7	Ikke definert	0,12	8
P21	101-63-R Svartløkelva (Løkelva) og Nysætervatnet med bekkfelt	0,56	39
P22	101-63-R Svartløkelva (Løkelva) og Nysætervatnet med bekkfelt	0,15	11

Analysedata for filtrerte og ufiltrerte prøver er vist i figur 9 og 10, samt i tabell i vedlegg. Feltet ble i 2019 prøvetatt 1. mai, 15. august og 21. oktober. Det ble ikke meldt om unormale forhold av prøvetaker. Vannet er kalsiumfattig (0,3-2,0 mg Ca/l) og moderat surt (pH 5,2-6,8). Konsentrasjonen av organisk materiale var moderat i Kopen (4,3-6,2 mg TOC/l), men er vesentlig høyere i sidebekken på sommeren ved P3 og P7. For bly og kobber er dette tydelig koblet til i konsentrasjonen av organisk materiale. De høyeste tungmetallkonsentrasjonene ble som tidligere påvist ved punkt P3, men toppene for bly, kobber og sink er noe lavere i år enn i årene 2016-2017 ved samme konsentrasjon av TOC. Antimonnivået er stabilt lavt siden 2017. Ved P3 var konsentrasjonen av sink og biotilgjengelig bly tidvis over grenseverdien. Ut av feltet ved punkt P21 var konsentrasjonen av bly, kobber og sink fortsatt forhøyet, men godt under grenseverdiene. Konsentrasjonen av animon lå ned mot naturlig bakgrunn. Estimert utlekking av tungmetaller i 2019 var 1,4 kg bly, 3,4 kg kobber, 1,1 kg sink og 0,3 kg antimon.

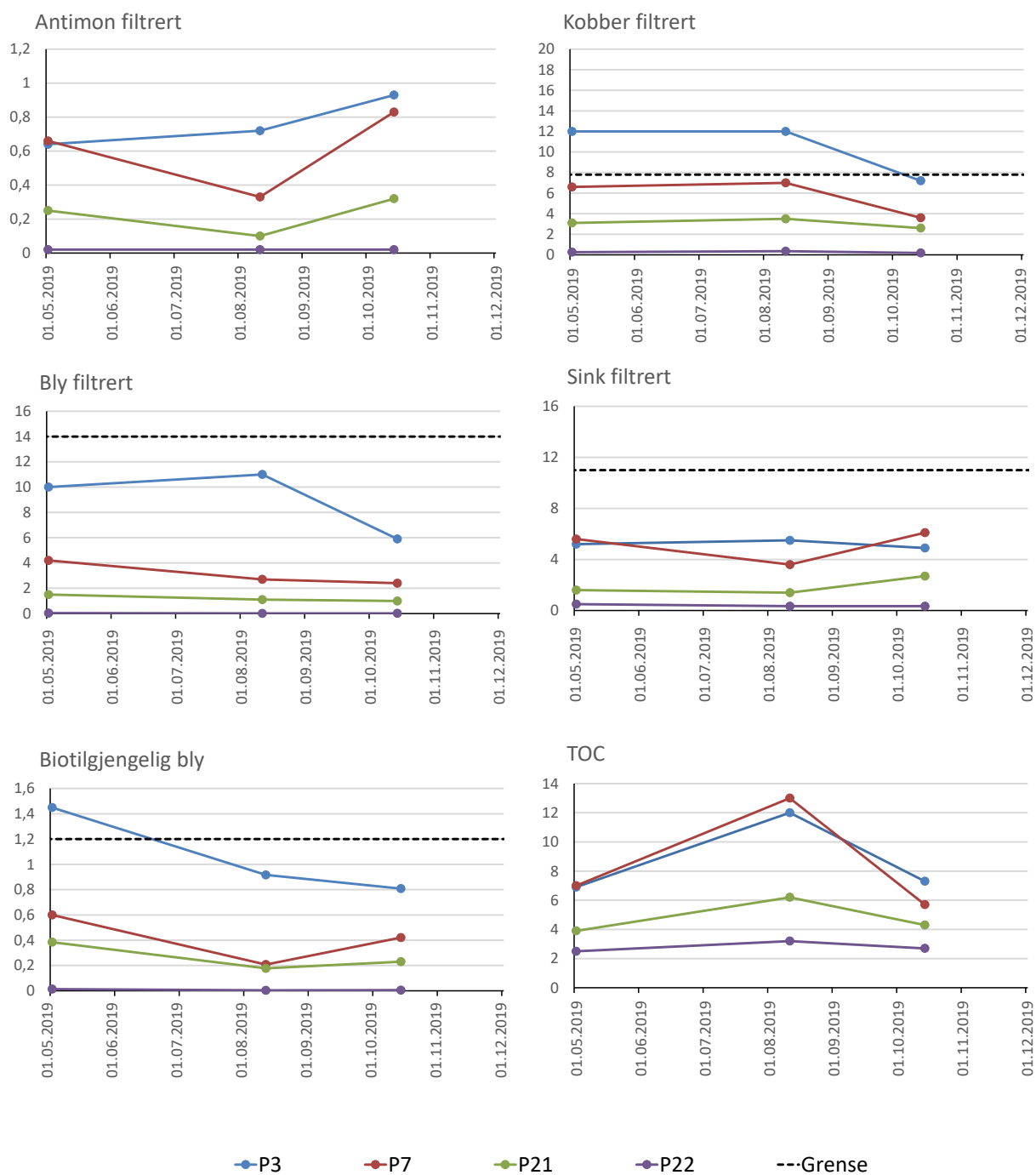
Det lekker fremdeles ut en del bly, kobber og sink fra feltet. Det er tendenser til forbedring og det anbefales at overvåkingen fortsetter for å følge opp effekten av tiltaket i 2017.



Figur 8. Prøvepunkter ved Ørskogfjellet SØF i 2019. ©Kartverket.



Figur 9. Analyseresultater for ufiltrerte prøver tatt ut fra Ørskogfjellet SØF i 2019. Metaller i µg/l.



Figur 10. Analyseresultater for filtrerte prøver tatt ut fra Ørskogfjellet SØF i 2019. Biotilgjengelig bly er en beregnet parameter som estimeres via konsentrasjonen av bly og organisk materiale i filtrerte vannprøver. Sort horisontal stiplet linje viser tillatt grenseverdi. Metaller i µg/l, TOC i mg/l.

3.1.4 Gurulia og Bue-Nebb

Gurulia og Bue-Nebb SØF ligger i Indre Fosen kommune i Fosen . Bue-Nebb ble tatt i bruk på slutten av 1800-tallet i forbindelse med opprettelsen av Hysnes fort. Målområdet var da en fjellvegg. Banen på Bue-Nebb ble lagt ned i 1975 og Gurulia ble da etablert som erstatning. Gurulia var i bruk fram til oppryddingstiltak. Tiltaksplan ble utarbeidet i 2013 (Weholt, 2013). Saneringen besto av fjerning av forurenseede masser, samt bygging av sedimentasjonsbasseng. Høsten 2016 ble det fjernet mer forurenset masse i Gurulia. Området er småkupert, myrlendt og med noe blandingskog.

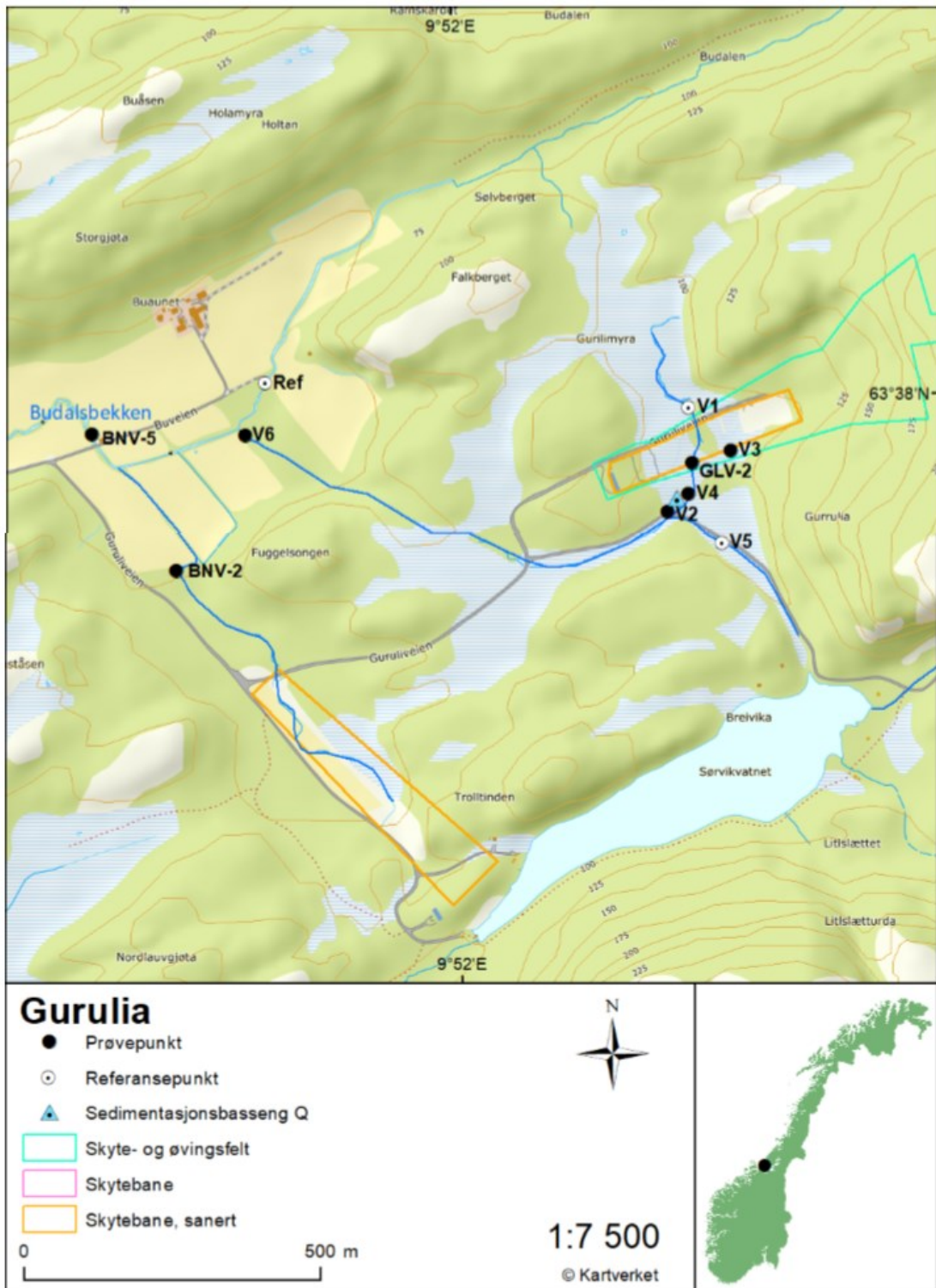
Prøvepunktene plassering er gitt i figur 11 og avrenning fra delfelter er gitt i tabell 4. Vannet fra Gurulia og gamle Bue-Nebb renner begge inn i Budalsbekken. Referansestasjonene i Gurulia er V1 og V5. Punkt V3 ligger i et sig som mottar avrenning fra skytebanen i Gurulia. Punkt GLV-2 er plassert i bekk (samme bekk som V1) etter samløp med siget fra V3. Punkt V4 og V2 er vann som renner hhv. inn og ut av sedimentasjonsbassenget. Punktet V6 er plassert i bekk hvor avrenning fra Gurulia renner ut i Budalsbekken. Punktet BNV-2 representerer den samlede avrenningen fra gamle Bue-Nebb. I tillegg er det plassert ett punkt (BNV-5) i Budalsbekken nedstrøms innløp fra Gurulia og Bue-Nebb. Det er også plassert en referansestasjon (Ref) i Budalsbekken oppstrøms samløpet med bekkene fra Gurulia.

Tabell 4. Estimert nedbørfeltareal, årsmiddelvannføring (NVE) og tilhørende vannforekomst i.d. (Vann-Nett) for prøvepunktene på Gurulia og Bue-Nebb.

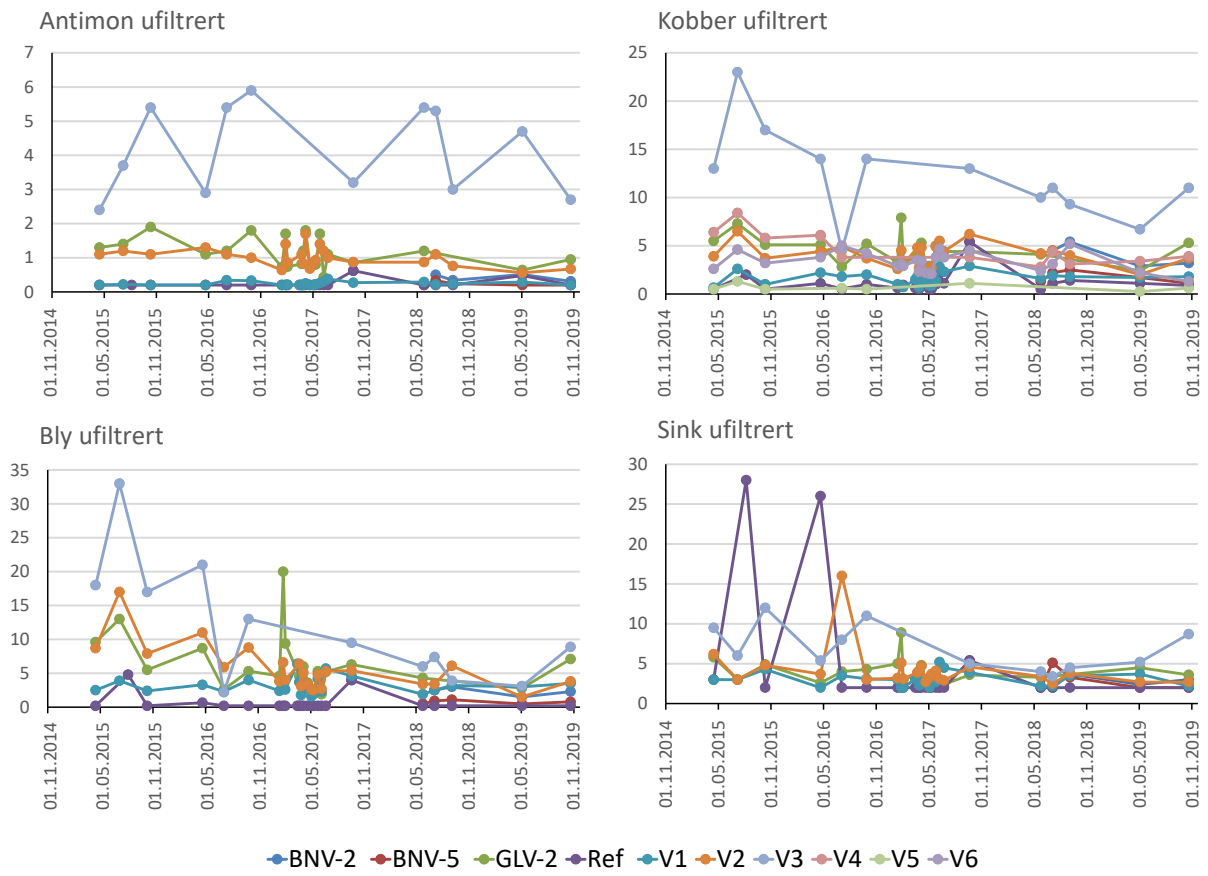
Prøvepunkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal, km ²	Middelvannføring, l/s
BNV-2	132-45-R Bubekken	0,49	18
BNV-5	132-45-R Bubekken	2,7	101
Gur_GLV2	132-45-R Bubekken	0,25	10
Ref	132-45-R Bubekken	1,2	44
V1	132-45-R Bubekken	0,1	4
V2	132-45-R Bubekken	0,3	12
V3	132-45-R Bubekken	0,2	8
V4	132-45-R Bubekken	0,3	12
V5	Ikke definert	0,1	4
V6	132-45-R Bubekken	0,5	20

Feltet ble i 2019 prøvetatt 4. mai, 17. august og 20. oktober. Det ble ikke meldt om unormale forhold av prøvetaker. Analysedata for filtrerte og ufiltrerte prøver er vist i figur 12 og 13, samt i tabell i vedlegg. Vannkvaliteten i Gurulia er moderat kalsiumrikt (1-11 mg Ca/l) og til tider svært humøst (6-29 mg TOC/l). pH er moderat surt-nøytralt (6-7). Tungmetallnivåene i Gurulia har i blitt lavere siden tiltakene i 2013 og var i 2019 under gjeldende grenseverdier med unntak for kobber ved punkt V3. Her er også konsentrasjonen av antimon og sink noe forhøyet, men feltet viser tendens til stabile og lavere konsentrasjoner siden 2015. Tungmetallkonsentrasjonene i Budalsbekken oppstrøms samløp med avrenning fra Gurulia og Bue-Nebb (Ref) var lave. Det ble målt noe bly ved referansestasjonen V5. Den samlede avrenningen fra Gurulia og Bue-Nebb gav noe høyere konsentrasjoner av kobber og sink i Budalsbekken (BNV-5). Estimert utlekking fra Gurulia i 2019 ble 0,7 kg kobber og 0,1 kg antimon. Nivående ved punkt BNV-2 tyder på at avrenningen fra Bue-Nebb tilfører omtrent tilsvarende mengder tungmetaller til Budalsbekken som Gurulia.

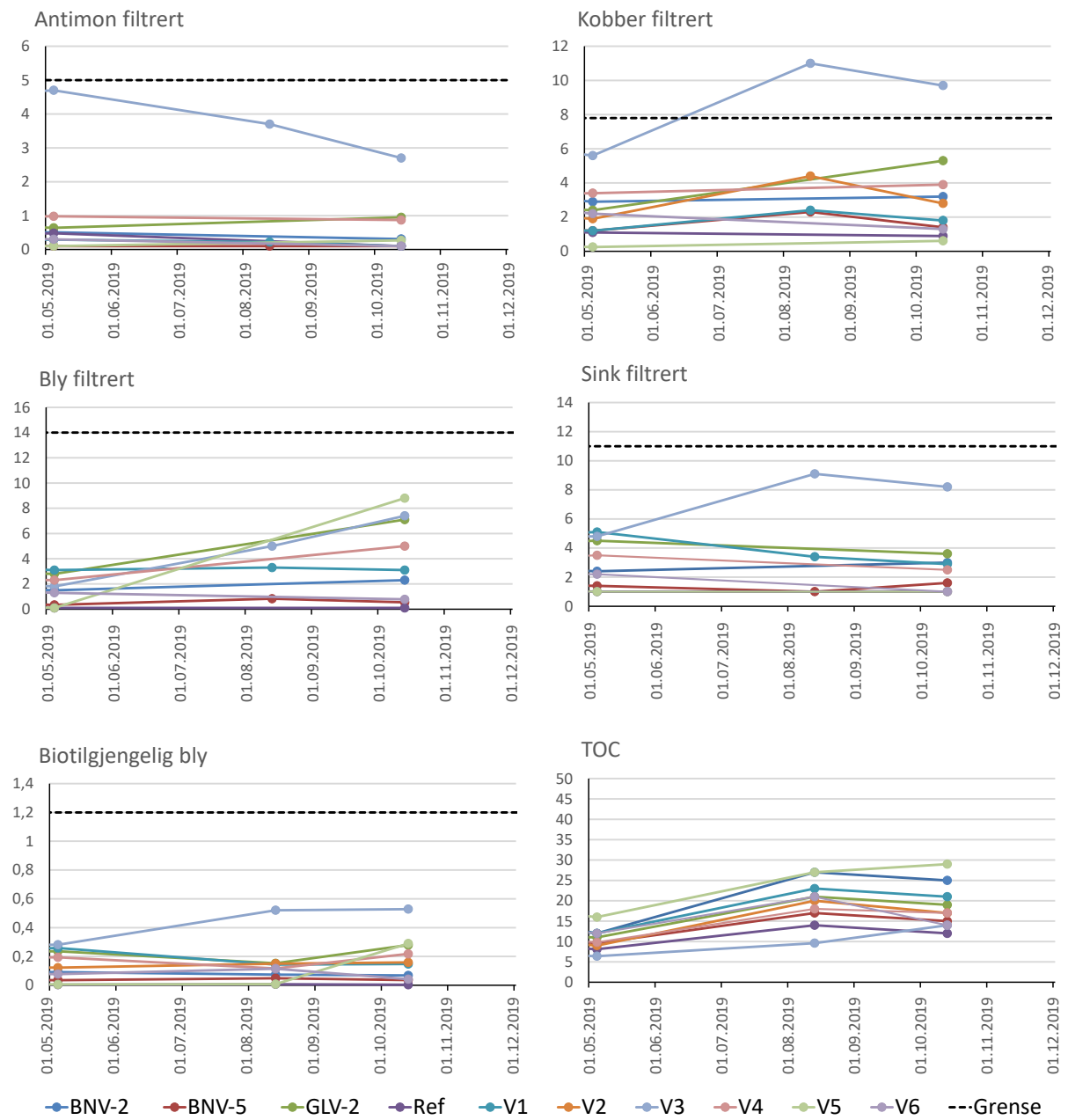
Overvåkingen av Gurulia kan avsluttes. Tiltakene har gitt lavere konsentrasjoner i avrenningen.



Figur 11. Prøvepunkter ved Gurulia/Buenebb SØF i 2019. ©Kartverket.



Figur 12. Analyseresultater for ufiltrerte prøver tatt ut fra Gurulia/Buenebb SØF i 2019. Metaller i µg/l.



Figur 13. Analyseresultater for filtrerte prøver tatt ut fra Gurulia/Buenebb SØF i 2019. Biotilgjengelig bly er en beregnet parameter som estimeres via konsentrasjonen av bly og organisk materiale i filtrerte vannprøver. Sort horisontal stiplet linje viser tillatt grenseverdi. Metaller i $\mu\text{g/l}$, TOC i mg/l .

3.1.5 Kjoselvdalen

Kjoselvdal SØF ligger på Tønsnes i Tromsø kommune i Troms og Finnmark. Tidligere var skyte- og øvingsfeltet tilknyttet Grøtsund Fort og Olavsvern. En 200-metersbane har vært brukt som gevær- og feltskytebanen siden 1950-tallet. Her har det blitt benyttet håndvåpen, røykgranater og pyroteknisk ammunisjon (Forsvarsbygg, 2011a). Tidligere var det frittstående stålmål i terrenget bak målområdet. Det er i dag en 100-meters geværskytebane like ved som eies og drives av et lokalt skytterlag. Området er myrlendt terreng med torvmose, lyng, vierkratt og dvergbjørk. En miljøteknisk grunnundersøkelse viste at skytebanen stedvis var svært forurenset av skyteaktiviteten (COWI, 2012). Høsten 2017 startet oppryddingen, hvorav forurensete masser ble sanert og faste installasjoner fjernet. Noe arronderingsarbeid ble utsatt til 2018. Kjoselva er en drikkevannskilde og blir prøvetatt jevnlig. Inntaket ligger i en kum om lag 200 meter nedstrøms skytebanen.

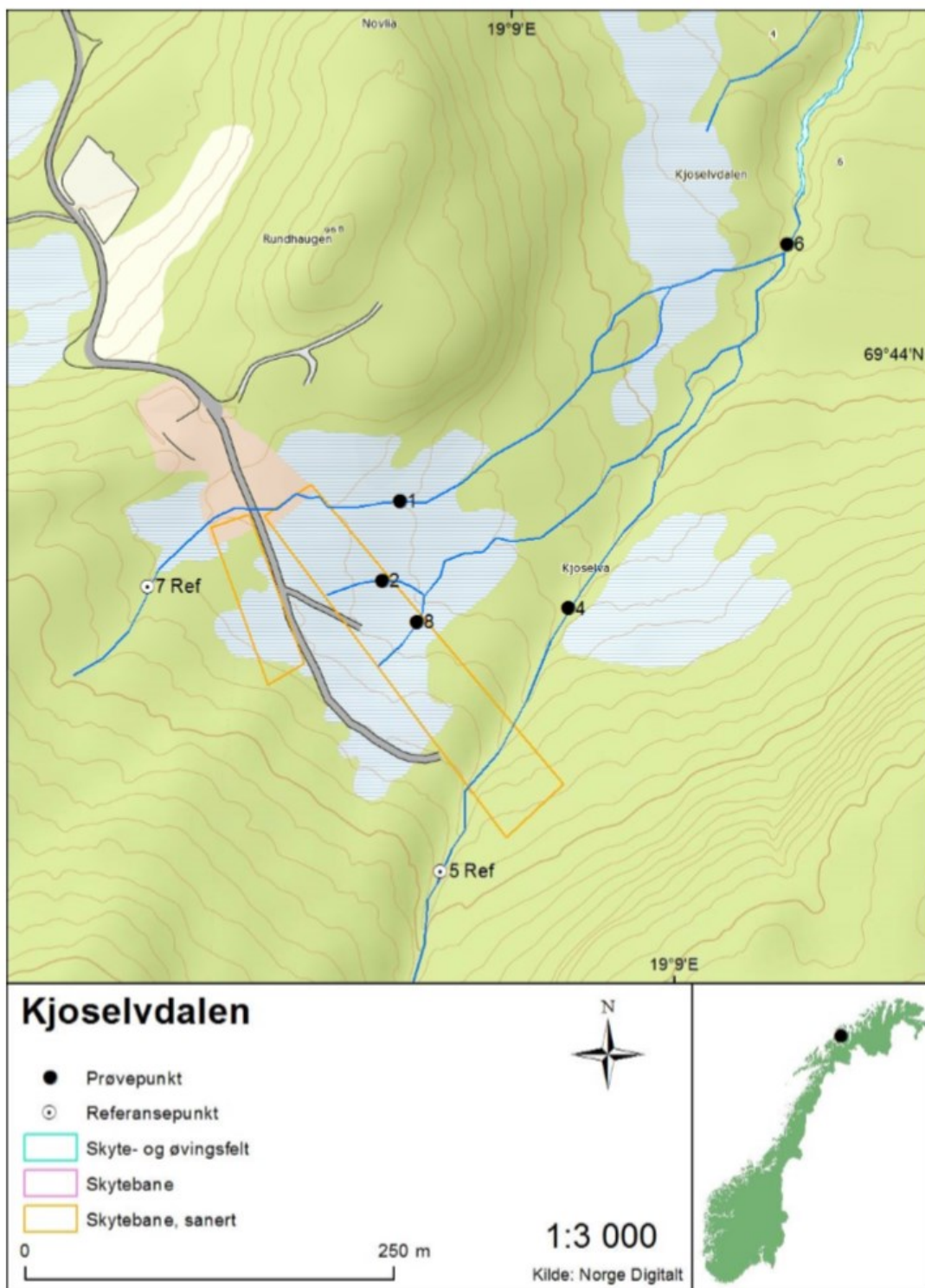
Prøvepunktene plassering er gitt i figur 14 og avrenning fra delfelter er gitt i tabell 5. Kjoselva og tre mindre bekker renner gjennom det sanerte baneområdet i retning nordøst og videre inn i Kjoselva, som fortsetter ut i sjøen ved Tønsvika. Punktene 1 og 7 Ref er plassert i bekk som renner gjennom standplassområdet. Punkt 2 og 3 er plassert ved skytebanegrensen i bekk/sig som renner gjennom det som var skytebanen. Tre punkter ble plassert i Kjoselva oppstrøms det som var målområdet (5 Ref), rett nedstrøms målområdet (4) og etter samløp med bekkene som renner gjennom baneområdet (6) om lag midt mellom punkt 4 og punkt 6.

Tabell 5. Estimert nedbørfeltareal, årsmiddelvannføring (NVE) og tilhørende vannforekomst i.d. (Vann-Nett) for prøvepunktene i Kjoselvdalen.

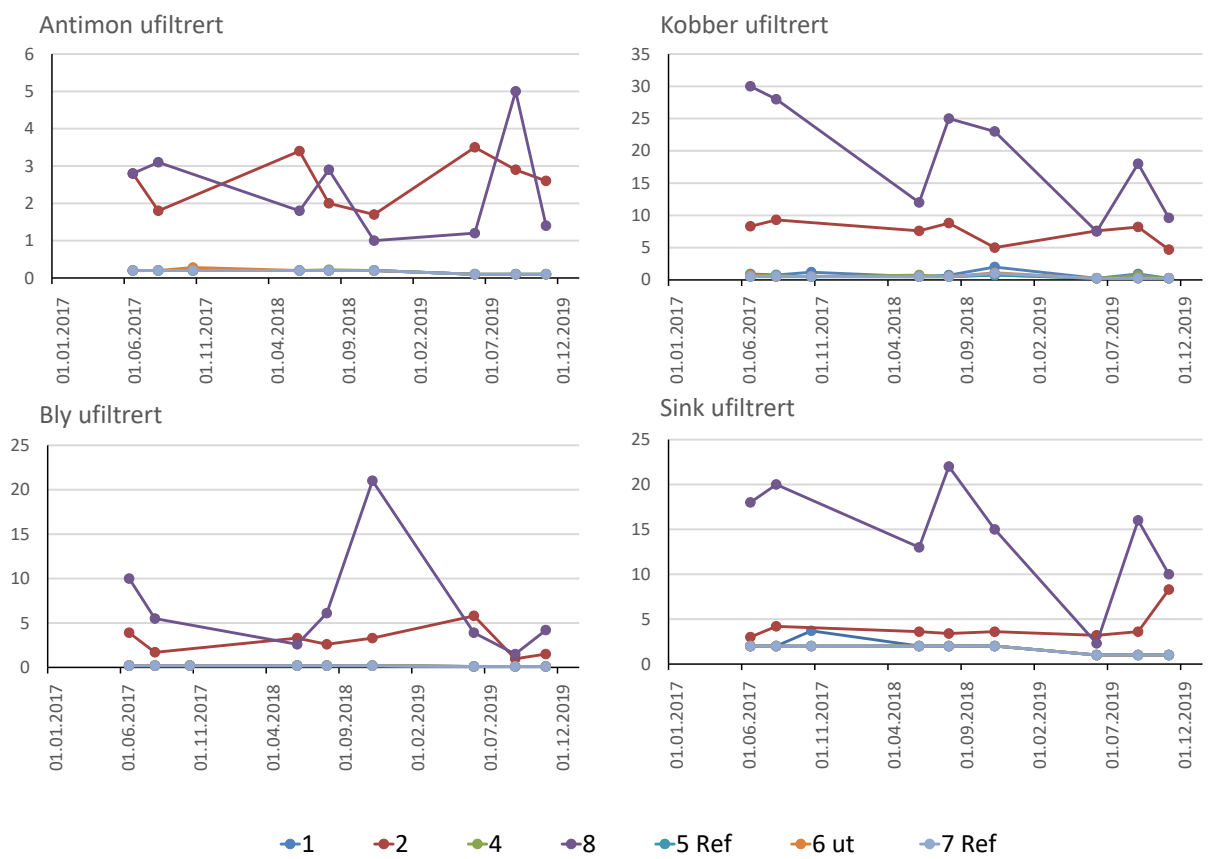
Prøvepunkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal, km ²	Middelvannføring, l/s
7 Ref	Ikke definert	0,1	4
1	Ikke definert	0,2	8
2	Ikke definert	0,05	2
8	Ikke definert	0,05	2
5 Ref	199-25-R Fastlandet Tromsø bekkefelt	1	43
4	199-25-R Fastlandet Tromsø bekkefelt	1,1	46
6	199-25-R Fastlandet Tromsø bekkefelt	1,4	60

Prøvetakingsrundene ble gjennomført 28. mai, 21. august og 23. oktober. Vannføringen ble ansett som normal. Vannet er kalkrikt med kalsiumkonsentrasjon på 15-25 mg/l og pH 7-8. Noe lavere kalsiumkonsentrasjon ved punkt 2. Det er lite til moderate konsentrasjoner av organisk materiale (TOC 1-5 mg/l). Analysedata for filtrerte og ufiltrerte prøver er vist i figur 15 og 16, samt i tabell i vedlegg. Analysene av tungmetaller viser som før relativt høye tungmetallkonsentrasjoner i prøvene fra punkt 2 og 8, der konsentrasjonen av kobber og sink overskrider grenseverdi. Totalkonsentrasjonene var mer variable, trolig via variable konsentrasjoner av organisk materiale og turbiditet i sigene. Konsentrasjonene i bekken som renner gjennom standplassområdet var lave, men som tidligere noe høyere ved punkt 1 (nedstrøms standplass) enn ved 7 Ref (oppstrøms standplass). Konsentrasjonene var lave i Kjoselva og langt under grenseverdiene i alle prøver. Det er imidlertid som i 2018 mulig å detektere noe økning i konsentrasjoner nedover elva (5 Ref < 4 < 6) (Garmo, 2019). Konsentrasjonen av metallene er derimot lave ut av feltet (6). Estimert utlekking av tungmetaller i 2019 var 0,4 kg kobber, 0,4 kg sink og 0,2 kg antimon.

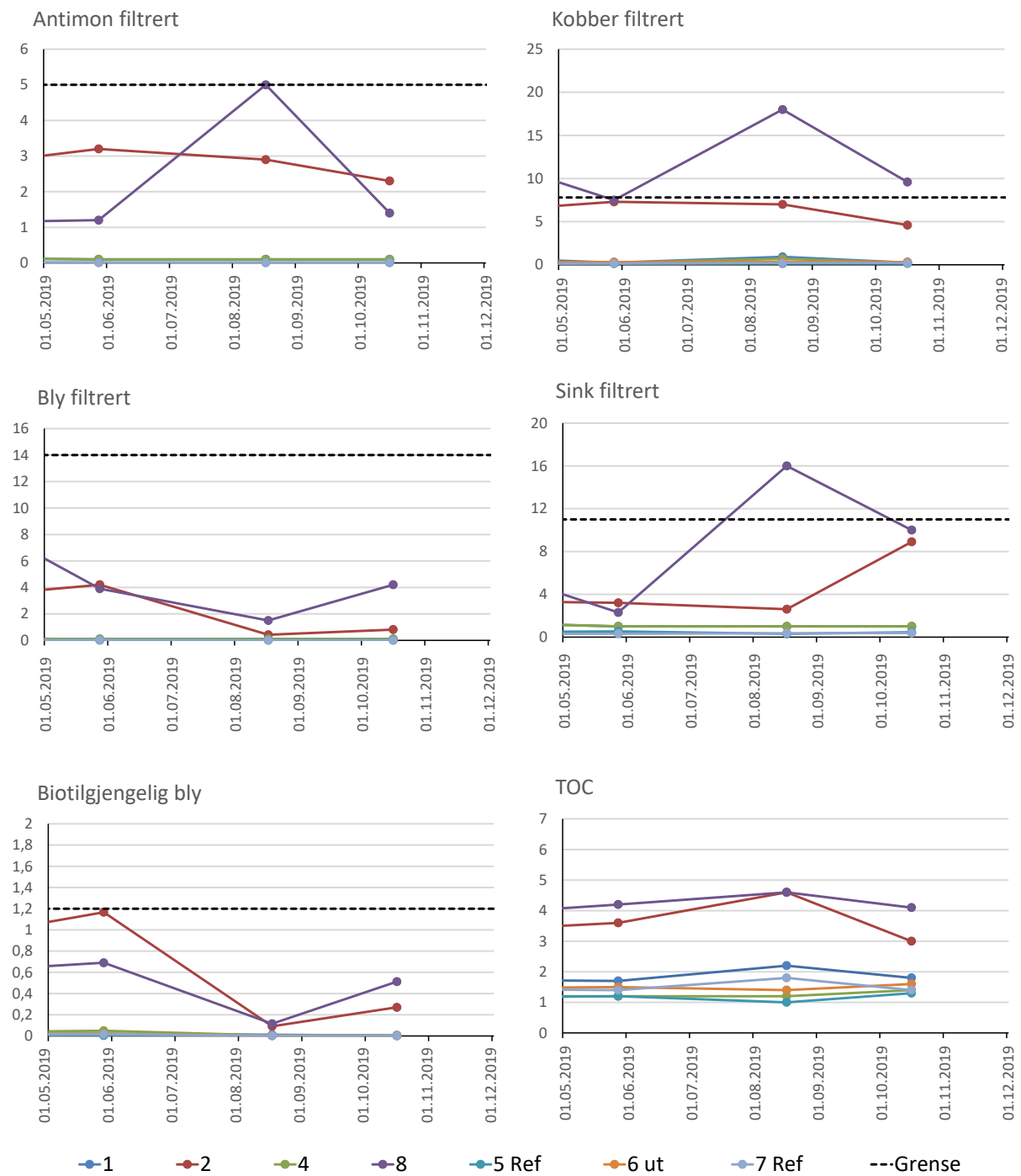
Det anbefales å fortsette overvåkingen for å følge opp utviklingen etter tiltak.



Figur 14. Prøvepunkter ved Gurulia/Buenebb SØF i 2019. ©Kartverket.



Figur 15. Analyseresultater for ufiltrerte prøver tatt ut fra Kjoselvdalen SØF i 2019. Metaller i µg/l.



Figur 16. Analyseresultater for filtrerte prøver tatt ut fra Kjoselvdalen SØF i 2019. Biotilgjengelig bly er en beregnet parameter som estimeres via konsentrasjonen av bly og organisk materiale i filtrerte vannprøver. Sort horisontal stiplet linje viser tillatt grenseverdi. Metaller i $\mu\text{g/l}$, TOC i mg/l .

3.1.6 Kvenvikmoen

Kvenvikmoen SØF i Alta kommune i Troms og Finnmark var opprinnelig et ammunisjonsdepot for tyskerne under andre verdenskrig og ble siden bygget ut til skyte- og øvingsfelt. Det har vært benyttet håndvåpen, håndgranater, panservernvåpen og eksplosiver for sprengning. Det er i tillegg flere aktive sivile skytebaner i området. Oppryddingstiltakene i feltet ble påbegynt høsten 2017 og 7 skytebaner har blitt sanert. Bygg og konstruksjoner ble revet. Det småkuperte området har flere innsjøer og preges av furuskog og noe bjørk.

Prøvepunktene plassering er gitt i figur 17 og avrenning fra delfelter er gitt i tabell 6. Langvannet og de to skytebanene øst for Langvannet drenerer sørvestover til Mattiselva. De andre innsjøene (og skytebanene) drenerer nordover til Kvenvikelva og Kvenvika. Prøvetakingspunktene er de samme som ble brukt i vannmoseovervåkingen tilbake i perioden 1998-2003 (Rognerud, 2005). Punkt 4 er plassert i en liten bekk som drenerer myr med to skytebaner. Punkt 2 er plassert i bekken som renner fra Kvenvannet (med tidligere skytebane i nord) til Kvenvikvannet. Punkt 3 dekker en sørvestlig innløpsbekk til Kvenvikvannet, mens punkt 1 er plassert i utløpet.

Tabell 6. Estimert nedbørfeltareal, årsmiddelvannføring (NVE) og tilhørende vannforekomst i.d. (Vann-Nett) for prøvepunktene i Kvenvikmoen.

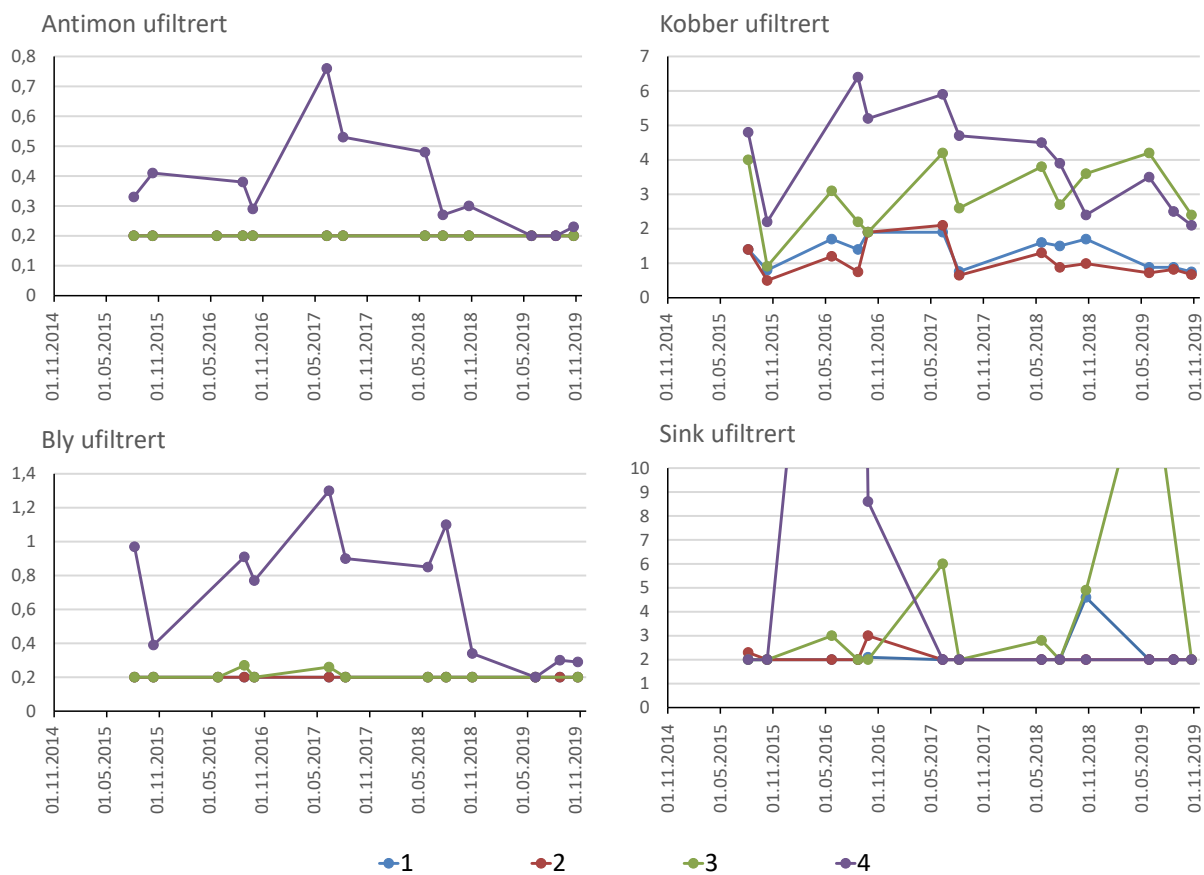
Prøvepunkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal, km ²	Middelvannføring, l/s
1	212-53103-L Kvenvikvatnet	15,2	181
2	212-1829-R Kvenvikvannet bekkefelt	1,7	19
3	212-1829-R Kvenvikvannet bekkefelt	0,2	2
4	212-1794-R Sløyfa bekkefelt til Mattisfossen	0,8	10

Prøvetakingen i 2019 ble gjennomført 29. mai, 22. august og 23. oktober. Vannføringen var normal. Vannet er moderat kalkrikt med kalsiumkonsentrasjoner mellom 5 og 25 mg/l og pH 7-8. Konsentrasjonen av TOC indikerte klart vann ved punktene 1-3 (3-5 mg/l) og mer humøst ved punkt 4 (6-10 mg/l). Analysedata for filtrerte og ufiltrerte prøver er vist i figur 18 og 19, samt i tabell i vedlegg. De høyeste konsentrasjonene av bly og antimon ble funnet i prøvene fra punkt 4, mens konsentrasjonen av kobber og sink var høyest ved punkt 3. Det er trolig noe kobber i berggrunnen i feltet. Det er tendenser til lavere totalkonsentrasjoner i forhold til nivået i 2017. Det er overskridelse av sink i vårprøven ved punkt 3. Ved punktene 1 og 2 var konsentrasjonene på deteksjonsgrensen for analysen eller lavere for ufiltrerte prøver. Nivåene er som fra undersøkelsene i perioden 1998-2002. Metallutlekking som følge av forvitring av prosjektiler i feltet er lav. Estimert utlekking ved punkt 4 i 2019 var 0,1 kg bly, 0,9 kg kobber, 0,3 kg sink og 0,1 kg antimon.

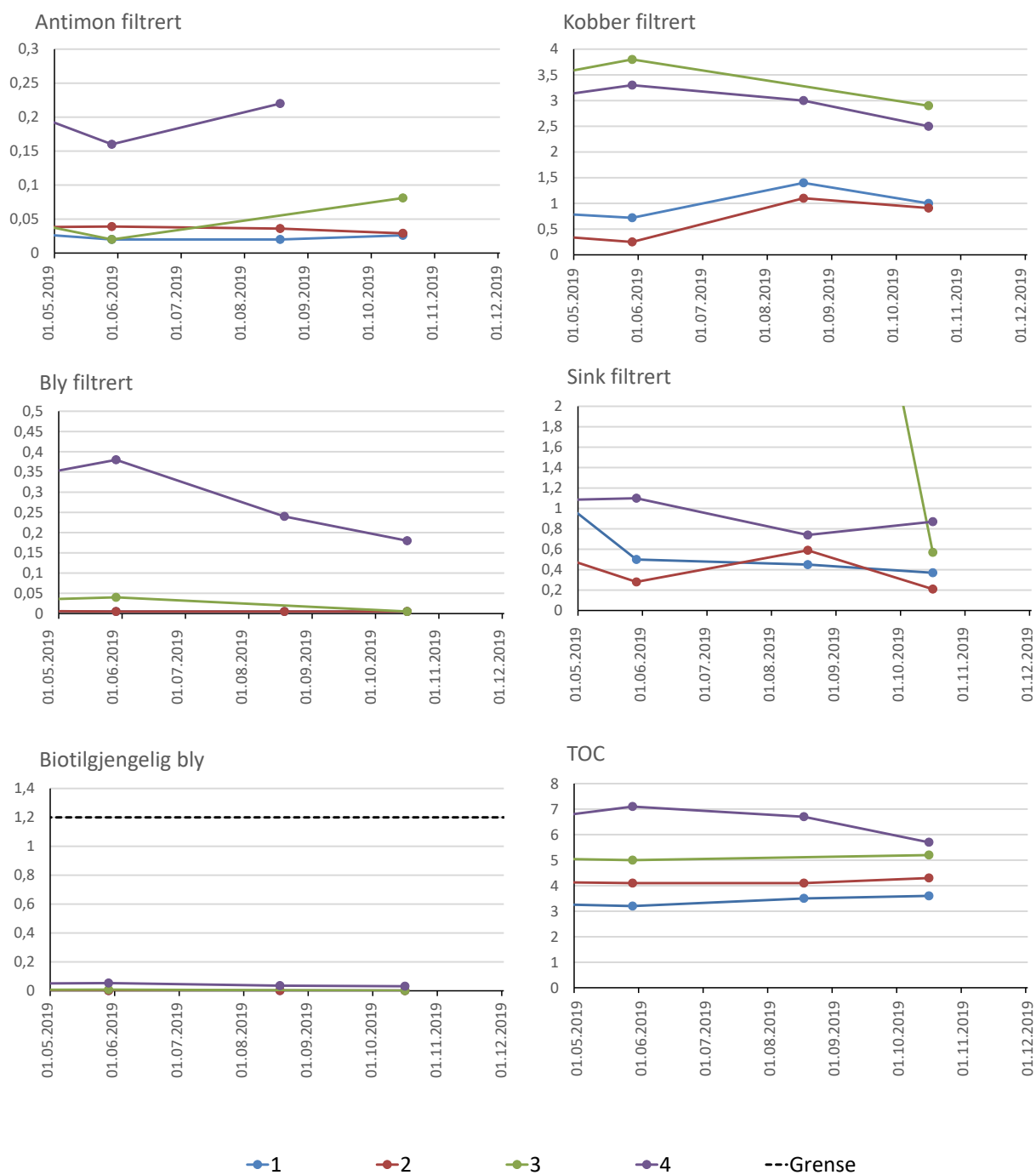
Overvåkingen bør fortsette til 2020 for å følge opp effekten av oppryddingstiltak.



Figur 17. Prøvepunkter ved Kvenvikmoen SØF i 2019. ©Kartverket.



Figur 18. Analyseresultater for ufiltrerte prøver tatt ut fra Kvenvikmoen SØF i 2019. Metaller i µg/l.



Figur 19. Analyseresultater for filtrerte prøver tatt ut fra Kvenvikmoen SØF i 2019. Biotilgjengelig bly er en beregnet parameter som estimeres via konsentrasjonen av bly og organisk materiale i filtrerte vannprøver. Sort horisontal stiplet linje viser tillatt grenseverdi. Metaller i $\mu\text{g/l}$, TOC i mg/l .

3.1.7 Skarsteindalen

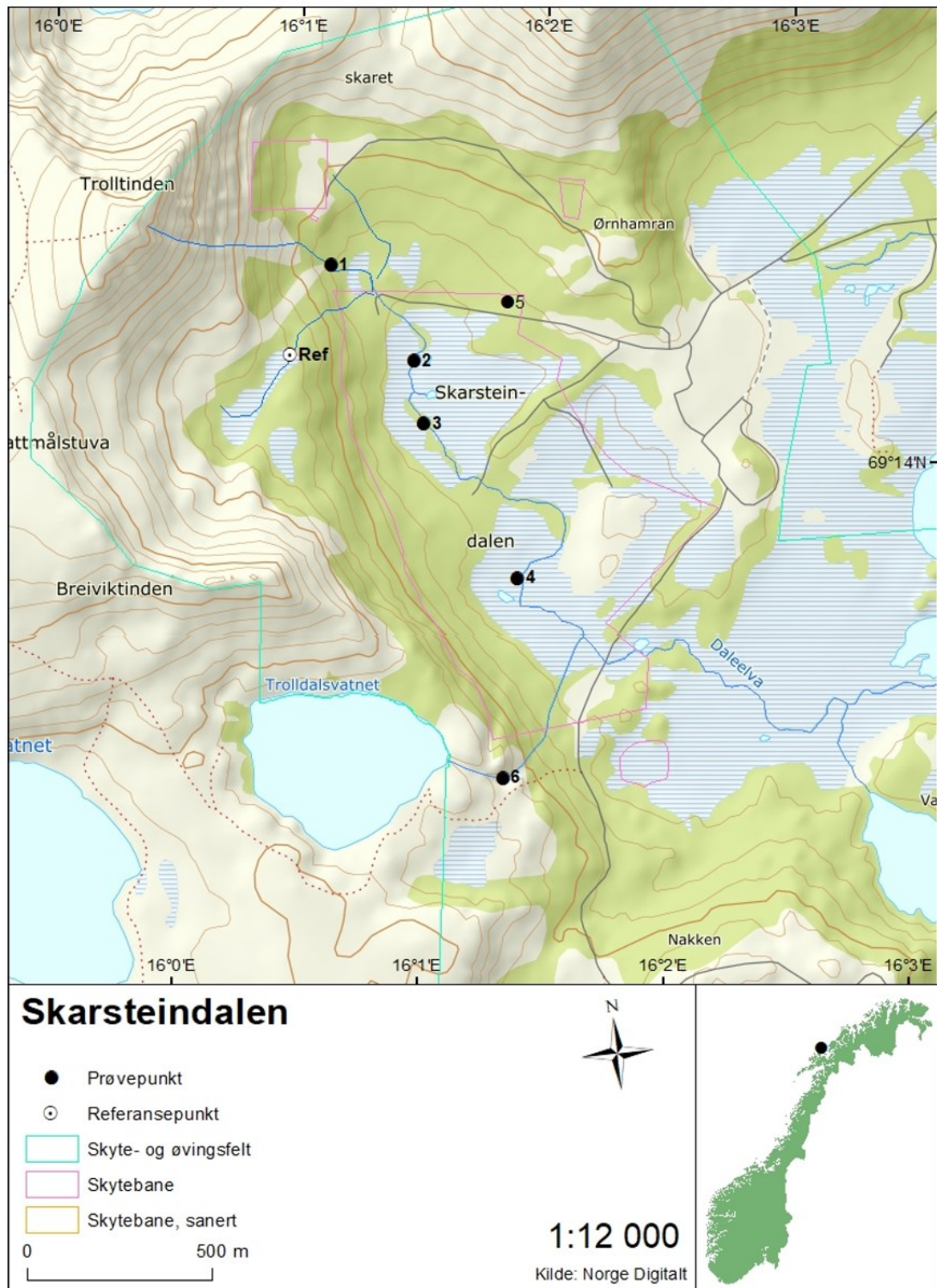
Skarsteindalen SØF ligger i Andøy kommune i Nordland. Det har blitt skutt med håndvåpen, panservernvåpen, 84 mm RFK og håndgranat i feltet. Mesteparten av skytingen har foregått i de myrlendte områdene i dalbunnen, men i dalsiden ved Trolltinden og Ørnhamran var det også baner for våpen som kan gi blindgjengere. Forsvaret trappet gradvis ned sin aktivitet fra 2003 og selve leiranlegget er nå solgt. I 2017 ble det utarbeidet tiltaksplan (Weholt, 2017). Tiltaket på delområde 10 (F1) ble gjennomført sommeren/høsten 2018 hvor forurensede masser ble fjernet fra kortholdsbanen. Denne banen er indikert ved Ørnhamran i kartet (Figur 20). Det ble ikke gjennomført tiltak i myrområdet da dette ikke var omsøkt. Miljødirektoratet har krevd ytterligere dokumentasjon på forurensningssituasjonen i myra. Feltet er dominert av en myr omgitt av relativt bratte fjell på 200-400 meters høyde.

Tabell 7. Estimert nedbørfeltareal, årsmiddelvannføring (NVE) og tilhørende vannforekomst i.d. (Vann-Nett) for prøvepunktene i Skarsteindalen.

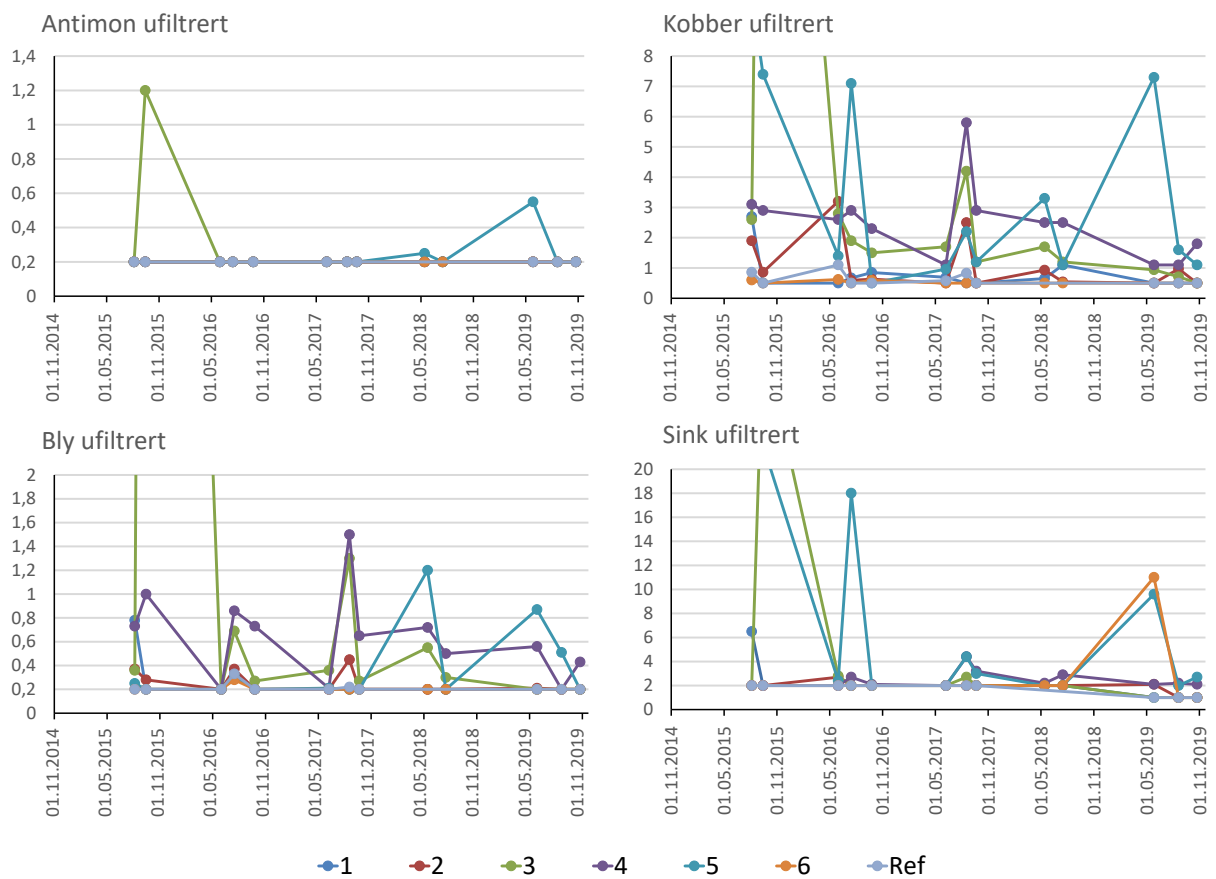
Prøvepunkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal, km ²	Middelvannføring, l/s
1	186-2-R Storelva	0,2	8
2	186-2-R Storelva	1	36
3	186-2-R Storelva	1,5	60
4	186-2-R Storelva	2,2	83
5	Ikke definert	0,05	2
6	186-2-R Storelva	0,5	20
Ref	Ikke definert	0,2	8

Prøvetakingsrundene ble gjennomført 27. mai, 20. august og 23. oktober. Vannføringen var noe høyere enn normalt ved vårrunden. Ellers var vannføringen normal. Vannet drenerer sørøstover i feltet via Daleelva til Storvatnet. Prøvepunktene plassering er vist i figur 20 og avrenning fra delfelter er gitt i tabell 7. Punkt 1 er plassert i bekk som drenerer målområdet i dalsiden under Trolltinden. Punkt 5 er plassert i sig som drenerer målområdet under Ørnhamran. Punktene 2, 3 og 4 er plassert i Daleelva, mens punkt 6 er plassert i utløpsbekken til Trolldalsvatnet. Kalsiumkonsentrasjonen varierer mellom punkter og også en del gjennom året (2-14 mg Ca/l). Konsentrasjonen er ofte lav om våren, trolig pga snøsmelting. pH mellom 6,6-7,6. Vannet er relativt klart med konsentrasjoner av organisk materiale på 1-5 mg TOC/l. Analysedata for filtrerte og ufiltrerte prøver er vist i figur 21 og 22, samt i tabell i vedlegg. Tungmetallnivået var jevnt over lavt, med noe forhøyede konsentrasjoner i vårprøven ved punkt 5 (og for sink i punkt 6). Det er en tendens til lavere konsentrasjoner i feltet i 2019. Nivået var som før langt under grenseverdiene for metallene. Estimert utlekking av metaller i 2019 var 0,4 kg bly, 2,4 kg kobber og 4,4 kg sink.

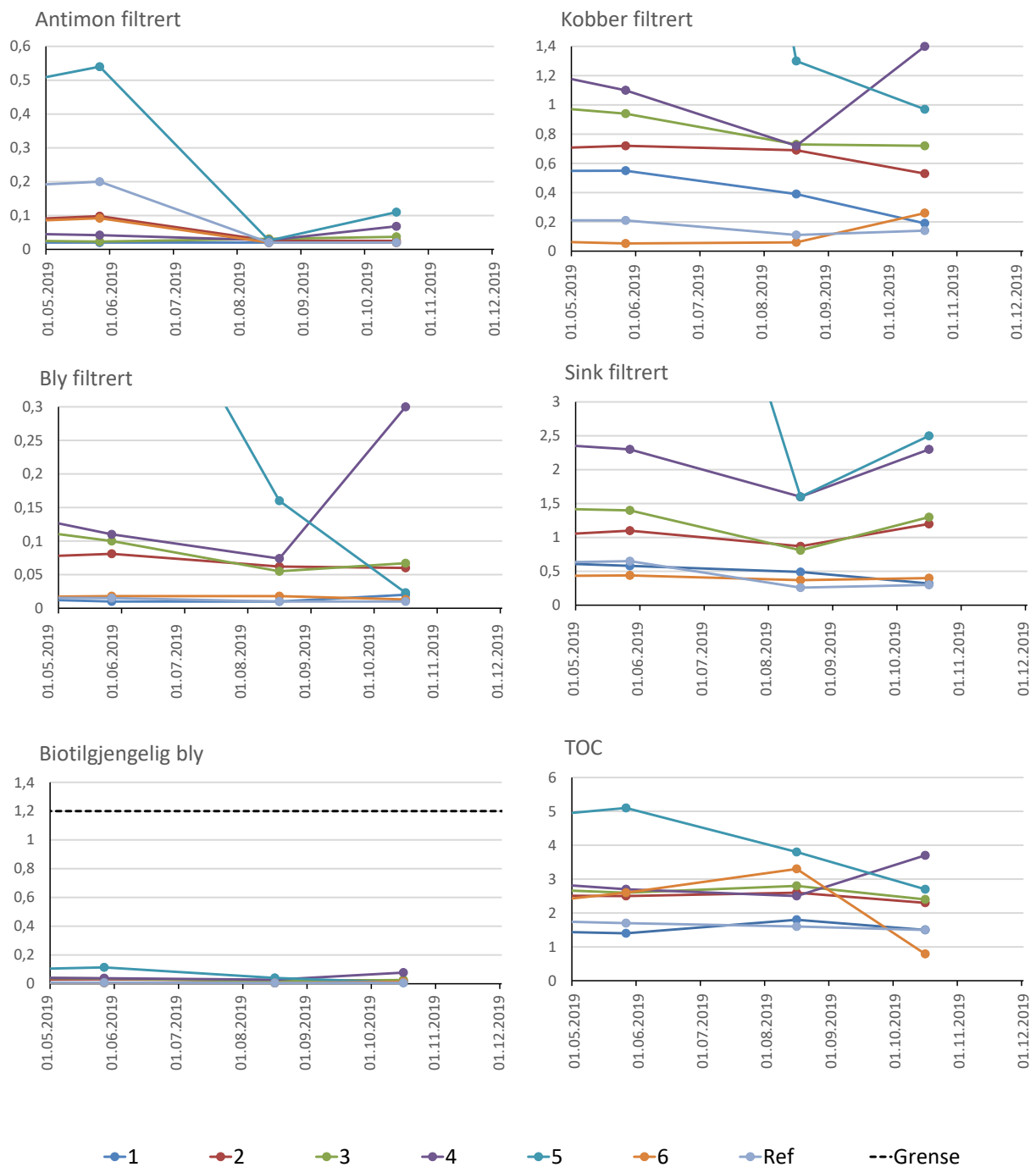
Overvåkingen bør fortsette for å dokumentere tilstanden etter oppryddingstiltak som planlegges gjennomført i 2021.



Figur 20. Prøvepunkter ved Skarsteindalen SØF i 2019. ©Kartverket.



Figur 21. Analyseresultater for ufiltrerte prøver tatt ut fra Skarsteindalen SØF i 2019. Metaller i µg/l.



Figur 22. Analyseresultater for ufiltrerte prøver tatt ut fra Skarsteindalen SØF i 2019. Biotilgjengelig bly er en beregnet parameter som estimeres via konsentrasjonen av bly og organisk materiale i filtrerte vannprøver. Sort horisontal stiplet linje viser tillatt grenseverdi. Metaller i µg/l, TOC i mg/l.

3.1.8 Melbu/Haugtuva

Melbu/Haugtuva SØF ligger i Hadsel kommune i Nordland. Heimevernet har brukt feltet til skyting med håndvåpen siden 1950-tallet og fram til 2005. To av de totalt 8 banene er fremdeles i bruk som sivile skytebaner. Et stort myrområde omgitt av slake åser med småvokst bjørkeskog ligger sentralt i feltet. Tiltak for å fjerne forurensede masser ble gjennomført høsten 2018.

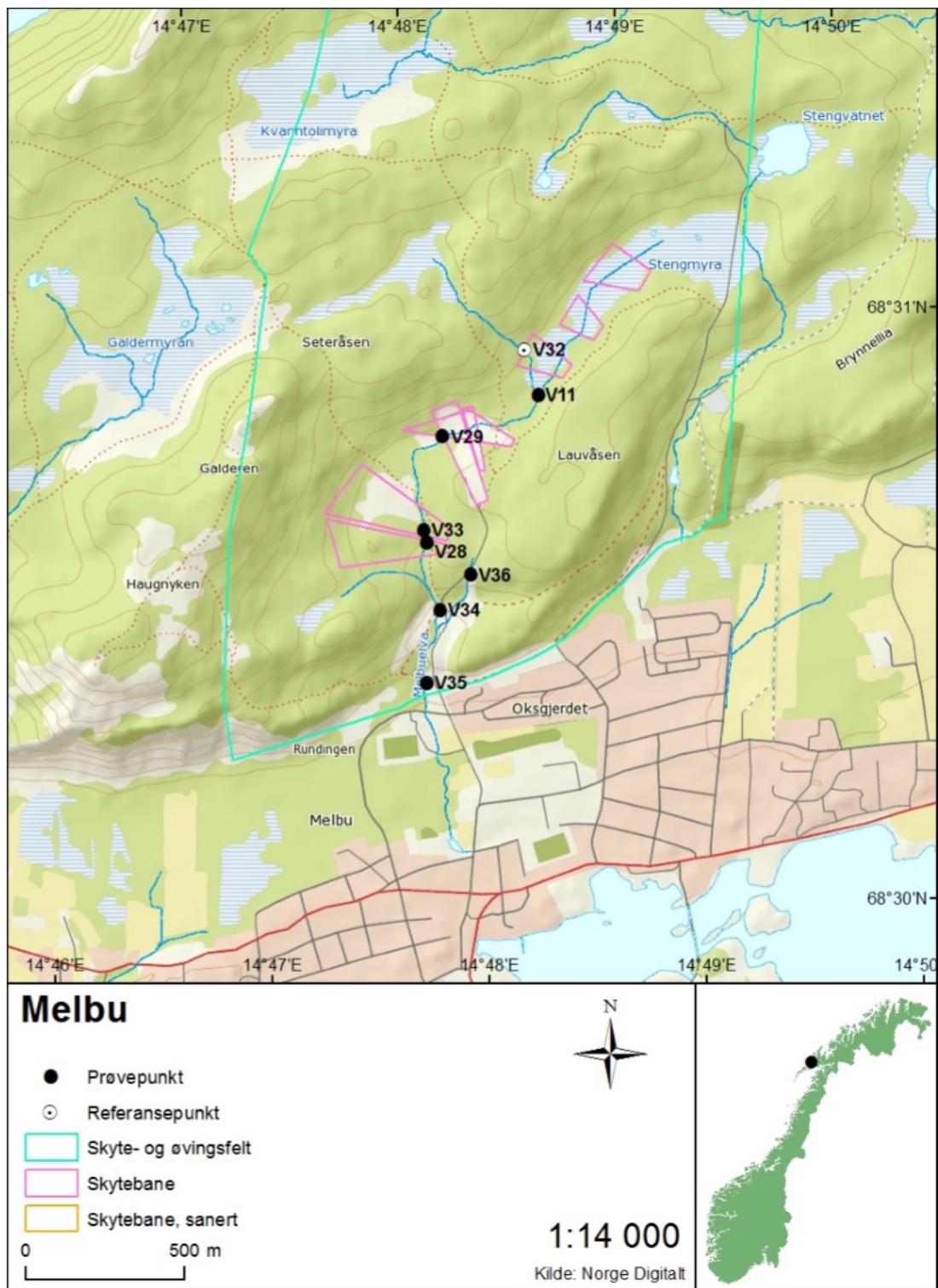
Prøvepunktene plassering er vist i figur 23 og avrenning fra delfelter er gitt i tabell 8. Vann fra feltet drenerer sørover og samles i Melbuelva som renner ut i Hadseljorden ved Melbu. Punkt V32 er plassert i bekk med vann som antas å være upåvirket av militær aktivitet. Punkt V11 er plassert i bekk som mottar avrenning fra bane 8, 9 og 10. Punkt V29 ligger i bekken nedstrøms avrenning fra bane 3, 4, 5, 6 og 7. Punkt V33 er plassert i bekk med avrenning fra bane 1 og 2. Punkt V28 er plassert i Melbuelva og representerer total avrenning ut av feltet. I 2015 ble punktene V34 og V35 etablert, hvor sistnevnte er plassert nær grensen til SØF. I tillegg ble det plassert ett punkt (V36) langt oppe i bekken (men nedstrøms stien) som renner inn i Melbuelva mellom V34 og V35.

Tabell 8. Estimert nedbørfeltareal, årsmiddelvannføring (NVE) og tilhørende vannforekomst i.d. (Vann-Nett) for prøvepunktene i Melbu.

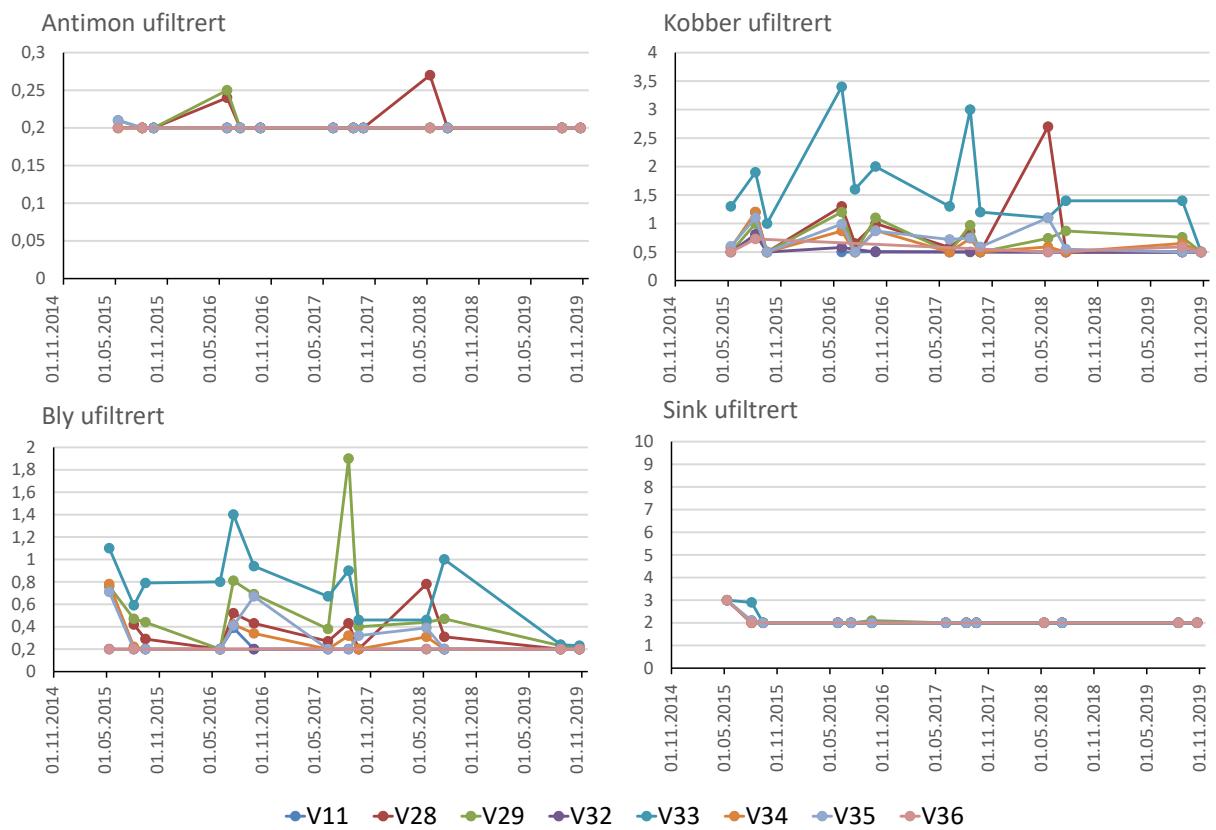
Prøvepunkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal, km ²	Middelvannføring, l/s
V11	184-14-R Hadseløya øst	0,3	15
V28	184-14-R Hadseløya øst	1,4	73
V29	184-14-R Hadseløya øst	1,1	59
V32	184-14-R Hadseløya øst	0,5	28
V33	Ikke definert	0,15	8
V35	184-13-R Melbu	1,8	92
V34	184-13-R Melbu	1,6	84
V36	Ikke definert	0,1	5

Vannprøver ble tatt ut 26. mai, 19. august og 23. oktober. I mai var vannføringen fortsatt relativt høy og det var fremdeles noe tele i bakken. Ellers var vannføringen normal. Vannet er kalsiumfattig (2,1-5,1 mg Ca/l), pH mellom pH 6,5-7,2 og i de fleste prøver klart med lite organisk materiale (0,5-5,4 mg/l). Analysedata for filtrerte og ufiltrerte prøver er vist i figur 24 og 25, samt i tabell i vedlegg. Etter tiltaket i 2018 måles det kun lave konsentrasjoner av metaller i feltet. Noe kobber måles ved V11, her er også konsentrasjonen av TOC høyest. Nivået er langt under grenseverdiene for samtlige metaller.

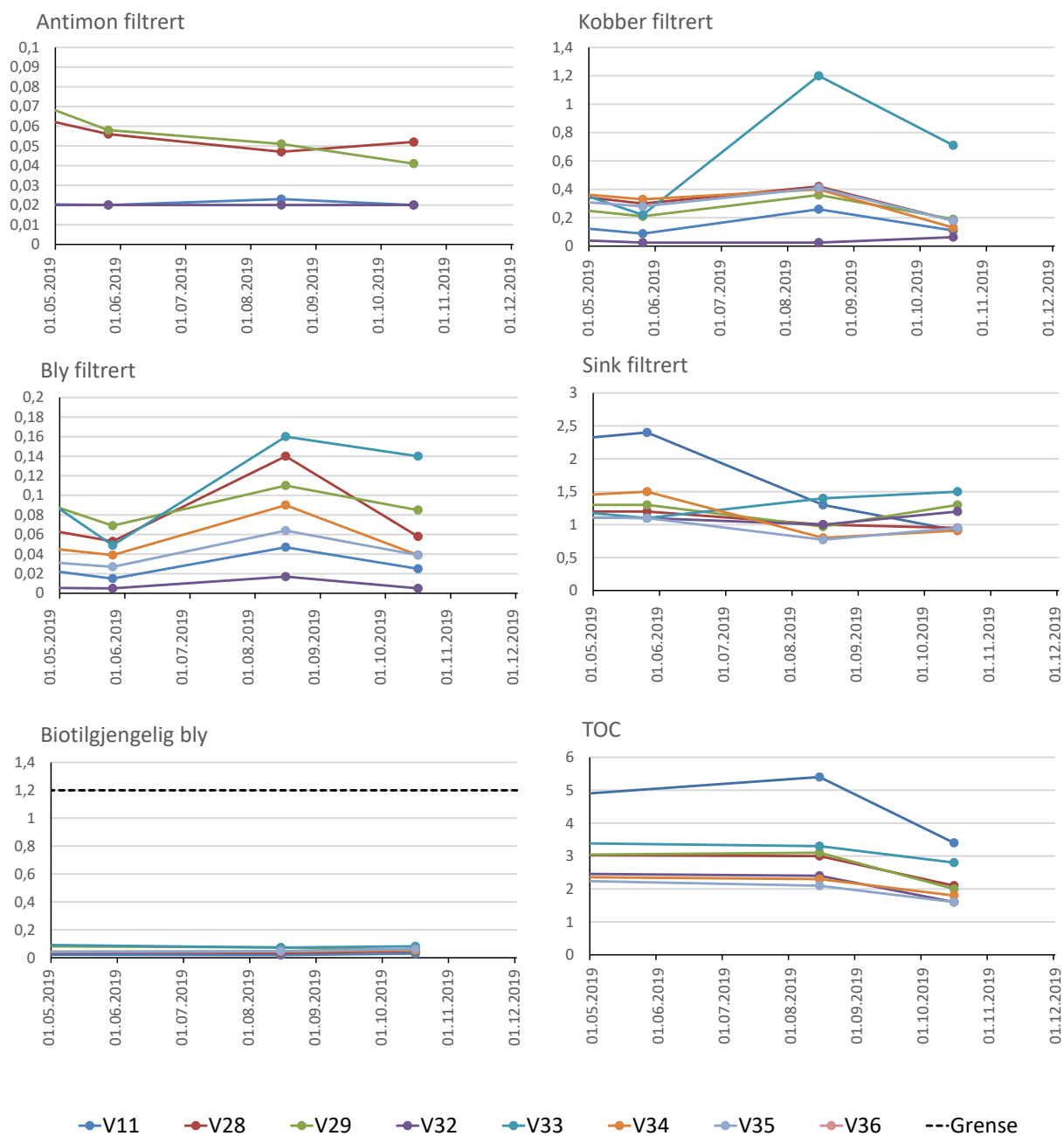
Overvåkingen bør fortsette i 2020 for å dokumentere effekten av oppryddingstiltaket. Deretter kan men vurdere å avslutte overvåkingen.



Figur 23. Prøvepunkter ved Melbu SØF i 2019. ©Kartverket.



Figur 24. Analyseresultater for ufiltrerte prøver tatt ut fra Melbu SØF i 2019. Metaller i µg/l.



Figur 25. Analyseresultater for filtrerte prøver tatt ut fra Melbu SØF i 2019. Biotilgjengelig bly er en beregnet parameter som estimeres via konsentrasjonen av bly og organisk materiale i filtrerte vannprøver. Sort horisontal stiplet linje viser tillatt grenseverdi. Metaller i µg/l, TOC i mg/l.

3.1.9 Vikesdalmoen

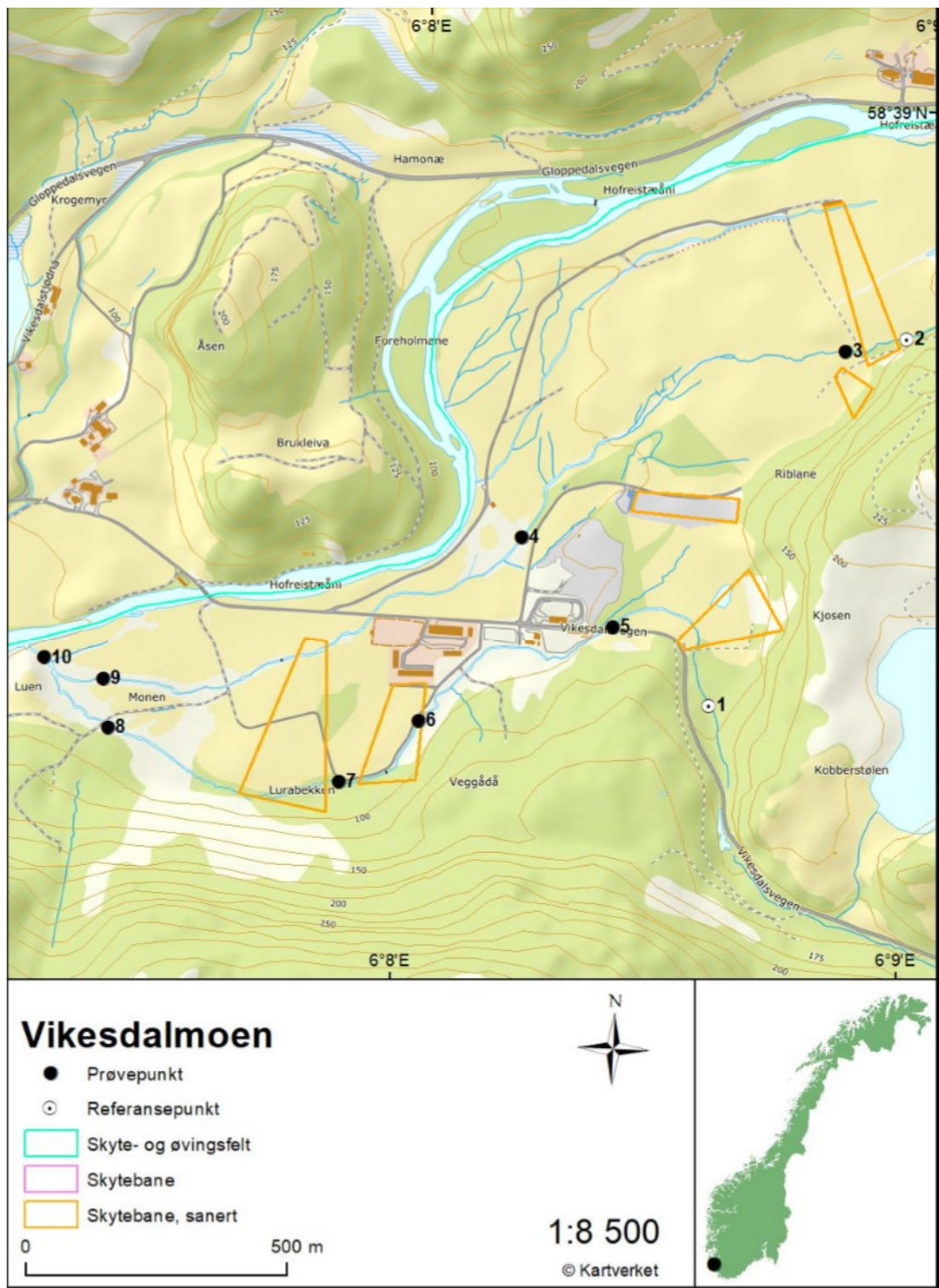
Vikedalmoen SØF ligger i Bjerkreim kommune i Rogaland. Feltet består av seks militære skytebaner. Det har i hovedsak vært brukt håndvåpen. En eldre sivil skytebane drevet av et lokale skytterlag ligger i samme område. Feltet ble benyttet mest på 1970- og 80-tallet. Bruken ble avsluttet på begynnelsen av 2000-tallet (Forsvarsbygg, 2011b). Banene ligger i bunnen av et dalføre, på et område som delvis benyttes til beite. I nord er feltet avgrenset ved elva Hofreistaåni, mens det i sør har en naturlig avgrensning med bratte fjell med skogkledde skrenter og ur. Prøvepunktene plassering er gitt i figur 26 og avrenning fra delfelter er gitt i tabell 9. Prøvepunktene er plassert i Lurabekken og Monen som drenerer området. Bekkene samles rett før samløp med Hofreistaåni.

Tabell 9. Estimert nedbørfeltareal, årsmiddelvannføring (NVE) og tilhørende vannforekomst i.d. (Vann-Nett) for prøvepunktene i Vikesdalmoen.

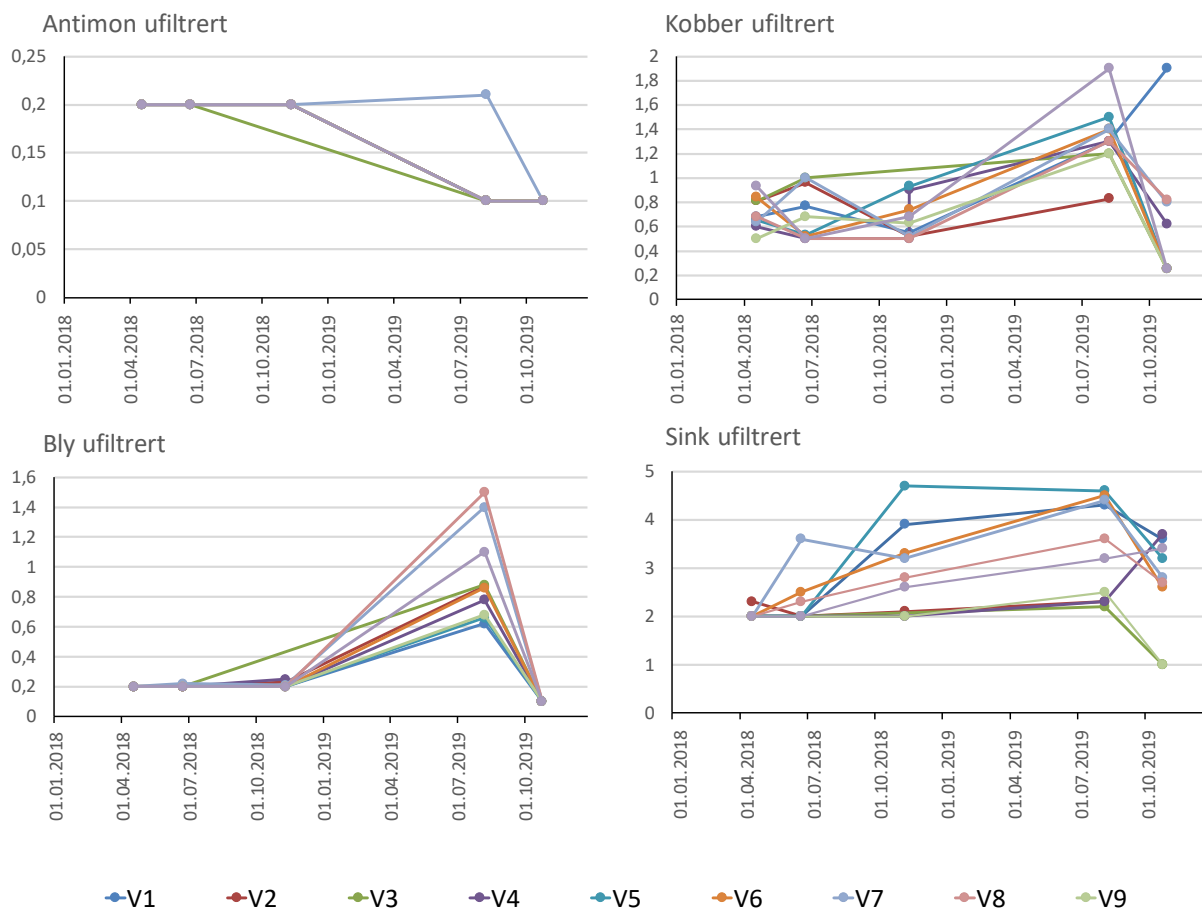
Prøvepunkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal, km ²	Middelvannføring, l/s
1	027-9-R Bekkefelt Hofreistaåna	2,2	151
2	027-9-R Bekkefelt Hofreistaåna	1,1	78
3	027-9-R Bekkefelt Hofreistaåna	1,1	78
4	027-9-R Bekkefelt Hofreistaåna	1,4	95
5	027-9-R Bekkefelt Hofreistaåna	2,3	157
6	027-9-R Bekkefelt Hofreistaåna	2,6	176
7	027-9-R Bekkefelt Hofreistaåna	2,8	189
8	027-9-R Bekkefelt Hofreistaåna	3,1	211
9	027-9-R Bekkefelt Hofreistaåna	1,6	106
10	027-9-R Bekkefelt Hofreistaåna	4,7	316

Vannprøver ble i 2019 tatt ut 12. august og 30. oktober ved normal vannføring. Vannet er kalsiumfattig (0,8-1,9 mg Ca/l), svakt surt (pH 5,9-6,4) og klart til moderat humøst (1,6-7,8 mg TOC/l). Analysedata for filtrerte og ufiltrerte prøver er vist i figur 27 og 28, samt i tabell i vedlegg. Tungmetallkonsentrasjonene var lave og som regel under deteksjonsgrensen for analysene. I de filtrerte prøvene var nivåene målbare, men konsentrasjonene ut av feltet og i interne punkter var på nivå med referansepunktene. Tilsvarende ble funnet av COWI i 2011. Grenseverdiene er ikke overskredet. Beregnet transport ut av feltet i 2019 var 1,2 kg bly, 0,3 kg kobber, 0,1 kg sink og 0,2 kg antimon.

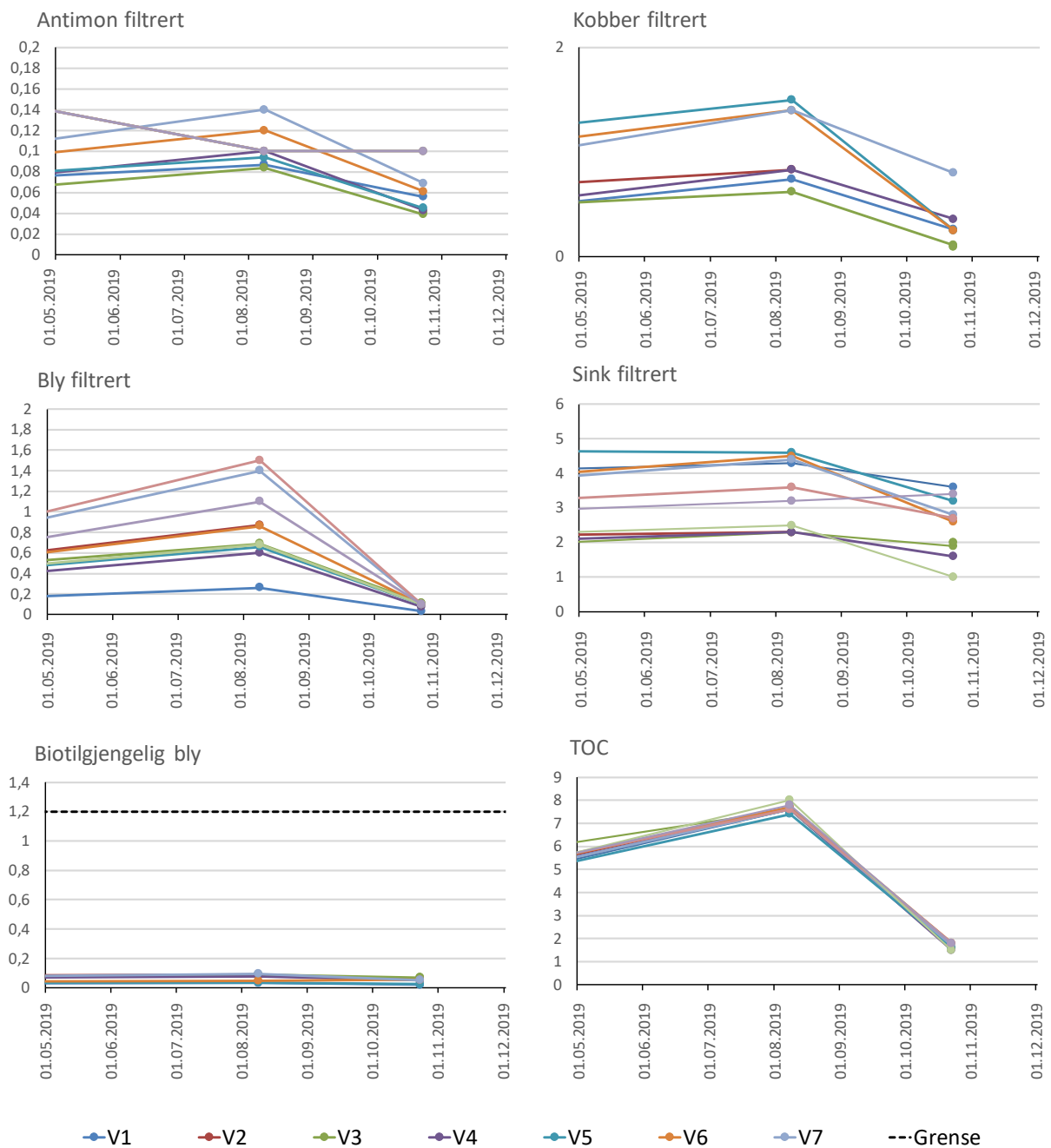
Feltet vurderes som tilstrekkelig dokumentert og mer overvåking før eventuelle tiltak anses ikke nødvendig. Tiltak ble påbegynt i august 2019.



Figur 26. Prøvepunkter ved Vikedalsmoen SØF i 2019. ©Kartverket.



Figur 27. Analyseresultater for ufiltrerte prøver tatt ut fra Vikesdalmoen SØF i 2019. Metaller i µg/l.



Figur 28. Analyseresultater for filtrerte prøver tatt ut fra Vikesdalmoen SØF i 2019. Biotilgjengelig bly er en beregnet parameter som estimeres via konsentrasjonen av bly og organisk materiale i filtrerte vannprøver. Sort horisontal stiplet linje viser tillatt grenseverdi. Metaller i $\mu\text{g/l}$, TOC i mg/l .

3.2 Overvåking av skyte- og øvingsfelt der tiltak ikke er utført

3.2.1 Børja

Børja SØF ligger i Eidskog kommune i Innlandet. Skyte- og øvingsfeltet ble etablert i 1958. Det har blitt benyttet luft-til-bakke mål fra fly med øvingsammunisjon, i tillegg til nærøving med hånd- og avdelingsvåpen. Målene har vært plassert i området rundt Nysætertjenna, som er forurenset med metaller (Garmo, 2019). Det har også blitt utført sprengningsøvelser og destruksjon av ammunisjon i feltet (Forsvarsbygg, 2005a).

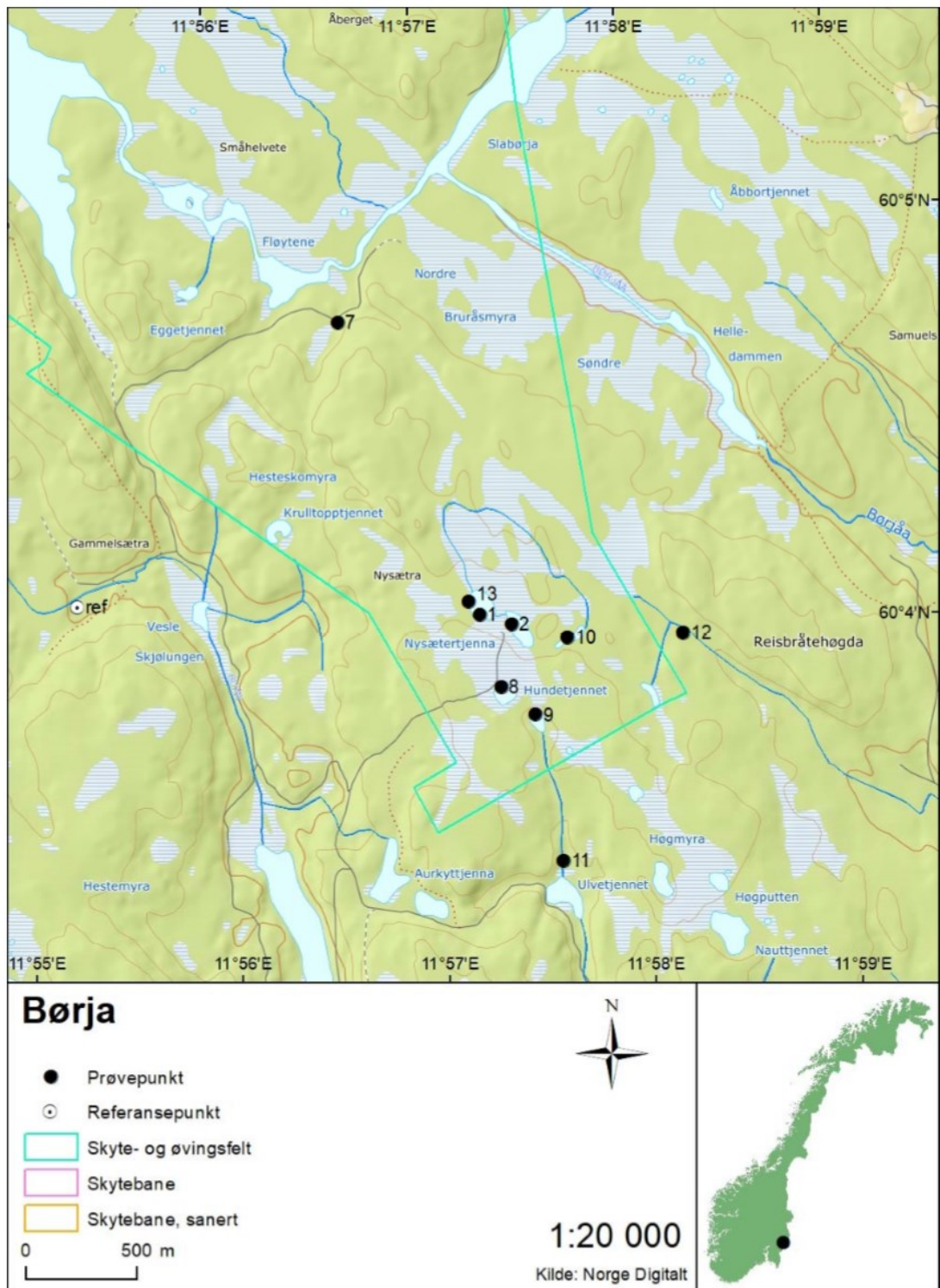
Prøvepunktene plassering er gitt i figur 29 og avrenning fra definerte delfelt er gitt i tabell 10. Punkt 2 er plassert i Søndre Nysætertjenn som mottar avrenning fra det største og mest forurensete området i feltet. Punkt 1 er lokalisert i tjernet nedstrøms (Nordre Nysætertjenn). Herfra renner det et sig i den nordvestre delen av tjernet (punkt 13), som drenerer i retning mot et navnløst tjern i øst (punkt 10), med mulig forbindelse via myr til bekk (punkt 12). Noe forurensning kan også transporteres gjennom myr sørover mot Hundetjennet (punkt 8), et navnløst tjern (punkt 9) og videre i bekk mot Ulvetjennet (punkt 11) (jf. Nordal, 2007). En demoleringsplass i nord har trolig avrenning til Børjåa via et sig (punkt 7).

Tabell 10. Estimert nedbørfeltareal, årsmiddelvannføring (NVE) og tilhørende vannforekomst i.d. (Vann-Nett) for fire av ti prøvepunkt i Børja. De øvrige prøvepunktene som ikke er angitt i tabellen har for dårlig definerte nedbørfelt til at middelvannføring kan defineres.

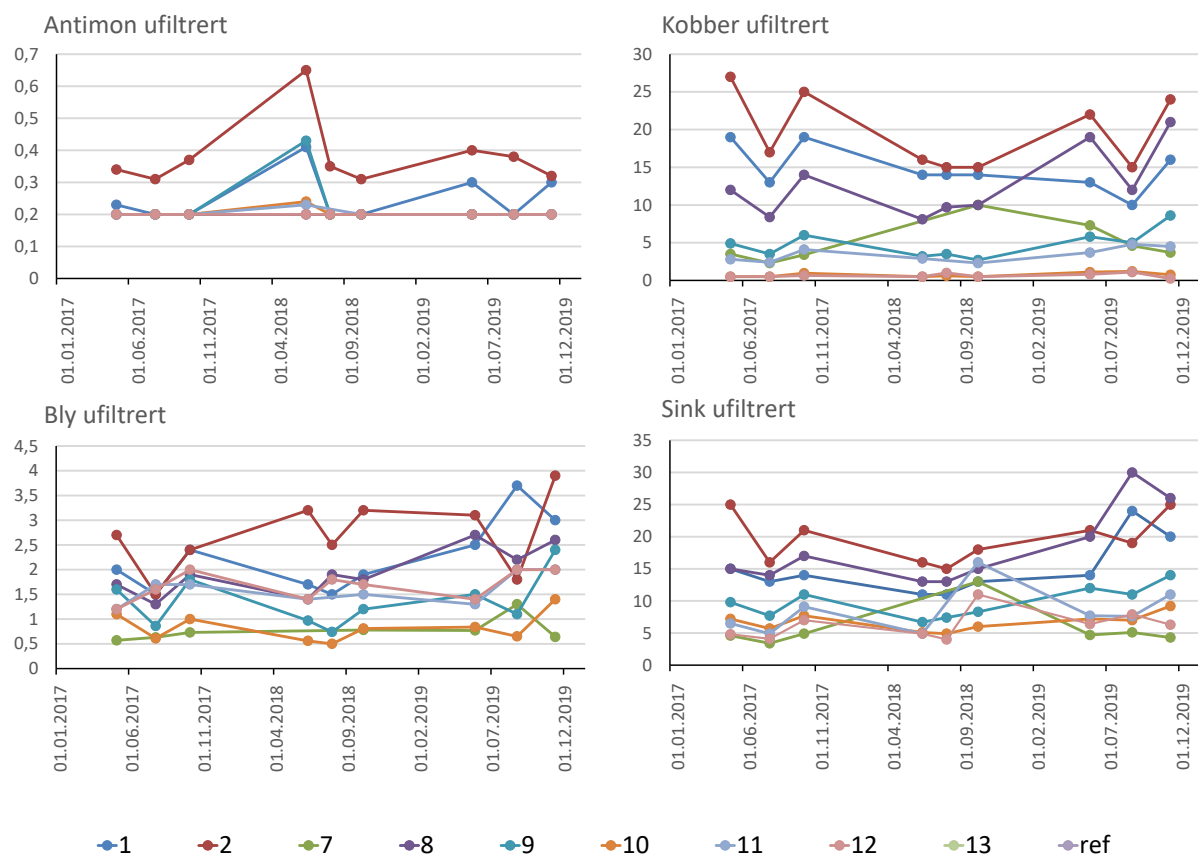
Prøvepunkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal, km ²	Middelvannføring, l/s
7	Ikke definert	0,12	2
11	313-127-R Børjåa - bekkefelt	0,4	7
12	313-127-R Børjåa - bekkefelt	0,6	10
ref	Ikke definert	4	67

Det ble i 2019 tatt ut vannprøver 17. mai, 12. august og 30. oktober ved normal vannføring. Vannet er kalsiumfattig (0,4-3,7 mg Ca/l), surt (pH 4,2-6,0) og humøst (12-35 mg TOC/l). Analysedata for filtrerte og ufiltrerte prøver er vist i figur 30 og 31, samt i tabell i vedlegg. Relativt høye konsentrasjon av metaller ble som tidligere målt ved punkt 1, 2 og 13. At det ved punktene Hundetjenna (punkt 8), navnløst tjern (punkt 9) og utløpsbekken av denne (punkt 11) også er forhøyet konsentrasjoner av kobber og sink og indikerer at noe forurensning renner av sørover. Grenseverdier av kobber overskrides ved punkt 2 og 13, for sink ved punktene 1, 2, 8 og 13, og for bly ved punktene 2, 8 og 13. Ved punkt 7 og 12 var tungmetallkonsentrasjonene tilnærmet de samme som i referansen, med unntak av for noe forhøyet konsentrasjon av kobber i vårprøven. Basert på de målte konsentrasjonene i punkt 11 korrigert for referansepunktet er det lite metaller fra skyte- og øvingsfeltet som lekker ut av feltet. Estimert utlekking i 2019 var på 150 g bly, 800 g kobber, 1000 g sink og 40 g antimon.

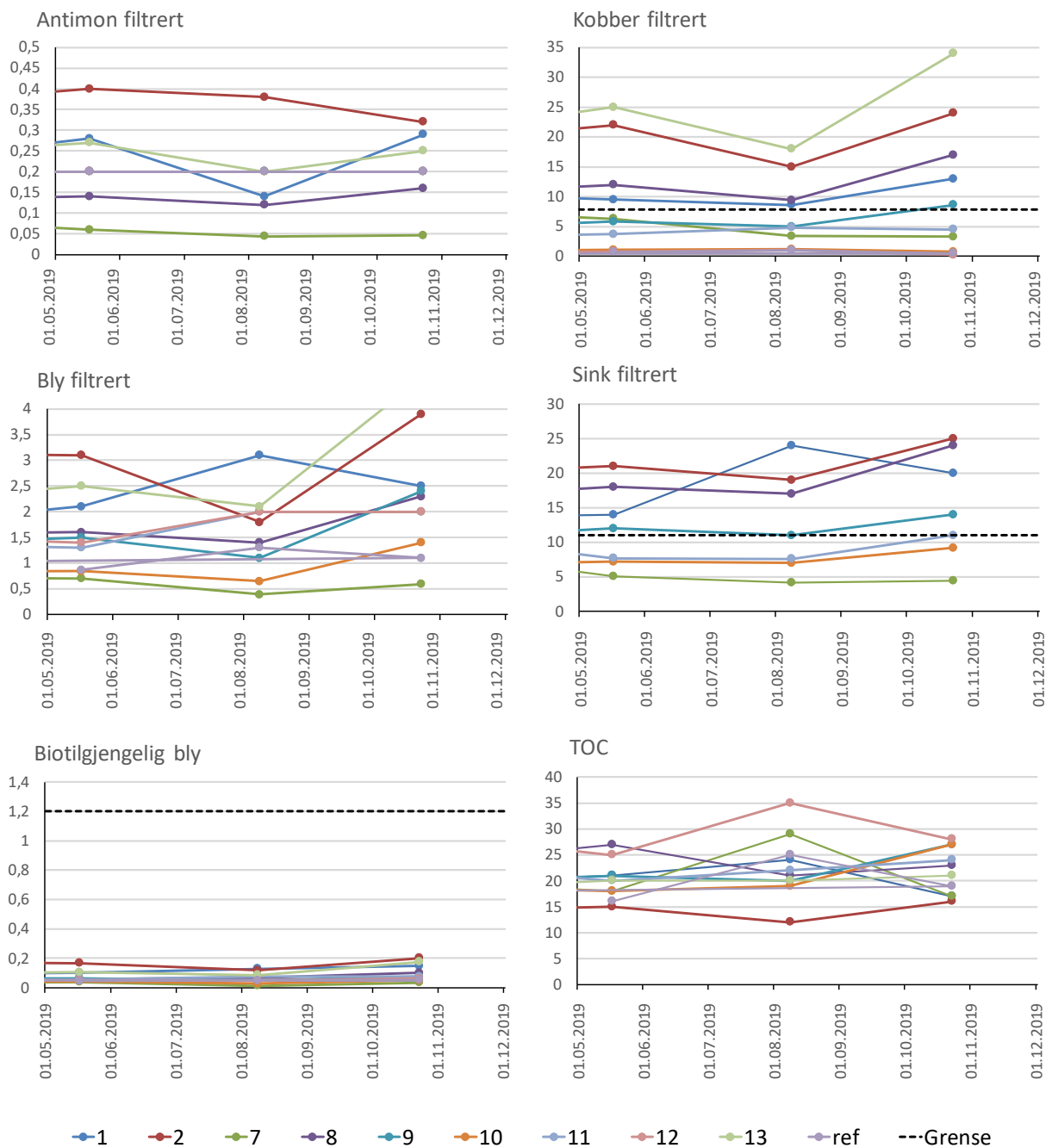
Situasjonen vedrørende utlekking av tungmetaller fra skytefeltet vurderes som tilstrekkelig dokumentert. Ytterligere overvåking før eventuelle tiltak anses ikke som nødvendig.



Figur 29. Prøvepunkter ved Børja SØF i 2019. ©Kartverket.



Figur 30. Analyseresultater for ufiltrerte prøver tatt ut fra Børja SØF i 2019. Metaller i µg/l.



Figur 31. Analyseresultater for filtrerte prøver tatt ut fra Børja SØF i 2019. Biotilgjengelig bly er en beregnet parameter som estimeres via konsentrasjonen av bly og organisk materiale i filtrerte vannprøver. Sort horisontal stiplet linje viser tillatt grenseverdi. Metaller i $\mu\text{g/l}$, TOC i mg/l .

3.2.2 Kvamskogen (Steinskvandalen)

Kvamskogen SØF ligger i Kvam kommune i Vestland og ble etablert mot slutten av 1960-tallet som øvingsområde for Heimevernet. Størrelsen på feltet er på om lag 1,5 km². Feltet har blitt brukt til vintertrening med beltevogn og manøvrering i terrenget. Det har blitt gjennomført feltmessig skyting med håndvåpen i et område som strekker seg fra grusveien og over elva østover inn mot fjellet. Feltskytebanen har ingen opparbeidede elementer eller installasjoner og man har satt ut tilfeldige mål på 30-100 meter avstand fra veien. Total mengde avfyrte skudd har blitt anslått til 300-400 000, hovedsakelig på 100-meters banen i skytefeltet, men det kan også ha blitt skutt mot mål utplassert andre steder i terrenget (Amundsen, 2011). Området domineres av myr, fjell og løvskog, samt av elva Fljoto som renner fra nord til sør gjennom feltet. Feltet ligger i et område som mottar mye nedbør. Det er få synlige inngrep i feltet bortsett fra en grusvei.

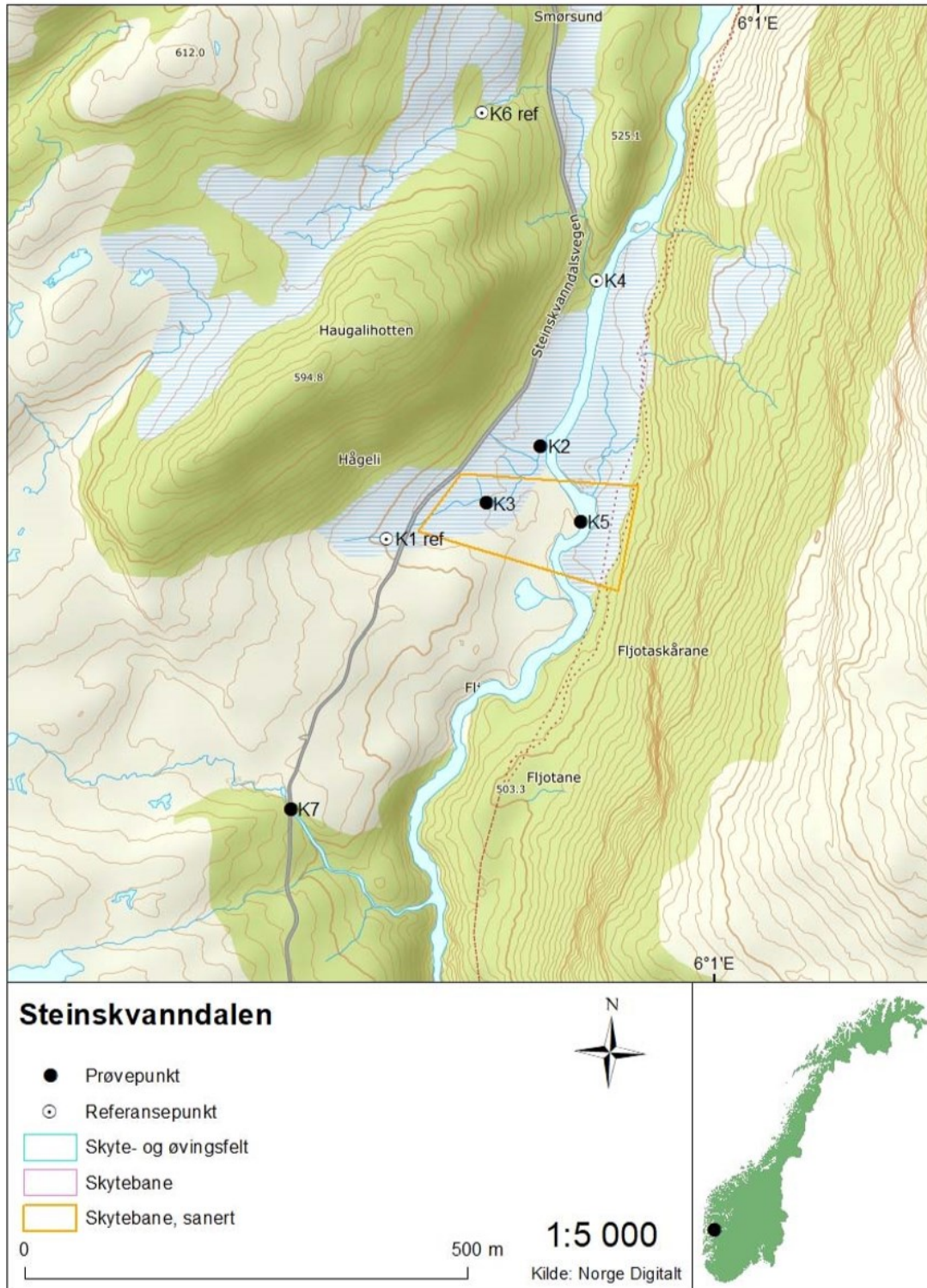
Prøvepunktens plassering er gitt i figur 32 og avrenning fra delfelter er gitt i tabell 11. Punktene som ble prøvetatt tilsvarer de som ble overvåket i 2010-2011 (Amundsen, 2011, 2012). Prøvepunktene er beskrevet i Garmo (2018). Det er to referansepunkter på vestsiden av veien (K1 ref og K6 ref), samt et punkt lengre oppstrøms i Fljoto (K4). Disse er antatt å være upåvirket av skyteaktiviteten. Punkt K7 er lokalisert i bekk som renner fra myrområdet vest-sørvest for 100-meters banen, men ble ikke regnet som referanse fordi området nord og vest for Haugalihotten kan være påvirket av skyteaktivitet. Punkt 3 ligger internt i skytebanen og punkt 2 ved utløpet av bekk fra skytebane til Fljoto. I tillegg var det ett punkt på vestsiden av Fljoto (K5), omtrent midt i skytebanen.

Tabell 11. Estimert nedbørfeltareal, årsmiddelvannføring (NVE) og tilhørende vannforekomst i.d. (Vann-Nett) for prøvepunktene i Kvamskogen (Steinskvandalen).

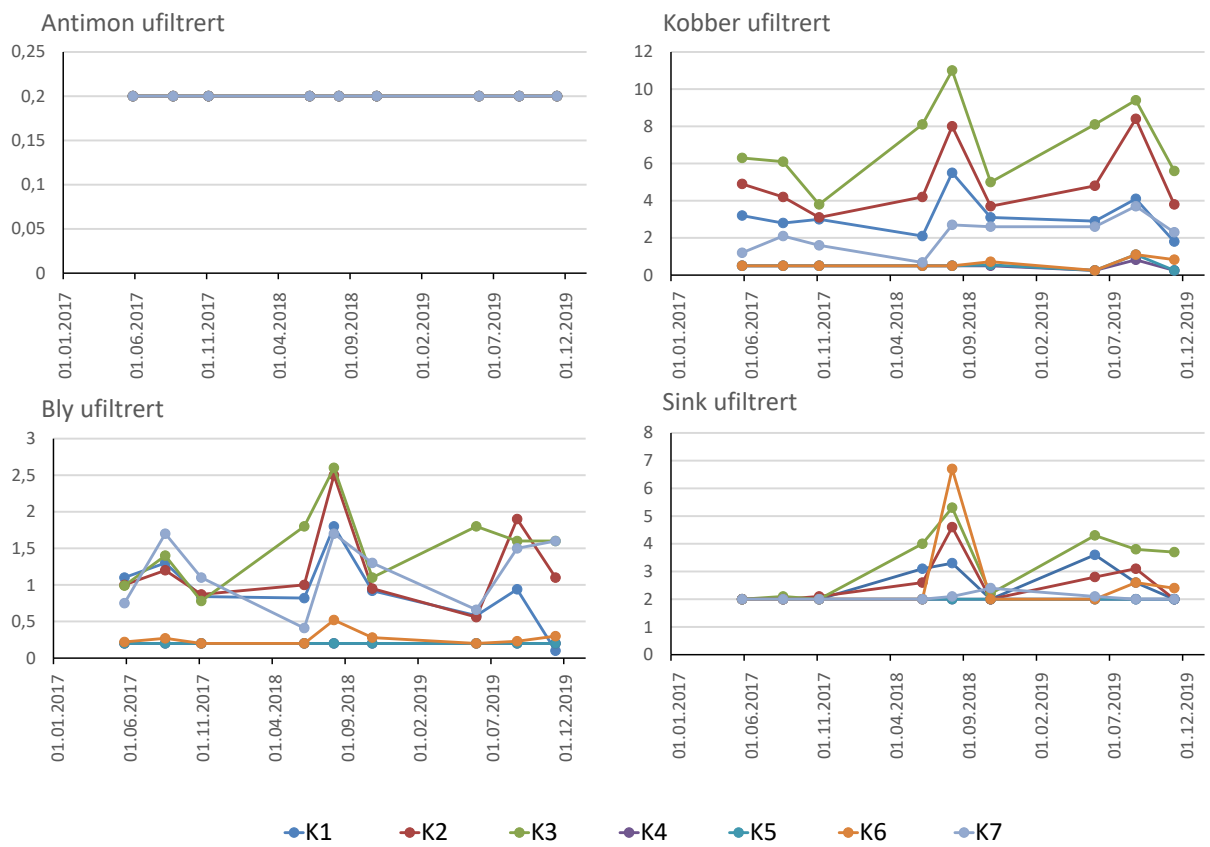
Prøvepunkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal, km ²	Middelvannføring, l/s
K1 ref	052-144-R Longvotnevatnet og steinsdalselvi bekkefelt	0,07	6
K2	052-144-R Longvotnevatnet og steinsdalselvi bekkefelt	0,14	12
K3	052-144-R Longvotnevatnet og steinsdalselvi bekkefelt	0,1	9
K4	052-144-R Longvotnevatnet og steinsdalselvi bekkefelt	16	2035
K5	052-144-R Longvotnevatnet og steinsdalselvi bekkefelt	16	2035
K6 ref	052-144-R Longvotnevatnet og steinsdalselvi bekkefelt	0,11	9
K7	Ikke definert	0,32	28

Prøvene ble tatt 27. mai, 20. juli og 23. oktober under normal vannføring. Vannet var svært kalsiumfattig (kalsium 0,3-1,1 mg/l), svakt surt (pH 5,0-6,5) og klart til humøst (TOC 1-11 mg/l). Analysedata for filtrerte og ufiltrerte prøver er vist i figur 33 og 34, samt i tabell i vedlegg. Konsentrasjonen av kobber og bly i K1 ref, K2, K3 og K7 var forhøyet sammenlignet med K6 ref og punktene i Fljoto. Tendensen var tydelig også for sink og antimon. Fortynningen i Fljoto er betydelig og det var omtrent like metallnivåer ved punkt K4 og K5. Konsentrasjonen var godt under grenseverdiene bortsett fra kobber ved punkt 2 og 3 under sommerrunden. Estimert utlekking av tungmetaller i 2019 var 0,5 kg bly, 2 kg kobber, 1,4 kg sink og 30 g antimon.

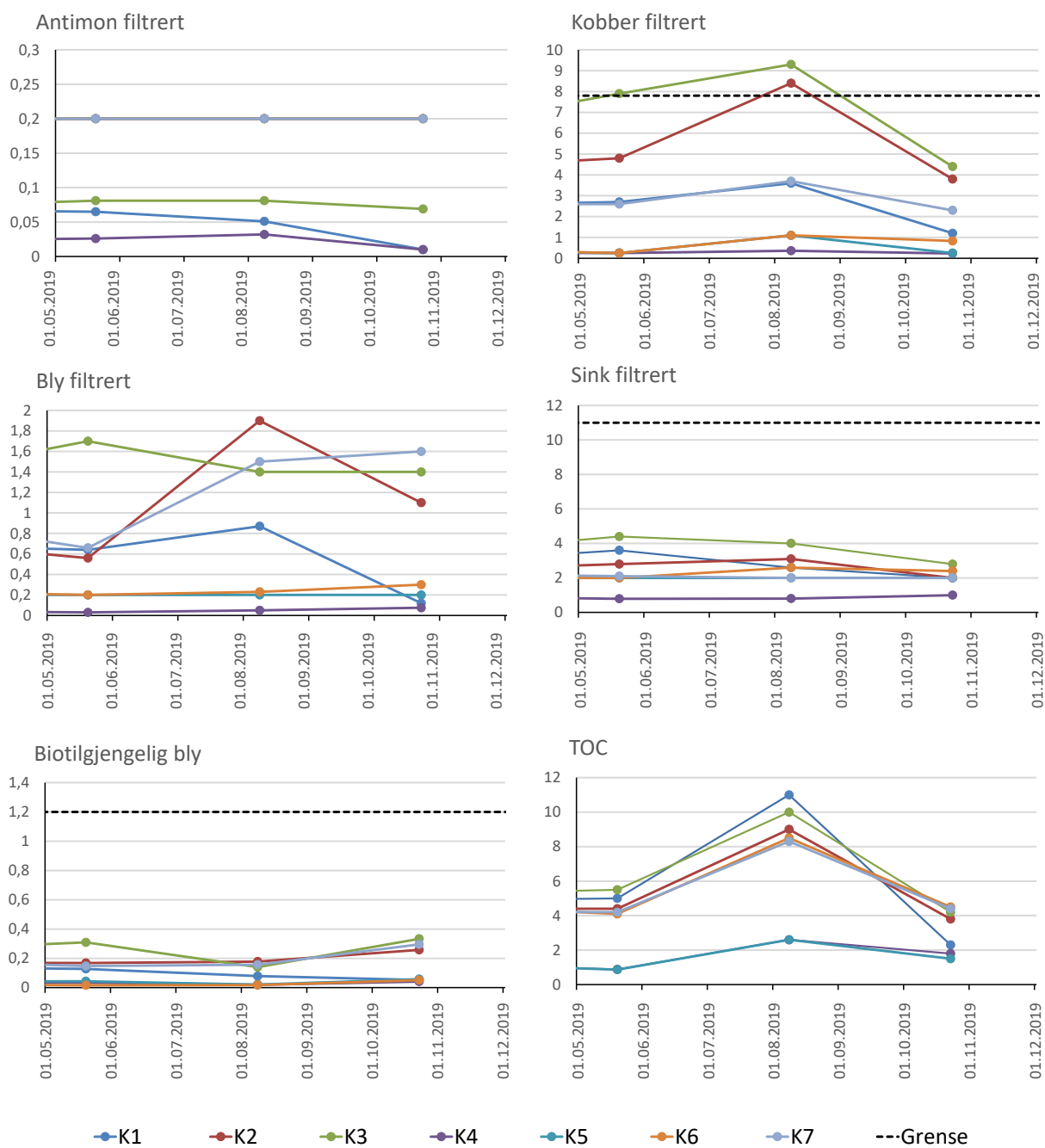
Det foreligger fem år med data og det anses ikke nødvendig med flere undersøkelser før eventuelle tiltak i feltet.



Figur 32. Prøvepunkter ved Kvamskogen (Steinskvanndalen) SØF i 2019. © Kartverket.



Figur 33. Analyseresultater for ufiltrerte prøver tatt ut fra Kvamskogen (Steinskvandalen) SØF i 2019. Metaller i µg/l.



Figur 34. Analyseresultater for filtrerte prøver tatt ut fra Kvamskogen (Steinskvandalen) SØF i 2019. Biotilgjengelig bly er en beregnet parameter som estimeres via konsentrasjonen av bly og organisk materiale i filtrerte vannprøver. Sort horisontal stiple linje viser tillatt grenseverdi. Metaller i µg/l, TOC i mg/l.

3.2.3 Skjelanger

Skjelanger fort ligger på nordspissen av Holsnøy i Alver kommune i Vestland. Fortet ble etablert i 1928, mens skytebanene har vært stengt for bruk siden 2006. Det har vært 4 skytebaner i feltet hvor det hovedsakelig har blitt skutt med håndvåpen (Skifte Eiendom, 2011). Feltet ligger i et småkupert landskap med nakne knauser. Dominerende vegetasjonstyper er lynghei/lyngkrattskog, samt kulturmark som er i ferd med å gro igjen (Klepsland, 2017). Østre deler av feltet har en del myr.

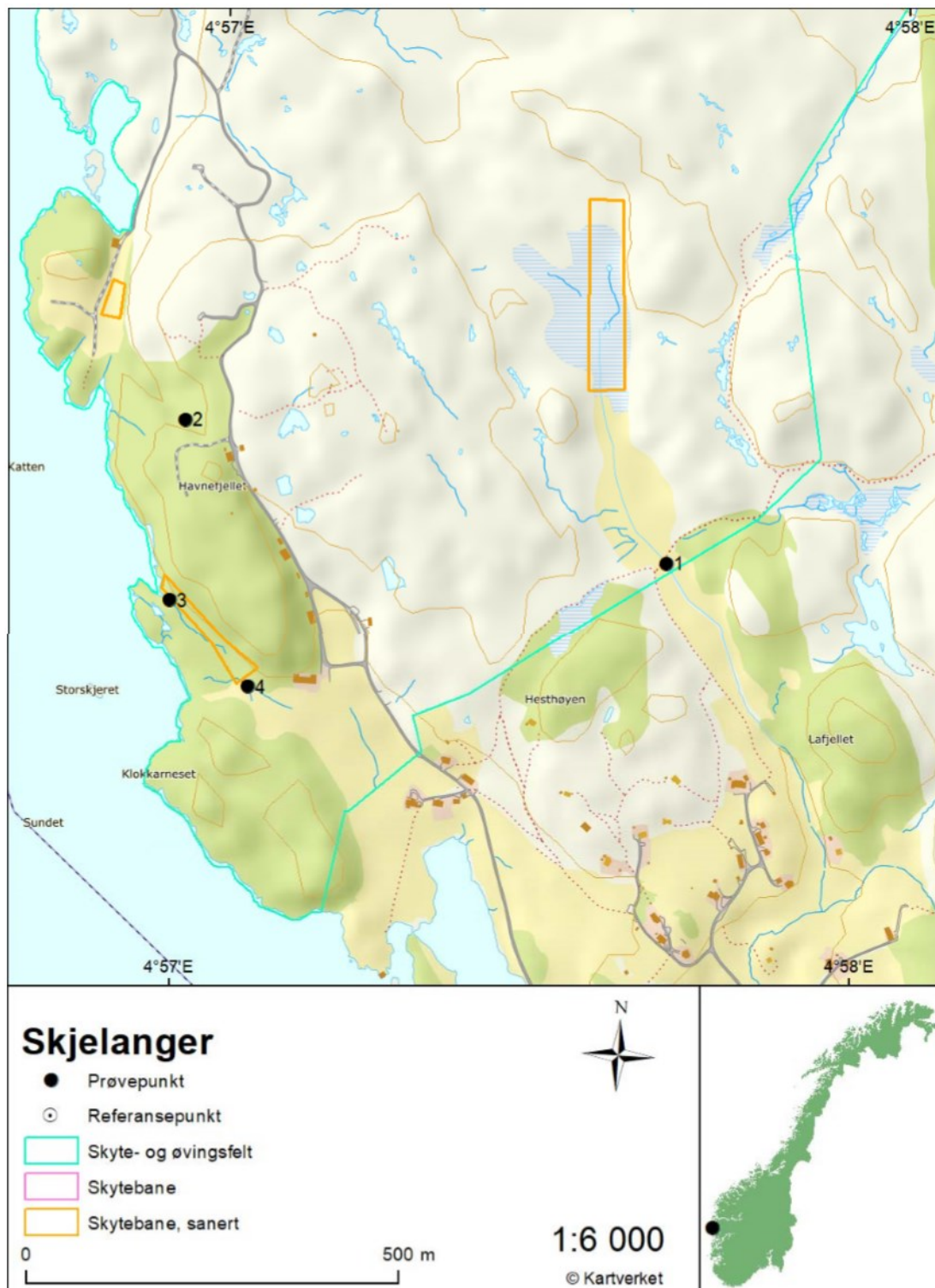
Prøvepunktens plassering er gitt i figur 35 og avrenning fra delfelter er gitt i tabell 12. Punkt 1 ligger ved skytefeltgrensa og drenerer bane 1. Punkt 2 er plassert i et bekkesig nedstrøms en sanert avfallsfylling. Punkt 3 er plassert i i et bekkesig bak målområdet til bane 3. Punkt 4 ligger i et sig fra målområdet på pistolbanen.

Tabell 12. Estimert nedbørfeltareal, årsmiddelvannføring (NVE) og tilhørende vannforekomst i.d. (Vann-Nett) for prøvepunktene i Skjelanger.

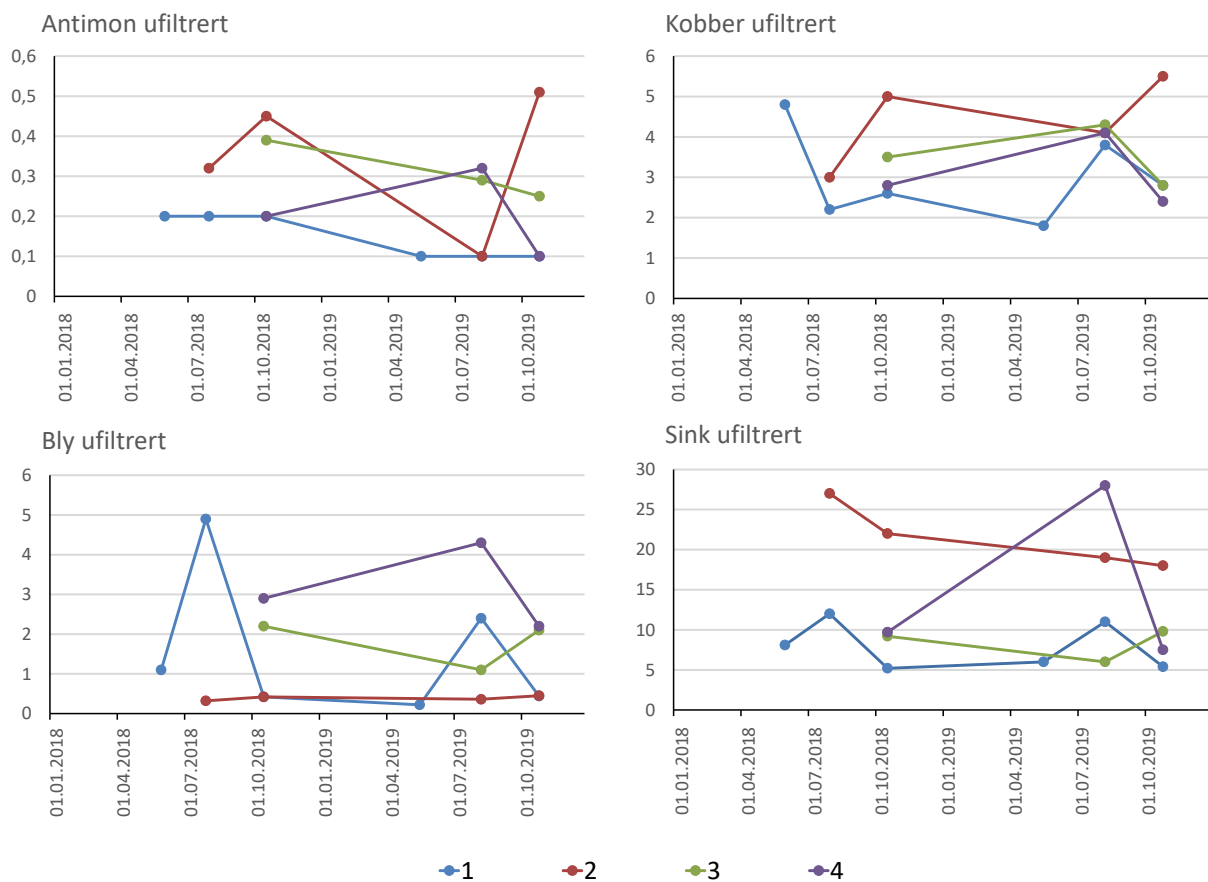
Prøvepunkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal, km ²	Middelvannføring, l/s
1	059-17-R Bekker Meland nord	0,15	6
2	Ikke definert	0,02	0,9
3	Ikke definert	0,02	0,9
4	Ikke definert	0,01	0,4

Prøvene ble tatt 30. mai, 20. august og 19. oktober. På våren var det som for i fjor lite eller kun stillestående vann (jf. Garmo 2019). Det ble av det kun tatt prøve fra punkt 1. Ellers var vannføringen normal i feltet. Kalsiumkonsentrasjonen er lav til moderat (1-9 mg Ca/l), moderat surt (pH 5,7-6,2) og relativt humøs (6-32 mg TOC /l). Vannet i feltet er særlig humøst om sommeren. Analysedata for filtrerte og ufiltrerte prøver er vist i figur 36 og 37, samt i tabell i vedlegg. Referansepunkt er ikke anlagt, men konsentrasjon av tungmetaller er lave. Sink ved punkt 2 og 4 overskrider grenseverdien, og er nær også ved punkt 1 i sommerprøven. Konsentrasjonen av bly og antimon er lav i feltet. Estimert utlekking av tungmetaller i 2019 var forholdsvis lav: 0,3 kg bly, 0,7 kg kobber, 2,2 kg sink og 50 g antimon.

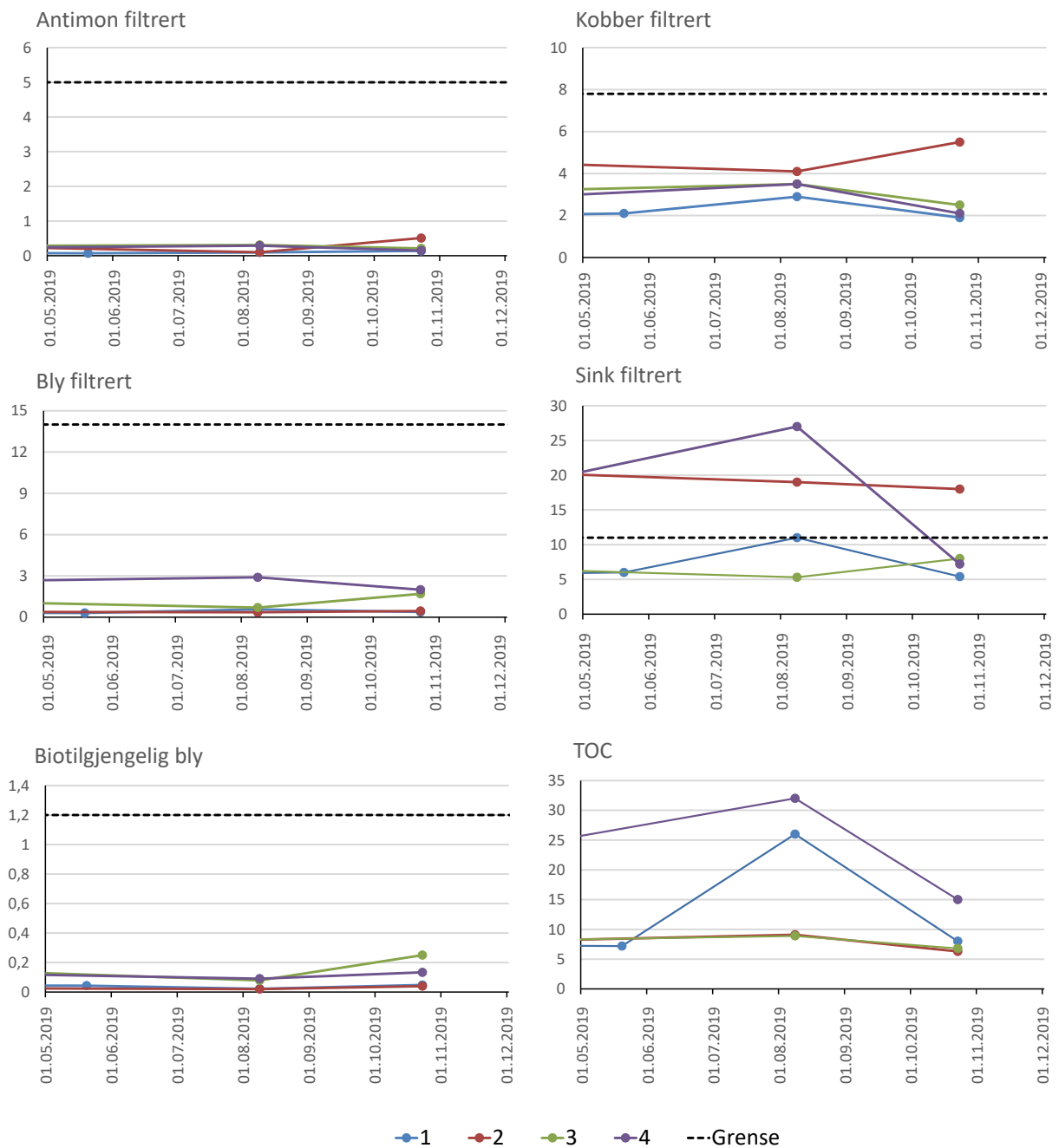
Da det lekker en del sink og kobber ut av feltet, kan et referansepunkt kan vurderes anlagt. Overvåkingen bør fortsette.



Figur 35. Prøvepunkter ved Skjelanger SØF i 2019. ©Kartverket.



Figur 36. Analyseresultater for ufiltrerte prøver tatt ut fra Skjelanger SØF i 2019. Metaller i µg/l.



Figur 37. Analyseresultater for filtrerte prøver tatt ut fra Skjelanger SØF i 2019. Biotilgjengelig bly er en beregnet parameter som estimeres via konsentrasjonen av bly og organisk materiale i filtrerte vannprøver. Sort horisontal stiplet linje viser tillatt grenseverdi. Metaller i $\mu\text{g/l}$, TOC i mg/l .

3.2.4 Brettingen

Brettingen SØF ligger i Indre Fosen kommune i Trøndelag. Feltet er tilknyttet det gamle fortet på Brettingen ytterst i Trondheimsfjorden. Heimevernet har benyttet feltet fra 1970-tallet og frem til 2003. Feltet er relativt lite og består av feltskytebane med blindgjengerfelt for rekylfri kanon (RFK) og en håndgranatbane (Forsvarsbygg, 2006). Dominerende vegetasjonstyper i området er fattig blåbærskog og røsslyng-blokkebærskog (Abel, 2016). Gjennom skytebanen renner en liten bekk, Grønningskardbekken.

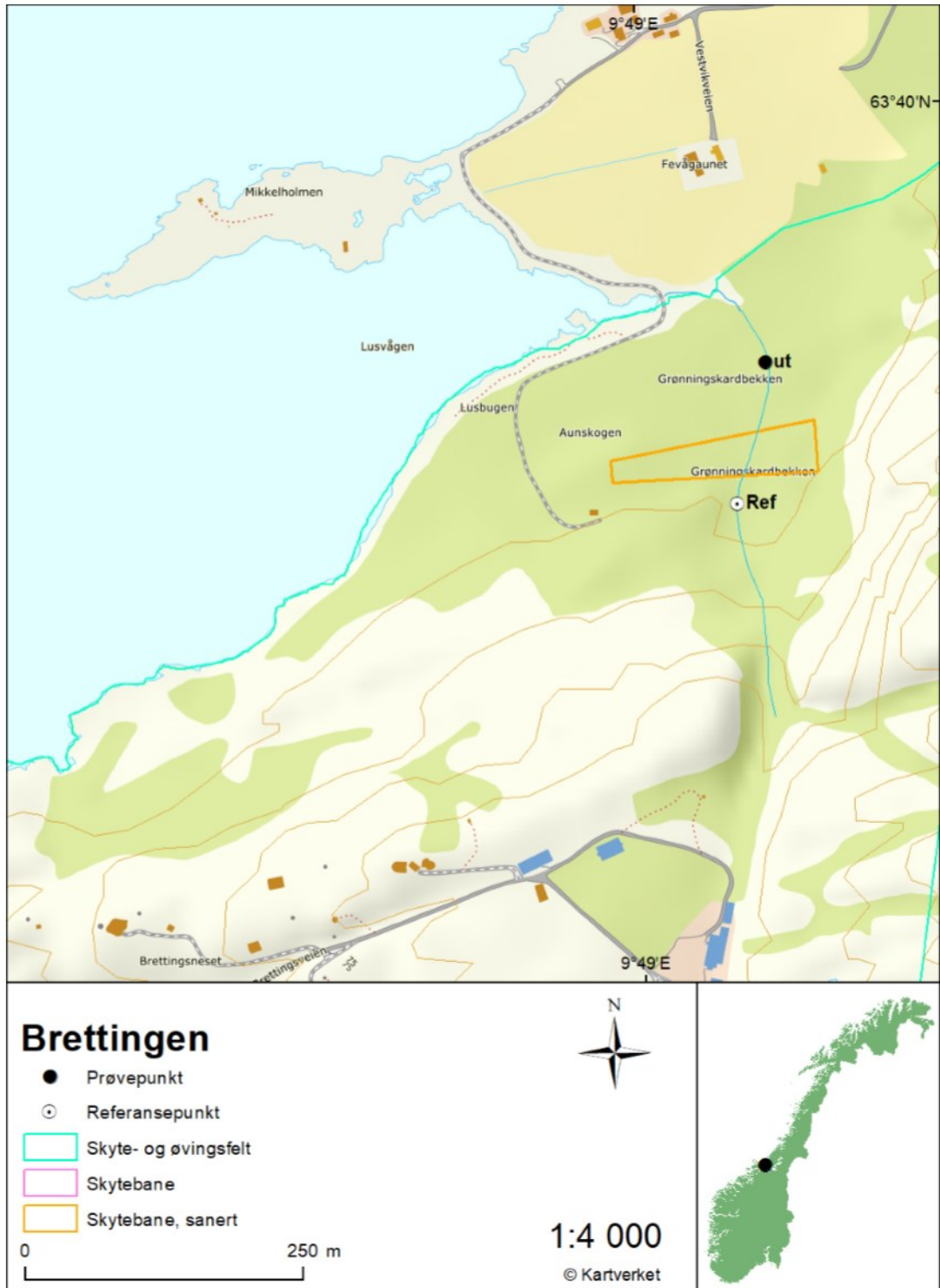
Prøvetakingspunktene er plassert i Grønningskardbekken oppstrøms banen (Ref) og om lag 100 meter lengre nedstrøms banen (Ut). Prøvepunktene plassering er vist i figur 38 og avrenning fra delfelter er gitt i tabell 13.

Tabell 13. Estimert nedbørfeltareal, årsmiddelvannføring (NVE) og tilhørende vannforekomst i.d. (Vann-Nett) for prøvepunktene i Brettingen.

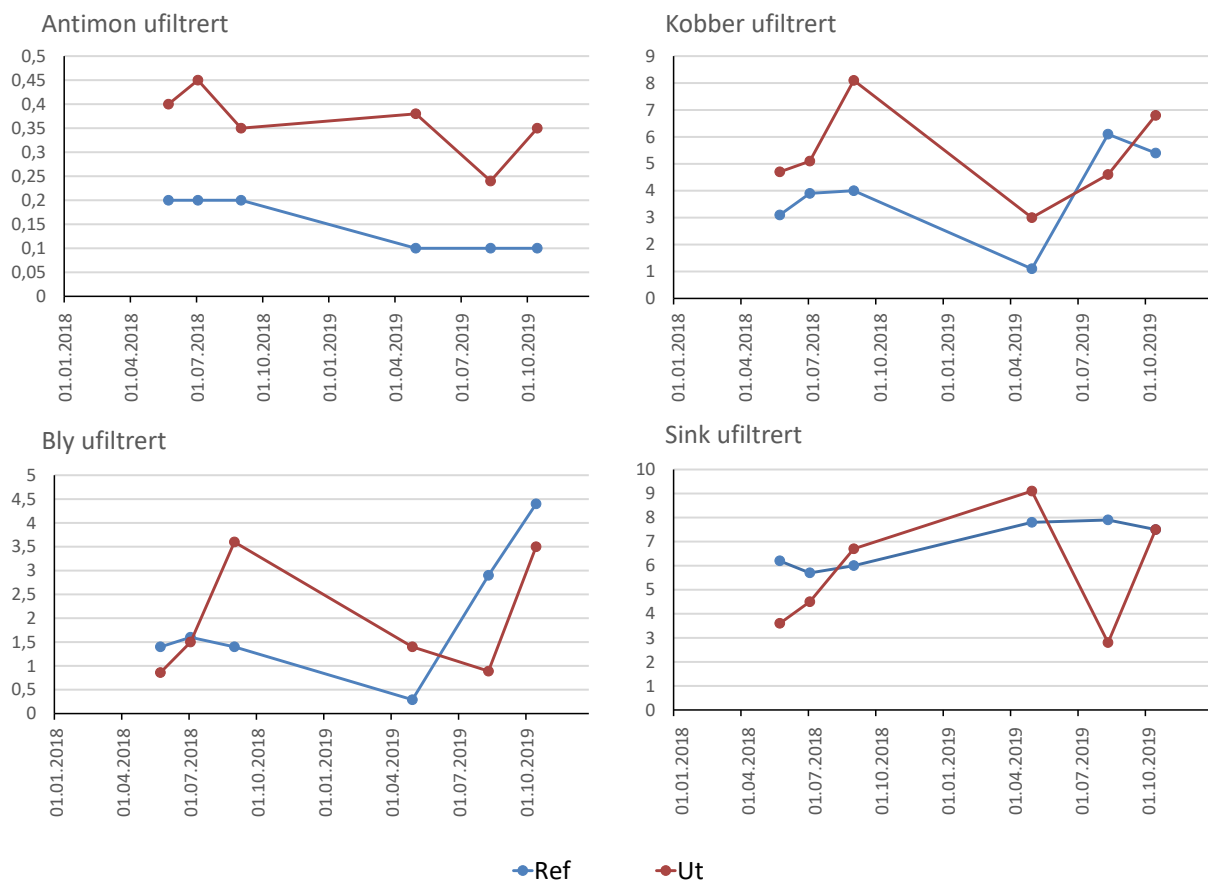
Prøvepunkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal, km ²	Middelvannføring, l/s
Ref	059-17-R Bekker Meland nord	0,3	10,5
Ut	Ikke definert	0,4	14

Vannprøver ble tatt den 4. mai, 16. august og 20. oktober ved normal vannføring. Vannet er ofte kalsiumfattig (1,8-3,3 mg Ca/l), men høyere konsentrasjoner måles sporadisk (> 10 mg Ca/l). pH varierer med noe gjennom året (pH 5,7-7,2) og vannet er humøst (7-18 mg TOC/l). Analysedata for filtrerte og ufiltrerte prøver er vist i figur 39 og 40, samt i tabell i vedlegg. Det var liten forskjell på konsentrasjonen av bly, kobber og sink ved referansen og ut av feltet. Det bør vurderes å flytte referansepunktet da bakgrunnskonsentrasjonene av kobber og sink synes å være noe høy. Ingen grenseverdier var overskredet. Estimert utlekking av tungmetaller var lav 0,3 kg kobber og 0,1 kg antimon.

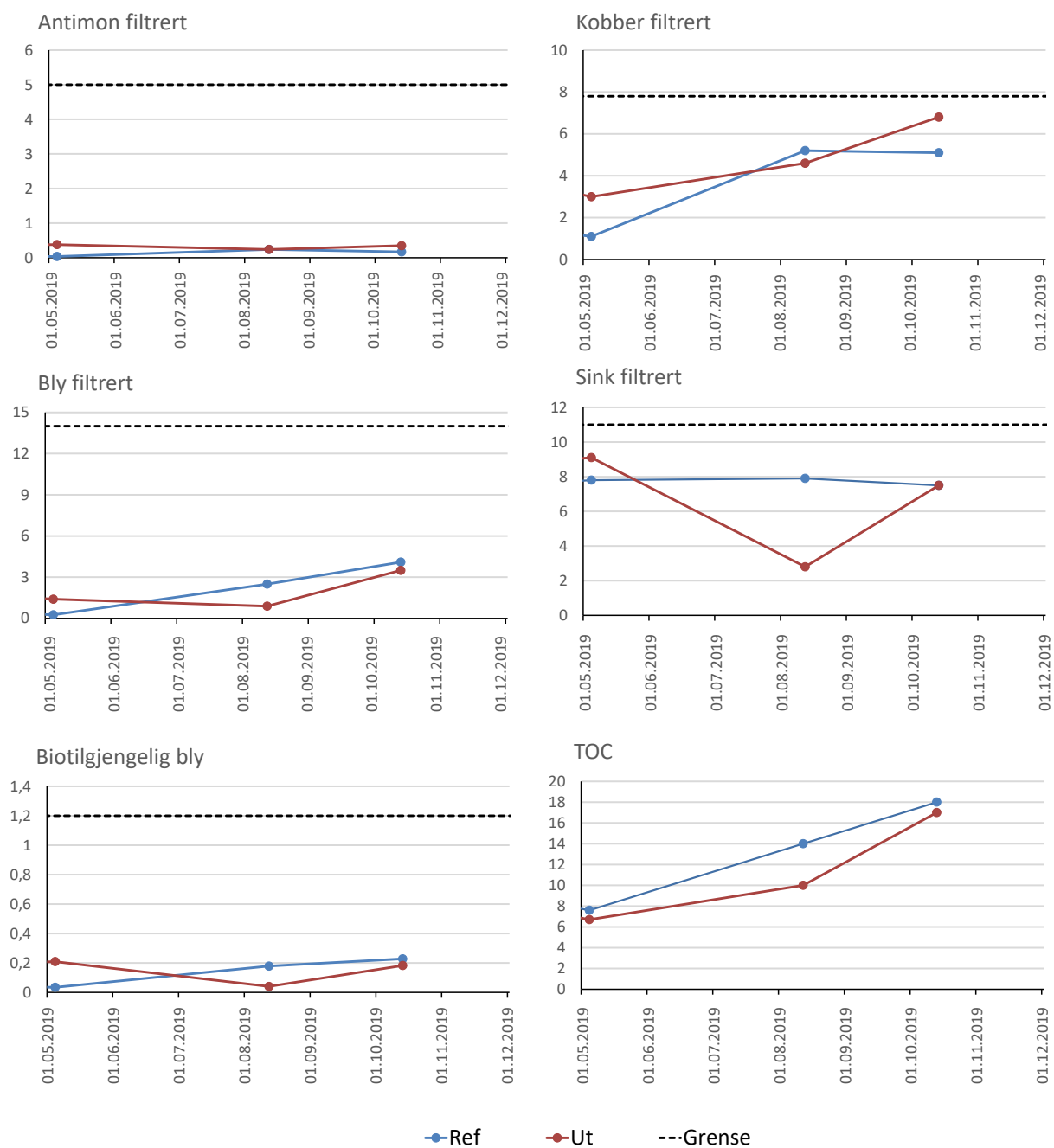
Oprydningstiltak gjennomføres i mai/juni 2020. Prøverunde 1 tas da ved oppstart, mens prøverunde 2 og 3 kjøres som normalt.



Figur 38. Prøvepunkter ved Brettingen SØF i 2019. ©Kartverket.



Figur 39. Analyseresultater for ufiltrerte prøver tatt ut fra Bretingen SØF i 2019. Metaller i µg/l.



Figur 40. Analyseresultater for filtrerte prøver tatt ut fra Brettingen SØF i 2019. Biotilgjengelig bly er en beregnet parameter som estimeres via konsentrasjonen av bly og organisk materiale i filtrerte vannprøver. Sort horisontal stiplet linje viser tillatt grenseverdi. Metaller i µg/l, TOC i mg/l.

3.2.5 Vaterholmen

Vaterholmen SØF ligger i Verdal kommune i Trøndelag. Feltet ble etablert i 1953 i tilknytning til Vaterholmen leir og har i hovedsak vært øvingsområde for Heimevernet. Feltet dekker et areal på om lag 3 km² og har blitt brukt til øving med håndvåpen, krumbanevåpen, flatbanevåpen, panservernvåpen og håndgranater. 14 skytebaner, en håndgranatbane og et sprengningsfelt ble brukt fram til aktiviteten ble avsluttet i 1996 (Amundsen, 2011). Banene ligger i myrlendt terreng som dreneres til elva Inna gjennom Litlåa (øst) og Kleivdalsbekken (vest). Punktene ble i sin tid etablert av Bioforsk.

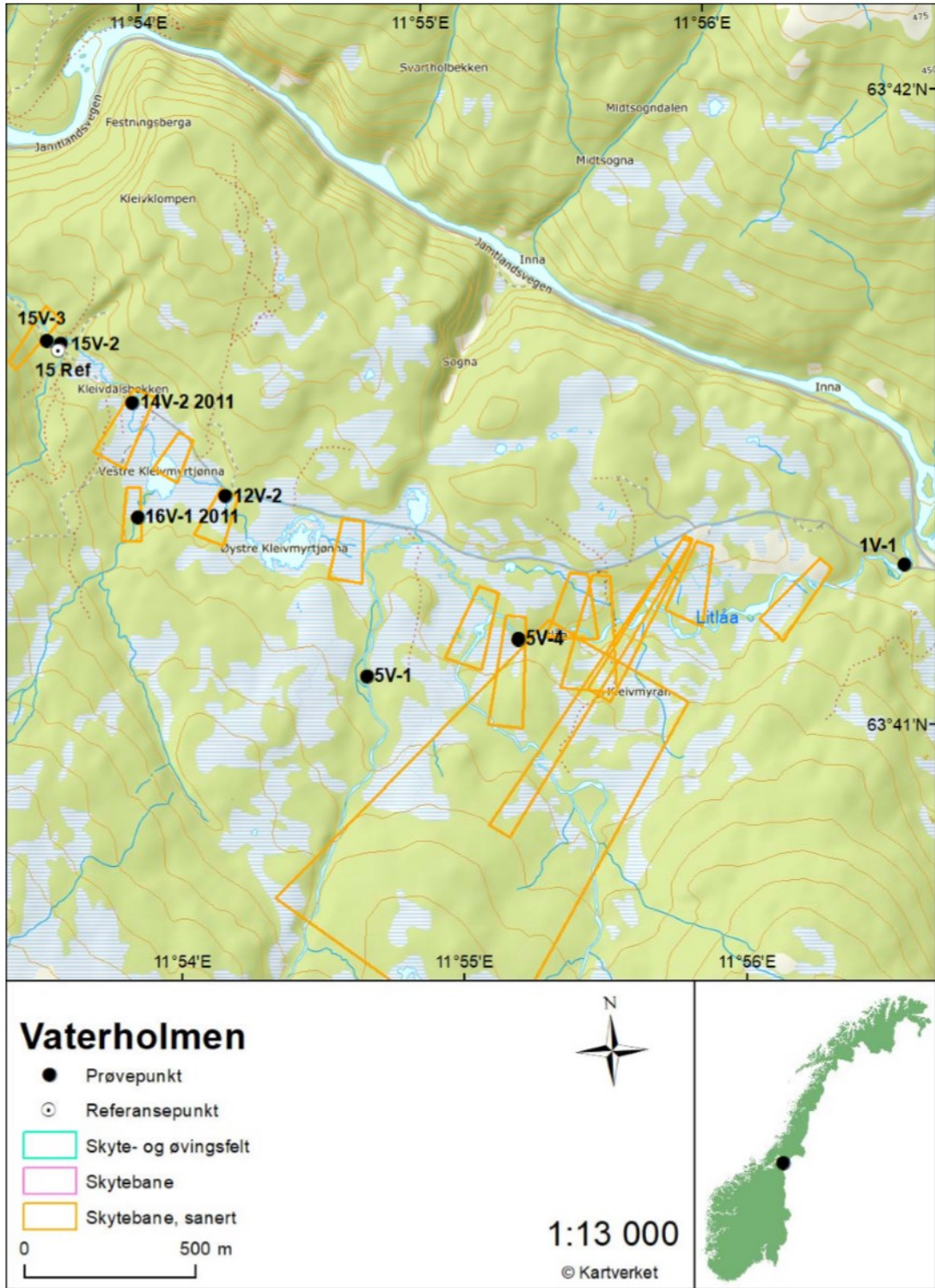
Prøvepunktene plassering er vist i figur 41 og avrenning fra delfelter er gitt i tabell 14. Prøverundene ble gjennomført den 24. mai, 6. juli og 4. september. Vannføringen ble bedømt som lav ved de to første anledningene, og normal i den 4. september. Vannet var kalsiumfattig 0,4-2 mg/l, moderat surt (pH 4,9-6,6) og humøst (TOC 4-19 mg/l).

Tabell 14. Estimert nedbørfeltareal, årsmiddelvannføring (NVE) og tilhørende vannforekomst i.d. (Vann-Nett) for prøvepunktene i Vaterholmen.

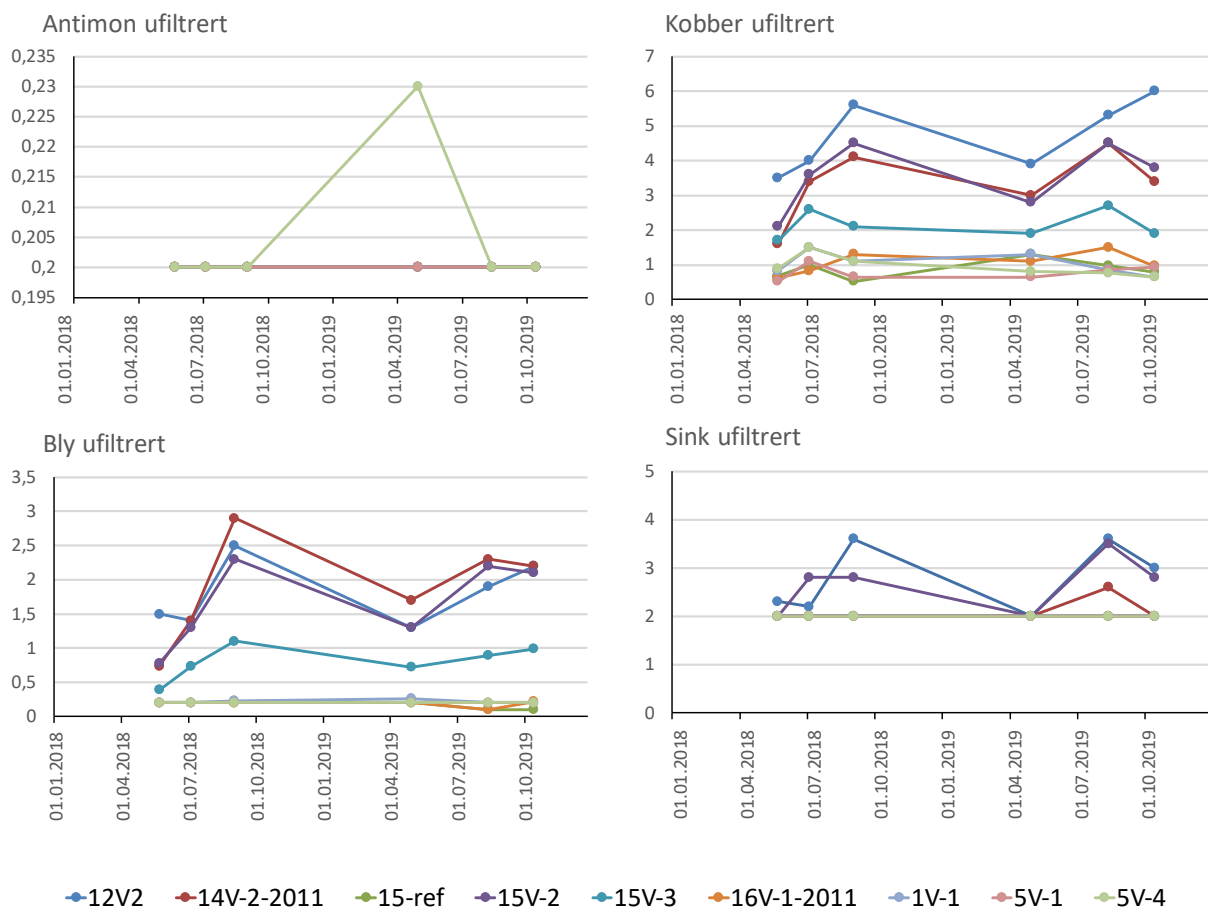
Prøvepunkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal, km ²	Middelvannføring, l/s
1V-1	127-30-R Tilløpsbekker til Inna	14,7	528
5V-1	127-30-R Tilløpsbekker til Inna	5,8	215
5V-4	127-30-R Tilløpsbekker til Inna	13,8	506
12V-2	127-30-R Tilløpsbekker til Inna	0,5	13
14V-2-2011	127-30-R Tilløpsbekker til Inna	2,6	67
15 Ref	127-30-R Tilløpsbekker til Inna	1,6	55
15V-2	127-30-R Tilløpsbekker til Inna	2,4	72
15V-3	127-30-R Tilløpsbekker til Inna	4,1	123
16V-1-2011	127-30-R Tilløpsbekker til Inna	1,6	47

Referansen (15 Ref) hadde noe mer kalsium, høyere pH og mindre organsik materiale. Analysedata for filtrerte og ufiltrerte prøver er vist i figur 42 og 43, samt i tabell i vedlegg. Tungmetallkonsentrasjonene var høyest i vestre deler av feltet (punkt 12V-2, 14V2-2011 og 15V-2). I østre deler, der vannføring er høyere gjennom punktene, var konsentrasjonene lavere. Det ble ikke påvist overskridelser av grenseverdier. Nivåene ser ikke ut til å ha endret seg siden undersøkelsene i 2010 og 2011 (Amundsen, 2012, 2011) eller i fjor (Garmo 2019). Estimert utlekking av tungmetaller i vest var på 2,8 kg bly, 5,2 kg kobber, 2,9 kg sink og 0,1 kg antimon, og i øst 2,5 kg bly, 2,4 kg kobber og 9,1 kg sink.

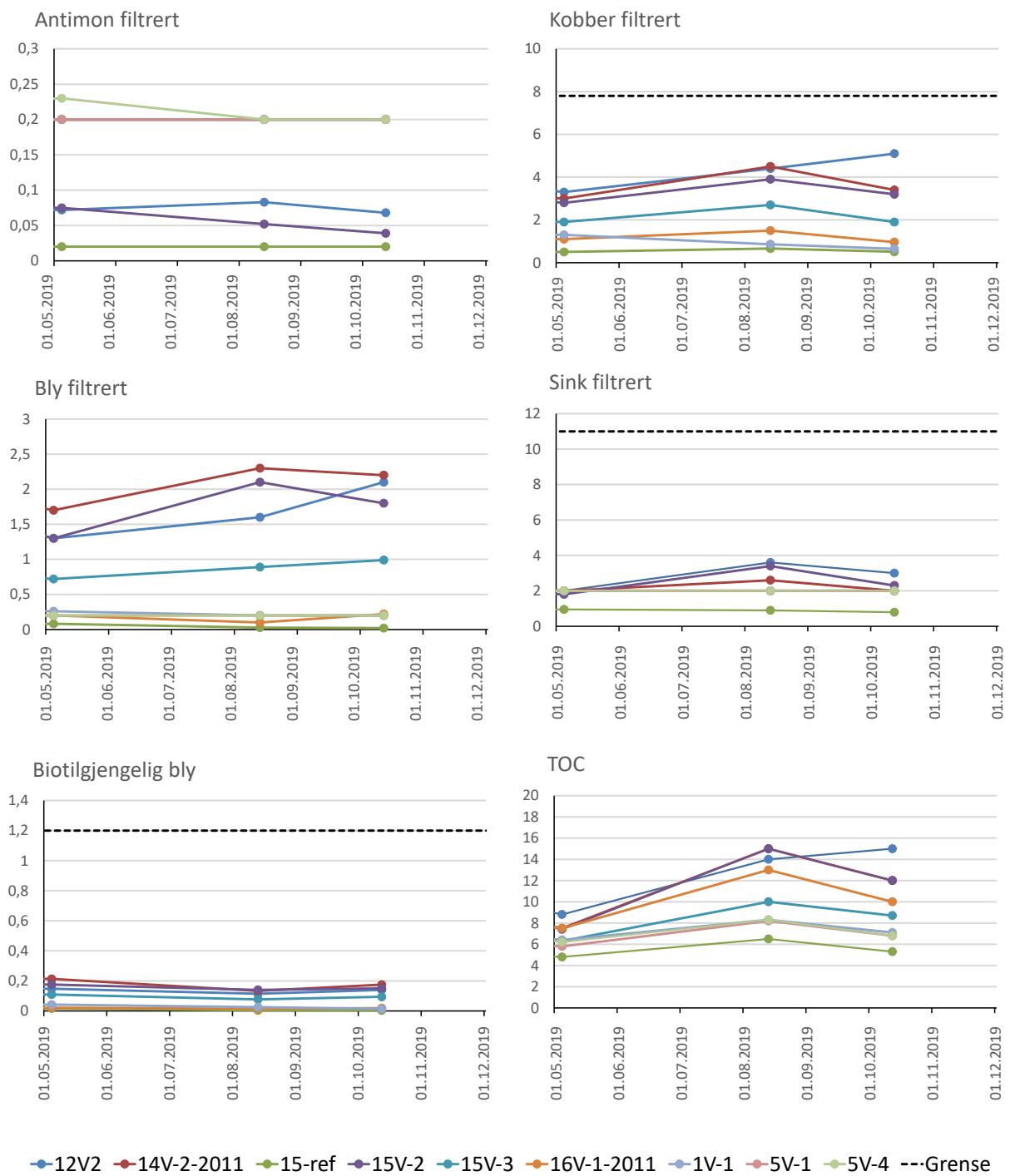
Overvåkingen kan avsluttes. Undersøkelsene i 2010, 2011, 2018 og 2019 gir tilstrekkelig dokumentasjon av utlekkingen.



Figur 41. Prøvepunkter ved Vaterholmen SØF i 2019. ©Kartverket.



Figur 42. Analyseresultater for ufiltrerte prøver tatt ut fra Vaterholmen SØF i 2019. Metaller i µg/l.



Figur 43. Analyseresultater for filtrerte prøver tatt ut fra Vaterholmen SØF i 2019. Biotilgjengelig bly er en beregnet parameter som estimeres via konsentrasjonen av bly og organisk materiale i filtrerte vannprøver. Sort horisontal stiplet linje viser tillatt grenseverdi. Metaller i $\mu\text{g/l}$, TOC i mg/l .

3.2.6 Nyborgmoen

Nyborgmoen SØF ligger i Nesseby kommune i Troms og Finnmark. Feltet har vært i bruk siden slutten av 1800-tallet. I feltet har trolig de fleste våpentyper infanteriet har vært oppsatt med blitt benyttet, inkludert håndvåpen, 84 mm kanon, antitankvåpen og bombekaster. Feltet er på 21 km² og landskapet preget av småvokst bjørkeskog og myr.

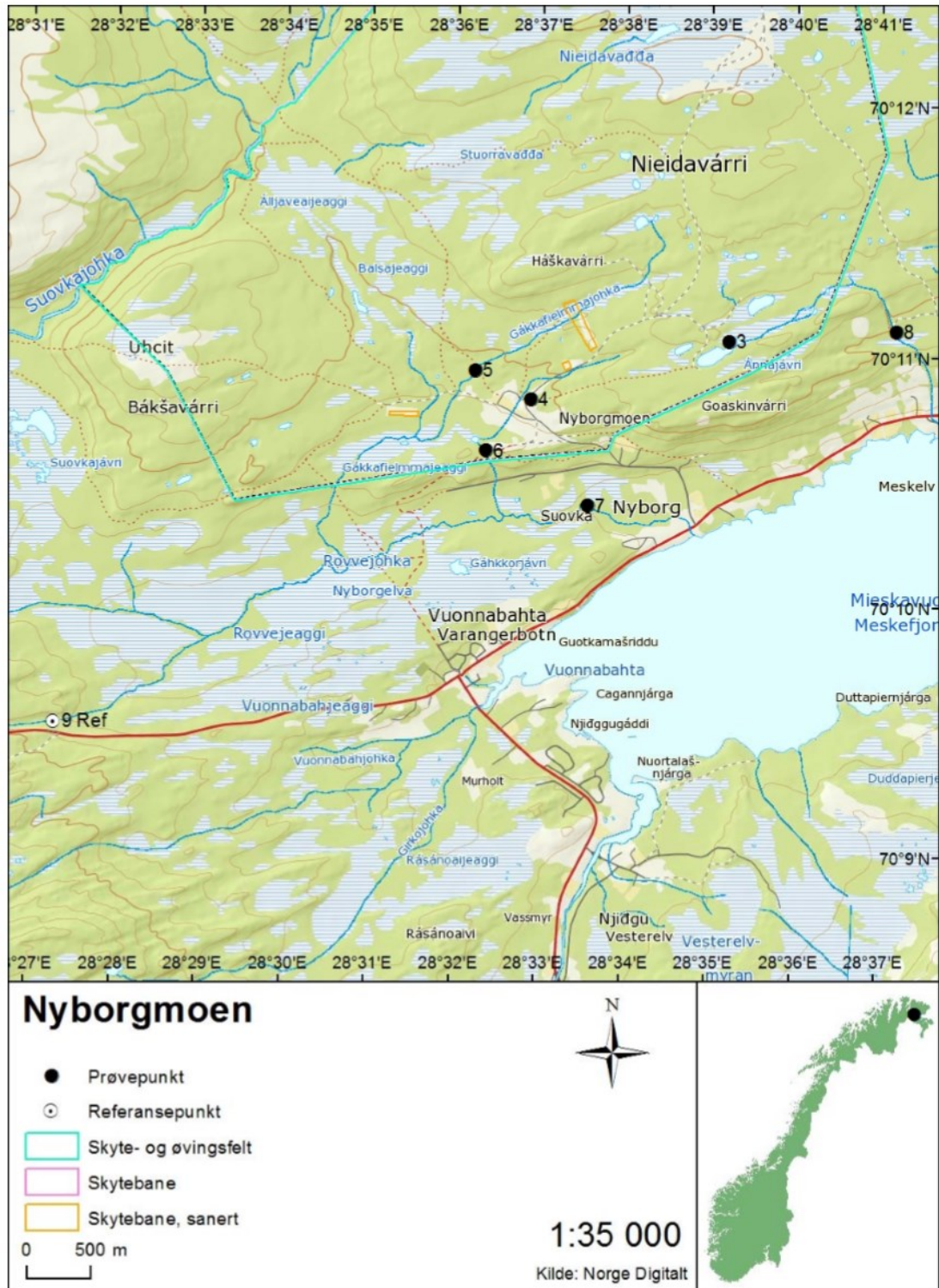
Prøvepunktene plassering er vist i figur 44 og avrenning fra delfelter er gitt i tabell 15. Prøvetakingspunktene i feltet ble valgt ut basert på en tilstandsvurdering i forbindelse med utrangering (Forsvarsbygg, 2005b) og befarings i mai 2016 (Garmo 2019). To bekker drenerer sørvestover gjennom et område med skytebaner og deponi, og her er punktene 4, 5 og 6 (nedstrøms deponitjern) plassert. I tillegg er punkt 7 og et referansepunkt (9 Ref) plassert i Nyborgelva, hhv. nedstrøms og oppstrøms samløp med bekkene. Punktene 3 og 8 er plassert i et vassdrag som renner øst- og sørover og drenerer en skytebane (bane 8) og en M72-bane. Lenger opp i feltet finnes det håndgranatbane og antatt målområde for bombekaster, men pga. lang adkomst, mangel på overflateavrenning og antatt liten fare for forurensning ble det ikke plassert punkter i tilknytning til disse (Garmo 2019).

Tabell 15. Estimert nedbørfeltareal, årsmiddelvannføring (NVE) og tilhørende vannforekomst i.d. (Vann-Nett) for prøvepunktene i Nybergmoen.

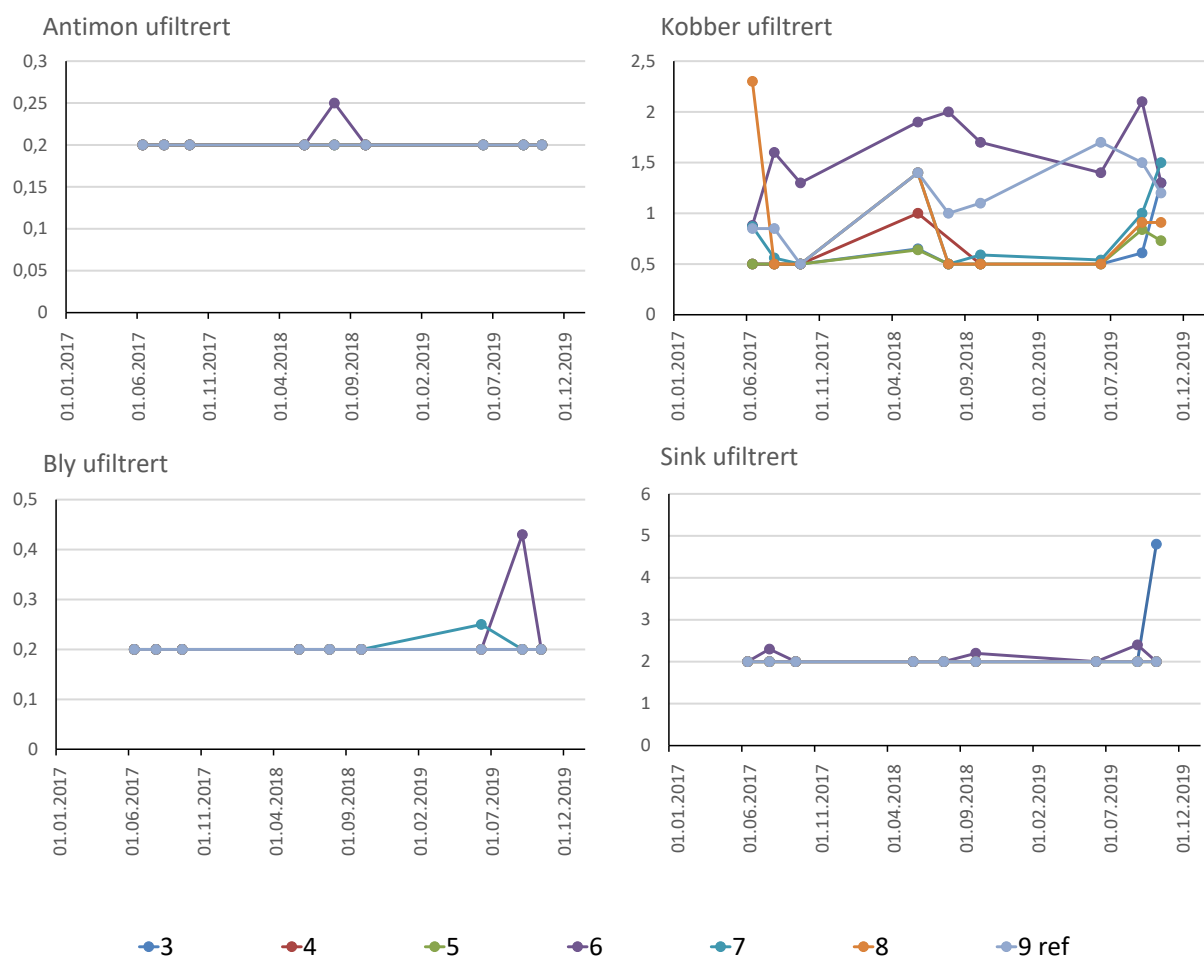
Prøvepunkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal, km ²	Middelvannføring, l/s
3	241-63-R Andevatnet - Ánnájávri bekkefelt	0,1	1
4	241-6-R Nyborgbekken	0,5	5
5	241-62-R Rovvejohka bekkefelt	1,4	15
6	241-6-R Nyborgbekken	0,9	9
7	241-6-R Nyborgbekken	29,5	316
8	241-63-R Andevatnet - Ánnájávri bekkefelt	1,4	15
9 Ref	241-60-R Rovvejohka	10,1	123

Nyborgmoen SØF ble i 2019 prøvetatt 30. mai, 25. august og 5. oktober. Frost kommer tidlig i feltet og går sent. Det var noe lav vannføring ved høstrunden. Vannet er moderat kalkrikt (3,5-15 Ca mg/l), pH relativt høy (6,8-7,9). Konsentrasjonen av organisk materiale er lav og vannet er klart (1,2-7,2 mg TOC/l). Analysedata for filtrerte og ufiltrerte prøver er vist i figur 45 og 46, samt i tabell i vedlegg. Konsentrasjonen av metaller var lave ved samtlige prøvepunkt og som regel ved deteksjonsgrensen for bly, antimon og sink. Det er noe kobber ved punkt 6 og 7, samt sink ved punkt 6. Estimert utlekking av tungmetaller i 2019 var 0,15 kg bly, 1,1 kg kobber og 1,2 kg sink og 60 g antimon.

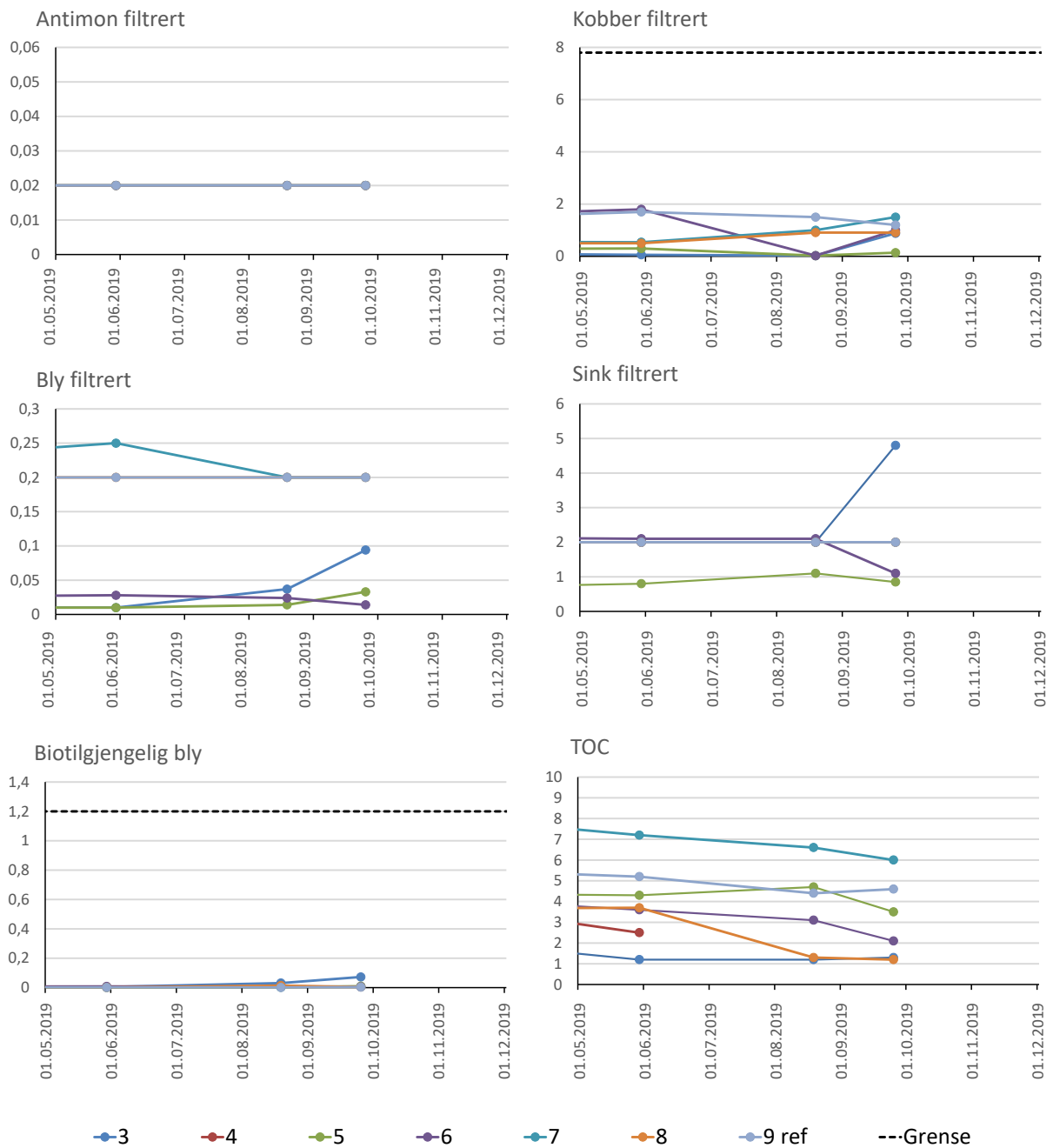
Nivåene av metallutlekking er langt under grenseverdiene, og det har de vært de fire årene overvåkingen har pågått. Videre overvåking av avrenning i feltet kan bero til det skal gjennomføres oppryddingstiltak.



Figur 44. Prøvepunkter ved Nyborgmoen SØF i 2019. ©Kartverket.



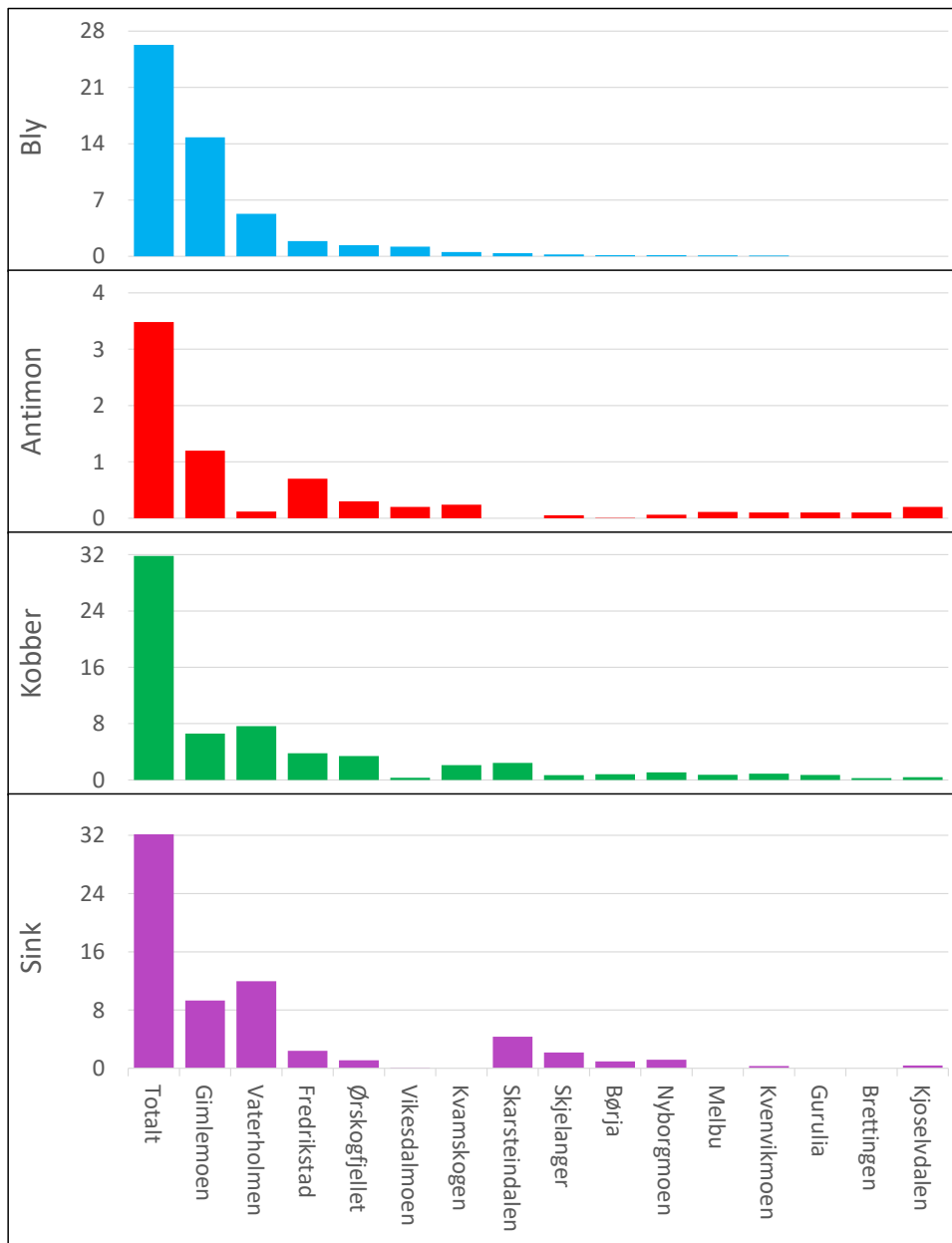
Figur 45. Analyseresultater for ufiltrerte prøver tatt ut fra Nyborgmoen SØF i 2019. Metaller i µg/l.



Figur 46. Analyseresultater for ufiltrerte prøver tatt ut fra Nyborgmoen SØF i 2019. Metaller i $\mu\text{g/l}$, TOC i mg/l .

3.3 Utlekking av metaller

Beregningen av utlekking av metaller fra skyte- og øvingsfeltene har blitt gjort med enkel massefluksberegning via middelavrenning fra nedbørfelt (Kartverktøyet NEVINA, NVE), samt målte konsentrasjoner i tre enkeltprøver korrigert for bakgrunnsnivå. Resultatene er vist i Figur 47. Dette gir oss en pekepinn på utlekking av bly, kobber, sink og antimon fra feltene, med metoden er befengt med stor usikkerhet og resultatene skal benyttes deretter.



Figur 47. Enkel beregning av antall kg tungmetaller og antimon som lakk ut fra 15 overvåkede skyte- og øvingsfelt i 2019. Metoden er befengt med stor usikkerhet og resultatene skal benyttes deretter.

4 Diskusjon

Fokus har vært å dokumentere konsentrasjoner av tungmetaller og antimon i rennende vann og dets påvirket av tidligere militær aktivitet. Vannprøver har blitt analysert for bly, kobber, sink og antimon. Dette fordi det har blitt benyttet kobbermantlede blyprosjektiler som inneholder om lag 60 % bly, 30 % kobber, 7 % antimon og 3 % sink (massebasert; Strømseng og Ljønes, 2002). I tillegg analyseres det på støtteparametere som kalsium, pH, ledningsevne, turbiditet og naturlig organisk materiale for å bedre forstå hvordan metallene oppføre seg i feltenes jordsmonn og vannforekomster. For å kunne vurdere i hvilken grad det som renner ut av feltene skyldes tidligere militær aktivitet, har bakgrunns-konsentrasjoner av tungmetaller og antimon blitt fastsatt ved å prøveta områder i feltene upåvirket av militær aktivitet. I enkelte områder kan den naturlige bakgrunnskonsentrasjonen av sink og kobber være betydelig. Videre anlegges prøvepunkter i feltene slik at de kan identifisere de viktigste kildene til forurensning internt i skyte- og øvingsfeltene. Det er viktig for å kunne sette inn presise tiltak for å hindre utlekking av tungmetaller og antimon til vannforekomster. Ved bruk av programvare som GIS og analysepakker av hydrologi har det blitt enklere å identifisere avrenning i felt, og med det også kunne anlegge representative prøvepunkter. Det har også vært viktig å grovt få kvantifisert hvor mye tungmetaller og antimon det totalt lekker ut fra feltene. Det har av det blitt gjort et overslag som tilsier en samlet massetransport ut av feltene på 26 kg bly, 32 kg kobber, 34 kg sink og 3,5 kg antimon. Her er det på sin plass å sette disse mengdene i et perspektiv. Vi kan sammenlikne utlekkingen fra skyte- og øvingsfeltene med andre typer utslipp som vi har i Norge. Garmo (2019) gjorde en slik betraktning av blant annet kobber og bly. Han påpekte at Raubekken som er påvirket av gruveavrenning fra Løkken til sammenlikning årlig slipper ut 10-30 tonn kobber i Orkla. Med det er altså utslippene fra skyte- og øvingsfeltene relativt beskjedene i forhold til gruveavrenning. Derimot har det samlede utslippet av bly til ferskvann fra norske industri og kloakk blitt estimert til å være mer beskjedent og i størrelsesorden 500 kg per år (Berg mfl., 2003). Blyutslipp fra skyte- og øvingsfelt er med det en ganske betydelig kilde i norsk målestokk. Kilden til utslippene i skyte- og øvingsfeltene ligger begravet i feltenes jord og sedimenter. Korrosjon og forvitring av kobbermantlede blyprosjektilene påvirkes av en rekke miljøfaktorer. I en vannkvalitet med lav pH, lav ledningsevne og høy konsentrasjon av TOC, kan mye bly og kobber være bundt til organiske materiale i bekkene. Dette medfører at en vesentlig høyere konsentrasjoner tungmetaller kan holdes i vannfasen, samt at mer nå i større grad kan fraktes avgårde med vann ut av skyte- og øvingsfeltene. Høye konsentrasjoner og flukser av organisk materiale kan trolig forekomme episodisk i enkelte felter ved høy vannføring om sommeren og høst (jf, Haaland mfl. 2010; Rise mfl. 2018). Tidvis meget høye konsentrasjoner av TOC over tid fordrer derimot relativt lav ledningsevne. Denne vannkvaliteten har vi ved Gimlemoen og Vaterholmen. Det er også her det lekker mest bly, kobber og sink ut av feltene (jf. figur 47). Tilsvarende kan høye konsentrasjoner av metaller forekomme ved høy avrenning med påfølgende erosjon og episoder med høy konsentrasjon av suspenderte partikler og løst organisk materiale i vannforekomstene (Haaland mfl. 2010; Hongve mfl. 2012; Heier mfl., 2010, 2009; Strømseng mfl., 2009). Klima spiller altså inn. Antimon kan her oppføre seg annerledes da det i motsetning til tungmetallene går i løsning som anion (Ackermann mfl., 2009; Heier mfl., 2004). Tiltak som gjøres i dag ved feltene tar hensyn til feltenes beskaffenhet, vannkvalitet og klimaforhold. Med et godt overvåkningsprogram og god prosessforståelse ser tiltakene i stor grad også ut til å fungere ved våre nedlagte skyte- og øvingsfelt.

5 Konklusjon

Følgende felt anbefales overvåket videre for oppfølging av tiltak

- Brettingen (tiltak skal gjennomføres i 2020)
- Fredrikstad (Gansrød)
- Kjoselvdalen
- Kvenvikmoen
- Melbu
- Skarsteindalen
- Vikesdalmoen (tiltak påbegynt august 2019)
- Ørskogfjellet

Følgende felt anbefales å avslutte overvåkingen av tiltak

- Gimlemoen
- Gurulia/Bue-Nebb

Følgende felt anbefales overvåket videre før iverksetting av tiltak

- Skjelanger

Følgende felt anbefales å avslutte overvåkingen i påvente av tiltak

- Børja
- Kvamskogen (Steinskvanndalen)
- Nyborgmoen
- Vaterholmen

Litteratur

- Aaneby, J., Johnsen, I.V., Mariussen, E., 2018. Sammenlikning av metoder for å måle og modellere biotilgjengelighet av metaller i avrenningsvann fra skyte- og øvingsfelt. FFI-rapport. 18/02167.
- Ackermann, S., Gieré, R., Newville, M., Majzlan, J., 2009. Antimony sinks in the weathering crust of bullets from Swiss shooting ranges. *Sci. Total Environ.* 407, 1669–1682.
- Amundsen, C.E., 2012. Vannovervåking ved nedlagte skyte- og øvingsfelt 2011. Forsvarsbyggerapport SE 2012/08 SE 2012/08.
- Amundsen, C.E., 2011. Vannovervåking ved nedlagte skyte- og øvingsfelt 2010. Bioforsk-rapport 169/2010.
- Andersen, J.R., Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O., Aanes, K.J., 1997. Veiledning 97:04. TA-1468/1997. Statens forurensningstilsyn (SFT).
- Berg, T., Fjeld, E., Skjelkvåle, B.L., Steinnes, E., 2003. Relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder. SFT-rapport TA1950/2003 TA-1950/2003.
- COWI, 2015. Skytebaner, Gansrød- og Pernesområdet, Fredrikstad kommune. Miljøteknisk grunnundersøkelse og tiltaksplan. Forsvarsbygg Skifte rapport FBSE-2015/10.
- COWI, 2013a. Gimlemoen SØF 2012 – miljøkartlegging og risikovurdering Pistolbanen. Forsvarsbygg Skifte rapport FBSE-2013/20.
- COWI, 2013b. Gimlemoen SØF – miljøkartlegging og risikovurdering leirduebanen. Forsvarsbygg Skifte rapport FBSE-2013/19.
- COWI, 2013c. Gimlemoen SØF 2012 – miljøkartlegging og risikovurdering Kyrtjøn. Forsvarsbygg Skifte rapport FBSE-2013/21.
- COWI, 2012. Kjoselvdal skytebane, Tromsø kommune. Miljøteknisk grunnundersøkelse. Forsvarsbygg Skifte rapport FBSE-2011/24.
- European Commission, 2014. Technical guidance to implement bioavailability-based environmental quality standards for metals.
- European Commission, 2011. Lead and its Compounds. EQS sheet.
- Forsvarsbygg, 2011a. Kjoselvdal skytebane - Tilstandsvurdering i forbindelse med utrangering. Faktaark 190201.
- Forsvarsbygg, 2011b. Vikesdalmoen skyte- og øvingsfelt. Tilstandsvurdering i forbindelse med utrangering. Faktaark 111456.
- Forsvarsbygg, 2006. 162403 Brettingen skyte- og øvingsfelt. Tilstandsvurdering i forbindelse med utrangering.
- Forsvarsbygg, 2005. Børja skyte- og øvingsfelt - Tilstandsvurdering i forbindelse med utrangering. Faktaark.
- Garmo, Ø.A., 2019. Overvåking av avrenning fra nedlagte skyte- og øvingsfelt - Årsrapport for 2018. NIVA-rapport 7360–2019.
- Garmo, Ø.A., 2018. Overvåking av avrenning fra nedlagte skyte- og øvingsfelt - Årsrapport for 2017. NIVA-rapport 7233–2018.

- Garmo, Ø.A., 2017. Overvåking av avrenning fra nedlagte skyte- og øvingsfelt - Årsrapport for 2016. NIVA-rapport 7153–2017.
- Garmo, Ø.A., 2016. Overvåking av avrenning fra nedlagte skyte- og øvingsfelt - Årsrapport for 2015. NIVA-rapport 6948–2016.
- Garmo, Ø.A., 2015. Overvåking av avrenning fra nedlagte skyte- og øvingsfelt - Årsrapport for 2014. NIVA-rapport 6786–2015.
- Garmo, Ø.A., Hertel-Aas, T., Ranneklev, S.B., Meland, S., 2015. Vurdering av biotilgjengelighetsmodeller som verktøy for karakterisering av resipienters sårbarhet for metallforurensning fra veg. *Vann* 3, 278–290.
- Gjemlestad, L.J., Haaland, S., 2014. Vannovervåking ved nedlagte skyte- og øvingsfelt 2013. Bioforskrapport 9(72).
- Gjemlestad, L.J., Haaland, S., 2013. Vannovervåking ved nedlagte skyte- og øvingsfelt 2012. Bioforskrapport 8(23).
- Haaland, S., Tesfai, M., Gjemlestad L., Eggestad, H.O., 2013. Long-term trends in suspended solids and metal concentrations in JOVA monitoring streams at Mørdre (1996-2009) and Skuterud (1993-2009). Chapter 15, p.251-266. In Bechmann, M. & Deelstra, J. (Eds), *Agricultural and Environmental Long Term Monitoring in Norway*. Akademika Publishing, Trondheim, Norway.
- Haaland, S., Riise, G., Hongve, D., Laudon, H., Vogt, R.D., 2010. Quantifying the drivers of increasing colored organic matter in boreal surface waters. *Environmental Science & Technology*. 44(8), pp 2975–2980. DOI: 10.1021/es903179j.
- Heier, L.S., Lien, I.B., Strømseng, A.E., Ljønes, M., Rosseland, B.O., Tollefsen, K.-E., Salbu, B., 2009. Speciation of lead, copper, zinc and antimony in water draining a shooting range--Time dependant metal accumulation and biomarker responses in brown trout (*Salmo trutta* L.). *Sci. Total Environ*. 407, 4047–4055.
- Heier, L.S., Meland, S., Ljønes, M., Salbu, B., Strømseng, A.E., 2010. Short-term temporal variations in speciation of Pb, Cu, Zn and Sb in a shooting range runoff stream. *Sci. Total Environ*. 408, 2409–2417.
- Heier, L.S., Strømseng, A.E., Ljønes, M., 2004. Analyse og vurdering av ulike tilstandsformer til tungmetaller i avrenningsbekker fra skytebaner. FFI-rapport FFI-V/813/138.2.
- Hongve, D., Haaland, S., Riise, G., Blakar, I, Norton, S. (2012) Decline of Acid Rain Enhances Mercury Concentrations in Fish. *Environmental Science & Technology*. 46(5), pp 2490-2491. DOI: 10.1021/es3002629.
- Iversen, E.R., 2009. Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde, Meldal kommune. Undersøkelser i perioden 1.9. 2007 - 31.08. 2008. NIVA-rapport OR-5855.
- Klepsland, J.T., 2017. Naturfaglig undersøkelse av skytefelt innenfor Skjellanger fort, Meland kommune. BioFokus-rapport 2017–23.
- Nordal, O., 2007. Børja skyte- og øvingsfelt, Del 1 Miljøutredning. Asplan Viak.
- Riise, G., Müller, R.A., Haaland, S., Wehenmeyer, G.A., 2018. Acid rain -- a strong external driver that has suppressed water colour variability between lakes. *Boreal Environment Research*. 2018, Vol. 23, pp 69-81.
- Rognerud, S., 2005. Overvåking av metallforurensning fra militære skytefelt og demoleringsplasser. Resultater fra 14 års overvåking. NIVA-rapport 4944–2005.

- Skifte Eiendom, 2011. Faktaark 125604 - Skjelanger fort skyte- og øvingsfelt - Tilstandsvurdering i forbindelse med utranering.
- Strømseng, A.E., Ljønes, M., 2002. Miljøkartlegging av åtte skytebaner - Vurdering av potensialet for mobilisering av tungmetaller. FFI-rapport 2002/03877.
- Strømseng, A.E., Ljønes, M., Bakka, L., Mariussen, E., 2009. Episodic discharge of lead, copper and antimony from a Norwegian small arm shooting range. *J. Environ. Monit.* 11, 1259–1267. Swedish Chemicals Agency, 2008. European Union Risk Assessment Report - Diantimony trioxide.
- Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktorsgruppa for gjennomføringen av vandirektivet.
- Weholt, Ø., 2017. SØF Fase II-Skarsteindalen, Andøy kommune, miljø-teknisk kartlegging, risikovurdering og tiltaksplan. Forsvarsbygg-rapport FBSE-2017/09.
- Weholt, Ø., 2013. Tiltaksplan med risikovurderinger Gurulia og Bue-Nebb SØF. COWI-rapport AO12660.
- Weholt, Ø., 2012. Skytebaner, Gansrød, Fredrikstad kommune. Miljøteknisk grunnundersøkelse. COWI-rapport AO19002.
- Weholt, Ø., 2010. Gansrød skytefelt. 200 meter bane og kortholdsbane. Fredrikstad kommune. Slutt-rapport. COWI-rapport 128762.
- Weholt, Ø., 2009. Gansrød skytefelt, 200 meter bane. Fredrikstad kommune. COWI-rapport 128762. Vedlegg

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.