



FORSVARSBYGG



Overvåking av avrenning fra nedlagte skyte- og øvingsfelt

Årsrapport for 2017

Forsvarsbygg rapport 0091/2018/MILJØ | 6. februar 2018



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Danmark

Ørestads Boulevard 73
DK-2300 Copenhagen
Telefon (45) 8896 9670

Tittel Overvåking av avrenning fra nedlagte skyte- og øvingsfelt. Årsrapport for 2017.	Løpenummer 7233-2018 FB Arkiv nr. 2012/3353	Dato 06.02.2018
Forfatter(e) Øyvind Garmo	Fagområde Miljøgifter - ferskvann	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Norge	Sider 80 +vedlegg

Oppdragsgiver(e) Forsvarsbygg	Oppdragsreferanse Harry Hellebust
Oppdragsgivers utgivelse: Forsvarsbygg-rapport 0091/2018/MILJØ	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 14242

<p>Sammendrag</p> <p>I 2017 ble vannkjemi og metaller i avrenningen fra 14 nedlagte skyte- og øvingsfelt overvåket med prøvetakingsrunder vår, sommer og høst. Ved Gurulia ble det dessuten tatt prøver hver 14. dag i første halvår. Denne rapporten presenterer resultatene fra 2017 og viser hvordan tidsutviklingen har vært i hele perioden de 14 feltene har blitt overvåket.</p>

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Militære skytefelt Bly Metaller Forurensning 	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> Military shooting ranges Lead Metals Pollution
---	--

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Øyvind Garmo
Prosjektleder

Morten Jartun
Kvalitetssikrer

Malcolm Reid
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-6968-0
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

**Overvåking av avrenning fra nedlagte skyte- og
øvingsfelt**
Årsrapport for 2017

Forord

Forsvarsbygg Skifte Eiendom er i ferd med å sanere og avhende en rekke skyte- og øvingsfelt som Forsvaret ikke lenger bruker. Det har blitt etablert et program for overvåking av forurensning i overflateavrenningen fra disse feltene. Hensikten er å skaffe til veie data for vurdering av behovet for tiltak som begrenser spredning av forurensning i vann, samt følge opp effekten av tiltak i etterkant. NIBIO (tidligere Bioforsk) har overvåket vannkvaliteten fra 2010 og t.o.m. våren 2014. NIVA tok over i mai 2014.

Undertegnede har vært prosjektansvarlig hos NIVA og har sammen med Geir Aksel P. Dahl-Hansen (Akvaplan–niva) og Espen Lund tatt de fleste vannprøvene i 2017. COWI ved hhv. Øystein Løvdaal og Arild Vatland har tatt vannprøvene i Fredrikstad og på Gimlemoen. Espen Lund har laget kartene og Mette-Gun Nordheim har laget figurene.

Hamar, 10. januar 2018

Øyvind Garmo

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	7
2	Prøvetaking og analyse.....	9
3	Resultater.....	10
3.1	Metallkonsentrasjoner i filtrerte og ufiltrerte prøver	10
3.2	Resultater fra overvåking av SØF som har blitt ryddet.....	14
3.2.1	Gimlemoen	14
3.2.2	Marka	20
3.2.3	Fredrikstad (Gansrød og Pernes).....	24
3.2.4	Avgrunnsdalen.....	30
3.2.5	Gurulia og Bue-Nebb	34
3.2.6	Banemyra	40
3.3	Resultater fra overvåking av SØF som ikke var ferdigryddet i 2017	44
3.3.1	Børja	44
3.3.2	Kvamskogen (Steinskvandalen).....	48
3.3.3	Ørskogfjellet	52
3.3.4	Melbu/Haugtuva	56
3.3.5	Skarsteindalen	60
3.3.6	Kjoselvdalen.....	64
3.3.7	Kvenvikmoen	68
3.3.8	Nyborgmoen.....	72
3.4	Utlekking av tungmetaller.....	76
4	Diskusjon.....	77
5	Konklusjon	78
6	Litteratur.....	79

Sammendrag

Overvåkingen i 2017 har bestått av to-tre runder med innhenting av vannprøver for bestemmelse av vannkjemiske variabler og tungmetaller i overflateavrenning fra følgende nedlagte skyte- og øvingsfelter: Gimlemoen, Marka, Fredrikstad, Avgrunnsdalen, Gurulia/Bue-Nebb, Banemyra, Børja, Kvamskogen (Steinskvanndalen), Ørskogfjellet, Melbu/Haugtuva, Skarsteindalen, Kjoselvdalen, Kvenvikmoen og Nyborgmoen. Hensikten med undersøkelsene er å innhente data for vurdering av behovet for tiltak som begrenser spredning av forurensning i vann, samt følge opp effekten av tiltak i etterkant.

Ved Gurulia, Gimlemoen og Banemyra er det indikasjoner på at gjennomførte oppryddingstiltak har gitt lavere tungmetallkonsentrasjoner i avrenningen. Overvåkingen av disse feltene bør fortsette i 2018 for å undersøke om trenden fortsetter. Ved Bue-Nebb har tiltaket senket tungmetallkonsentrasjonen til akseptabelt nivå, og overvåkingen kan avsluttes. Overvåkingen av Bue-Nebb kan avsluttes. Det anses som lite trolig at oppryddingstiltakenes effekt på tungmetallutlekking ved Marka vil kunne dokumenteres, og overvåkingen her anbefales derfor avsluttet. Feltet ved Fredrikstad har i likhet med Marka lite overflateavrenning, og endringer i tungmetallnivåer etter tiltak har ikke blitt påvist. Det anses likevel som hensiktsmessig å fortsette overvåkingen ved Fredrikstad ett år til fordi tungmetallnivåene har vært noe høyere enn ved Marka. Ved Ørskogfjellet, Kvenvikmoen og Kjoselvdalen ble det gjennomført tiltak i 2017. Effekten av disse må følges opp i 2018.

Avrenningen fra Nyborgmoen og Melbu har blitt overvåket i 2-5 år og konsentrasjonen av tungmetaller har vært lave. Videre overvåking av avrenning fra disse feltene kan utsettes til feltene skal ryddes. Også ved Skarsteindalen er situasjonen før tiltak godt dokumentert. Ved Børja bør overvåkingen fortsette i 2018 for å styrke datagrunnlaget.

Summary

Title: Monitoring of runoff from disused shooting ranges – Annual report for 2017

Year: 2018

Author: Øyvind Garmo

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-6968-0

Monitoring in 2017 comprised two-three rounds of water sampling for determination of water chemical variables and heavy metals in surface run-off from the following disused ranges for military shooting and exercise: Gimlemoen, Marka, Fredrikstad, Avgrunnsdalen, Gurulia/Bue-Nebb, Banemyra, Børja, Kvamskogen (Steinskvannaldalen), Ørskogfjellet, Melbu/Haugtuva, Skarsteindalen, Kjoselvdalen, Kvenvikmoen og Nyborgmoen. The intention is to collect data that can be used to assess the need for curbing aquatic pollution and to document the effect of clean-up operations.

At the ranges of Gurulia, Gimlemoen and Banemyra there are indications that measures taken to lower heavy metal concentration in run-off have had effect. The monitoring of these ranges should proceed in 2018 to find out if the downward trends continue. At the Bue-Nebb range mitigating measures have reduced heavy metal concentration to acceptable levels and monitoring can be terminated. It is considered unlikely that the effect of the mitigating measures on heavy metal leaching from the Marka range can be documented, and it is suggested that monitoring here can be terminated. Like Marka the range at Fredrikstad has little surface run-off, and changes in heavy metal levels after clean-up operations are not evident. However, another year of monitoring of run-off from Fredrikstad is recommended because heavy metal levels are somewhat higher than at Marka. At the Ørskogfjellet, Kvenvikmoen and Kjoselvdalen ranges, clean-up operations were undertaken in 2017. The effect of these should be monitored in 2018.

Run-off from the Nyborgmoen and Melbu ranges have been monitored for 2-5 years, and concentrations have been low. Further monitoring can be postponed until clean-up operations commence. At the Skarsteindalen range as well, the situation prior to clean-up is well documented. At the Børja range, monitoring should proceed to collect more data.

1 Innledning

I 2005 ble 27 skyte- og øvingsfelt (SØF) utrangert av Forsvaret. Etter mange års bruk kan det ha blitt akkumulert betydelige mengder tungmetaller i jordsmonn og skytevoller. Mesteparten av tungmetallene kommer fra bruk av håndvåpen. I utrangerte SØF har det hovedsakelig blitt brukt kobber-mantlede blyprosjektiler som inneholder omtrent 60 % bly, 30 % kobber, 7 % antimon og 3 % sink (masse/masse) (Strømseng and Ljønes, 2002). Disse har havnet i skytevoller der slike har vært bygd. I mange av feltene har det også foregått feltskyting, som kan gi mer spredt forurensning fordi prosjektilene fordeler seg over et større område. I noen av feltene har det også blitt brukt våpentyper som kan gi blindgjengere (udetonerte missiler eller granater).

Av de 27 SØF er 23 overført til Forsvarsbygg Skifte eiendom for miljøsanering og avhending. Miljøsaneringen ved de første feltene startet i 2009, og arbeidet skal etter planen avsluttes i 2018. I følge Forsvarsbygg skal det i perioden 2014-2017 saneres 2-4 SØF per år. For å vurdere tiltakenes effekt på vannkvalitet, ble det i 2010 etablert et overvåkingsprogram med årlig rapportering av resultater (Amundsen, 2011, 2012, Garmo, 2015, 2016, 2017, Gjemlestad and Haaland, 2013, 2014). Denne årsrapporten omhandler feltene som ble overvåket i 2017.

Konsentrasjonen av tungmetaller i avrenningen blir vurdert ved å sammenligne med grenseverdier gitt i **Tabell 1** (antimon er et halvmetall, men blir for enkelhets skyld inkludert i samlebetegnelsen «tungmetaller» i denne rapporten).

Tabell 1. Gjeldende grenseverdier (miljøkvalitetsstandarder) i vannforskriften for konsentrasjon av tungmetaller og grenseverdi for antimon i drikkevannsforskriften.

Metall	Grenseverdi (µg/l)	Litteratur
Bly	1,2*	https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-12-15-1446/
Bly	14**	https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-12-15-1446/
Kobber	7,8	Miljødirektoratet (2016)
Sink	11	Miljødirektoratet (2016)
Antimon	5***	Mattilsynet (2011)

*Årsgjennomsnitt «biotilgjengelig konsentrasjon».

**Maksimalgrense av løst bly (dvs. filtrert gjennom membranfilter med porestørrelse 0,45 µm eller tilsvarende fraksjonering)

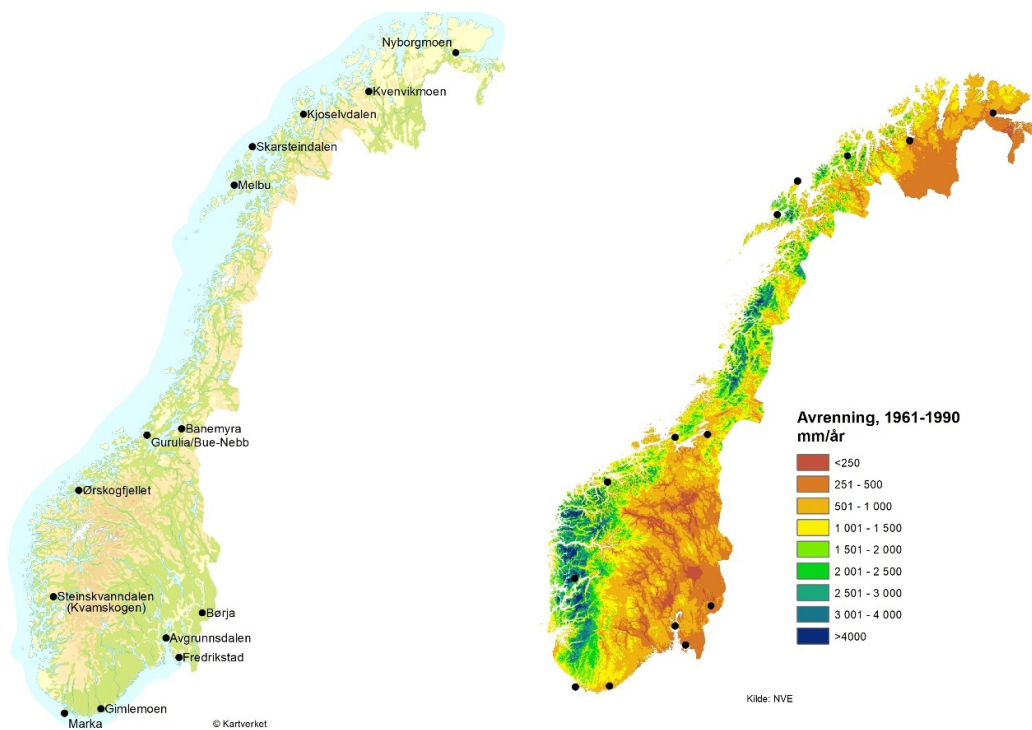
*** Dette er drikkevannsnormen. Den er trolig lav nok til å beskytte akvatiske organismer. Laboratorieforsøk med dyreplankton, alger og fisk har ikke dokumentert effekter ved lavere antimonkonsentrasjoner enn 113 µg/l (Swedish Chemicals Agency, 2008).

Biotilgjengelig konsentrasjon av bly ($[Pb_{\text{biotilgjengelig}}]$) ble beregnet med ligning 1 (European Commission, 2014, 2011). Her skulle egentlig organisk karbon ([TOC]) vært målt i filtrert prøve. Manglende filtrering vil vanligvis ikke gi vesentlig lavere estimert $[Pb_{\text{biotilgjengelig}}]$ siden størstedelen av det organiske materialet i avrenningen som regel er i løst eller kolloidal fraksjon. Videre så er ligning 1 bare validert i vann der konsentrasjonen av DOC er lavere enn 17 og kalsium høyere enn 2 mg/l, og pH er mellom 6,0 og 8,5. Det ble derfor ikke tatt hensyn til eventuell ytterligere reduksjon av biotilgjengelighet ved konsentrasjoner av TOC over 17 mg/l. Ligning 1 ble brukt også i tilfeller der pH og kalsiumkonsentrasjon falt utenfor valideringsområdet, men kommenteres i slike tilfeller i teksten (se Kapittel 3).

$$[Pb_{\text{biotilgjengelig}}] = [Pb_{\text{målt}}] \times 1,2 / (1,2 + 1,2([TOC] - 1)) \quad (1)$$

Grenseverdiene for kobber og sink er hhv. vesentlig høyere og lavere enn gamle grenseverdier (Andersen et al., 1997). Det kan endre seg dersom det vedtas at konsentrasjonene kan korrigeres for biotilgjengelighet (Garmo et al., 2015).

Det vil også bli gitt grovestimat av massetransport av tungmetaller fra SØF basert på middelavrenning (30 års gjennomsnitt, NVE), omtrentlig størrelse på nedbørfelt og målte metallkonsentrasjoner. Estimert massetransport er beheftet med stor usikkerhet pga. få prøver og manglende vannføringsdata, og bør kun betraktes som grove overslag. De 14 feltene som var med i overvåkingen i 2017 er vist i **Figur 1** sammen med gjennomsnittlig avrenning i de aktuelle områdene.



Figur 1. Skyte- og øvingsfelt prøvetatt i 2017. Kartet til høyre viser gjennomsnittlig avrenning per år.

2 Prøvetaking og analyse

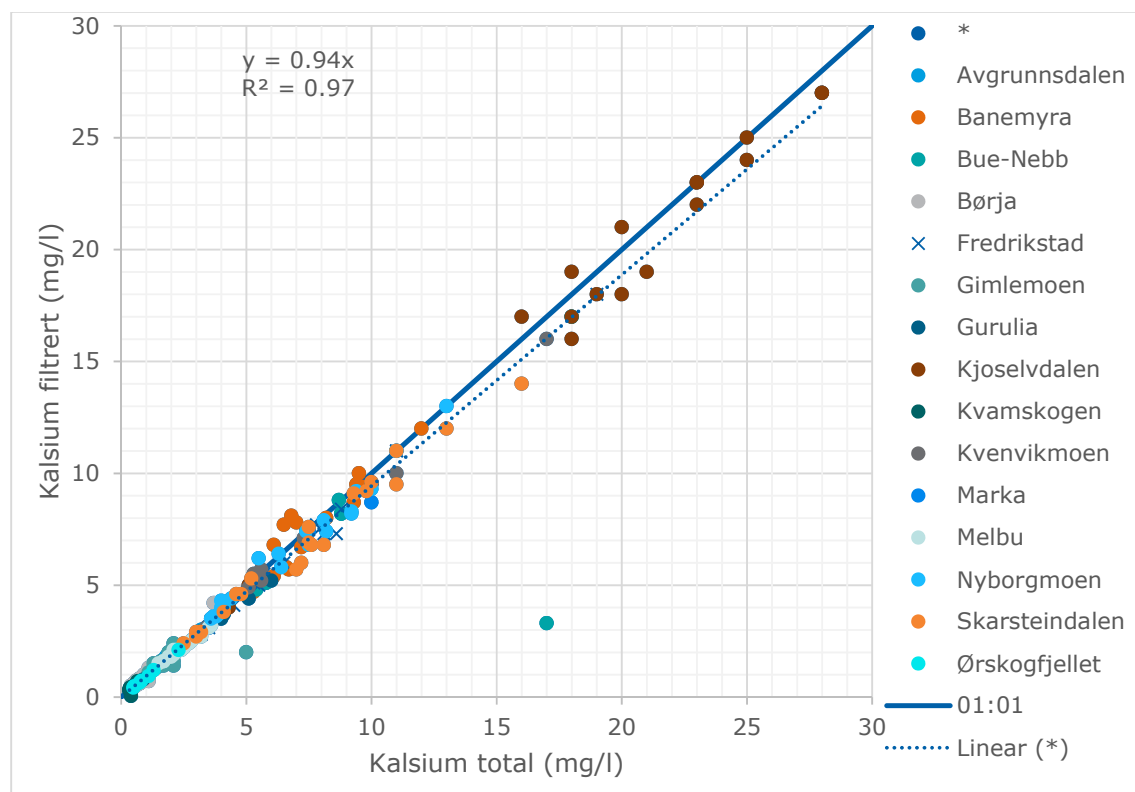
Feltene som ble undersøkt i 2017 var Avgrunnsdalen, Gurulia/Bue-Nebb, Gimlemoen, Banemyra, Marka, Fredrikstad (Gansrød og Pernes), Ørskogfjellet, Kvenvikmoen, Kjoselvdalen, Kvamskogen/Steinskvandalen, Børja, Melbu/Haugtuva, Skarsteindalen, og Nyborgmoen. De 6 førstnevnte feltene har blitt ryddet, og tiltakene er overfladisk beskrevet under resultatene for hvert enkelt felt. I de resterende 8 feltene pågikk det fortsatt tiltak i 2017 (Ørskogfjellet, Kvenvikmoen, Kjoselvdalen) eller tiltak er ikke påbegynt. Prøvetakingen ved Gimlemoen og Fredrikstad ble i 2017 gjennomført av hhv. Arild Vatland og Øystein Løvdal (begge COWI). Ved noen av punktene i Gurulia/Bue-Nebb tok COWI ved Rickard Åkeson prøve annenhver uke i perioden januar til juni, mens NIVA gjennomførte høstrunden. NIVA/Akvaplan-niva gjennomførte tre prøvetakingsrunder i perioden april – november i alle feltene unntatt Ørskogfjellet og Kvenvikmoen hvor det pågikk tiltak. Avrenningen i de fleste feltene har blitt overvåket tidligere, og prøvetakingspunktene er hovedsakelig de samme som Bioforsk/Forsvarsbygg har etablert tidligere (se tidligere årsrapporter). Unntak er Nyborgmoen der overvåkingen startet først i 2016. Tanken bak plasseringen av punktene er å kunne spore de viktigste forurensningskildene, fastslå bakgrunnsnivåer av stoffer som forekommer naturlig, vurdere om tiltakene har påvirket tungmetallnivåene, og å bestemme tungmetaller i avrenning ut av feltene.

Prøvetakingen bestod av å fylle plastflasker på hhv. 250 og 25 ml til bestemmelse av vannkjemiske parametere og tungmetaller. Grums fra bunnen og vann fra overflaten ble forsøkt unngått. I 2017 ble alle prøvene analysert av Eurofins (se Vedlegg A). Analyseprogrammet bestod av støttevariabler (ledningsevne, pH, turbiditet, konsentrasjon av TOC, kalsium og jern) og spormetaller (antimon, kobber, bly, sink og, i noen tilfeller, nikkel). Støttevariablene er med fordi de gir viktig informasjon om metallenes mobilitet i feltet og hvor biotilgjengelig metallene er for akvatiske organismer. Tungmetaller ble bestemt både i vannprøver filtrert gjennom et membranfilter med porestørrelse 0,45 µm og i oppsluttede prøver. Filtreringen ble gjort på laboratoriet. I delkapitlene for hvert enkelt SØF blir det gitt en beskrivelse av hovedegenskapene til vannet basert på støttevariablene. Terminologien her er basert på vannforskriften (Veileder 02:2013-Revidert 2015). Tungmetallene (inkludert antimon som egentlig er et halvmetall) er med fordi prosjektilene lekker metaller når de forvitrer.

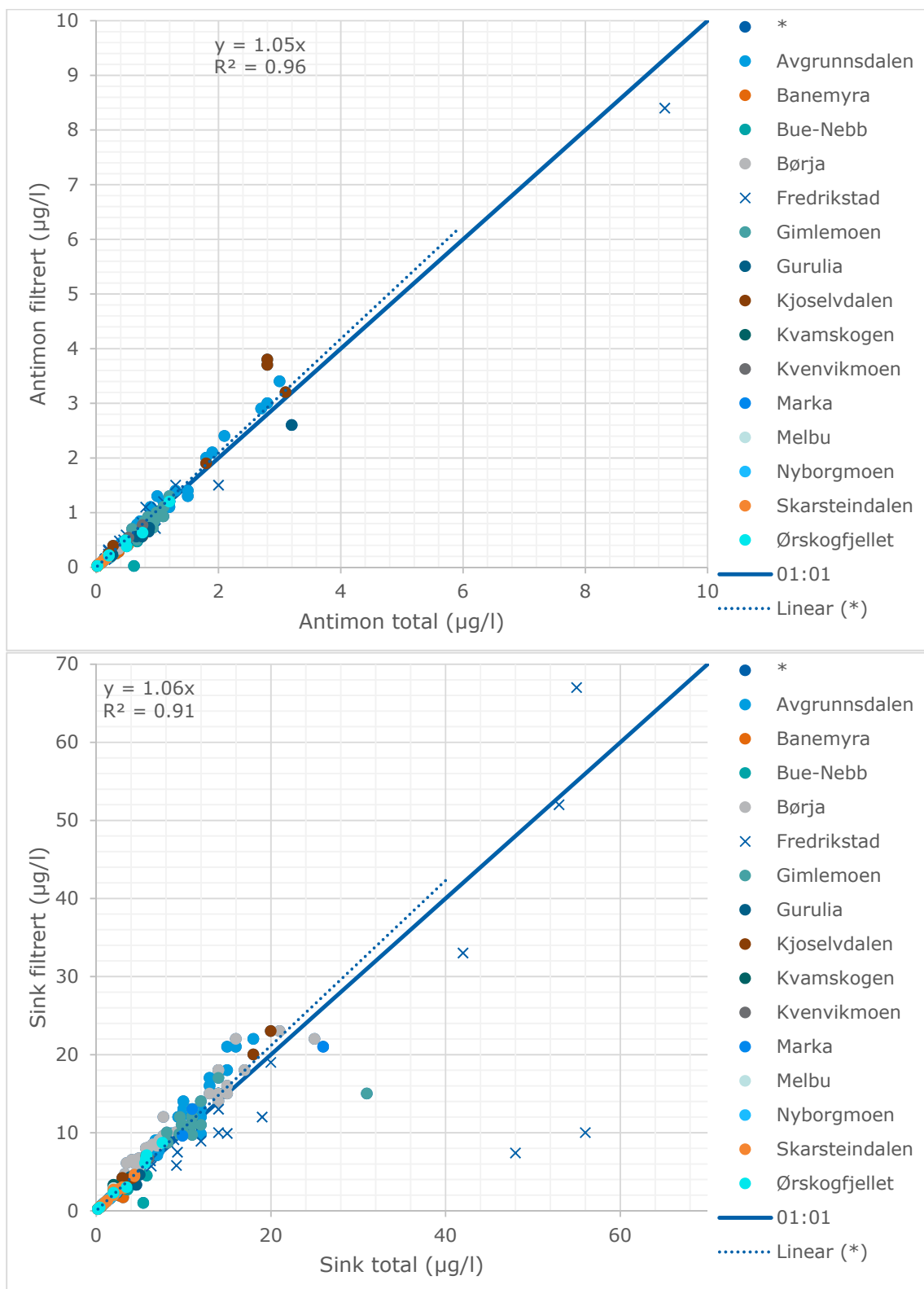
3 Resultater

3.1 Metallkonsentrasjoner i filtrerte og ufiltrerte prøver

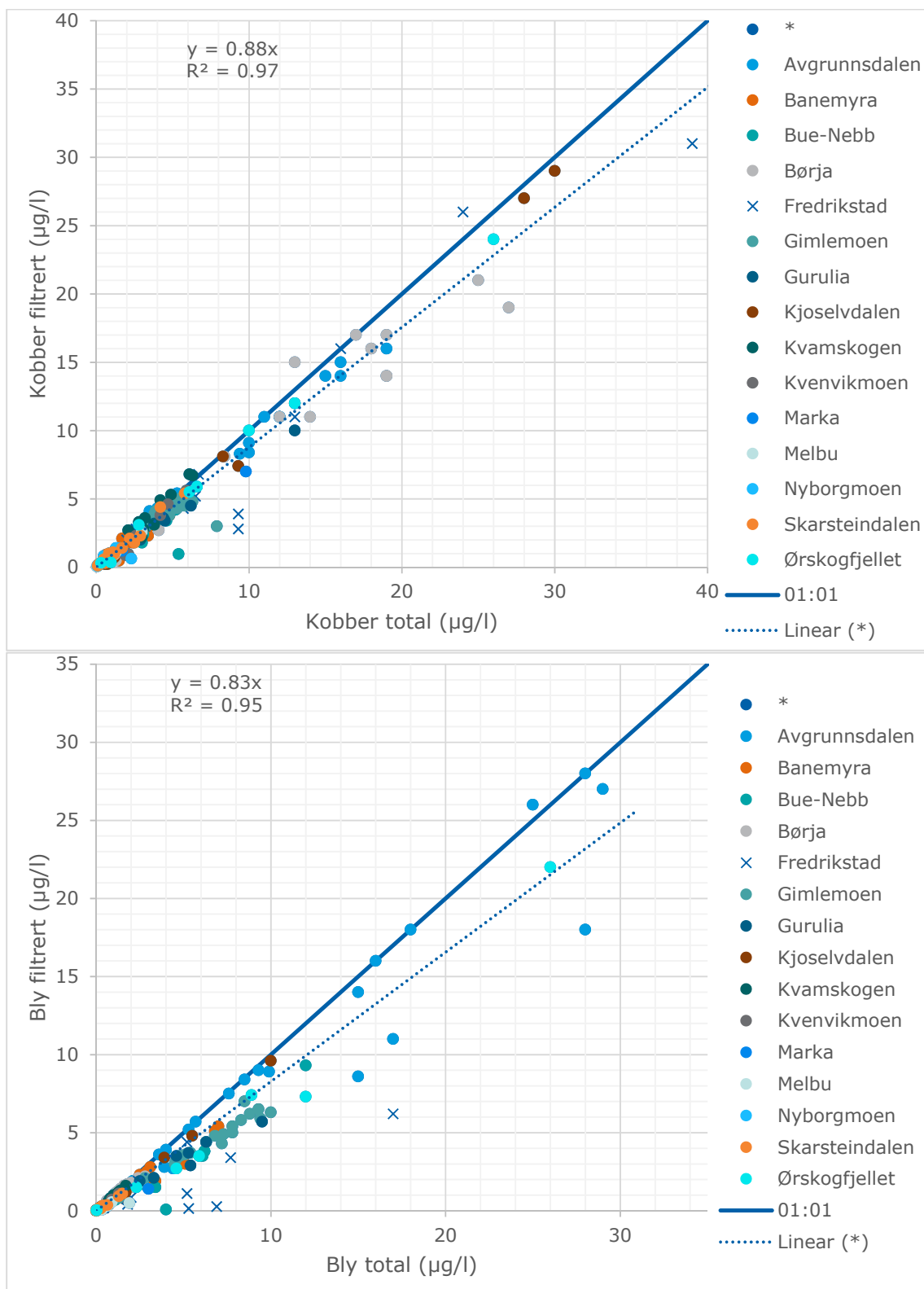
I 2017 ble metallkonsentrasjoner i filtrerte og ufiltrerte prøver målt parallelt. I de påfølgende kapitler vil totalkonsentrasjon hovedsakelig bli brukt til å dokumentere utvikling over tid og til beregning av massetransport, mens resultatene fra filtrerte prøver («løst konsentrasjon») ble brukt til å bestemme om Miljødirektoratets grenseverdier var overskredet. I de fleste tilfeller var det imidlertid liten forskjell på metallkonsentrasjoner i filtrerte og ufiltrerte prøver. Dette gjelder særlig kalsium, antimon, sink og kobber (**Figur 2** til **Figur 4**), mens det var noe større variasjon for bly og jern (**Figur 4** og **Figur 5**). Det er særlig i prøver med høy turbiditet at forskjellene kan være betydelige (**Figur 6**).



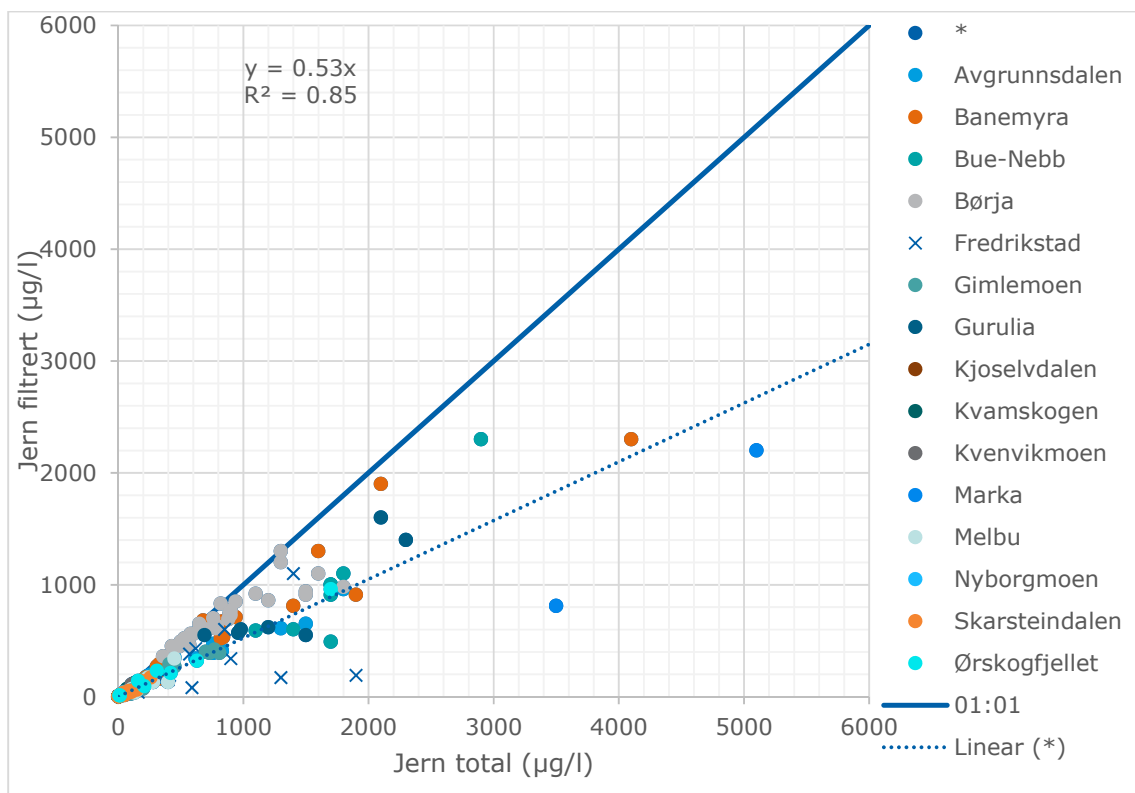
Figur 2. Konsentrasjon av kalsium i filtrerte versus ufiltrerte prøver. Den heltrukne linjen indikerer 1:1-forholdet, mens stiplet linje er beste lineære tilpasning tvunget gjennom origo. Resultatene fra Fredrikstad ble ikke inkludert i beregningen av beste lineære tilpasning



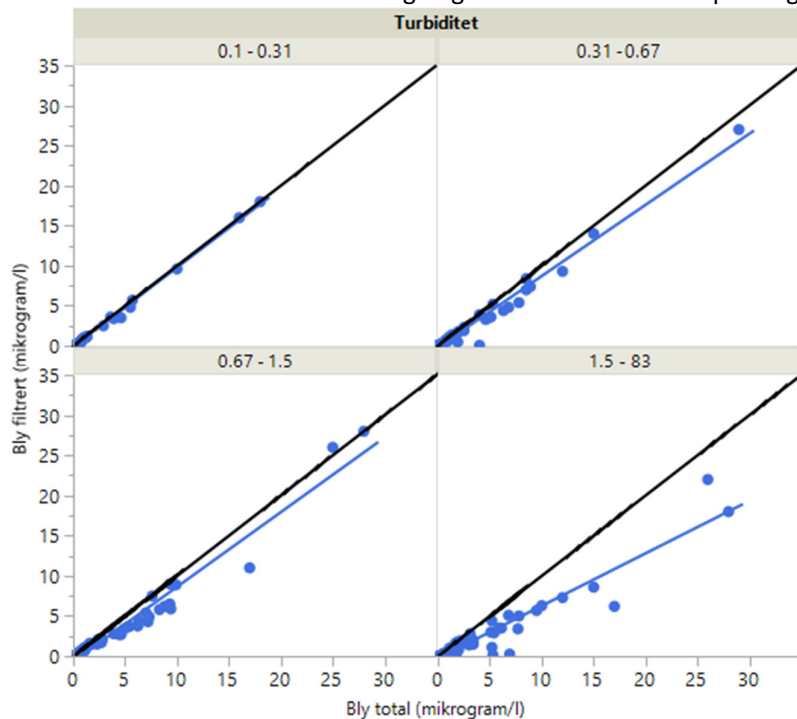
Figur 3. Konsentrasjon av antimon (øverst) og sink (nederst) i filtrerte versus ufiltrerte prøver. Den heltrukne linjen gir 1:1-forholdet, mens stiplet linje er beste lineære tilpasning tvunget gjennom origo. Resultatene fra Fredrikstad ble ikke inkludert i beregningen av beste lineære tilpasning.



Figur 4. Konsentrasjon av kobber (øverst) og bly (nederst) i filtrerte versus ufiltrerte prøver. Den heltrukne linjen gir 1:1-forholdet, mens stiplet linje er beste lineære tilpasning tvunget gjennom origo. Resultatene fra Fredrikstad ble ikke inkludert i beregningen av beste lineære tilpasning.



Figur 5. Konsentrasjon av jern i filtrerte versus ufiltrerte prøver. Den heltrukne linjen gir 1:1-forholdet, mens stiplet linje er beste lineære tilpasning tvunget gjennom origo. Resultatene fra Fredrikstad ble ikke inkludert i beregningen av beste lineære tilpasning.



Figur 6. Konsentrasjon av bly i filtrerte versus ufiltrerte prøver gruppert etter turbiditet (FNU). Svart linje angir 1:1-forholdet, mens blå linje er beste lineære tilpasning.

3.2 Resultater fra overvåking av SØF som har blitt ryddet

3.2.1 Gimlemoen

Gimlemoen SØF ligger i Kristiansand kommune, like nord for Kristiansand sentrum. Arealet på 7083 dekar var eid av Forsvaret, men ble høsten 2015 overdratt til Kristiansand kommune. Gimlemoen ble etablert som et 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. Skytebaner og øvingsområder har vært lokalisert fra øverst i vassdraget ved Kyrstjønn, og helt ned til Øvre Jegersbergvann. I tilknytning til skytebanene var det etablert bygninger, skivebuer, standplasser, voller, gjerder, strømforsyning og skilt som i stor grad ble fjernet i 2008-2009. Skytefeltet ble rustet opp på begynnelsen av 1980-tallet og var i bruk av Forsvaret fram til 2003. Området består av skogsterrang med lyng, løv- og barskog, myrområder, bratte skråninger og et vassdrag med flere vann.

I 2005 ble deler av skytevollmassene fjernet, og i 2008 ble forurenset jord fjernet fra Elgbanen og skoleskytebanen ved Kyrstjønn (COWI, 2013a, 2013b, 2013c). I 2014 og 2015 ble det fjernet store mengder forurenset masse fra fire lokaliteter. Vannet renner fra Kyrstjønn hvor det var skoleskytebane med målområde vest for vannet. Her er punktene P2B og P2A plassert (**Tabell 2, Figur 7**). Det er dessuten et punkt P3B i utløpet av Kyrstjønn. Vannet renner videre sørover forbi en tidligere pistolbane, elgbane/MG-bane og kortholdsbane. Punkt P5 er plassert i bekken nedstrøms disse ved innløpet til Krokstjønn. Herfra renner Slåttebekken østover gjennom det som tidligere var leirduebane nærøvingsområde og luftmålbane. Punkt P10 og P9 er plassert hhv. oppstrøms og nedstrøms 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.

Tabell 2. Estimert nedbørfeltareal, middelvannføring og tilhørende vannforekomst definert på nettstedet Vann-nett for punktene ved Gimlemoen.

Punkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal (km ²)	Middelvannføring 61-90 (l/s)
P2A	Ikke definert	0,07	1
P2B	Ikke definert	0,07	1
P3B	021-113-R Prestebekken	0,6	16
P5	021-113-R Prestebekken	0,94	25
P10	021-113-R Prestebekken	1,28	35
P9	021-113-R Prestebekken	1,49	40
P6	021-113-R Prestebekken	1,88	51
P11	Ikke definert	0,2	5
P7	021-113-R Prestebekken	2,58	70

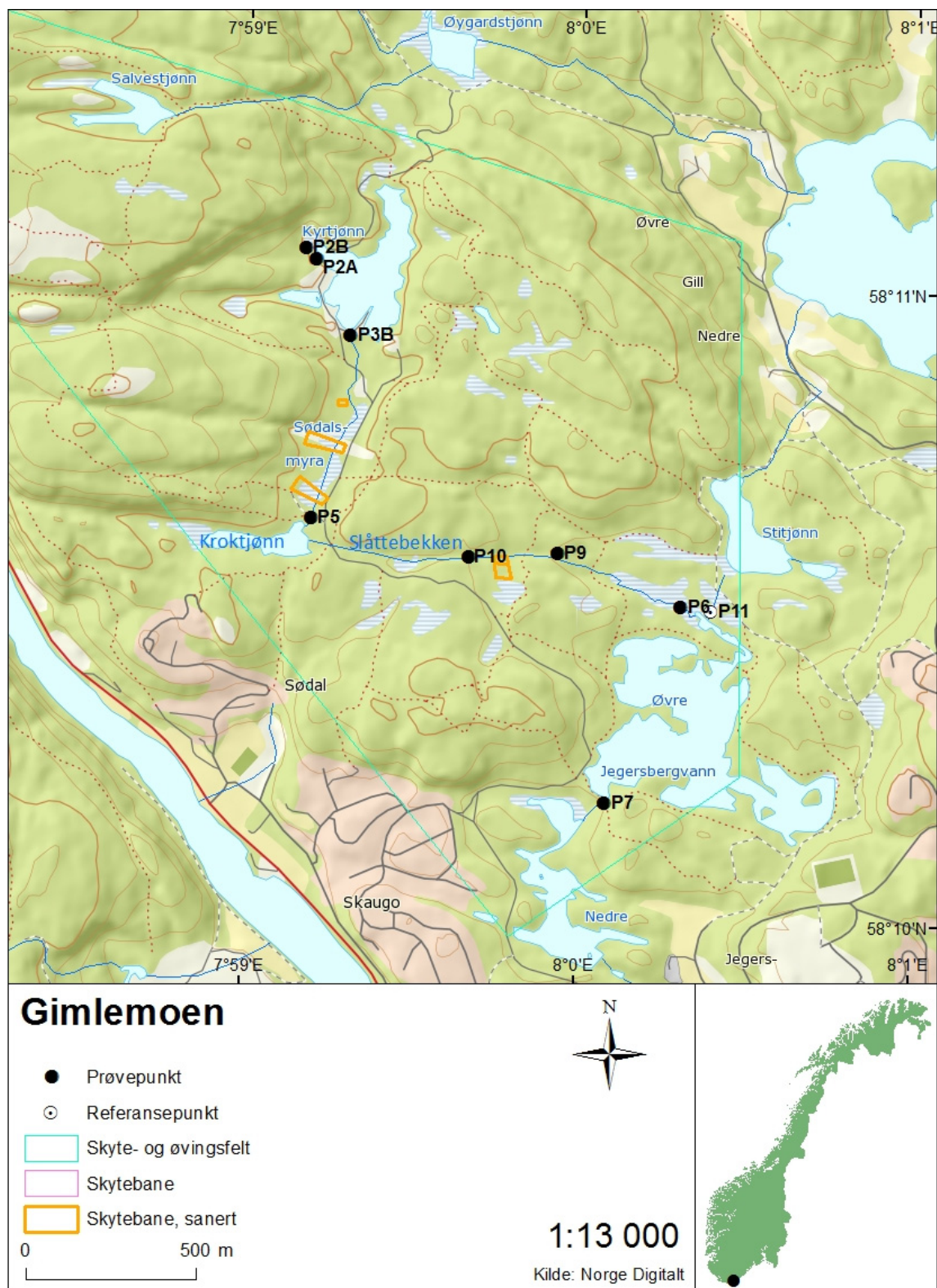
I 2017 ble det gjennomført vannprøvetakingsrunder den 19. april, 30. august og 9. november. I april og august ble vannføringen ved prøvetaking anslått til å være normal for årstiden. Den 9. november var den høy ved alle punktene. Vannet var kalkfattig (kalsium 2-3 mg/l) hadde pH 5,8 – 6,6 og var humøst (TOC 5-10 mg/l). Vannet ved P2B skilte seg ut ved å være betydelig surere og brunere enn ved de andre stasjonene. Alle enkeltresultater fra 2017 er tabulert i Vedlegg B.

Det renner lite vann gjennom punktene P2B og P2A, men konsentrasjonen av antimon og bly var høye. Bly var høyest ved P2B (48-55 µg/l), mens antimon var høyest ved P2A (5-8 µg/l). Ved utløpet av Kyrstjønn (P3B) varierte antimonkonsentrasjonen i området 0,79-1,1 µg/l mens blykonsentrasjonen var 6,3-8,8 µg/l. Nivåene var altså relativt stabile til tross for forskjellen i vannføring mellom prøvetakingsrundene. Fra P3B til P5 var det 10-30 % økning i bly- og antimonkonsentrasjonen. Det var mindre forskjeller på nivåene mellom P5, P10, P9 og P6, men ved utløpet av Øvre Jegersbergvann (P7) var nivåene lavere. Kobber viste samme mønster, mens forskjellene var mindre for sink. Tungmetallnivåene har foreløpig ikke vist nedadgående trend siden anleggsperioden (**Figur 8**). Blynivåene ved P5, P6, P9 og P10 var noe lavere i år 2017 enn i 2013-2014, mens forskjellen foreløpig ikke er tydelig ut av feltet (punkt P7).

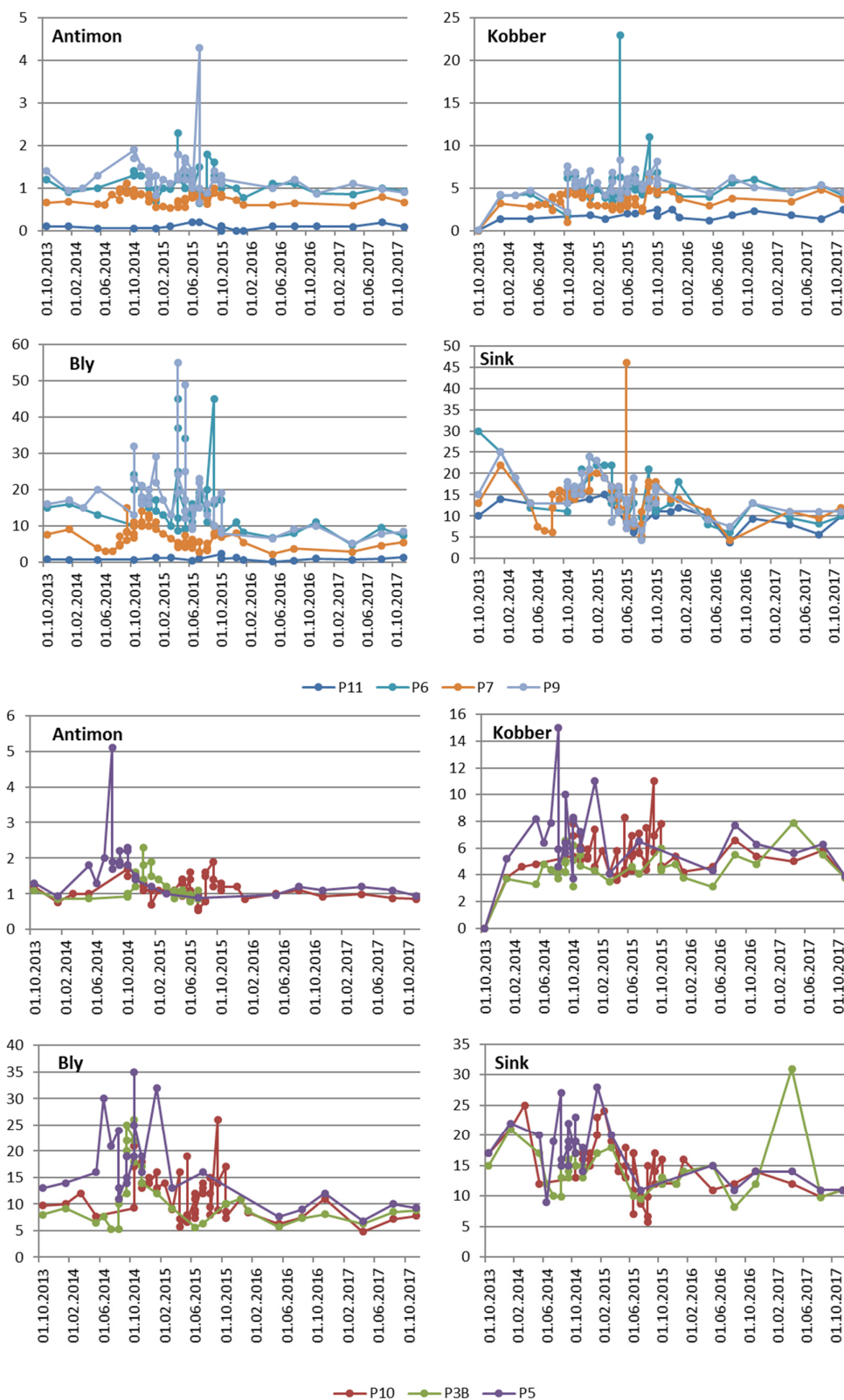
Konsentrasjonen av bly, kobber, sink og antimon i filtrerte prøver fra 2017 var hhv. ca 70, 90, 110 og 95 % av totalkonsentrasjonen, og korrelasjonen var høy. Konsentrasjonen av beregnet biotilgjengelig bly og maksimumskonsentrasjon av bly var over grenseverdien ved punktene P2B og P2A. Lenger ned er nivåene av tungmetaller med unntak av sink lavere enn grenseverdien (**Figur 9**). Sink var imidlertid relativt høy også ved referansepunktet (P11), noe som kan tyde på et høyt naturlig bakgrunnsnivå.

Antar man volumveide middelerverdier på 0,6, 3,3, 2,1 og 2,9 µg/l av hhv. antimon, bly, kobber og sink, og gjennomsnittlig avrenning på 70 l/s ved punkt P7, blir beregnet massetransport 1,2 kg antimon, 7 kg bly, 5 kg kobber og 6 kg sink når beregnet referansenivå trekkes fra.

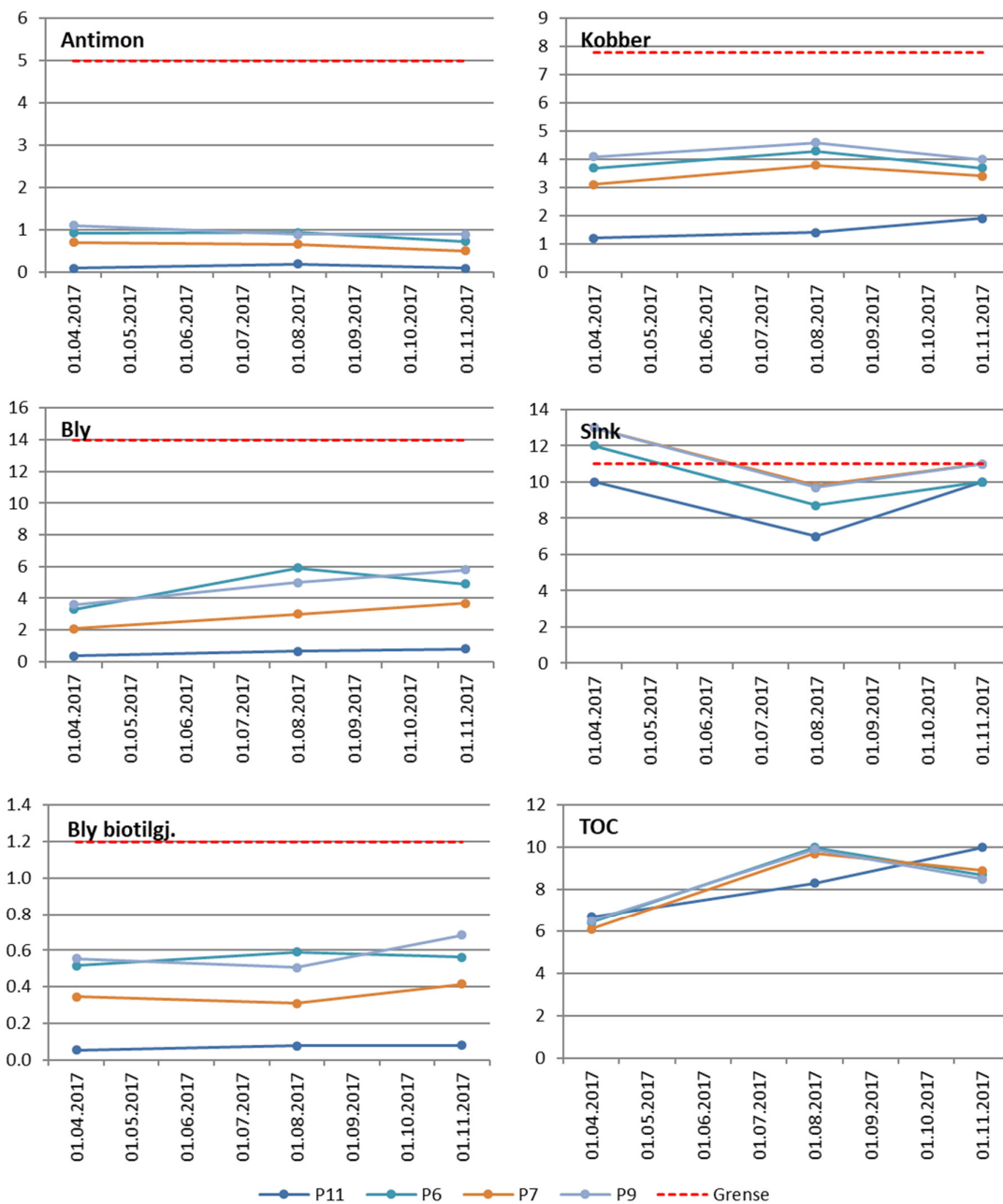
Overvåkingen bør fortsette i 2018 for å følge opp effekten av gjennomførte tiltak.



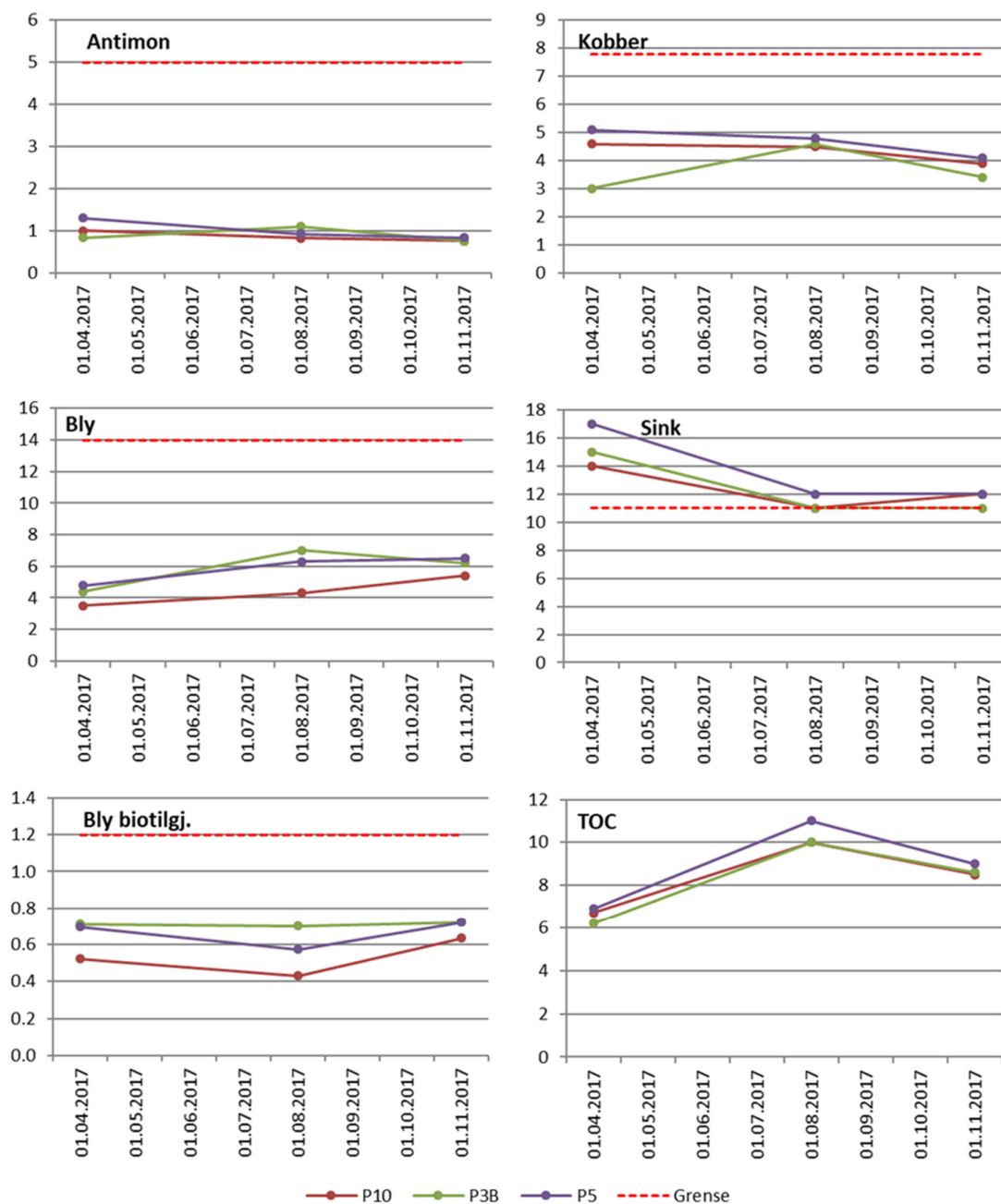
Figur 7. Gimlemoen skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2017 (©Kartverket).



Figur 8. Totalkonsentrasjon av tungmetaller ($\mu\text{g/l}$) ved Gimlemoen. Resultatene fra punkt P2B og P2A er ikke med i figurene, men er tabulert i vedlegg B.



Se neste side for figurtekst.



Figur 9. Konsentrasjon av tungmetaller ($\mu\text{g/l}$) i filtrerte prøver, beregnet konsentrasjon av biotilgjengelig bly samt totalkonsentrasjon av organisk karbon (mg/l) i prøver fra Gimlemoen i 2017. De horisontale stiplede linjene indikerer grenseverdiene som er definert i Tabell 1. Resultatene fra punkt P2B og P2A er ikke med i figurene, men er tabulert i vedlegg B.

3.2.2 Marka

Marka ligger i Farsund kommune i Vest-Agder sør for Lista flystasjon. Området ble utbygd av tyskerne i 1942 som en del av forsvarsverket til flystasjonen. Etter krigen ble Marka brukt som SØF for Luftforsvaret og Luftvernartilleriet. Marka er et flatt område beliggende ved havet, og strandlinja er en del av Liststrendene landskapsvernområde. Feltet og prøvepunktene er vist i (**Figur 10** og **Tabell 3**). Punkt 1 er plassert i bekk som renner ut i sjøen. Det pågikk oppryddingstiltak bl.a. fjerning av blindgjengere i Marka SØF i perioden april til november 2016.

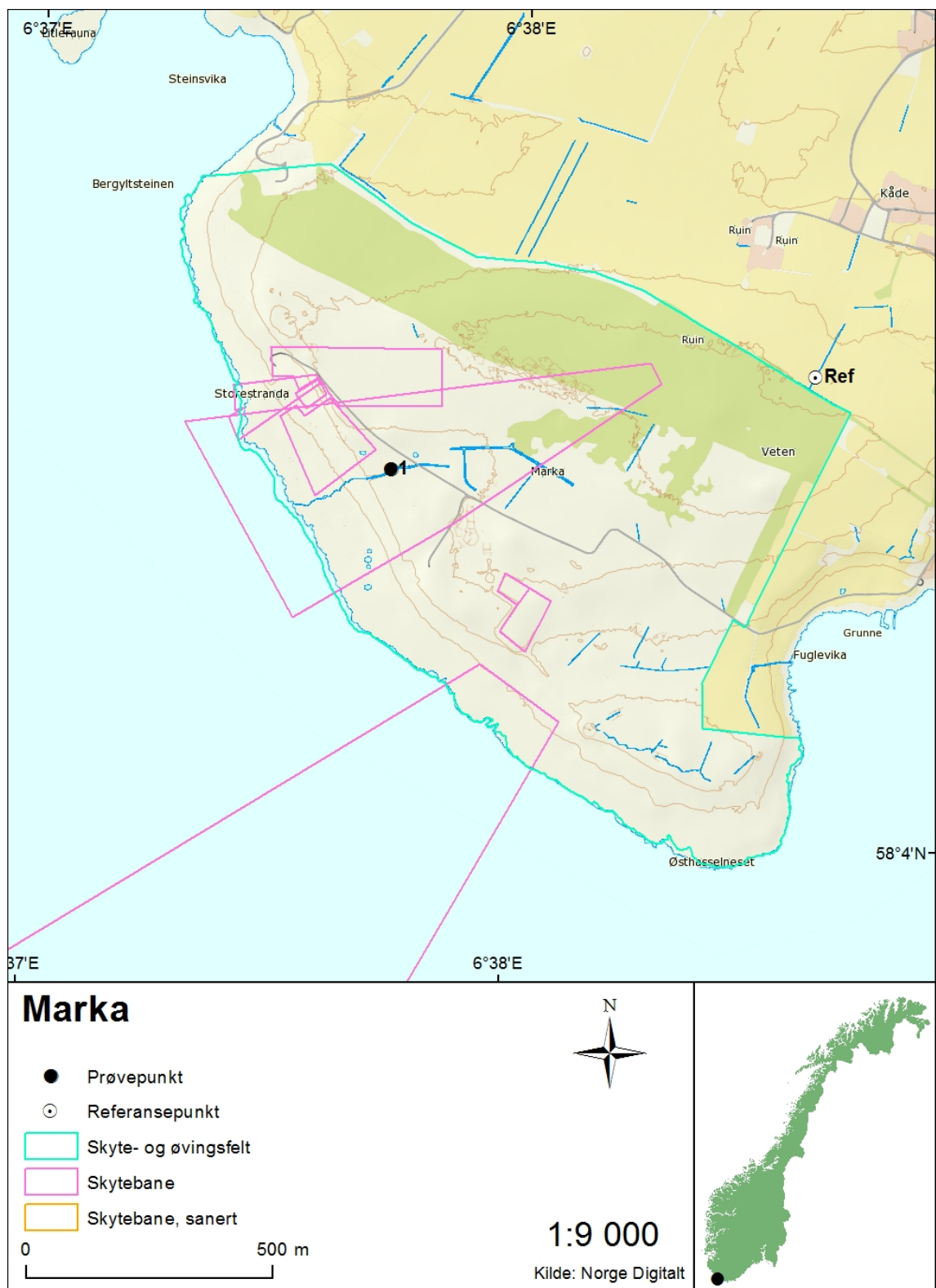
Tabell 3. Estimert nedbørfeltareal, middelvannføring og tilhørende vannforekomst definert på nettstedet Vann-nett for punktet i Marka.

Punkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal (km ²)	Middelvannføring 61-90 (l/s)
Mar_1	Ikke definert	0,1	3

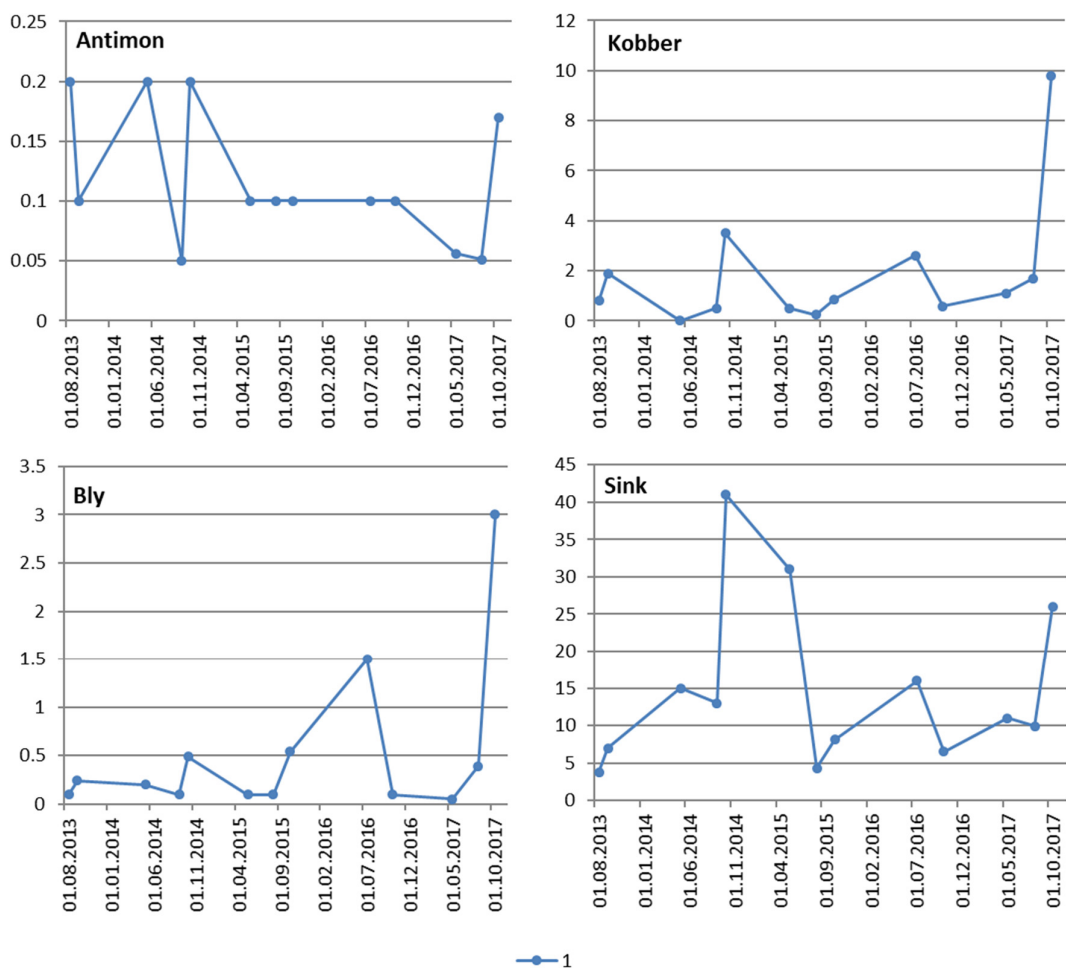
Vannprøver ble tatt den 25. mai, den 26. august og den 14. oktober. De to førstnevnte dagene ble vannføringen bedømt som normal for årstiden, mens den var høy den 14. oktober pga. mye regn. Det er mye vegetasjon i bekkeleiet ved punkt 1. Bekken var bred, grunn og sakteflytende. På bunnen var det mye utfelt jern. Vannet var i 2017 ionerikt (sjøsalter) humøst (6-21 mg/l TOC) og hadde pH 6,1. Turbiditeten og jernkonsentrasjonene var høye. Alle enkeltresultater fra 2017 er tabulert i Vedlegg B.

Konsentrasjonene av antimon, kobber og bly var lave i mai og august, men høy ved den høye vannføringen i oktober (**Figur 11**). Det er ikke påvist tidstrender for tungmetallnivåene gjennom overvåkingsperioden. Sinknivåene har vært relativt høye under hele overvåkingsperioden og er det eneste tungmetallet som overskred grenseverdien (**Figur 12**). Høye sinkkonsentrasjoner i vann er imidlertid noe som har kjennetegnet regionen (Skjelkvåle et al., 2006) og kan ikke uten videre kobles til lokale kilder.

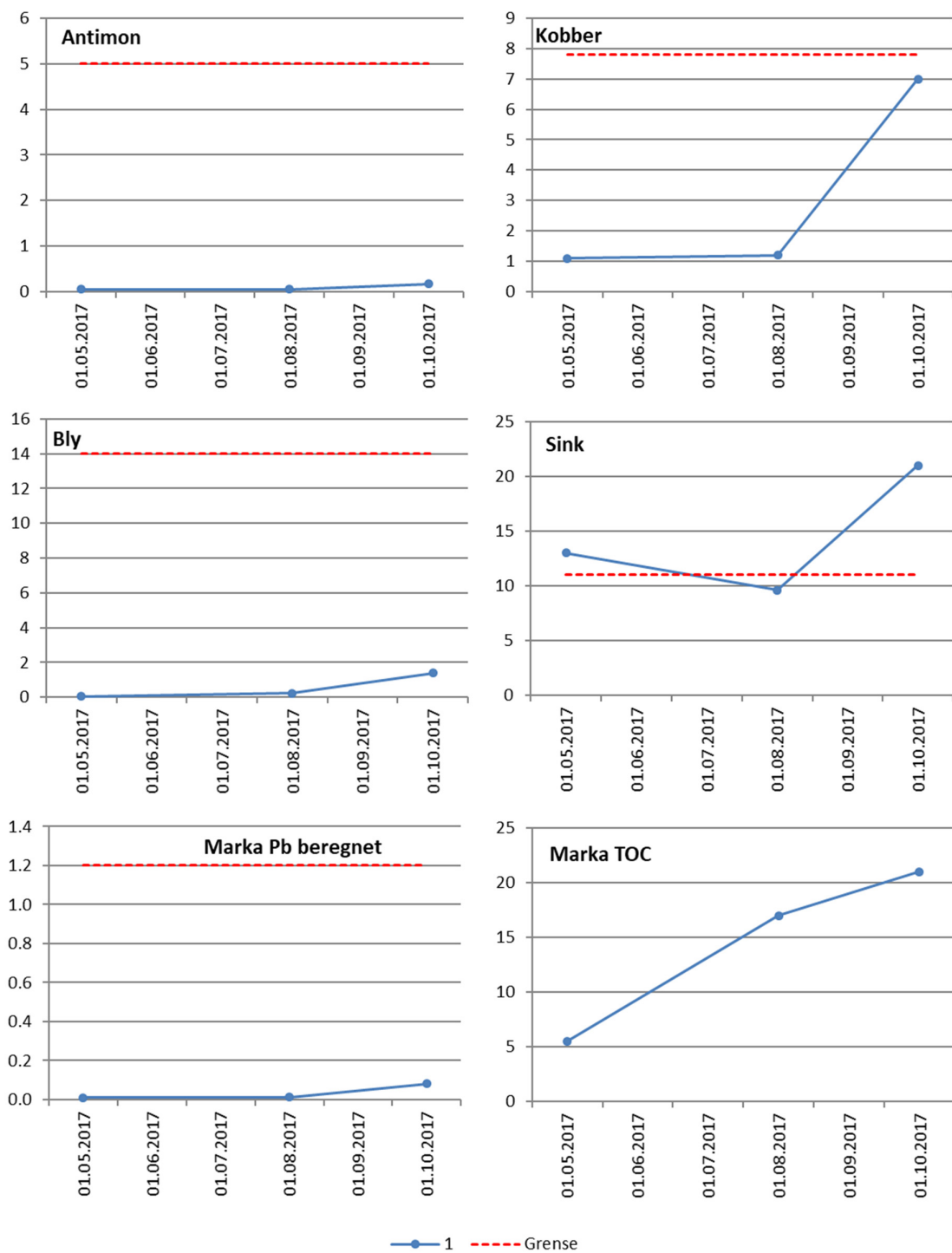
Antar man volumveide middelerverdier på 1,1, 4,2 og 15,6 µg/l blir beregnet massetransport ut av feltet hhv. 100 g bly, 400 g kobber og 1,5 kg sink. Det er ikke mulig å si hvor mye av avrenningen som kan tilskrives militære aktiviteter, men det er uansett små mengder. Lav mobilitet av bly og antimon kan skyldes forekomsten av jernoksider som er kjent for å binde opp disse stoffene (Ackermann et al., 2009; Clausen et al., 2011). Tiltakene i feltet har ikke kunnet påvirke tungmetallnivåer ved punkt 1 fordi punktet ligger høyere enn massene som har blitt fjernet (Harry Hellebust, personlig meddelelse). Det er lite overflateavrenning, og det er få alternative punkter i feltet. Det er ingenting som tyder på at tidligere skyteaktivitet i feltet gir utlekking av tungmetaller. Det anses som lite hensiktsmessig å fortsette overvåkingen.



Figur 10. Marka skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2017 (©Kartverket).



Figur 11. Totalkonsentrasjon av tungmetaller (µg/l) i prøver fra Marka.



Figur 12. Konsentrasjon av tungmetaller ($\mu\text{g/l}$) i filtrerte prøver, beregnet konsentrasjon av biotilgjengelig bly samt totalkonsentrasjon av organisk karbon (mg/l) i prøver fra Marka i 2017. De horisontale stiplede linjene indikerer grenseverdiene som er definert i Tabell 1.

3.2.3 Fredrikstad (Gansrød og Pernes)

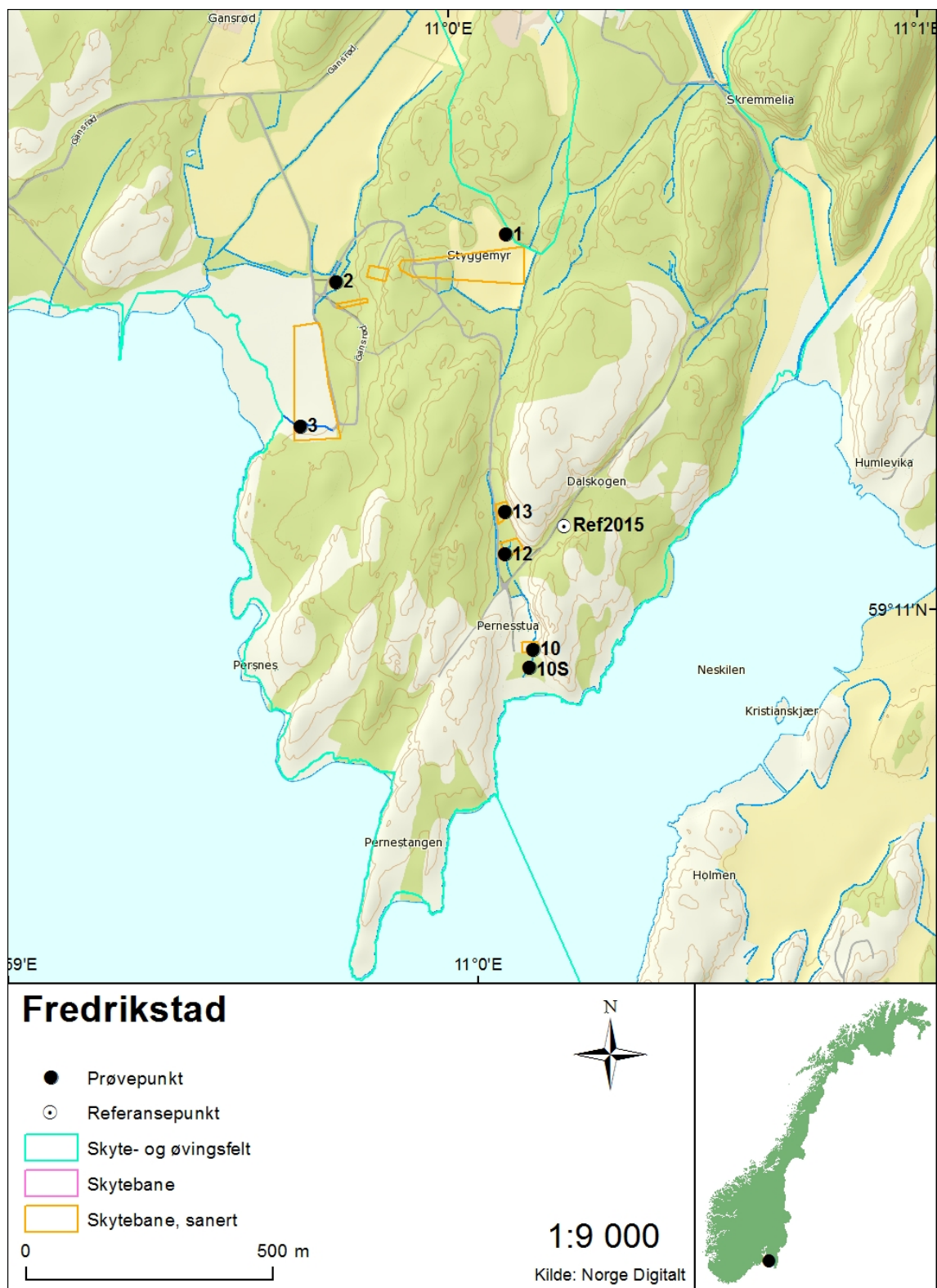
Gansrød og Pernes ligger i Fredrikstad kommune i Østfold. Det tidligere SØF bestod av 8 baner med baneløp. Det eldste anlegget er området for bruk av krumbanevåpen i Gansrødbukta. Eldre kart viser at det på slutten av 1800-tallet var en skytelinje for kalibrering av kanoner og testskyting av ammunisjon i dette området. Den mest 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 ut på 2000-tallet, men etter 2005 har virksomheten vært lav. Det er baner både for håndvåpen og panservernvåpen. Mer informasjon om bruk av og tiltaksplan for de ulike banene er beskrevet i (COWI, 2015; Weholt, 2009, 2010, 2012a).

Områdene rundt skytebanene er kupert med mye bart fjell, skrinne mark og spredte furutrær. Feltet grenser i sør til Øra naturreservat. To baner ble ryddet i 2010 (H6 og H8) og 4 baner (H7, G9, G10 og G11) ble ryddet høsten 2016 (mellom august og november). Feltet og prøvepunktene er vist i (**Figur 13**). Punktet Ref2015 var ny referansestasjon fra og med april 2015. Denne er plassert i sig/bekk som renner langs stien. Det gamle referansepunktet ble flyttet fordi vannet var sterkt påvirket av jordbruksavrenning. Prøvepunkt 1 er 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). Dette er prøvepunktene ved Gansrød. Ved Pernes er punkt 13 plassert i et sig som mottar avrenning fra kortholdsbanen G13. Punkt 12 er plassert i et sig som mottar avrenning fra kortholdsbanen G12. Punkt 10 er plassert i bekk som mottar avrenning fra bane G10, mens punkt 10S representerer samlet avrenning fra banene ved Pernes (G10, G12 og G13) til Nesken. Ingen av sigene er definert som del av vannforekomst ifølge Vann-nett. Det var heller ikke mulig å beregne middelvannføring ved bruk av NVEs verktøy NEVINA.

Alle punktene unntatt 3 og 10S har til tider så lav vannføring at det kan være vanskelig å få fylt prøveflasken uten å virvle opp grums fra bunnen. Prøvene ble tatt 19. mai, 9. august og 30. oktober som var regnværsperioder med relativt høy vannføring. Den 9. august var det dessuten høyt innhold av suspenderte partikler pga. kraftig nedbør og høy erosjon (se **Figur 14**). Ved de fleste punktene hadde vannet pH mellom 6 og 7. Unntaket er punkt 1 som hadde surere vann (pH < 6,0). Vannet var moderat kalkrikt. Konsentrasjonen av TOC var relativt høy ved de fleste stasjoner (> 5 mg/l). Det samme gjaldt turbiditeten. Alle enkeltresultater fra 2017 er tabulert i Vedlegg B.

Totalkonsentrasjonene av tungmetaller har vært nokså variable både ved Gansrød (**Figur 15**) og Pernes (**Figur 16**). Høye verdier sammenfaller i mange av prøvene med høy turbiditet og skyldes høyt innhold av partikler i suspensjon med assosierte tungmetaller. Dette gjør det vanskelig å dokumentere trender. Filtrering fjerner et meste av partikler og tungmetaller, men grensene ble likevel overskredet ved punkt 3, 13 og 10S under episoden den 9. august (**Figur 17** og **Figur 18**).

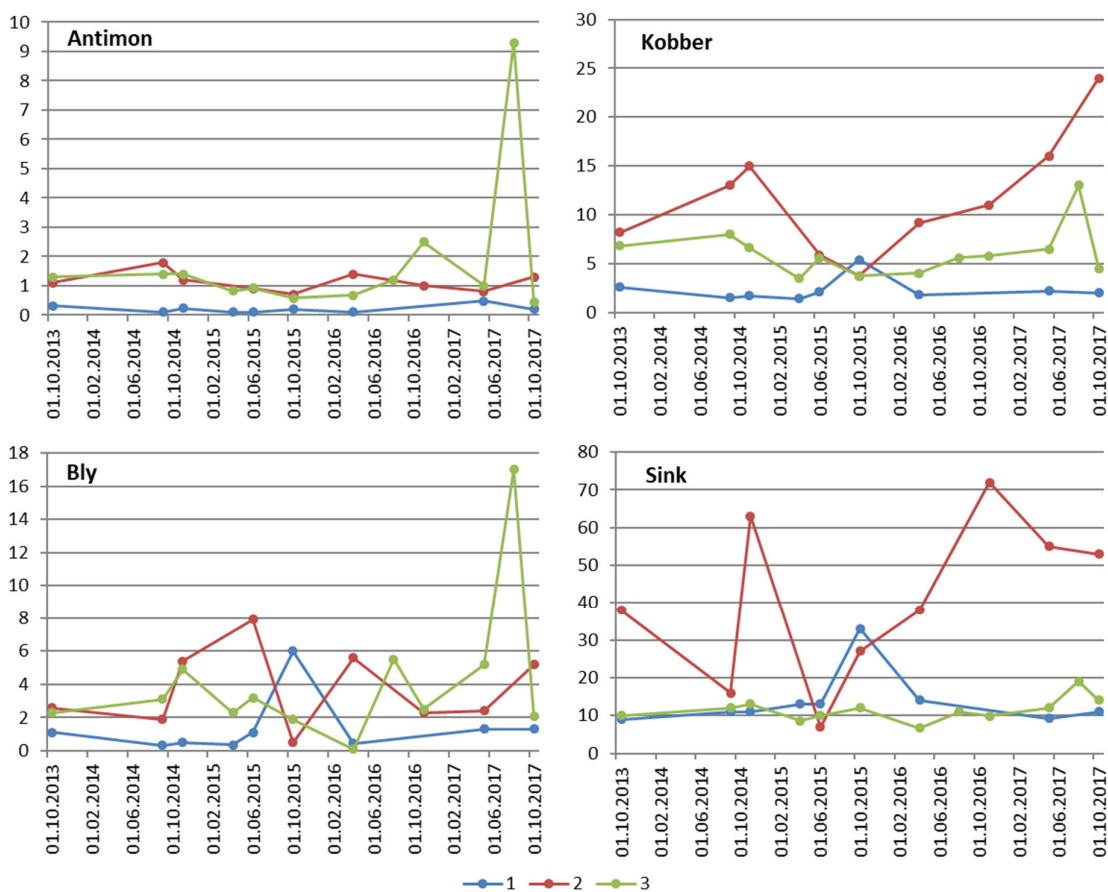
Punktene 3 og 10S representerer avrenning til fjorden. Overflateavrenningen er lav og konsentrasjonene er lave, men noe høyere i prøver med høy turbiditet. Det er derfor vanskelig å estimere tungmetallutlekking. Dersom man tar utgangspunkt i målte konsentrasjoner i overflateavrenning, trekker fra referansenivå og antar at normal avrenning er 10,2 l/s/km² og samlet nedbørfelt ca. 1 km² blir estimert årsutlekking ca. 0,7 kg antimon og 1 kg bly. Overvåkingen bør trolig fortsette i 2018 for å følge opp tungmetallnivåene etter tiltak.



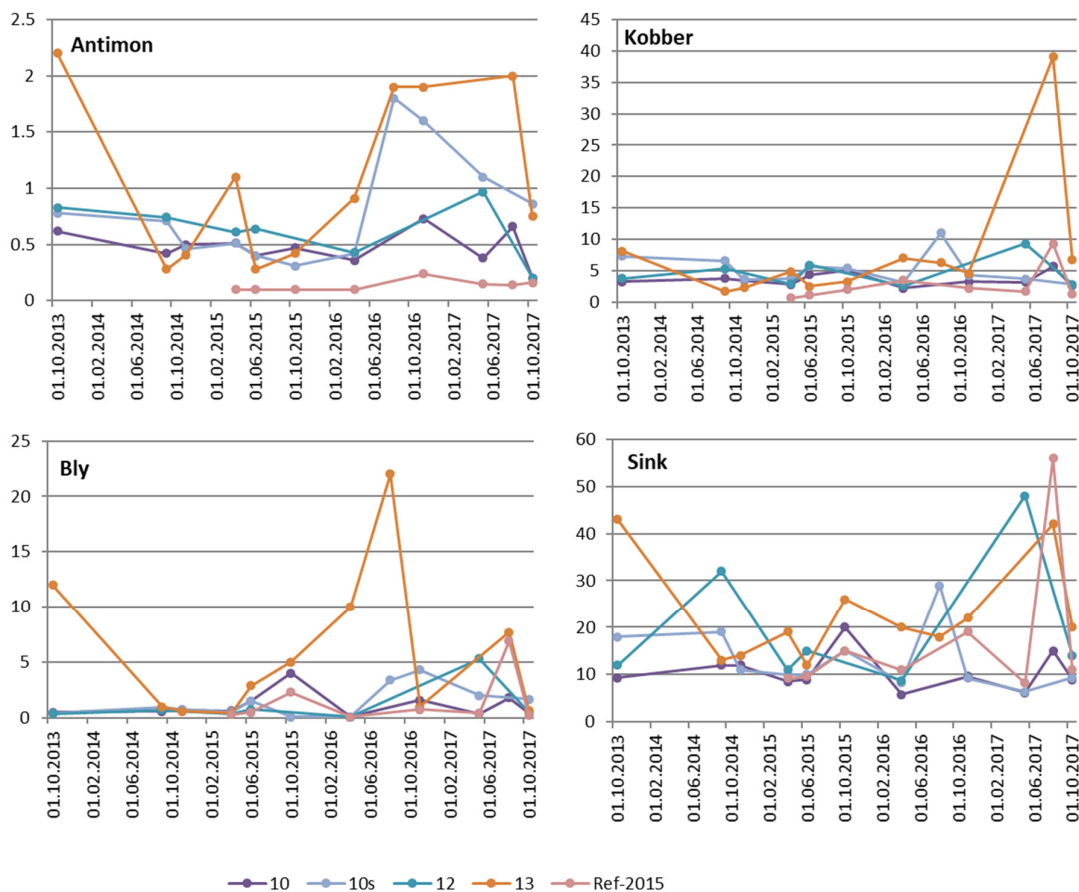
Figur 13. Fredrikstad skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2017 (Gansrød og Pernes) (©Kartverket).



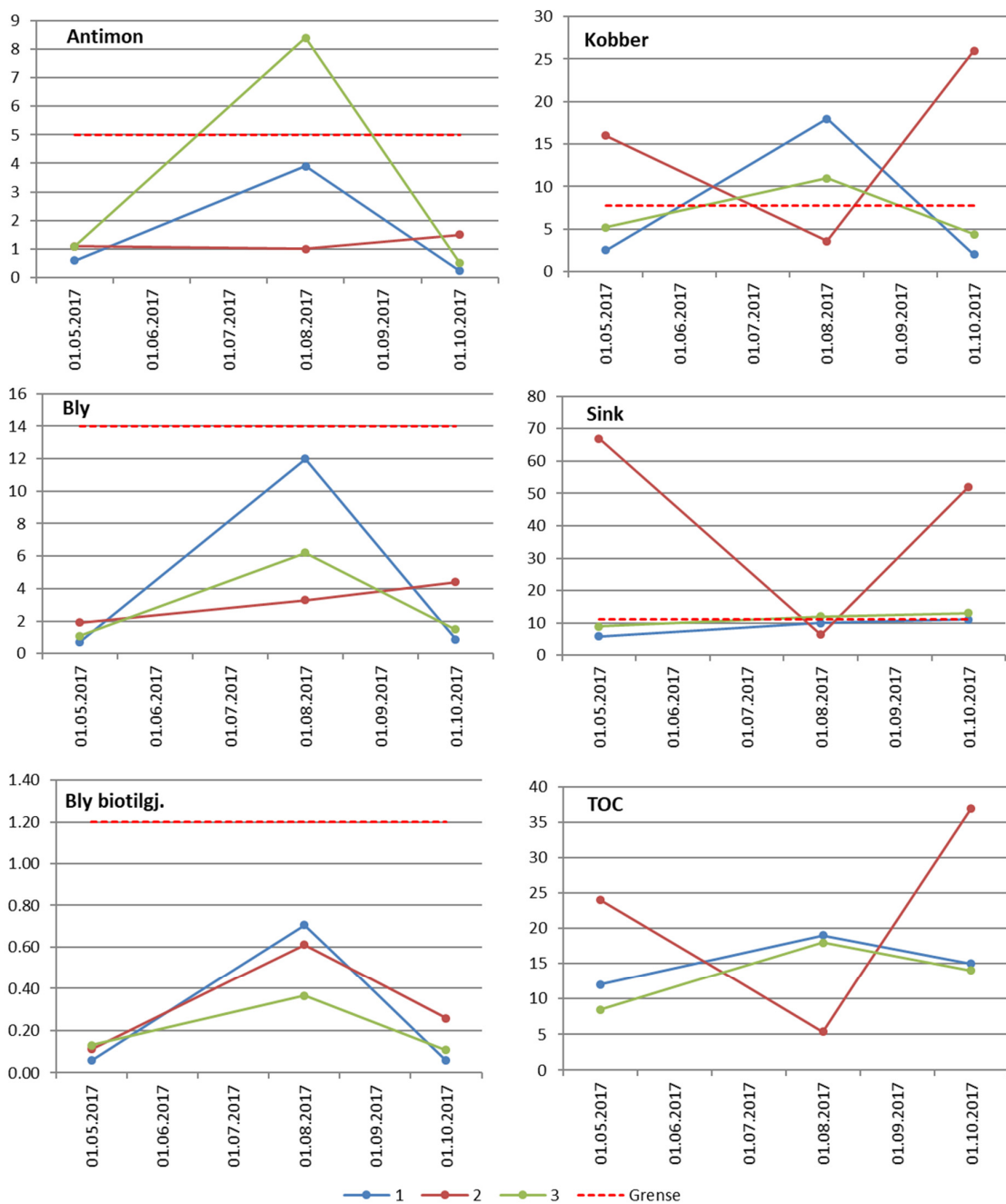
Figur 14. Bilder tatt ved stasjon 10 og 12 den 8. august.



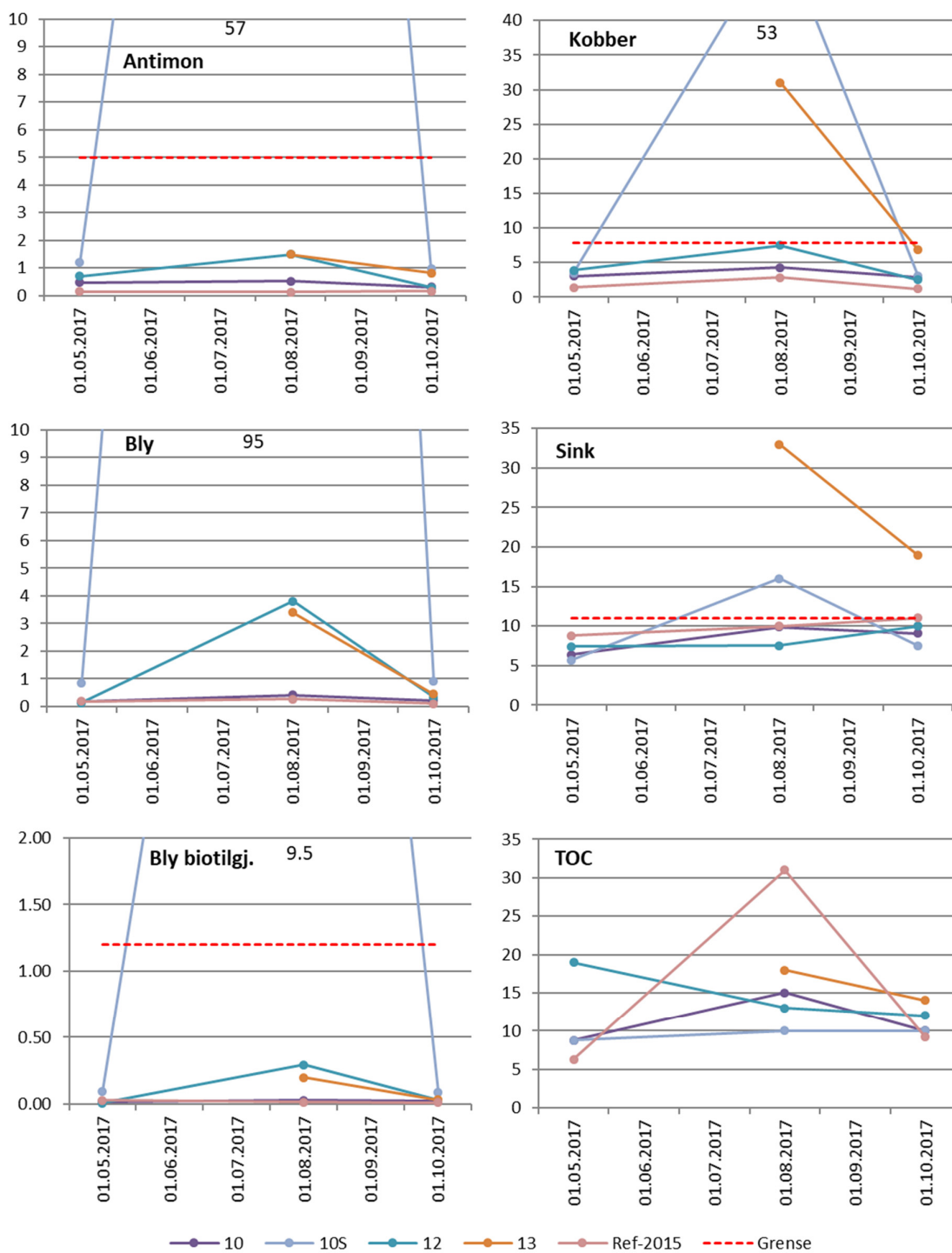
Figur 15. Totalkonsentrasjon av tungmetaller (µg/l) ved Gansrød i Fredrikstad. Ekstreme verdier fra prøvene tatt 9. august 2017 er tabulert i vedlegg, men ikke plottet her.



Figur 16. Totalkonsentrasjon av tungmetaller (µg/l) ved Pernes i Fredrikstad. Ekstreme verdier fra prøvene tatt 9. august 2017 er tabulert i vedlegg, men ikke plottet her.



Figur 17. Konsentrasjon av tungmetaller (µg/l) i filtrerte prøver, beregnet konsentrasjon av biotilgjengelig bly samt totalkonsentrasjon av organisk karbon (mg/l) i prøver fra Gansrød, Fredrikstad i 2017. De horisontale stiplede linjene indikerer grenseverdiene som er definert i Tabell 1.



Figur 18. Konsentrasjon av tungmetaller (µg/l) i filtrerte prøver, beregnet konsentrasjon av biotilgjengelig bly samt totalkonsentrasjon av organisk karbon (mg/l) i prøver fra Pernes, Fredrikstad i 2017. De horisontale stiplede linjene indikerer grenseverdiene som er definert i Tabell 1.

3.2.4 Avgrunnsdalen

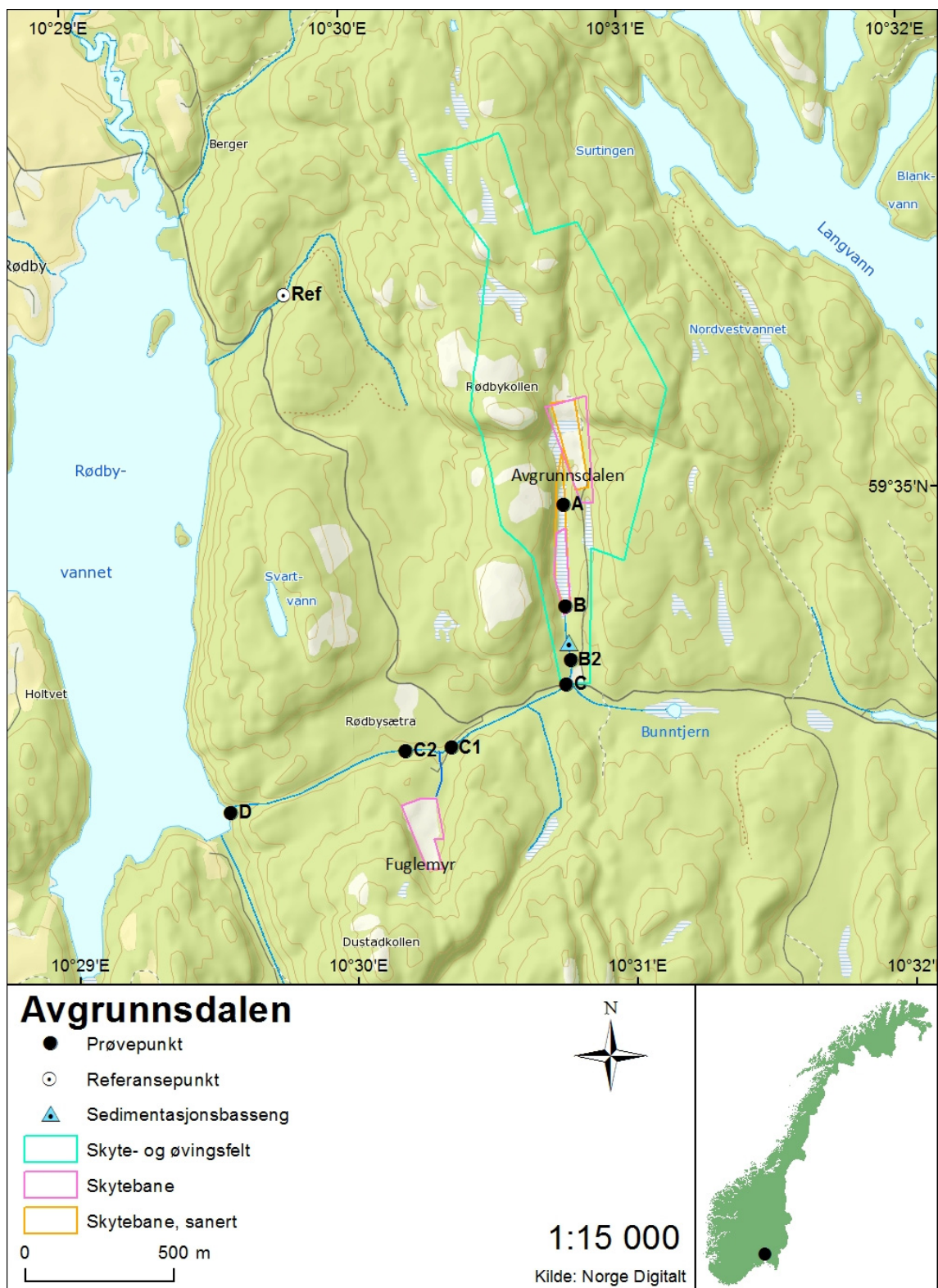
Avgrunnsdalen SØF ligger i Hurum kommune i Buskerud og var i bruk fra 1917 til 2003. Det har blitt skutt med håndvåpen, mitraljøser og panservernvåpen. Det har dessuten blitt sprengt en del fjell i området. Feltet ligger i en trang dal med bratte sidevegger. Dalbunnen består av myr. Det ble gjennomført grundige miljøundersøkelser i 2007 (Nordal, 2007a), og tiltaksplan med risikovurderinger ble utarbeidet i 2012 (Weholt, 2012b). Det ble gjennomført oppryddingstiltak i 2013, men myra ble ikke sanert. Omtrent 500 meter vest for SØF ligger sivile skytebaner (Fuglemyra) som også har avrenning til bekken som renner ut i Rødbyvannet. Feltet og prøvepunktene er vist i **Figur 19** og **Tabell 4**. Punkt A er plassert i myrbekk som mottar avrenning fra det som var målområde for stridsskytebanen, og det som eventuelt måtte komme fra den nyere stripeskytebanen (den nordligste banen som er indikert i kartet). Punkt B og B2 ved utløpet av myra er plassert i vann som renner hhv. inn og ut av sedimentasjonsbassenget. Punkt C i bekk representerer samlet avrenning ut av Avgrunnsdalen (før samløp med bekk fra Bunntjern). Punkt C1 er plassert i bekk etter samløp mellom bekker fra bl.a. Bunntjern og Avgrunnsdalen, men før avrenning fra Fuglemyra blandes inn. Punkt C2 er i bekk etter innblanding fra Fuglemyra, mens punkt D ligger i utløpet til Rødbyvannet.

Tabell 4. Estimert nedbørfeltareal, middelvannføring og tilhørende vannforekomst definert på nettstedet Vann-nett for punktene i Avgrunnsdalen.

Punkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal (km ²)	Middelvannføring 61-90 (l/s)
A	Ikke definert	0,06	1
B	010-40-R Rødbyvannet bekkefelt	0,48	9
B2	010-40-R Rødbyvannet bekkefelt	0,6	11
C	010-40-R Rødbyvannet bekkefelt	0,56	10
C1	010-40-R Rødbyvannet bekkefelt	1,8	32
C2	010-40-R Rødbyvannet bekkefelt	2,1	37
D	010-40-R Rødbyvannet bekkefelt	2,06	35
Ref	Ikke definert	1,4	25

I 2017 ble det gjennomført vannprøvetakingsrunder den 27. april, 26. juni og 25. oktober. Ved prøvetakingen i april var det middels med vann i bekkene. Det var ingen snøsmelting i feltet. I juni var det relativt lav vannføring under prøvetakingen, men 25. oktober var den høy pga. mye regn både samme dag og dagen før. Vannet var kalkfattig (kalsium 0,7 -3 mg/l), surt (pH 4,6-6,3) og humøst (TOC>10 mg/l). Alle enkeltresultater fra 2017 er tabulert i Vedlegg B.

Det var høye nivåer av kobber og bly i avrenningen (**Figur 20**). De høyeste tungmetallkonsentrasjonene ble målt i prøver fra utløpet av myra (B). Resultatene viser små, men systematiske forskjeller mellom B og B2 for bly og kobber. I gjennomsnitt har konsentrasjonene av bly og kobber i vannet som renner ut av sedimentasjonsbassenget (B2) vært hhv. 82 % og 90 % av konsentrasjonene i innløpet (B). Konsentrasjonene blir noe fortynnet nedover i vassdraget, spesielt mellom punktene C (ut av Avgrunnsdalen) og C1 (før samløp med bekk fra Fuglemyr), men derfra og til utløpet i Rødbyvannet er det kun små endringer. Det tyder på at bidraget fra skytebanene på Fuglemyr er ubetydelig sammenlignet med det som kommer fra SØF. Tungmetallnivåene ved høy vannføring høsten 2017 var blant de høyeste som har blitt registrert hittil i overvåkingen av feltet. Tiltakene i 2013 ser ikke ut til å ha hatt tydelig effekt på konsentrasjonene i avrenning.

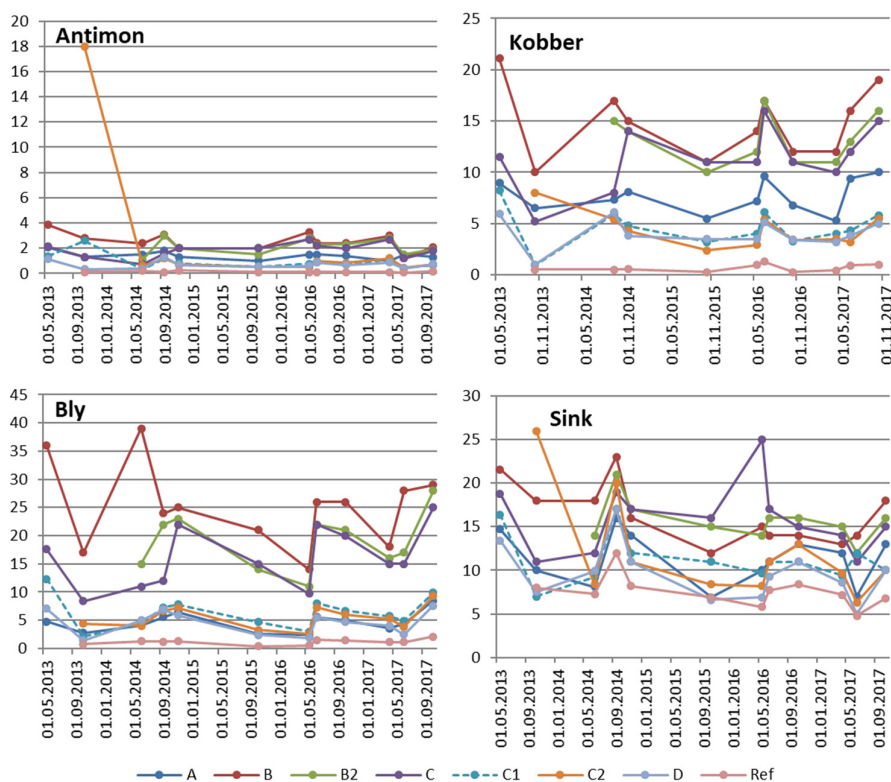


Figur 19. Avgrunnsdalen skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2017 (©Kartverket).

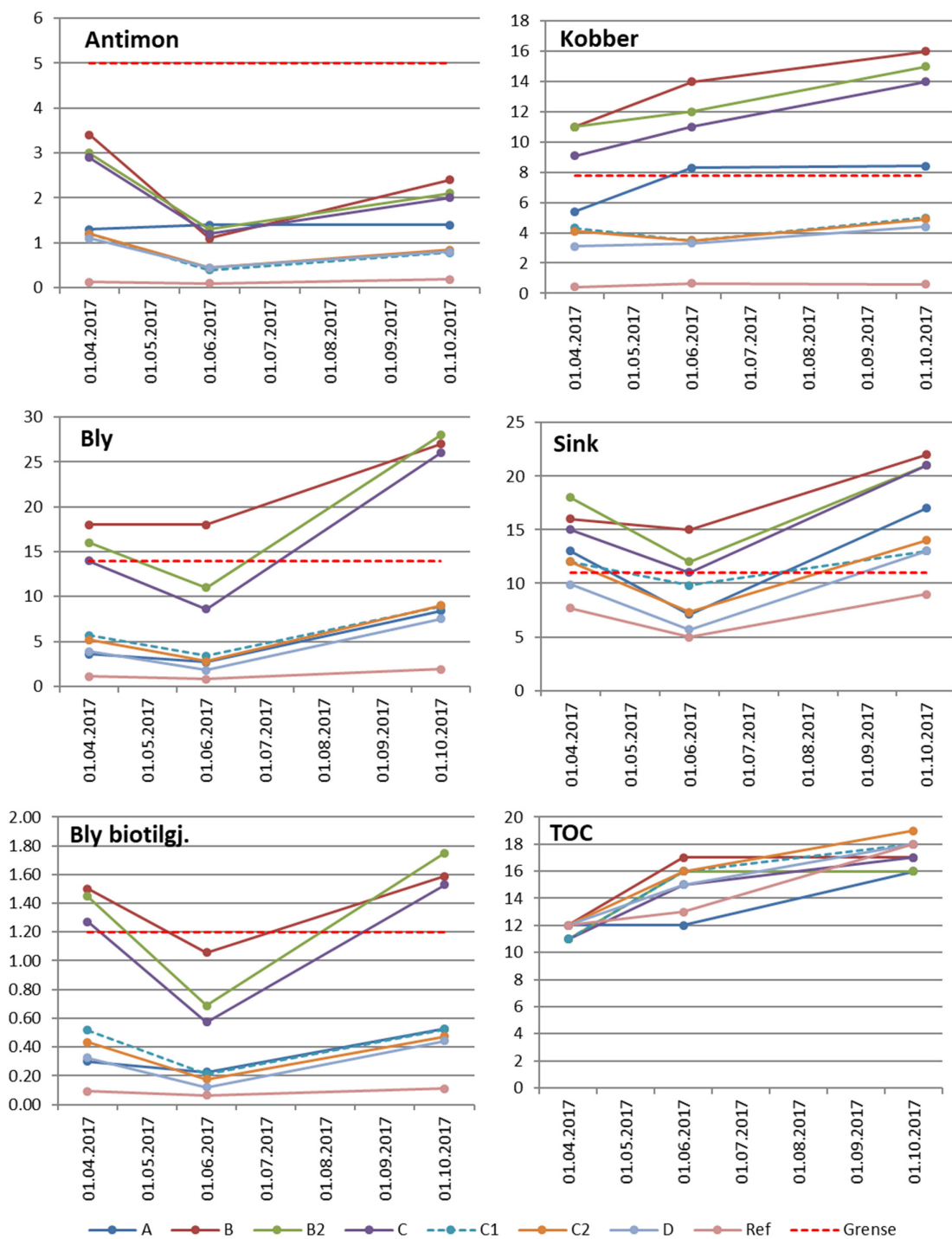
Konsentrasjonene av kobber, sink og bly var høyere enn grenseverdiene ved punkt C (ut av Avgrunnsdalen), men ikke ved punkt D (inn i Rødbyvannet) (**Figur 21**). Blykonsentrasjonene ved punkt C var 10-15 ganger høyere enn i referansen til tross for at blynivået i sistnevnte også var relativt høyt. Dette viser at det militære SØF er hovedkilden til bly i avrenningen fra Avgrunnsdalen. Kobber- og antimonnivået var også mye høyere enn i referansen, mens forskjellen var mindre for sink.

Antar man volumveide middelerverdi på 1,9, 18, 12 og 13 $\mu\text{g/l}$ av hhv. antimon, bly, kobber og sink, blir beregnet massetransport omtrent 0,6 kg antimon, 5 kg bly, 4 kg kobber og 2 kg sink når referansenivået trekkes fra.

Tungmetallkonsentrasjoner og estimert massetransport har vært relativt stabile i fire år etter tiltakene, og det er ingen grunn til å vente at situasjonen vil endre seg i nær framtid. Konsentrasjonene av bly, kobber og sink i avrenningen ut av Avgrunnsdalen (punkt C) er i overkant av grenseverdiene i vannforskriften, men lavere enn akseptgrensene fra risikovurderingen (Weholt, 2012b). Utlekkingssituasjonen etter tiltak er nå tilstrekkelig dokumentert. I følge Miljødirektoratets tilbakemelding (ref 2014/2344) på sluttrapport etter gjennomført saneringstiltak (ref 2012/3351-55/477) skal det nå gjøres en vurdering av om situasjonen er akseptabel eller om det er behov for ytterligere tiltak.



Figur 20. Totalkonsentrasjon av tungmetaller ($\mu\text{g/l}$) i Avgrunnsdalen.



Figur 21. Konsentrasjon av tungmetaller ($\mu\text{g/l}$) i filtrerte prøver, beregnet konsentrasjon av biotilgjengelig bly samt totalkonsentrasjon av organisk karbon (mg/l) i prøver fra Avgrunnsdalen i 2017. De horisontale stiplede linjene indikerer grenseverdiene som er definert i Tabell 1.

3.2.5 Gurulia og Bue-Nebb

Bue-Nebb og Gurulia skytebaner ligger i Rissa kommune i Sør-Trøndelag. Bue-Nebb ble tatt i bruk på slutten av 1800-tallet i forbindelse med opprettelsen av Hysnes fort, og målområdet var da en fjellvegg. Banen på Bue-Nebb ble lagt ned i 1975, og Gurulia ble da etablert som erstatning. Tiltaksplan ble utarbeidet i 2013 (Weholt, 2013). Gurulia var i bruk fram til oppryddingstiltak (fjerning av forurenset masse, bygging av sedimentasjonsbasseng) ble iverksatt i 2013. Høsten 2016 ble det fjernet mer forurenset masse i Gurulia. Banene ligger i småkupert, myrlendt terreng med noe blandingskog. Feltene og prøvepunktene ved hhv. Gurulia og Bue-Nebb er vist i **Figur 22** og **Figur 23**, samt **Tabell 5**. Vannet fra både Gurulia og Bue-nebb renner inn i Budalsbekken, men på forskjellige steder. Det antas at vannet ved de to referansestasjonene i Gurulia (V1 og V5) ikke er påvirket av militær aktivitet. Punkt V3 ligger i et sig som mottar avrenning fra det som tidligere var 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 (**Figur 23**).

Tabell 5. Estimert nedbørfeltareal, middelvannføring og tilhørende vannforekomst definert på nettstedet Vann-nett for punktene i Gurulia og ved Bue-Nebb.

Punkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal (km ²)	Middelvannføring 61-90 (l/s)
Gur_V1	132-45-R Bubekken	0,1	4
Gur_V3	132-45-R Bubekken	0,2	8
Gur_GLV2	132-45-R Bubekken	0,25	10
Gur_V4	132-45-R Bubekken	0,3	12
Gur_V5	Ikke definert	0,1	4
Gur_V2	132-45-R Bubekken	0,3	12
Gur_V6	132-45-R Bubekken	0,5	20
Bue_V1	Ikke definert	0,1	4
Bue_V3	Ikke definert	0,1	4
Bue_BNV1	Ikke definert	0,4	15
Bue_V4	Ikke definert	0,4	15
Bue_V2	132-45-R Bubekken	0,49	18
Bue_Ref	132-45-R Bubekken	1,2	44
Bue_V5	132-45-R Bubekken	2,7	101

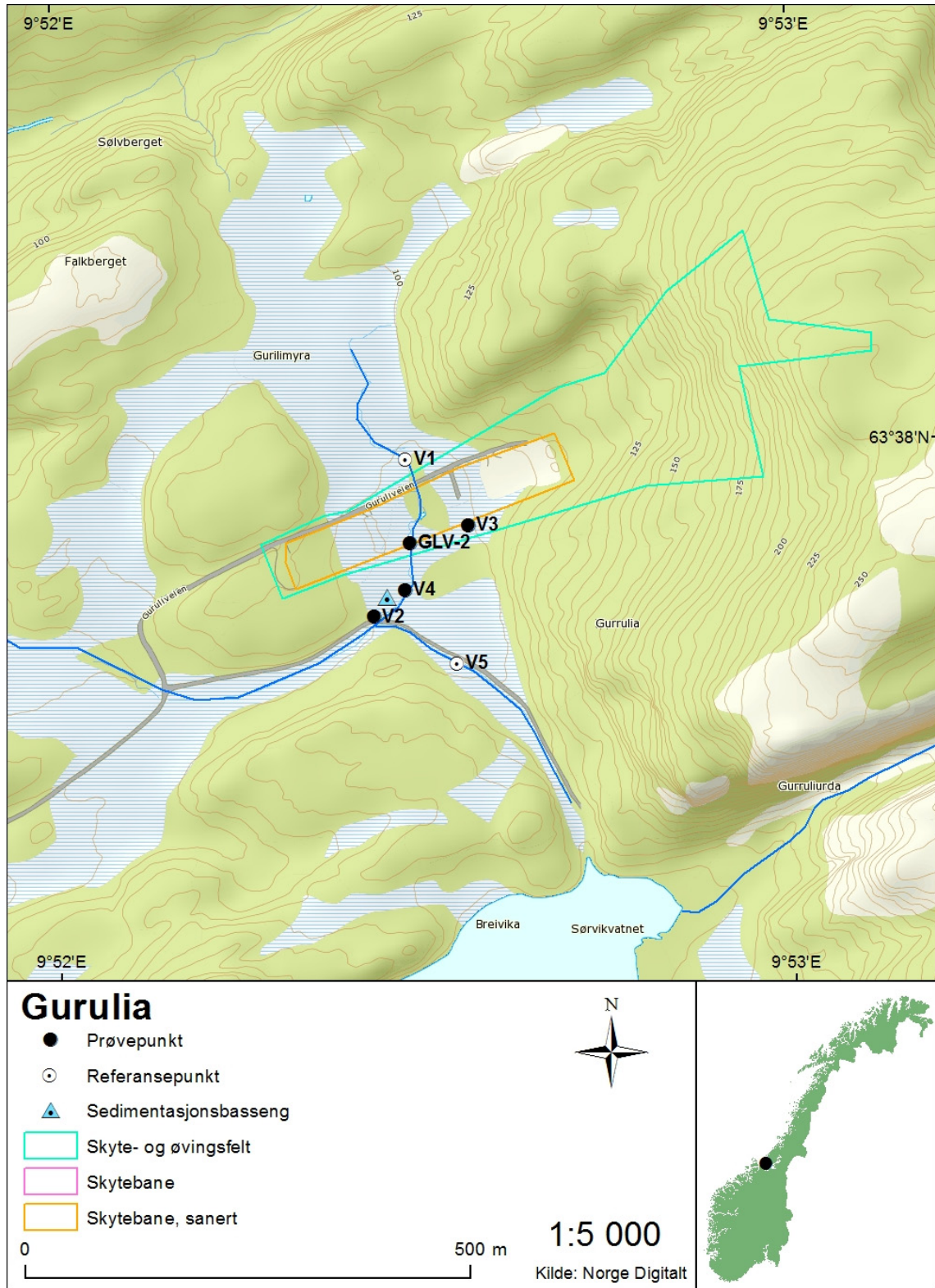
Punktene V1 og V3 ligger i bekker internt i det som var skytebanen på Bue-Nebb (V3 er plassert nedstrøms stikkrenne under vei). Punktene BNV-1 og V4 var i 2017 omtrent som paralleller å regne fordi sedimentasjonsbassenget var fjernet. Punktet V2 representerer den samlede avrenningen fra Bue-Nebb. I tillegg er det plassert ett punkt (V5) i Budalsbekken nedstrøms der hvor avrenningen fra Gurulia og Bue-Nebb er innblandet. Det er også plassert en referansestasjon (Ref) i Budalsbekken oppstrøms samløpet med bekkene fra Gurulia og Bue-Nebb.

Nedbørmengdene per måned i perioden januar til juni var omtrent som normale, men september var tørrere enn normalt. Til tross for noe regn i dagene før prøverunden 20. september var det fortsatt lav vannføring. Vannet i både Gurulia og Bue-Nebb SØF er kalkfattig til moderat kalkrik (2-6 mg/l) og er til dels svært humøst (TOC 6-30 mg/l). pH er moderat surt-nøytralt (6-7). Vannet i referansen (V1) i Gurulia og V3 ved Bue-Nebb er betydelig surere (pH rundt 5,0). Alle enkeltresultater fra 2017 er tabulert i Vedlegg B.

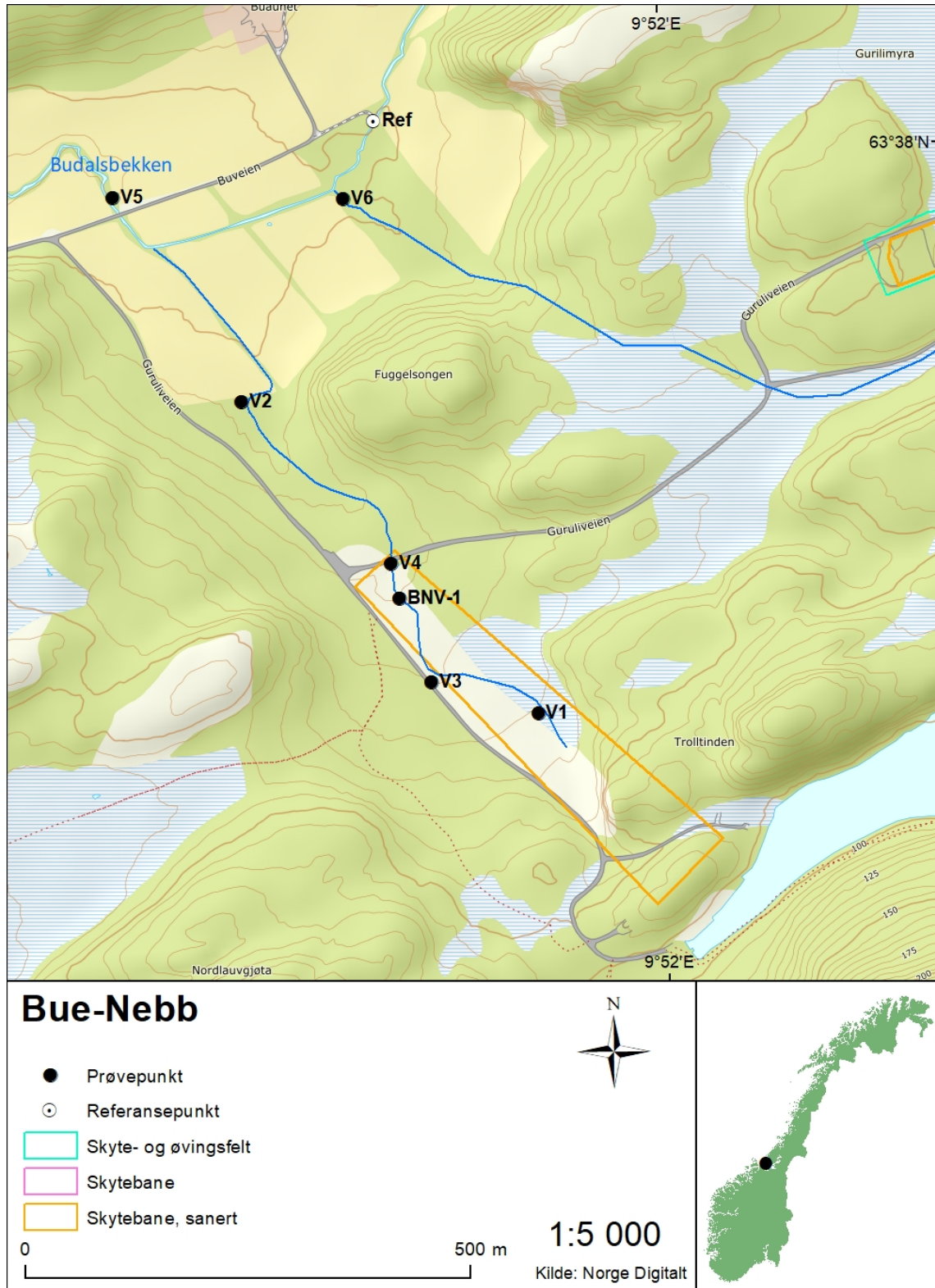
Tungmetallnivåene i Gurulia har i blitt lavere siden tiltakene i 2013 (**Figur 24**) og var i 2017 under gjeldende grenseverdier unntatt i prøvene tatt 16. mars som viste svært høye verdier (Vedlegg B). Tungmetallkonsentrasjonene i vannet fra Gurulia reduseres med 20-30 % før det renner ut i Budalsbekken (V6), sannsynligvis pga. fortykning. Nikkelkonsentrasjonene, som ble målt fordi det har blitt lagt olivin i sedimentasjonsbassengene, var lavere enn 2 µg/l i alle prøver (se Vedlegg B). Vannet ved punkt V1 som har blitt brukt som referanse, har noe forhøyet blynivå, mens konsentrasjonene ved den andre referansen, V5, var lavere. Situasjonen i Bue-Nebb (**Figur 25**) er omtrent lik det som er beskrevet for Gurulia. Konsentrasjonene i 2017 var lavere enn gjeldende grenseverdier, og metallnivåene viser nedadgående trend. Dette indikerer at oppryddingstiltakene har redusert utlekking av metaller fra feltet, men det mangler tilstrekkelig med data fra før tiltak til at effekten kan kvantifiseres.

Tungmetallkonsentrasjonene i Budalsbekken oppstrøms samløp med avrenning fra Gurulia og Bue-Nebb (Ref) var lave. Den samlede avrenningen fra Gurulia og Bue-Nebb gav noe høyere konsentrasjoner i Budalsbekken (V5). Ved å multiplisere gjennomsnittskonsentrasjonene fra V5 for 2017 med beregnet avrenning (35 l/sek/km²) og cirka størrelse på nedbørfeltet (2.7 km²) (Amundsen, 2012) blir beregnet massetransport ca 400 g antimon, 5 kg bly, 3 kg kobber og 2 kg sink når referansenivå trekkes fra. Avrenning fra Bue-Nebb og Gurulia ser ut til å bidra med omtrent like mye tungmetaller

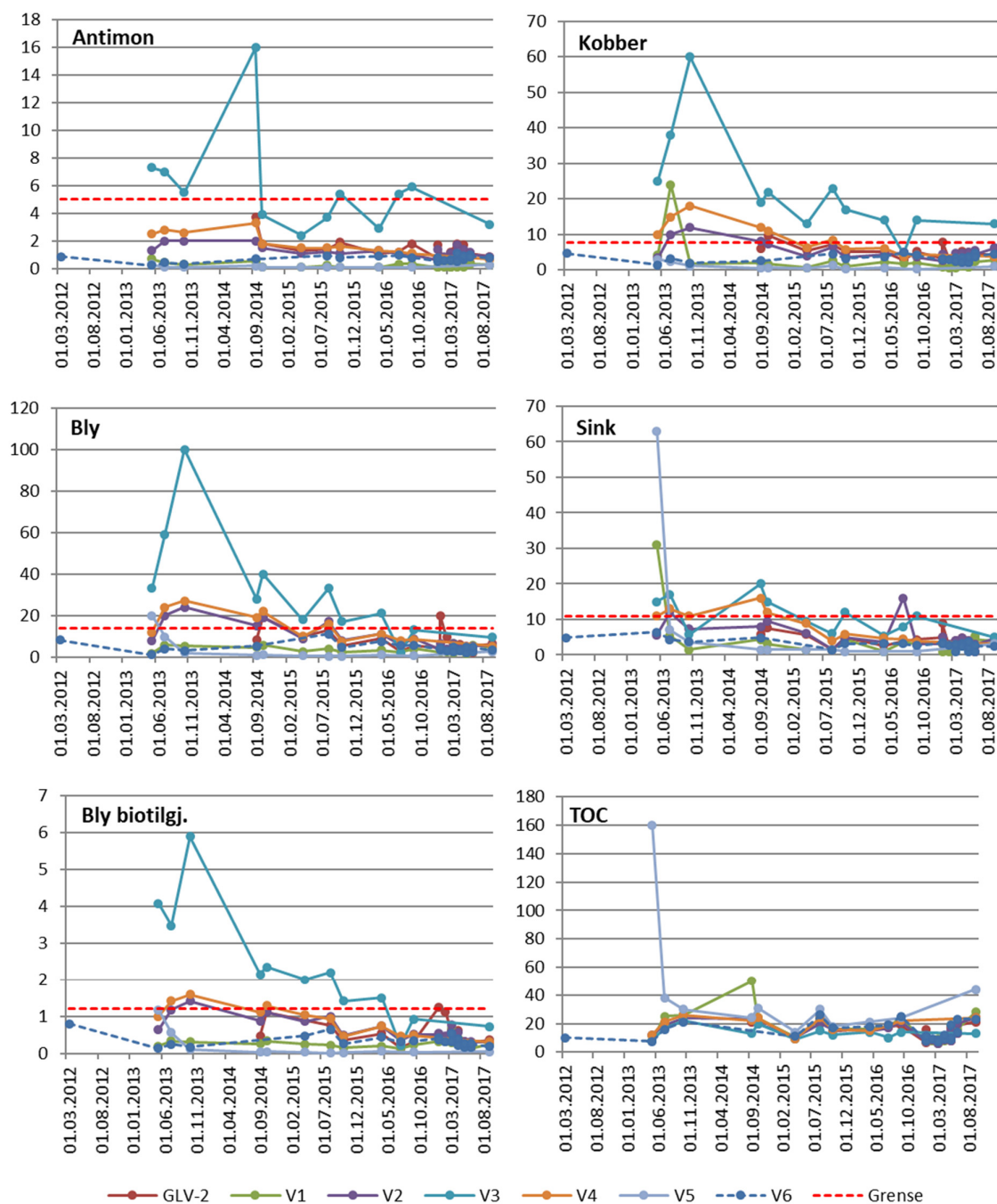
Overvåkingen av Gurulia anbefales videreført i ett år til siden det ble gjennomført tiltak der så sent som høsten 2016. Overvåkingen av Bue-Nebb kan avsluttes. Det foreligger fire år med data siden tiltaket ble avsluttet, og tiltaket har hatt god effekt. Siden overvåkingen av Gurulia skal videreføres, kan det likevel være hensiktsmessig å fortsette prøvetakingen av punktet V2 for å følge den nedadgående trenden i tungmetallnivåer.



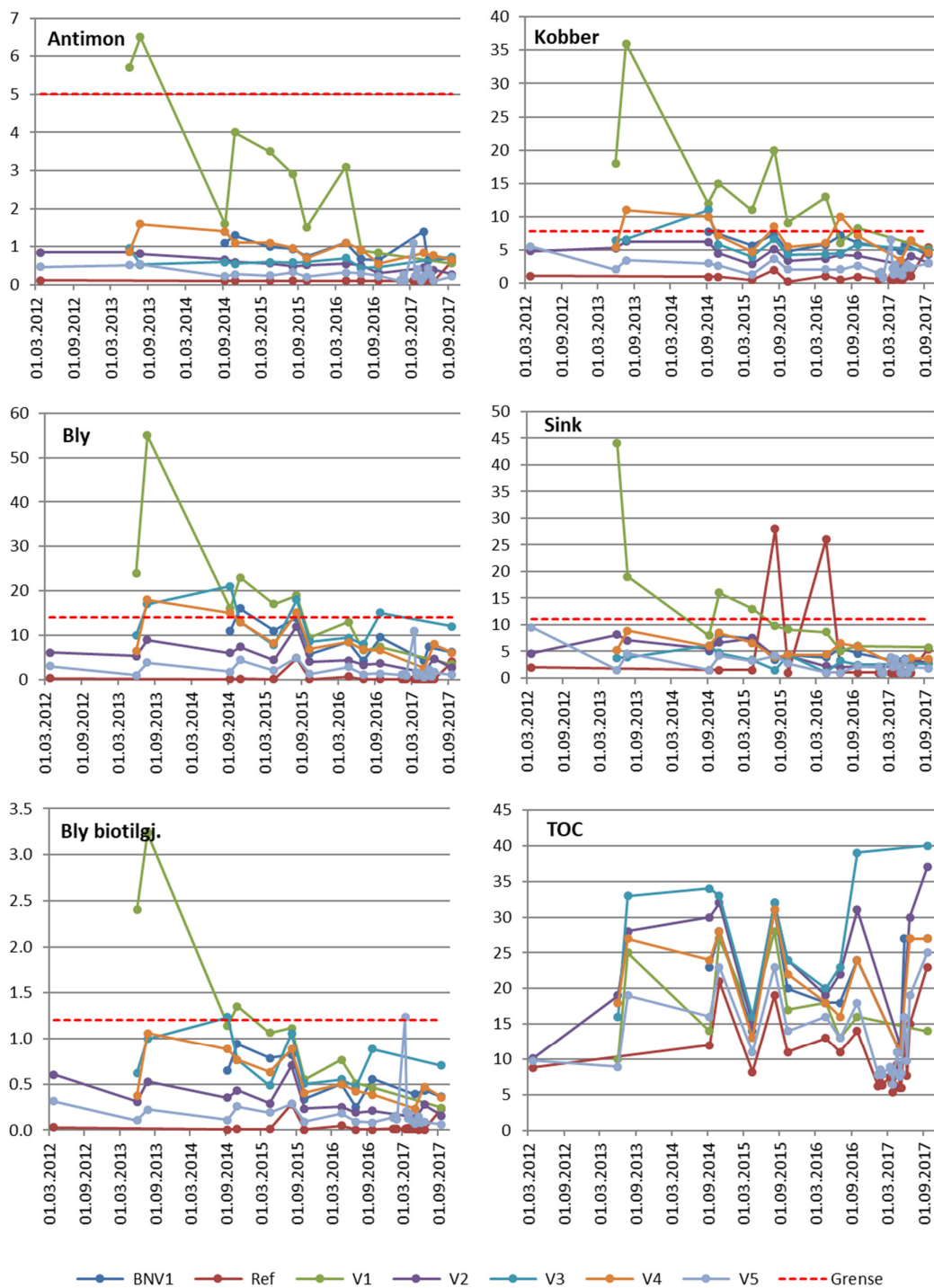
Figur 22. Gurulia skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2017 (©Kartverket).



Figur 23. Bue-Nebb skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2017 (©Kartverket).



Figur 24. Totalkonsentrasjon av tungmetaller ($\mu\text{g/l}$) i Gurulia. Ekstremt høye verdier fra mars 2017 er ikke vist, men finnes i Vedlegg B. De to nederste panelene viser beregnet konsentrasjon av biotilgjengelig bly, i dette tilfellet basert på totalkonsentrasjon av bly, samt totalkonsentrasjon av organisk karbon (mg/l)



Figur 25. Totalkonsentrasjon av tungmetaller ($\mu\text{g/l}$) ved Bue-Nebb. Ekstremt høye verdier fra mars 2017 er ikke vist, men finnes i Vedlegg B. De to nederste panelene viser beregnet konsentrasjon av biotilgjengelig bly, i dette tilfellet basert på totalkonsentrasjon av bly, samt totalkonsentrasjon av organisk karbon (mg/l)

3.2.6 Banemyra

Banemyra ligger i Levanger kommune i Nord-Trøndelag. Der lå en geværskytebane som ble etablert i tiknytning til Rinnleiret Leir på begynnelsen av 1900-tallet. Skytebanen på Banemyra var en 300-meter bane, med standplass i nord-vest og målområde i sør-øst. Det var i tillegg opparbeidet standplasser på 100 og 200 meter avstand fra målområdet. Banen var i bruk til begynnelsen av 2000-tallet. Terrenget er myrlendt med noe blandingsskog. I følge Amundsen (2011) viste tidligere undersøkelser av grunnen at hele banearealet hadde et høyt innhold av tungmetaller. Lia øst for målområdet viste også høye verdier. Høsten 2015 ble forurensede masser fjernet fra baneløp, skivevoll, kulefangervoll og skråningen bak det som var målområdet. Feltet og prøvepunktene er vist i **Figur 26** og **Tabell 6**. Vannet renner mot nordøst gjennom Finnkalldalen og ut i Rinnelva ca. 1 km nord for banen. Punktene V-06 og V-01 er referansestasjoner hvor vannet antas å være upåvirket av militær aktivitet. Punkt V-05 er et sig/bekk som mottar avrenning fra kulefangervollen, mens V-04 mottar avrenning fra standplasser og baneområdet. Punkt V-02 er plassert i bekk etter samløp mellom V-04 og V-05 og representerer samlet avrenning ut av feltet.

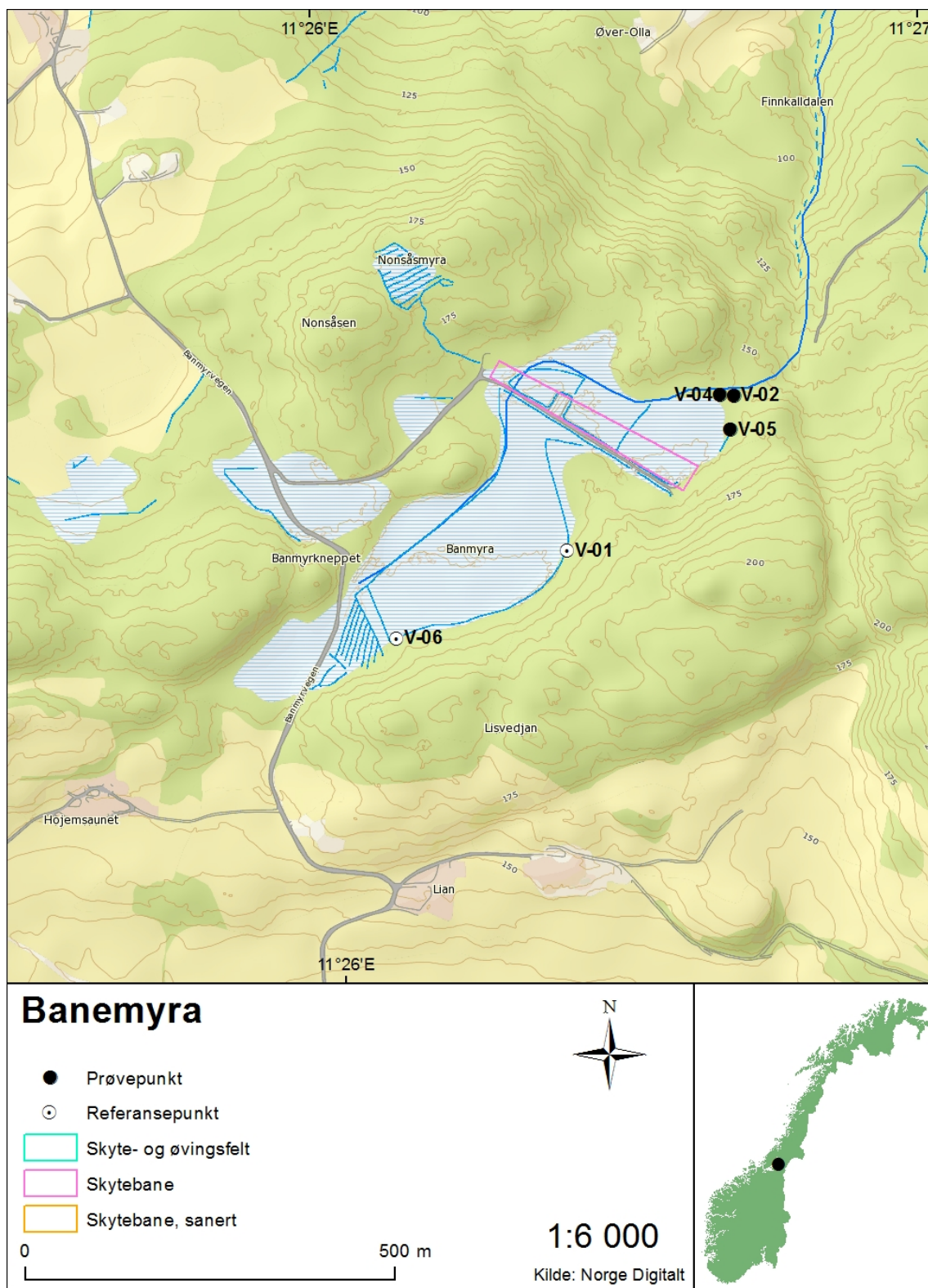
Tabell 6. Estimert nedbørfeltareal, middelvannføring og tilhørende vannforekomst definert på nettstedet Vann-nett for punktene i Banemyra.

Punkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal (km ²)	Middelvannføring 61-90 (l/s)
V-06	Ikke definert	0,03	1
V-01	Ikke definert	0,05	1
V-05	Ikke definert	0,06	1
V-04	126-82-R Øvre del av bekkefelt Rinnelva	0,25	5
V-02	126-82-R Øvre del av bekkefelt Rinnelva	0,31	6

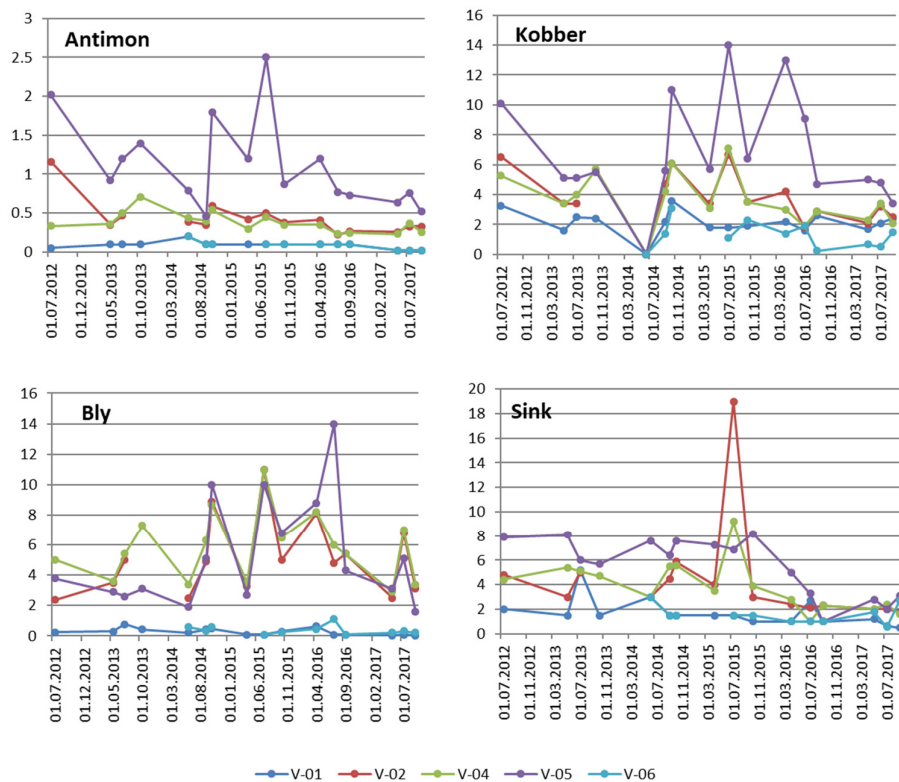
Vannføringen ble bedømt som normal for årstiden under prøvetakingsrundene den 3. mai og 11. juli. Den 20. september var vannføringen lav noe som skyldes at det falt betydelig mindre nedbør enn normalt i september. Vannet er moderat kalkrikt (kalsium 5-12 mg/l), er moderat surt (pH 6-7) og humøst (TOC>10 mg/l). Alle enkeltresultater fra 2017 er tabulert i Vedlegg B.

Vannet fra målområdet (V-05) hadde de høyeste nivåene av antimon og kobber, men blykonsentrasjonen var på omtrent samme nivå ved punkt (V-02, V-04 og V-05) (**Figur 27**). De høyeste nivåene ble funnet i juliprøvene. Tungmetallnivåene har vist nedadgående trend siden tiltaket i 2015, spesielt ved punkt 5. Grenseverdiene for tungmetaller ble ikke overskredet i noen av prøvene fra 2017 (**Figur 28**). Prøvene fra det antatt upåvirkede referanseområdet (V-01 og V-06) inneholdt noe kobber.

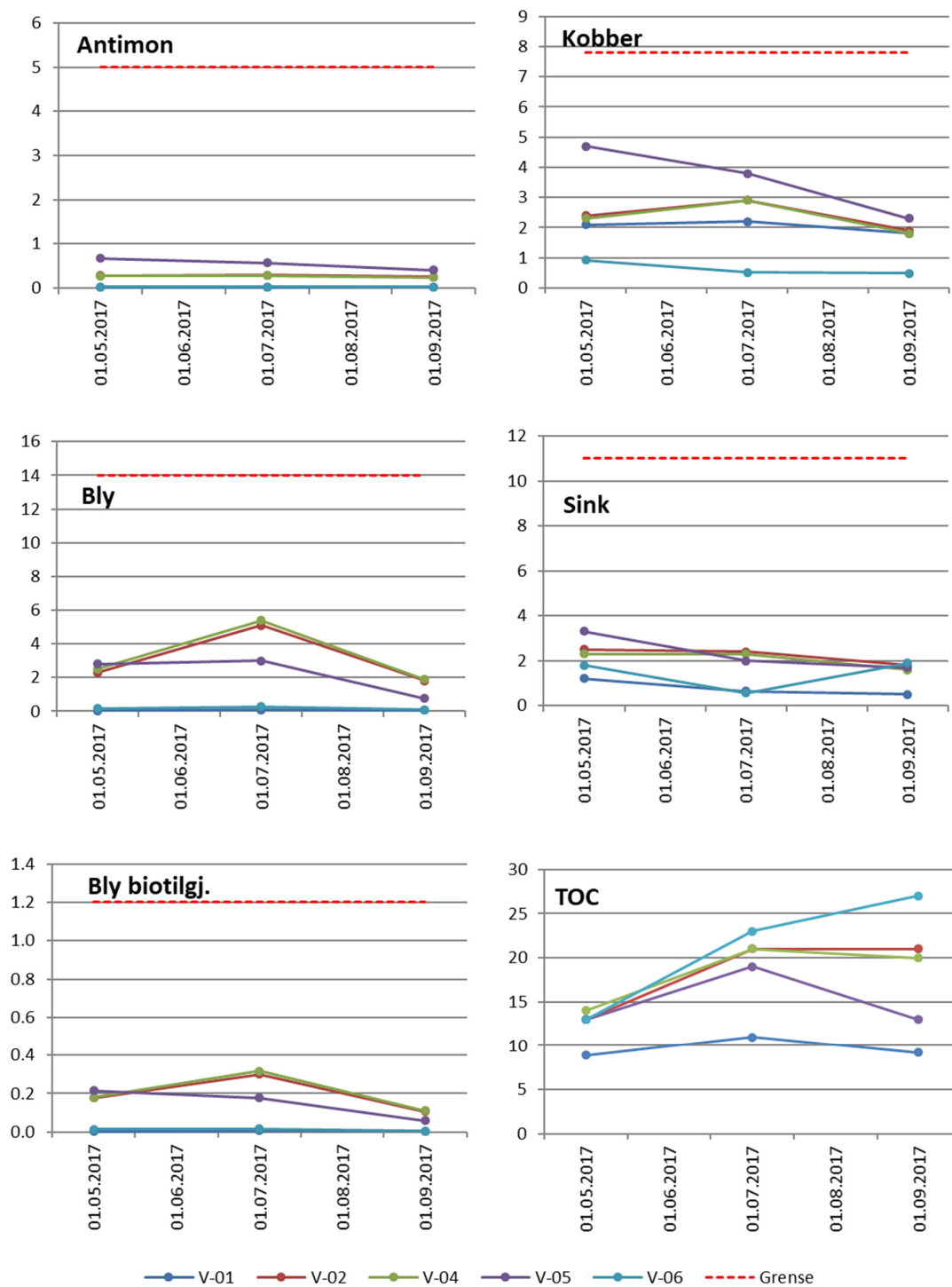
Antar man en gjennomsnittlig avrenning på 6 l/s blir beregnet massetransport ut av feltet i 2017 ca. 800 g bly og 50 g antimon når referansenivå trekkes fra. Dette tilsvarer en reduksjon på omtrent 20 % for bly sammenlignet med utlekking før tiltaket i 2015. For de andre metallene er bidraget fra skyteaktivitet lite eller ikke kvantifiserbart. Overvåkingen bør fortsette ett år til for å få tre år med data etter avsluttet tiltak. Dette er i tråd med Miljødirektoratets tilbakemelding (ref 2014/7188) på sluttrapport etter gjennomført saneringstiltak (ref 2012/3355-145/474).



Figur 26. Banemyra skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2017 (©Kartverket).



Figur 27. Totalkonsentrasjon av tungmetaller ($\mu\text{g/l}$) i prøver fra Banemyra.



Figur 28. Konsentrasjon av tungmetaller ($\mu\text{g/l}$) i filtrerte prøver, beregnet konsentrasjon av biotilgjengelig bly samt totalkonsentrasjon av organisk karbon (mg/l) i prøver fra Banemyra i 2017. De horisontale stiplede linjene indikerer grenseverdiene som er definert i Tabell 1.

3.3 Resultater fra overvåking av SØF som ikke var ferdigryddet i 2017

3.3.1 Børja

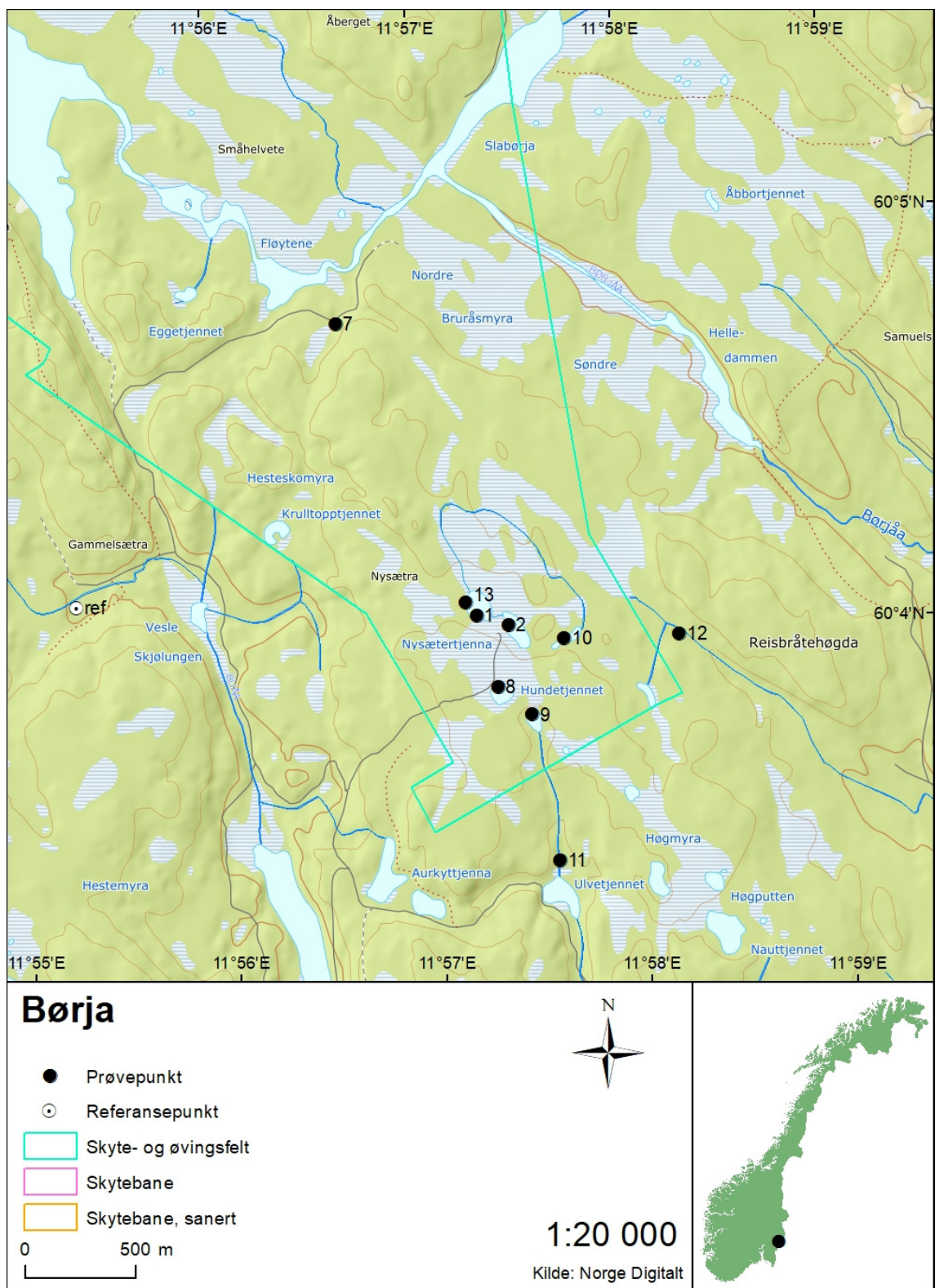
Børja SØF ligger i Eidskog kommune. Feltet ble etablert i 1958 og har vært brukt som luft-til-bakke mål fra fly, men kun med øvingsammunisjon. Målene har vært plassert i området rundt Nysætertjenna (**Figur 29**) Her har det også vært drevet nærøving med hånd- og avdelingsvåpen. I tillegg har feltet vært brukt til sprengningsøvelser og destruksjon av ammunisjon (Forsvarsbygg, 2005a). Det største og mest forurensede området drenerer til Søndre Nysætertjenn (punkt 2) og via en liten bekk videre til Nordre Nysætertjenn (punkt 1). Tidligere overvåking (Rognerud, 2005) og enkeltprøver fra 2016 (**Figur 30**) har vist at Nysætertjenna er forurenset med metaller. Herfra renner det et sig i nordvestre enden av tjernet (punkt 13), som ifølge kartet renner i retning et navnløst tjern i øst (punkt 10) og 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) (Nordal, 2007b). Det har dessuten vært en demoleringsplass i nord som kan ha avrenning til Børjåa gjennom et sig (punkt 7). Noe informasjon om punktene som ble prøvetatt i 2017 er vist i **Tabell 7**.

Tabell 7. Estimert nedbørfeltareal, middelvannføring og tilhørende vannforekomst definert på nettstedet Vann-nett for punktene i Børja.

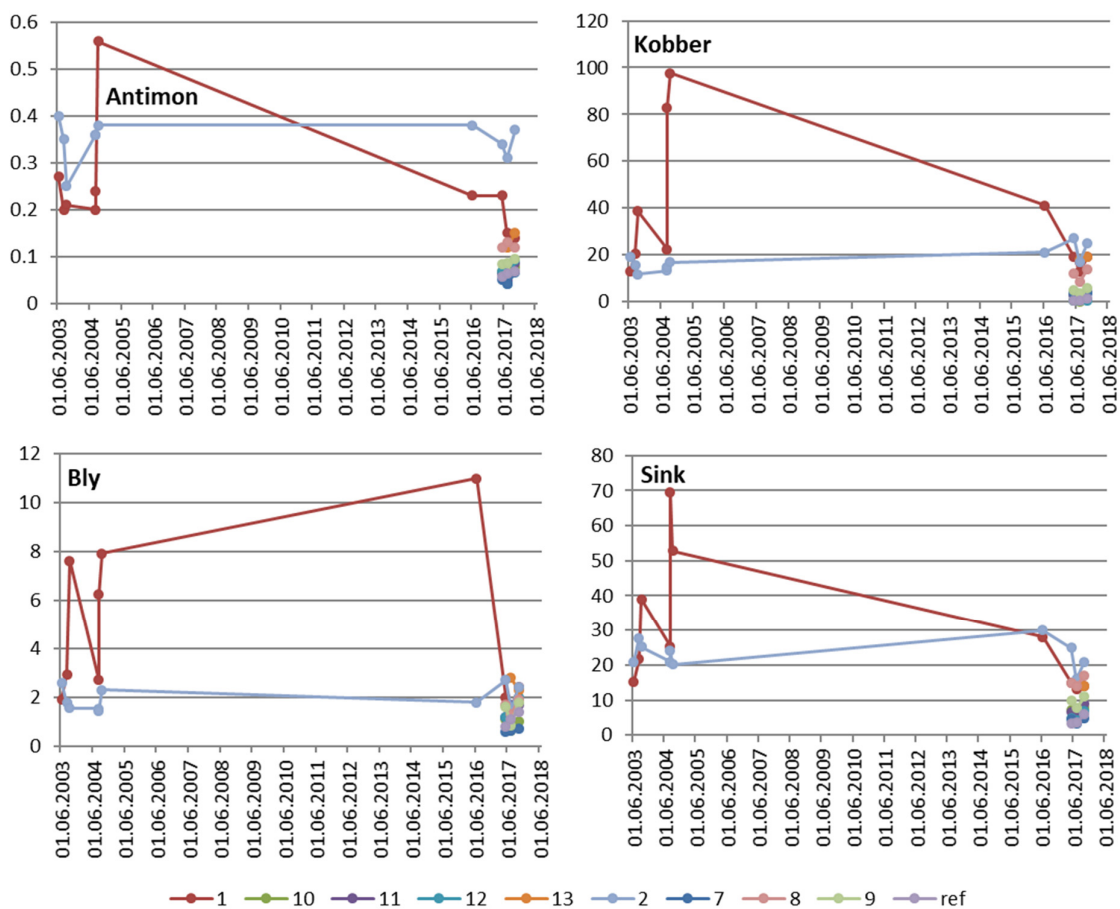
Punkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal (km ²)	Middelvannføring 61-90 (l/s)
1	Ikke definert		
2	Ikke definert		
7	Ikke definert	0,12	2
8	Ikke definert		
9	Ikke definert		
10	Ikke definert		
11	313-137-R Børjåa nedre del - bekkefelt	0,4	7
12	313-127-R Børjåa - bekkefelt	0,6	10
13	Ikke definert		
ref	Ikke definert	4	67

Prøvene i 2017 ble innsamlet den 5. mai, 25. juli og 4. oktober. Ved prøvetakingen i mai var det relativt høy vannføring selv om det meste av snøen i feltet hadde smeltet. Den 25.juli var det lav vannføring, mens vannføringen var høy den 4. oktober pga. mye nedbør i dagene før. Vannet var svært kalkfattig (Ca 0,4-1,5 mg/l), surt (pH 4,2-5,7) og humøst (TOC 12-30 mg/l). Alle enkeltresultater er tabulert i vedlegg.

De høyeste tungmetallnivåene ble funnet i punkt 1 og 2, og det er spesielt kobber og sink som var betydelig høyere enn den antatt upåvirkede referansen. Konsentrasjonene hadde ikke endret seg merkbart siden undersøkelsene i 2003/2004, med mulig unntak for kobber som kan ha økt 20-30 prosent i Søndre Nysætertjenn (punkt 2) (**Figur 30**). Prøvene tatt i Nordre Nysætertjenn (punkt 1) og i utløpsstiget (punkt 13) viste omtrent like verdier. Også punktene Hundetjenna (punkt 8), navnløst tjern (punkt 9) og utløpsbekken av denne (punkt 11) viste forhøyede verdier av kobber og sink og indikerer at noe forurensning renner av sørover. I de nevnte tjernene ble grenseverdiene for kobber og sink overskredet (**Figur 31**).

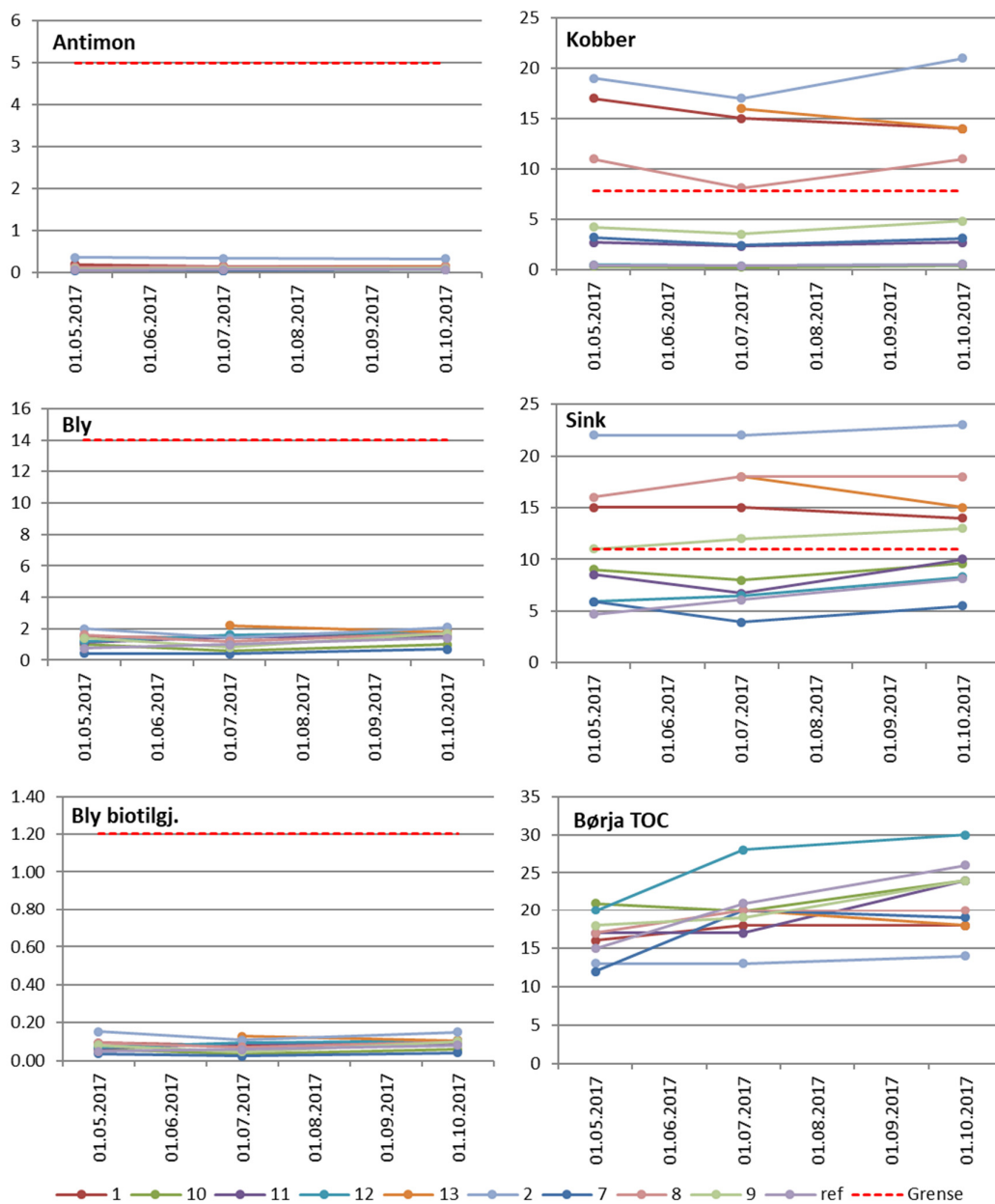


Figur 29. Børja skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2017 (©Kartverket).



Figur 30. Totalkonsentrasjon av tungmetaller ($\mu\text{g/l}$) i prøver fra Børja.

Basert på de målte konsentrasjonene i punkt 11 er det lav transport av metaller ut av feltet med estimerte verdier på 0,5 kg kobber og 0,6 kg sink i året. Overvåkingen bør fortsette i 2018 for å styrke datagrunnlaget.



Figur 31. Konsentrasjon av tungmetaller ($\mu\text{g/l}$) i filtrerte prøver, beregnet konsentrasjon av biotilgjengelig bly samt totalkonsentrasjon av organisk karbon (mg/l) i prøver fra Børja i 2017. De horisontale stiplede linjene indikerer grenseverdiene som er definert i Tabell 1.

3.3.2 Kvamskogen (Steinskvanndalen)

Kvamskogen SØF som ligger i Kvam kommune, ble etablert mot slutten av sekstitallet som øvingsområde for Heimevernet. Området er på ca. 1500 dekar med myr, fjell og løvskog, og med den vakre elva Fljoto rennende gjennom fra nord til sør. Det er lite synlige inngrep i området med unntak av en grusvei. 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 30-100m avstand fra veien. Total mengde avfyrt skudd har blitt anslått til 300-400 000, hovedsakelig på 100m-banen i skytefeltet, men det kan også ha blitt skutt mot mål utplassert andre steder i terrenget (Amundsen, 2011).

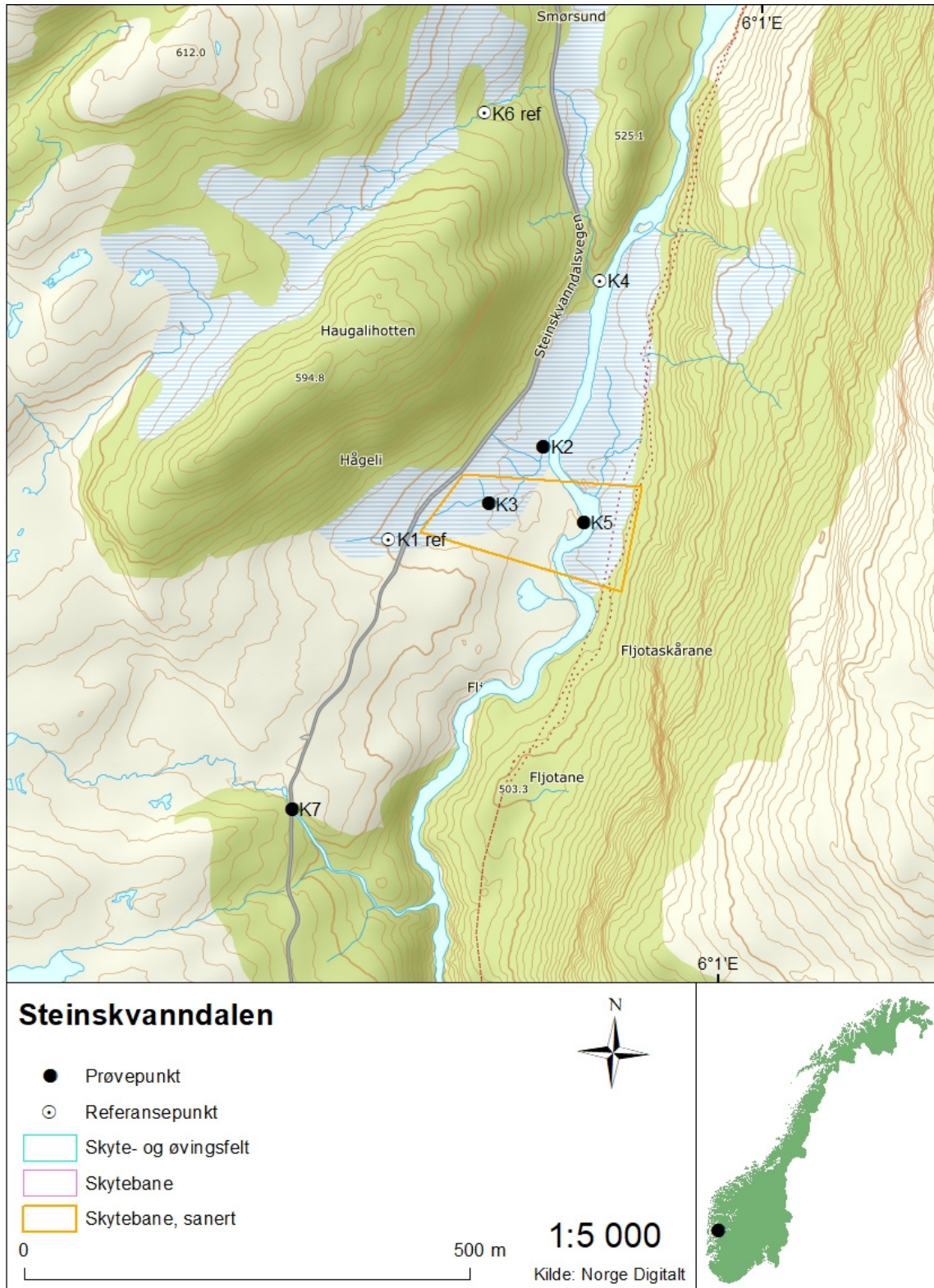
Punktene som ble prøvetatt (**Figur 32**) var de samme som ble overvåket 2010-2011 (Amundsen, 2011, 2012). Det er to referansepunkter på vestsiden av veien (K1 ref og K6 ref), samt et oppstrømspunkt i Fljoto (K4). Disse ble i utgangspunktet antatt å være upåvirket av skyteaktiviteten (men se under). Punkt K7 ble tatt i bekk som renner fra myrområdet vest-sørvest for 100m-banen, men ble ikke regnet som referanse fordi området nord og vest for Haugalihotten kan være påvirket av skyteaktivitet. Punkt 3 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. Mer informasjon om punktene er vist i **Tabell 8**

Tabell 8. Estimert nedbørfeltareal, middelvannføring og tilhørende vannforekomst definert på nettstedet Vann-nett for punktene i Kvamskogen.

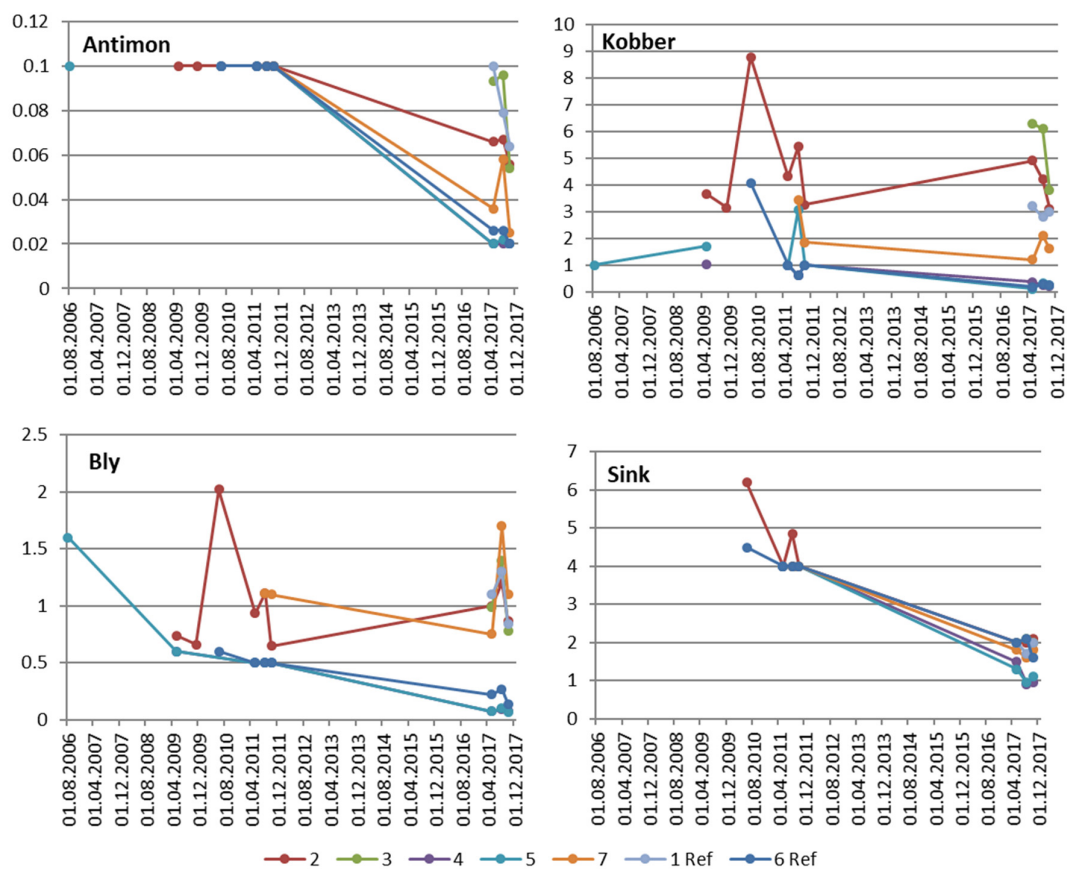
Punkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal (km ²)	Middelvannføring 61-90 (l/s)
K1 ref	052-144-R Longvotnevatnet og steinsdalselvi bekkefelt	0,07	6
K3	052-144-R Longvotnevatnet og steinsdalselvi bekkefelt	0,1	9
K2	052-144-R Longvotnevatnet og steinsdalselvi bekkefelt	0,139	12
K6 ref	052-144-R Longvotnevatnet og steinsdalselvi bekkefelt	0,107	9
K7	Ikke definert	0,315	28
K4	052-144-R Longvotnevatnet og steinsdalselvi bekkefelt	15,95	2035
K5	052-144-R Longvotnevatnet og steinsdalselvi bekkefelt	15,95	2035

Prøvene ble tatt 26. mai, 18. august og 31. oktober. Vannføringen ble bedømt som normal for årstiden under vår- og høstrunden, og kanskje noe høyere enn normal under sommerrunden. Feltet ligger i et område som mottar mye nedbør. Vannet var svært kalkfattig (kalsium 0,3-0,8 mg/l), svakt surt (pH 5,6-6,3) og klart (TOC 1-6 mg/l).

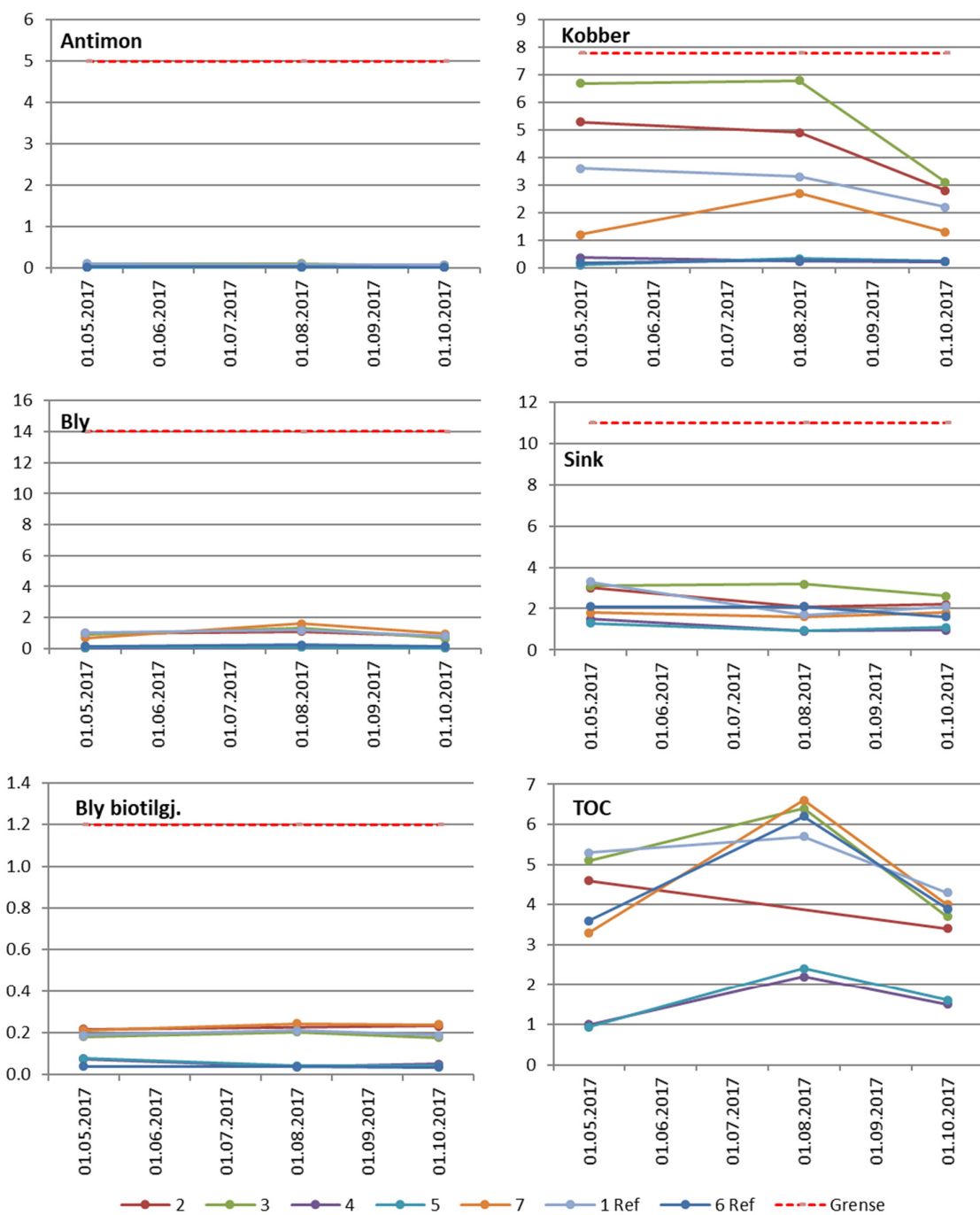
Tungmetallnivåene i K2, K3, K7 og K1 ref var noe forhøyet sammenlignet med K6 ref og punktene i Fljoto (**Figur 33**). Dette gjaldt særlig bly og kobber, men tendensen var tydelig også for sink og antimon. Nivåene av bly og kobber var på samme nivå som i tidligere undersøkelser. Dette tyder på at den tidligere skyteaktiviteten gir lav, men påviselig utlekking av metaller fra området og at det også er noe forurensning vest for veien i området som dreneres gjennom punkt K1 ref. Fortynningen i elva Fljoto var imidlertid så stor at det ikke gav signifikant forskjellige nivåer ved punkt K4 og K5. Det ble ikke påvist konsentrasjoner som overskred grenseverdiene i noen av prøvene fra noen av punktene (**Figur 34**). Estimert utlekking av tungmetaller var lav: 0,3 kg bly, 1,5 kg kobber, 0,1 kg sink og 10 g antimon. Det foreligger nå tre år med data, og det anses ikke nødvendig med flere undersøkelser før eventuelle tiltak i feltet.



Figur 32. Kvamskogen (Steinskvandalen) skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2017 (©Kartverket).



Figur 33. Totalkonsentrasjon av tungmetaller (µg/l) i prøver fra Kvamskogen (Steinskvanndalen).



Figur 34. Konsentrasjon av tungmetaller ($\mu\text{g/l}$) i filtrerte prøver, beregnet konsentrasjon av biotilgjengelig bly samt totalkonsentrasjon av organisk karbon (mg/l) i prøver fra Kvamskogen (Steinskvanndalen) i 2017. De horisontale stiplede linjene indikerer grenseverdiene som er definert i Tabell 1.

3.3.3 Ørskogfjellet

Ørskogfjellet SØF ligger i Ørskog kommune i Møre og Romsdal og har vært brukt av Heimevernet siden 1950-tallet. Feltet bestod av totalt åtte baner, to av dem med standplass og skivebuer. De to nordvestligste banene som er indikert på kartet i **Figur 35**, har aldri vært i bruk. På de andre banene har det vært skutt med håndvåpen og kanon av ymse kaliber. Bruken av feltet ble trappet ned på 1980-tallet og avsluttet i 1995. Området er myrlendt, og det har blitt gjort forsøk i feltet med tiltak for å hindre metallutlekking fra forurenset myr. I perioden mai – juli 2017 ble forurensete masser (ca 700 m³) fjernet fra baneområdene.

Vannet i feltet renner retning nordvest, inn i bekken Kopen og videre ut i Svartløkkelva, utløpselva fra Nysætervatnet (**Figur 35, Tabell 9**). Punkt P22 er plassert i bekken Kopen, men så høyt oppe at vannet kan antas å være lite påvirket av militær aktivitet. Punkt P3 er plassert i bekk som renner ut fra skytebane 1. Stasjon P7 mottar i tillegg avrenning fra skytebane 1 og 4. Punkt P21 er plassert i primærresipienten, bekken Kopen, og representerer samlet avrenning ut av feltet.

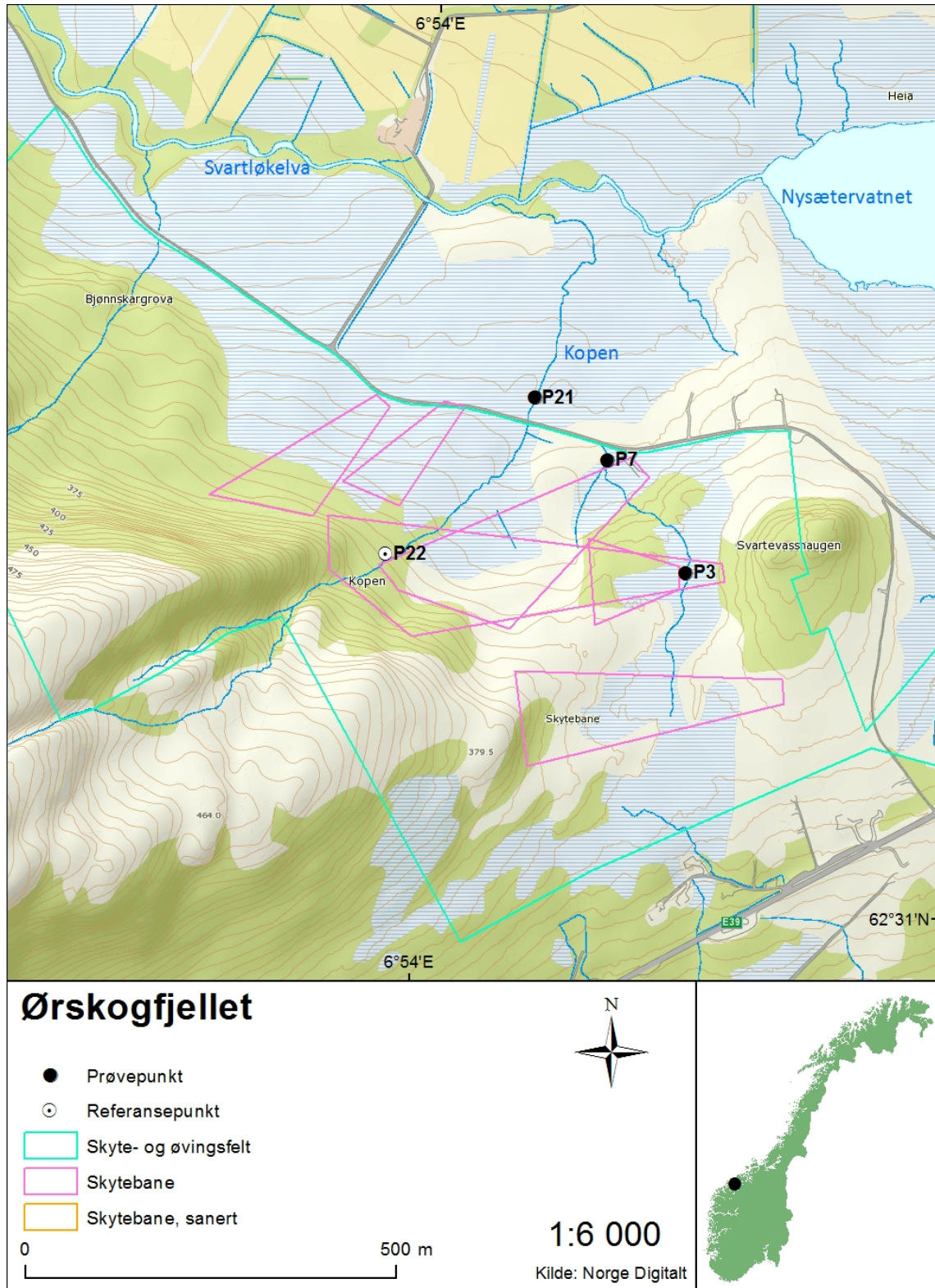
Tabell 9. Estimert nedbørfeltareal, middelvannføring og tilhørende vannforekomst definert på nettstedet Vann-nett for punktene på Ørskogfjellet.

Punkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal (km ²)	Middelvannføring 61-90 (l/s)
P3	Ikke definert	0,075	5
P7	Ikke definert	0,12	8
P22	101-63-R Svartløkkelva (Løkkelva) og Nysætervatnet med bekkefelt	0,15	11
P21	101-63-R Svartløkkelva (Løkkelva) og Nysætervatnet med bekkefelt	0,56	39

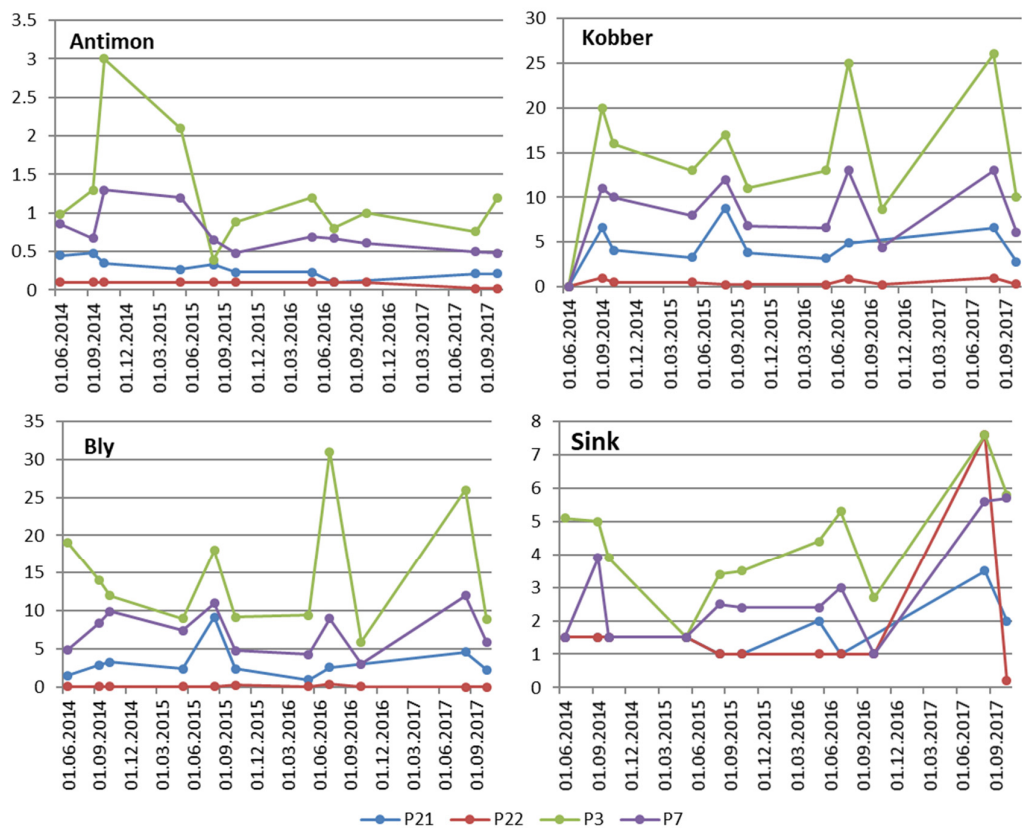
Det ble gjennomført prøvetakingsrunder den 3. august og 11. oktober. Vannføringen ved disse to anledningene ble bedømt til hhv. lav og normal for årstiden. Vannet var gjennomgående svært kalkfattig (kalsium < 1 mg/l) og moderat surt (pH 5,4-6,5). Humuskonsentrasjonen var moderat i Kopen (TOC 2-7 mg/l) og høyt i sidebekken der p3 og P7 ligger (TOC 8-13 mg/l). Alle enkeltresultater fra 2017 er tabulert i Vedlegg B.

De høyeste tungmetallkonsentrasjonene ble påvist ved punkt P3 og noe lavere ved P7. Det er prøver tatt om sommeren som har vist de høyeste nivåene og skyldes nok sesongvariasjoner i konsentrasjonen av TOC. Det er ingen klare tidstrender i tungmetallnivåer gjennom overvåkingsperioden, men sinknivåene i 2017 var noe høyere enn før (**Figur 36**). Det er mulig at dette henger sammen med tiltakene våren 2017, som ellers foreløpig ikke har hatt påviselige effekter på utlekkingen. Ved P3 var nivåene av bly og kobber over grenseverdiene (**Figur 37**). Konsentrasjonene blir fortennet lenger ned i nedbørfeltet. Ved punkt P21 var konsentrasjonene fortsatt forhøyet, men lavere enn grenseverdiene. Antimonnivået var lavt ved alle stasjonene, men tydelig høyere enn bakgrunn (stasjon P22).

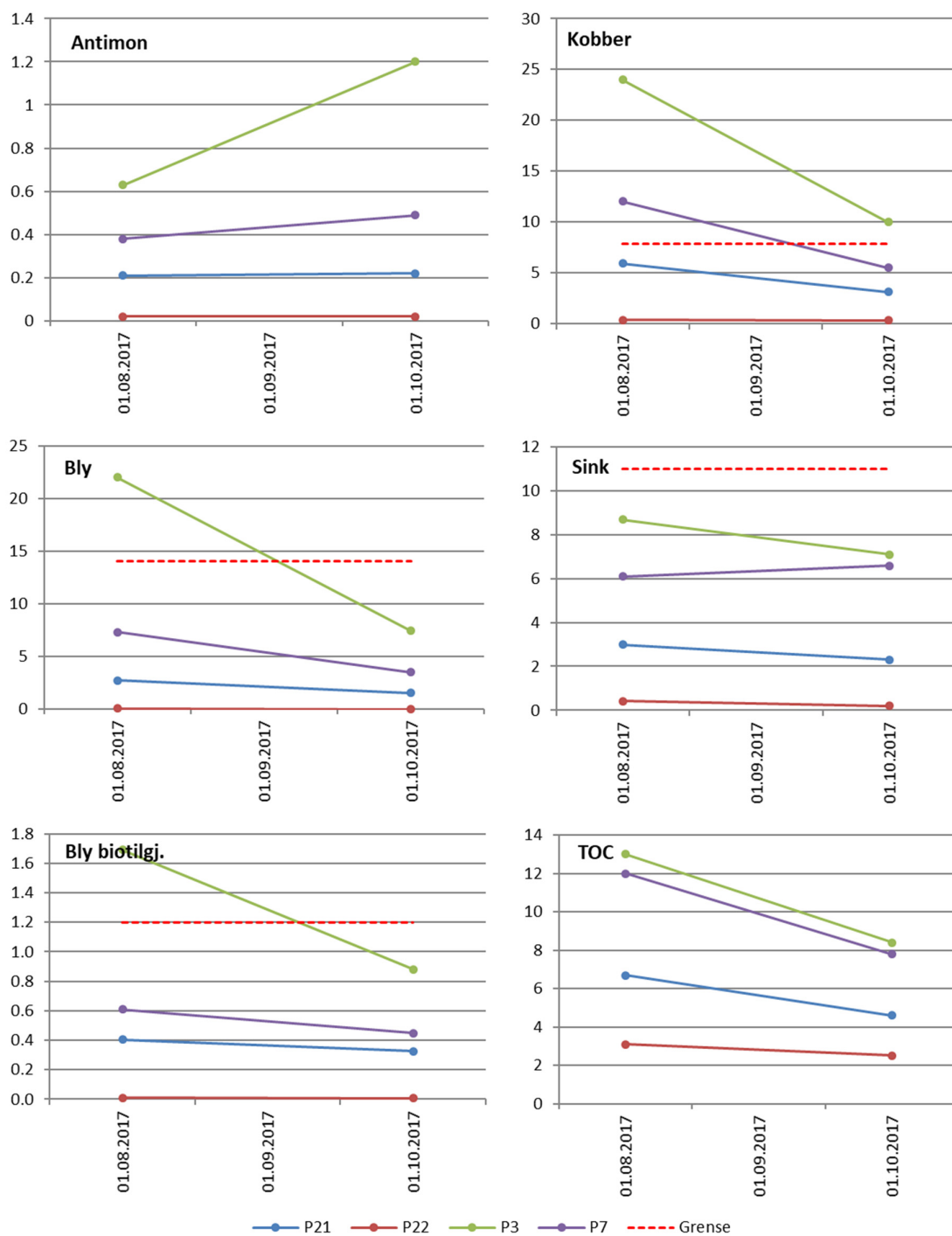
Ut av feltet (punkt P21) var konsentrasjonene av bly og kobber mange ganger høyere enn i referansen. Forhøyede nivåer av disse metallene samt antimon kan altså for en stor del tilskrives skyteaktivitet. Estimert utlekking av tungmetaller i 2017 ble 0,23 kg antimon, 4,2 kg bly, 5,0 kg kobber og 3 kg sink. Det anbefales at overvåkingen fortsetter i 2018 for å følge effekten av tiltakene.



Figur 35. Ørskogfjellet skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2017 (©Kartverket).



Figur 36. Totalkonsentrasjon av tungmetaller (µg/l) i prøver fra Ørskogfjellet.



Figur 37. Konsentrasjon av tungmetaller ($\mu\text{g/l}$) i filtrerte prøver, beregnet konsentrasjon av biotilgjengelig bly samt totalkonsentrasjon av organisk karbon (mg/l) i prøver fra Ørskogfjellet i 2017. De horisontale stiplede linjene indikerer grenseverdiene som er definert i Tabell 1.

3.3.4 Melbu/Haugtuva

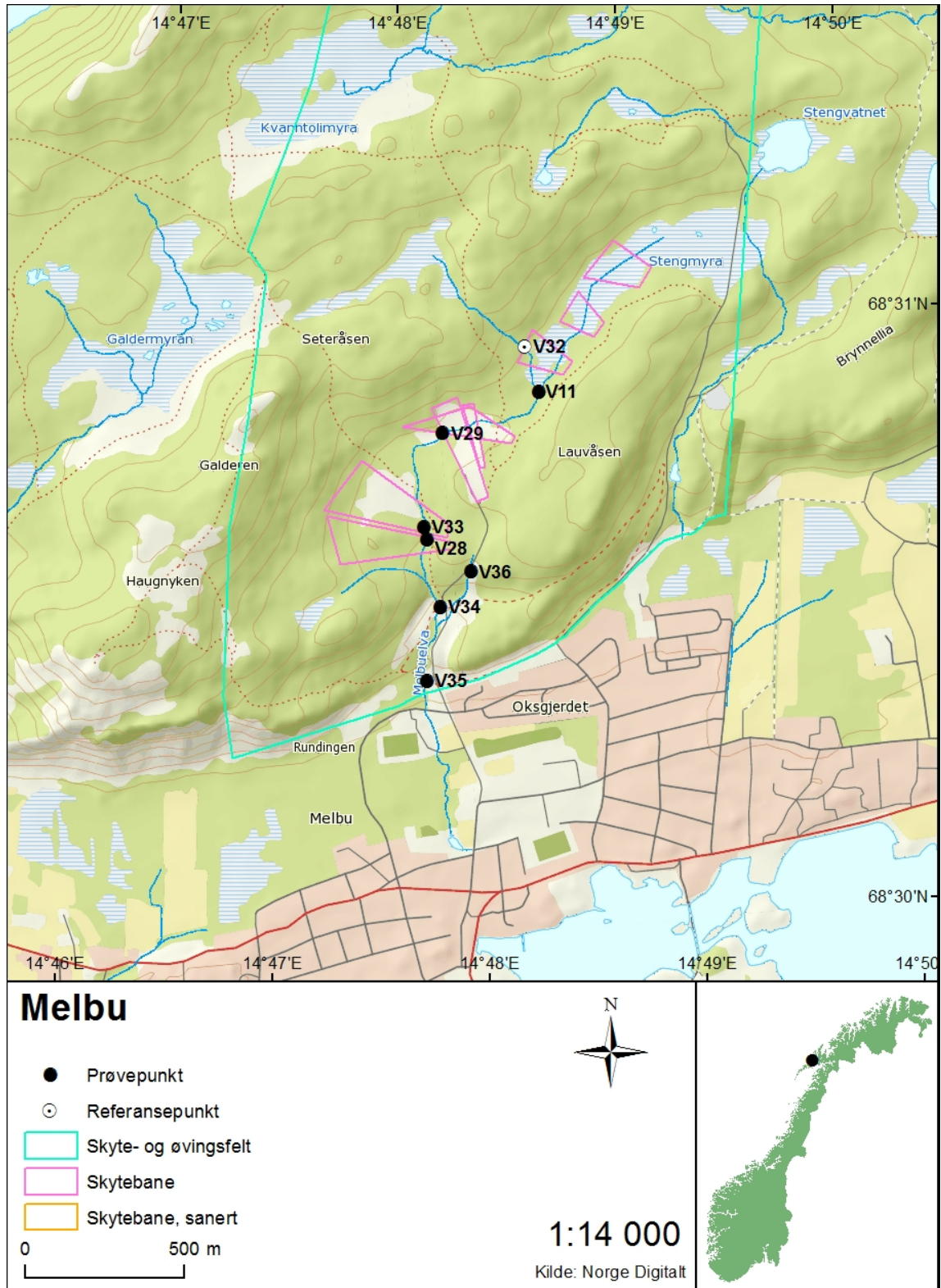
Melbu/Haugtuva skytefelt ligger i Hadsel kommune i Nordland. Heimevernet har brukt feltet til skyting med håndvåpen fra 1950-tallet og fram til 2005 da forsvaret avsluttet sin aktivitet i området. To av de totalt 8 banene er fremdeles i bruk som sivile skytebaner. Et stort myrområde omgitt av slake åser med småvokst bjørkeskog ligger sentralt i feltet. Tiltak for å fjerne forurensede masser er planlagt, men ikke påbegynt. Feltet og prøvepunktene er vist i **Figur 38** og **Tabell 10**. Vannet fra feltet renner sørover og samles i Melbuelva som renner ut i Hadsselfjorden 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. Bekken renner videre til punkt V29 hvor avrenning fra bane 3, 4, 5, 6 og 7 også har blitt blandet inn. Punkt V33 er plassert i bekk med avrenning fra bane 1 og 2. Punkt V28 er plassert i Melbuelva og representerer all avrenning ut av feltet. I tillegg ble de tilleggs punktene V34 og V35 etablert, hvor sistnevnte er plassert omtrent på 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 10. Estimert nedbørfeltareal, middelvannføring og tilhørende vannforekomst definert på nettstedet Vann-nett for punktene i Melbu/Haugtuva.

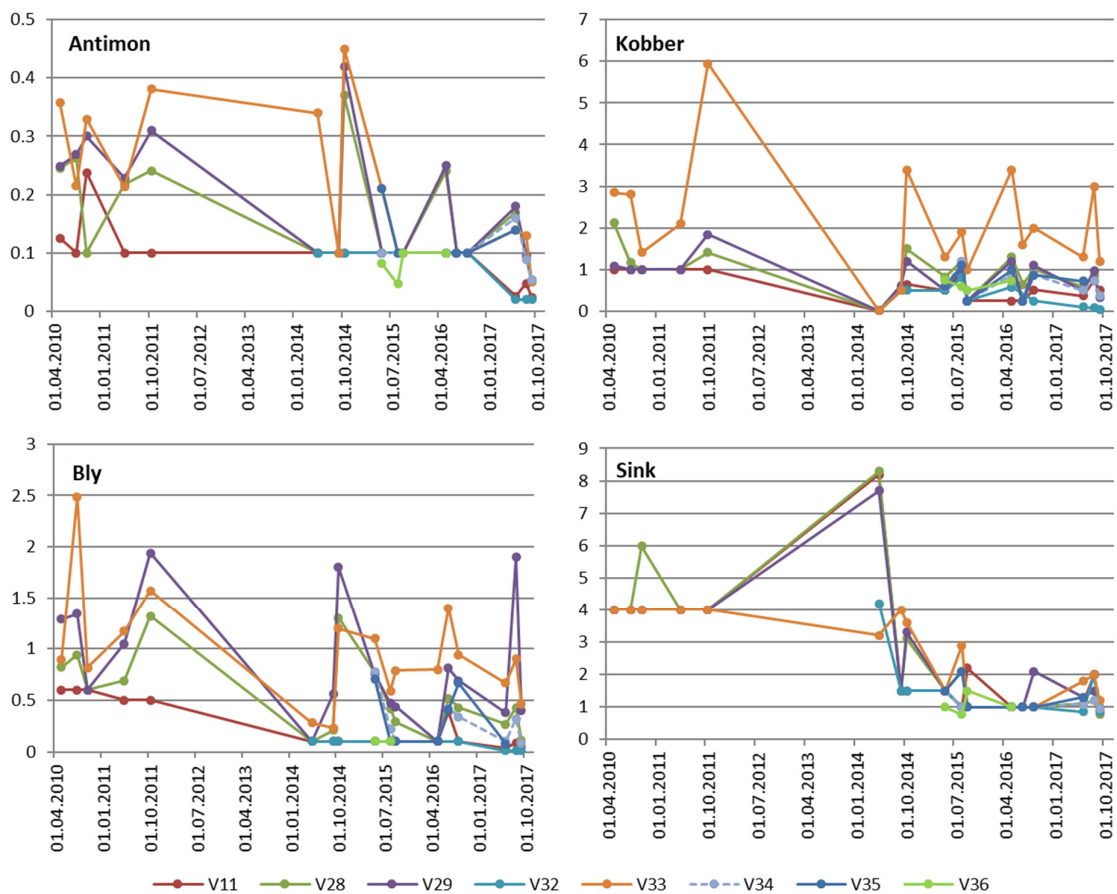
Punkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal (km ²)	Middelvannføring 61-90 (l/s)
V32	184-14-R Hadseløya øst	0,5	28
V11	184-14-R Hadseløya øst	0,3	15
V29	184-14-R Hadseløya øst	1,1	59
V33	Ikke definert	0,15	8
V28	184-14-R Hadseløya øst	1,4	73
V36	Ikke definert	0,1	5
V34	184-13-R Melbu	1,6	84
V35	184-13-R Melbu	1,8	92

Prøvetakingsrundene ble gjennomført 6. juni, 16. august og 20. september. Den 6.juni var vannføringen fortsatt relativt høy pga. sen snøsmelting. Under sommer- og høstrunden ble vannføringen bedømt som normal for årstiden. Ved punkt V36 var bekken tørr ved alle tre anledninger. Vannet var kalkfattig (kalsium 1,5-3,5 mg/l), nesten nøytralt (pH 6,4-7,4) og klart (TOC 1-7 mg/l). Alle enkeltresultater fra 2017 er tabulert i Vedlegg B.

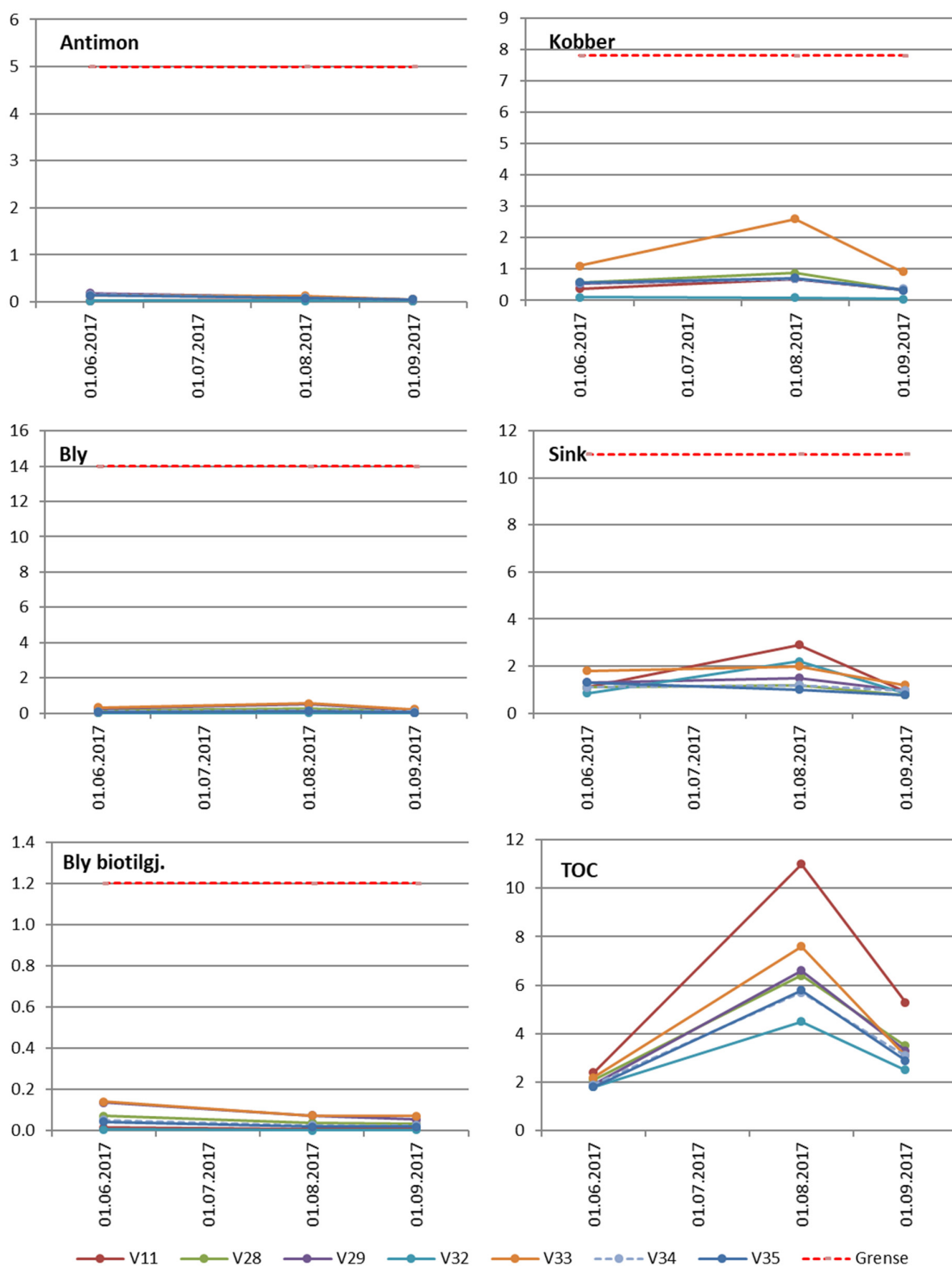
Tungmetallnivået var høyest i punktene V29 og V33 (**Figur 39**), men selv her var verdiene relativt lave sammenlignet med resultater omtalt i denne rapporten fra SØF i Trøndelag og sørover. Det var små eller ingen forskjeller mellom blykonsentrasjonene ved V28 og punktene lenger ned (V34 og V35). Det har ikke blitt funnet klare tidstrender i tungmetallnivåer gjennom overvåkingsperioden. Tungmetallkonsentrasjonene var lave og godt under grenseverdiene ved alle prøvetakingspunkter (**Figur 40**). Estimert utlekking av tungmetaller i 2017 var 0,2 kg antimon, 0,6 kg bly, 1,2 kg kobber og 2,5 kg sink. Det er ingen grunn til å tro at situasjonen med lav utlekking av tungmetaller vil endre seg før det eventuelt blir anleggsaktivitet i feltet. Videre undersøkelser kan utsettes til feltet skal ryddes.



Figur 38. Melbu/Haugtuva skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2017 (©Kartverket).



Figur 39. Totalkonsentrasjon av tungmetaller (µg/l) i prøver fra Melbu/Haugtuva.



Figur 40. Konsentrasjon av tungmetaller ($\mu\text{g/l}$) i filtrerte prøver, beregnet konsentrasjon av biotilgjengelig bly samt totalkonsentrasjon av organisk karbon (mg/l) i prøver fra Melbu/Haugtuva i 2017. De horisontale stiplede linjene indikerer grenseverdiene som er definert i Tabell 1.

3.3.5 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), og noe opprydding i form av fjerning av jernskrap er påbegynt.

Feltet er dominert av en myr som ligger omtrent 30 moh. Myra er i tre himmelretninger omgitt av relativt bratte fjell på 2-400 meters høyde. Vannet drenerer sør-østover via Daleelva til Storvatnet (**Figur 41** og **Tabell 11**). Punkt 1 er plassert i en liten 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.

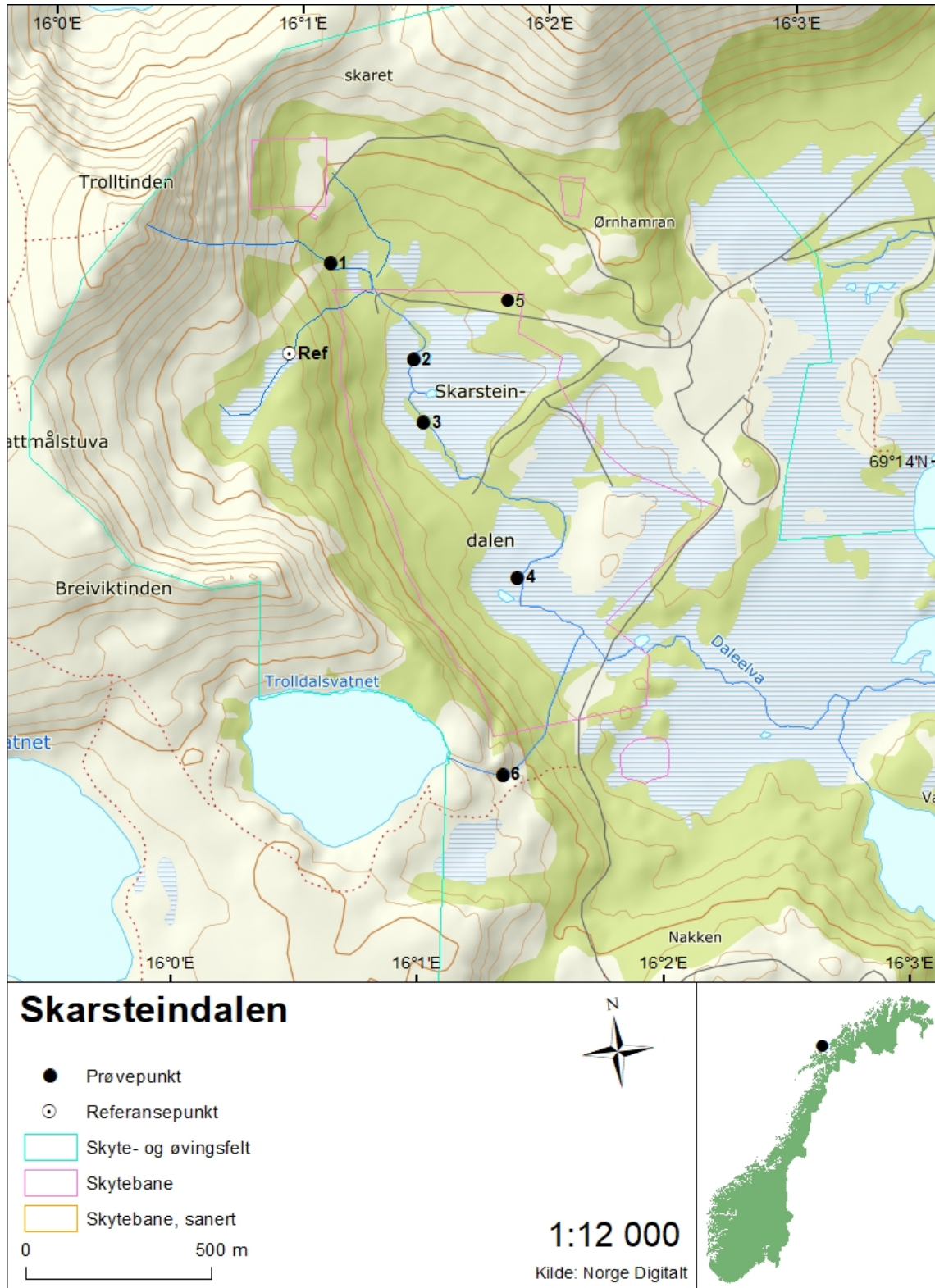
Tabell 11. Estimert nedbørfeltareal, middelvannføring og tilhørende vannforekomst definert på nettstedet Vann-nett for punktene i Skarsteindalen.

Punkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal (km ²)	Middelvannføring 61-90 (l/s)
Ref	Ikke definert	0,2	8
1	186-2-R Storelva	0,2	8
5	Ikke definert	0,05	2
2	186-2-R Storelva	1	36
3	186-2-R Storelva	1,5	60
4	186-2-R Storelva	2,2	83
6	186-2-R Storelva	0,5	20

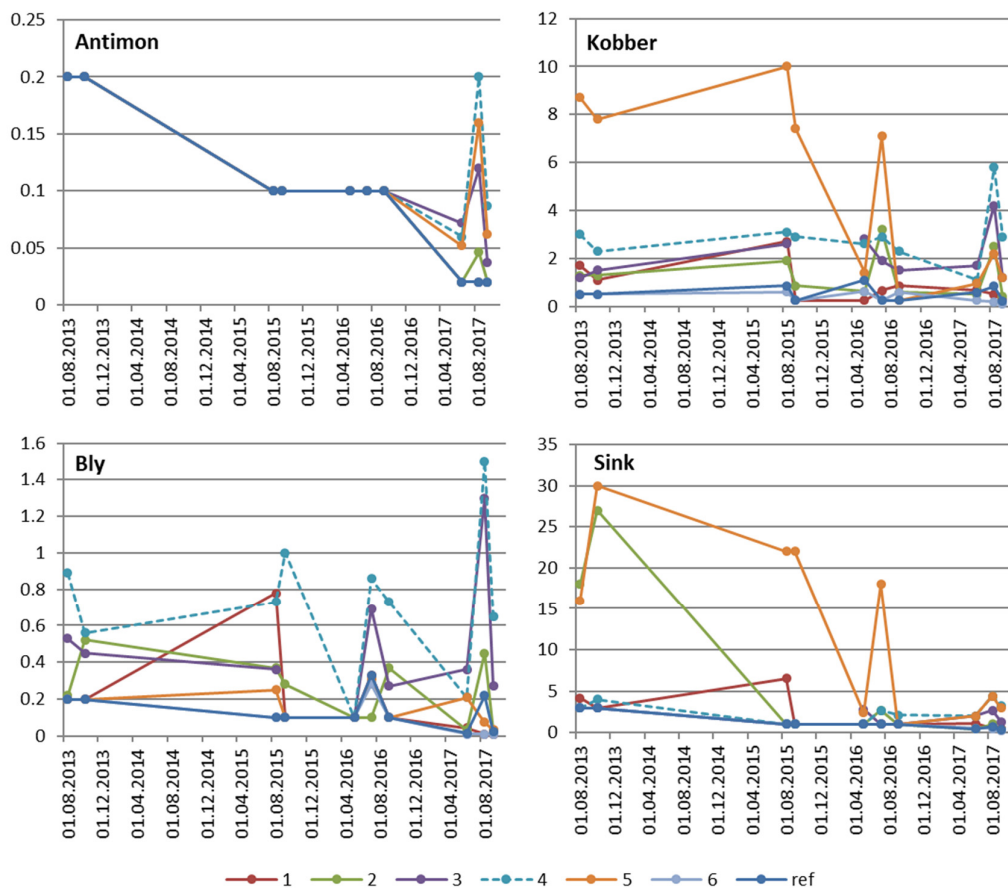
Prøvetakingsrundene ble gjennomført 7. juni, 17. august og 20. september. På de to første rundene ble vannføringen bedømt til å være noe over normalt for årstiden pga. hhv. sen snøsmelting og regn. Den 20. september ble vannføringen bedømt som normal for årstiden. Vannets pH lå rundt 7,0 og var kalkfattig-moderat kalkrikt (kalsium 2,5 – 15 mg/l). Konsentrasjonen av TOC var rundt 1-5 mg/l vår og høst, men høyere i august (5-13 mg/l). Alle enkeltresultater fra 2017 er tabulert i Vedlegg B.

Tungmetallnivået var høyest i punktene 3, 4 og 5 (**Figur 42** og **Figur 43**). I likhet med TOC var nivået av tungmetaller høyest i prøvene fra den 17. august. Det har ikke blitt funnet klare tidstrender i tungmetallnivåer gjennom overvåkingsperioden. Tungmetallkonsentrasjonene var under grenseverdiene ved alle prøvetakingspunkter (**Figur 43**). Estimert utlekking av tungmetaller i 2017 var 2 kg bly, 7 kg kobber og 8 kg sink når referansenivå ble trukket fra. Dette er relativt høye verdier for kobber og sink sammenlignet med de andre feltene som er beskrevet i denne rapporten.

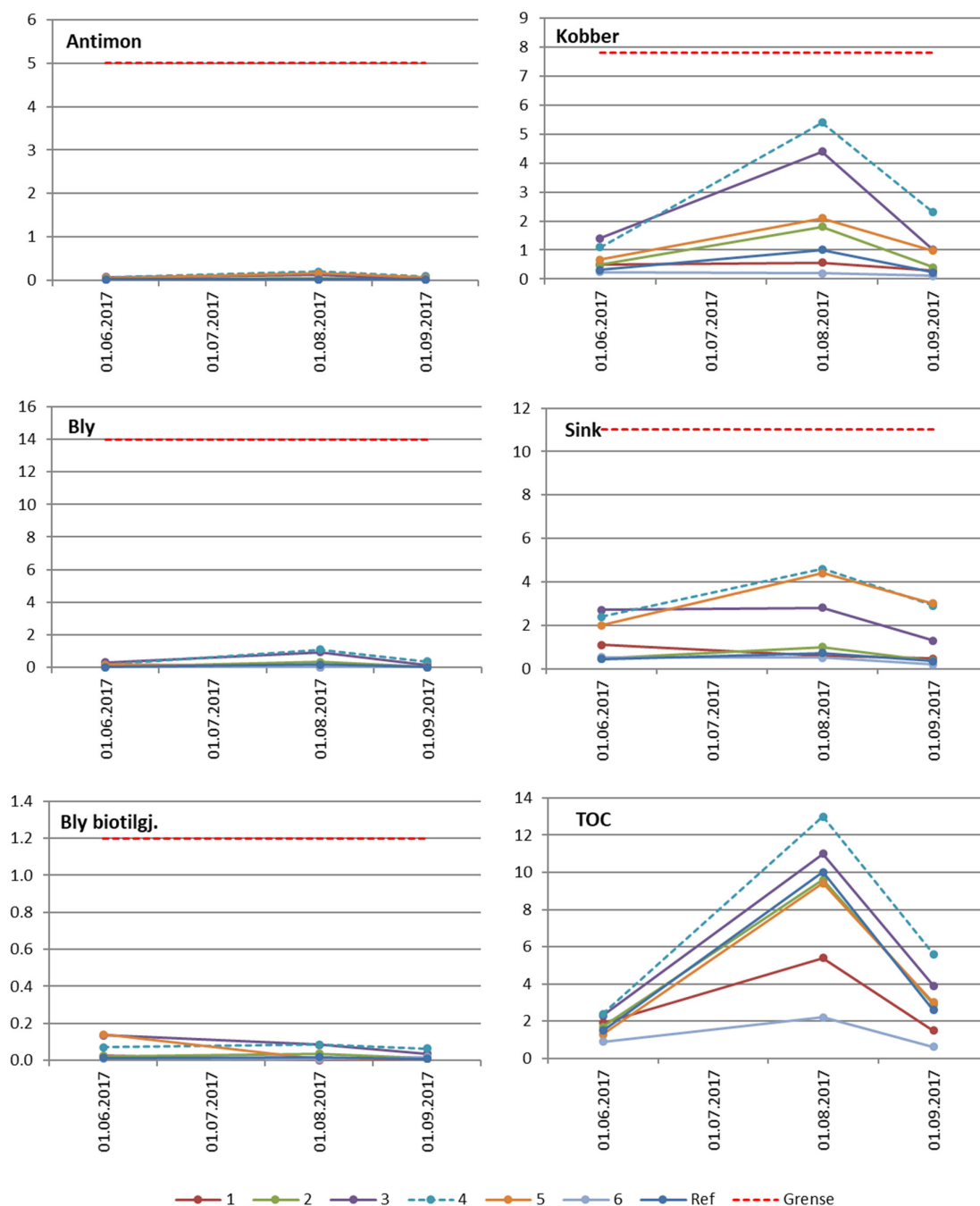
Det foreligger nå fire år med overvåkingsdata fra Skarsteindalen. Videre overvåking av avrenning kan vente til oppryddingstiltak skal gjennomføres.



Figur 41. Skarsteindalen skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2017 (©Kartverket).



Figur 42. Totalkonsentrasjon av tungmetaller (µg/l) i prøver fra Skarsteindalen.



Figur 43. Konsentrasjon av tungmetaller ($\mu\text{g/l}$) i filtrerte prøver, beregnet konsentrasjon av biotilgjengelig bly samt totalkonsentrasjon av organisk karbon (mg/l) i prøver fra Skarsteindalen i 2017. De horisontale stiplede linjene indikerer grenseverdiene som er definert i Tabell 1.

3.3.6 Kjoselvdalen

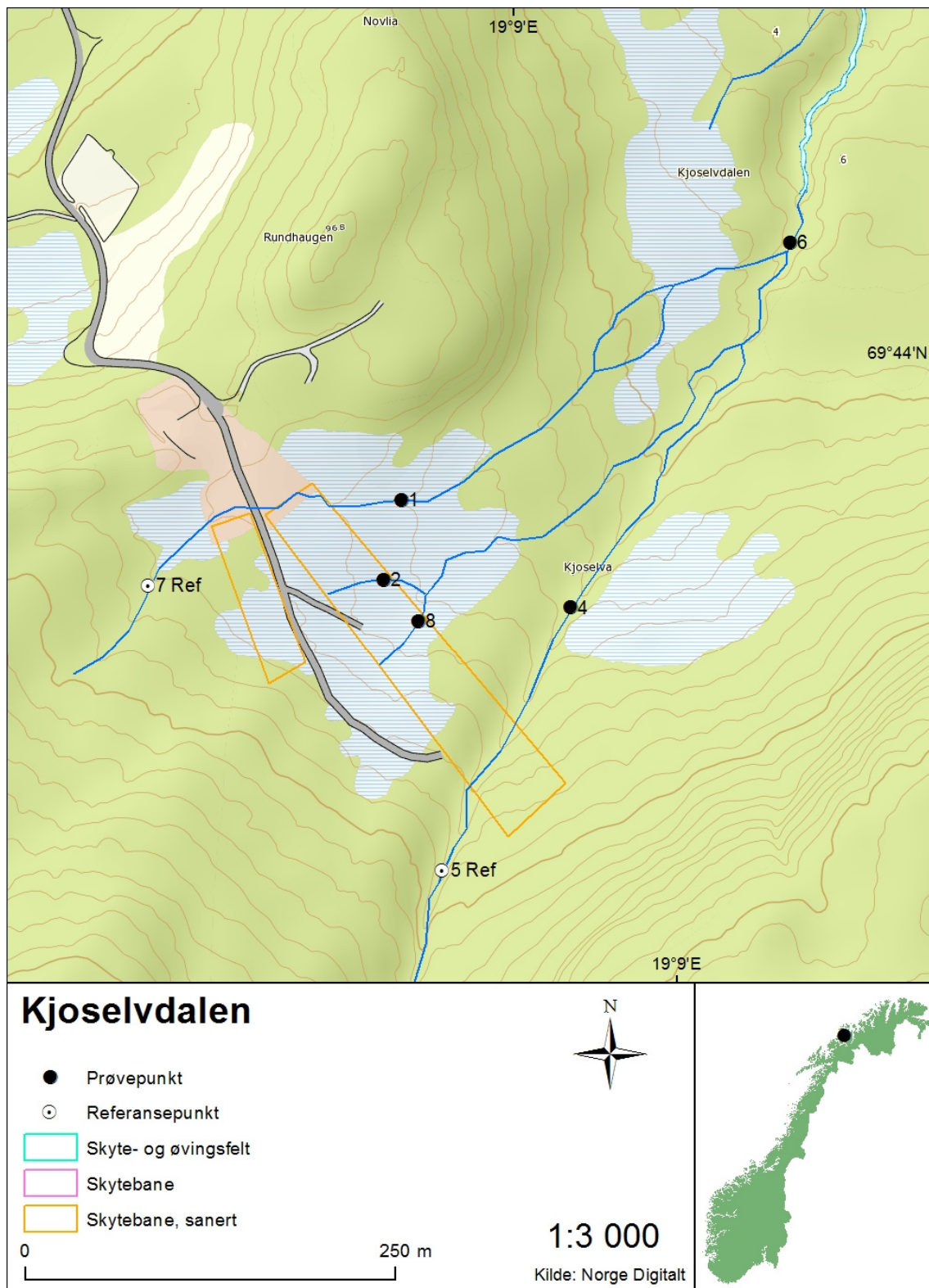
Kjoselvdal skytebane ligger på Tønsnes i Tromsø kommune. Den har tidligere vært tilknyttet Grøtsund Fort og Olavsvern. En 200-metersbane har vært brukt som gevær- og feltskytebanen siden 50-60-tallet. Det har vært øvd med håndvåpen, røykgranater og pyroteknisk ammunisjon (Forsvarsbygg, 2011). Det er også en 100-meters geværskytebane like ved som eies og drives av et skytterlag. I tillegg var det tidligere frittstående stålmål i terrenget bak 200-meters målområdet, men disse har blitt fjernet. Det har vært gjennomført en miljøteknisk grunnundersøkelse, og den viste at banen stedvis er svært forurenset av skyteaktiviteten (COWI, 2012). Skytebanene ligger i myrlendt terreng med torvmose, lyng, vierkratt og dvergbjørk. Kjoselva og tre små bekker renner gjennom baneområdet i retning nordøst (**Figur 44** og **Tabell 12**). Bekkene renner etter hvert inn i Kjoselva som fortsetter ut i sjøen ved Tønsvika. Prøvepunktene ble valgt ut i samråd med Forsvarsbygg. Punktene 1 og 7 Ref ble plassert i bekk som renner gjennom standplassområdet. Punkt 2 og 3 ble plassert omtrent ved skytebanegrensen i bekker/sig som renner gjennom skytebanen. Bekken/siget med punkt 2 dreide sørover og fortsatte ikke nordøst som indikert i undersøkelsene referert til ovenfor. Tre punkter ble plassert i Kjoselva, nærmere bestemt oppstrøms målområdet (5 Ref), rett nedstrøms måleområdet (4) og etter samløp med bekkene som renner gjennom baneområdet (6). Dessuten er Kjoselva drikkevannskilde og blir derfor prøvetatt jevnlig. Inntaket ligger i en kum ca. 200 meter nedstrøms skytebane, dvs. omtrent midt mellom punkt 4 og punkt 6. Oppryddingstiltak ble påbegynt høsten 2017.

Tabell 12. Estimert nedbørfeltareal, middelvannføring og tilhørende vannforekomst definert på nettstedet Vann-nett for punktene i Kjoselvdalen.

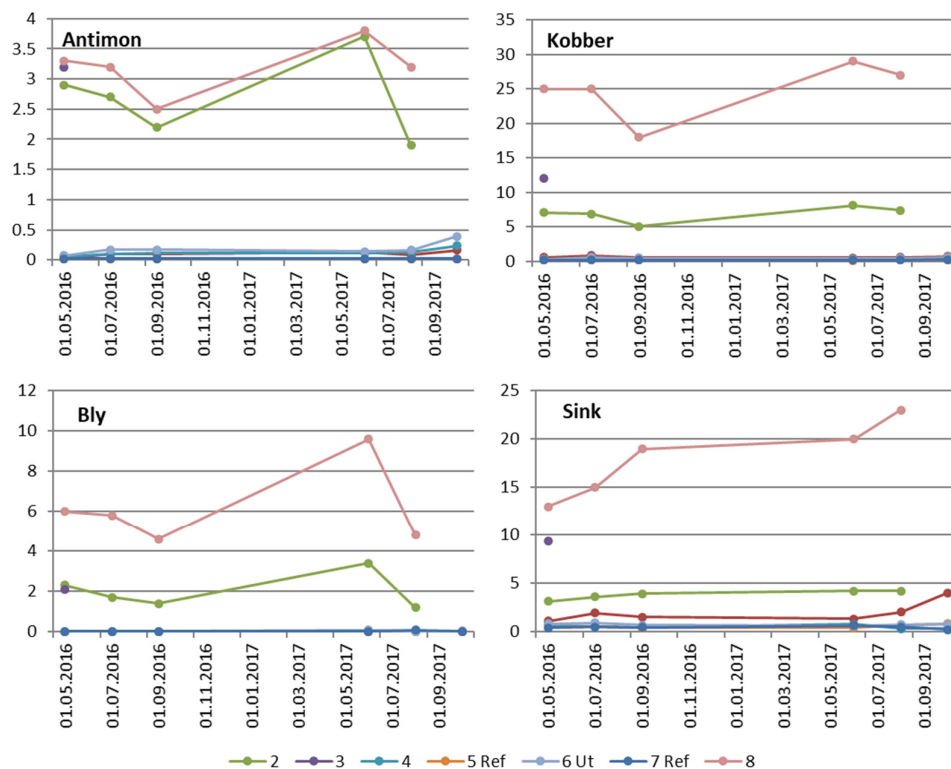
Punkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal (km ²)	Middelvannføring 61-90 (l/s)
7 Ref	Ikke definert	0,1	4
1	Ikke definert	0,2	8
2	Ikke definert	0,05	2
8	Ikke definert	0,05	2
5 Ref	199-25-R Fastlandet Tromsø bekkefelt	1	43
4	199-25-R Fastlandet Tromsø bekkefelt	1,1	46
6	199-25-R Fastlandet Tromsø bekkefelt	1,4	60

Prøvetakingsrundene ble gjennomført 17. juni, 9. august og 20. oktober. Den 17. juni ble vannføringen vurdert til å være over normal for årstiden pga. sen snøsmelting. Ved de to andre anledningene var vannføringen lav. Den 20. oktober pågikk det oppryddingstiltak ved banen og punkt 2 og 8 var utilgjengelige. Vannet er kalkrikt etter norske forhold, med kalsium rundt 20 mg/l og pH ca. 8,0. Unntak er punktene 2 og 8 som hadde noe lavere kalsium og pH. Prøvene fra punktene i myrområdet (1, 2 og 8) hadde moderate TOC-nivåer (ca. 2-5 mg/l), mens punkt 7 Ref og Kjoselva hadde lave konsentrasjoner (< 2,5 mg/l). Alle enkeltresultater fra 2017 er tabulert i Vedlegg B.

Analysene av tungmetaller viser relativt høye tungmetallkonsentrasjoner i prøvene fra punkt 2 og 8 (**Figur 45** og **Figur 46**). Det viser at det skjer noe utlekking fra målområdet ved 100 meter.



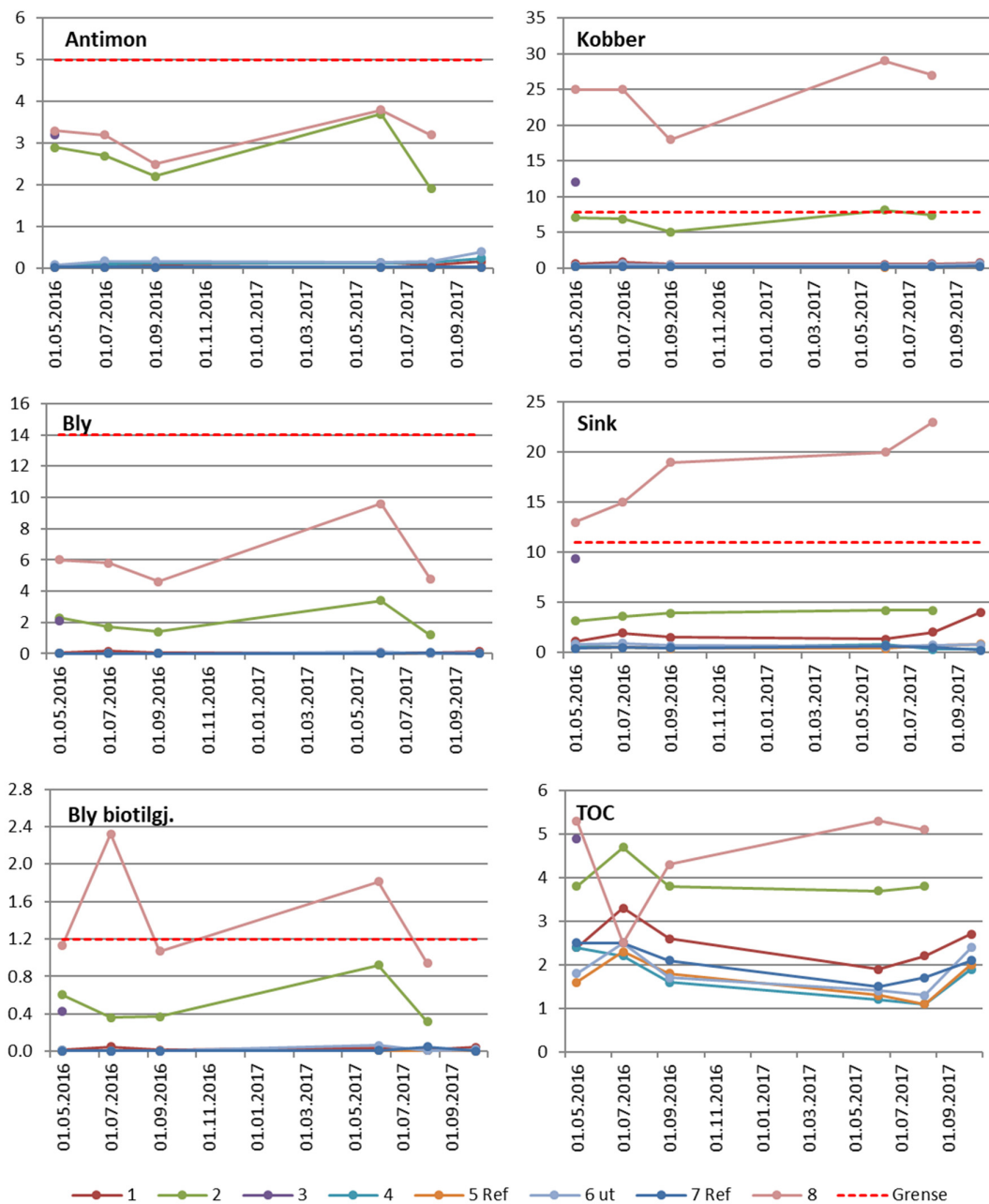
Figur 44. Kjoselvdal skytebane med punkter prøvetatt i 2017 (©Kartverket).



Figur 45. Totalkonsentrasjon av tungmetaller ($\mu\text{g/l}$) i prøver fra Kjoselvdalen.

Konsentrasjonene i bekken som renner gjennom standplassområdet var lave, men høyere ved punkt 1 (nedstrøms standplass) enn ved punkt 7 Ref (oppstrøms standplass). Konsentrasjonene var lave i Kjoselva og langt under grenseverdiene i alle prøver. Tungmetallkonsentrasjonene øker imidlertid nedover elva ($5 \text{ Ref} < 4 < 6$) noe som viser at forurensning som skyldes forvitring av prosjektiler, blir detektert selv om nivåene er lave. Nivåene i høstprøvene var noe forhøyet, kanskje som følge av tiltakene i feltet, men ikke dramatisk. Estimert utlekking av tungmetaller i 2017 ble 0,3 kg antimon, 0,1 kg bly, 1 kg kobber og 1 kg sink

Det anbefales å fortsette overvåkingen til neste år for å følge opp utviklingen etter oppryddingstiltaket.



Figur 46. Konsentrasjon av tungmetaller ($\mu\text{g/l}$) i filtrerte prøver, beregnet konsentrasjon av biotilgjengelig bly samt totalkonsentrasjon av organisk karbon (mg/l) i prøver fra Kjoselvdalen i 2016 og 2017. De horisontale stiplede linjene indikerer grenseverdiene som er definert i Tabell 1.

3.3.7 Kvenvikmoen

Kvenvikmoen i Alta kommune var opprinnelig et ammunisjonsdepot for tyskerne under andre verdenskrig og ble siden bygget ut til SØF. Det har vært øvd med håndvåpen, håndgranater, panservernvåpen og eksplosiver for sprengning. Det er også flere aktive sivile skytebaner i området. Oppryddingstiltakene i feltet ble iverksatt høsten 2017. Feltet er småkupert. Området har flere innsjøer og preges av furuskog og noe bjørk. Langvannet og de to skytebanene øst for Langvannet drenerer sørvestover til Mattiselva. De andre innsjøene (og skytebanene) drenerer nordover til Kvenvikelva og Kvenvika (**Figur 47** og **Tabell 13**). Prøvetakingspunktene er identisk med dem som ble brukt i vannmoseovervåkingen 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 tar en sørvestlig innløpsbekk til Kvenvikvannet, mens punkt 1 er plassert i utløpet.

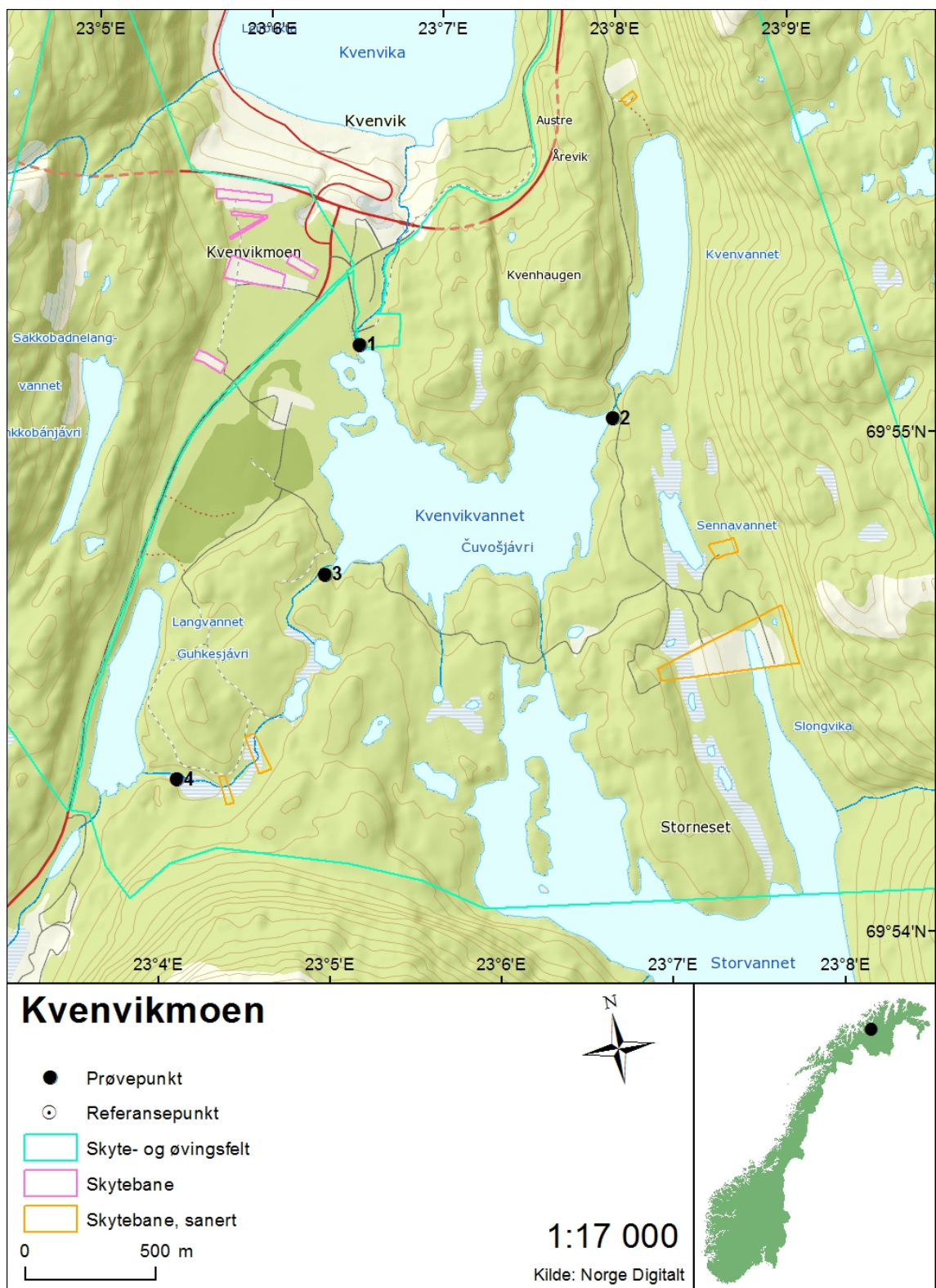
Tabell 13. Estimert nedbørfeltareal, middelvannføring og tilhørende vannforekomst definert på nettstedet Vann-nett for punktene i Kvenvikmoen.

Punkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal (km ²)	Middelvannføring 61-90 (l/s)
2	212-1829-R Kvenvikvannet bekkefelt	1,7	19
3	212-1829-R Kvenvikvannet bekkefelt	0,2	2
1	212-53103-L Kvenvikvatnet	15,2	181
4	212-1794-R Sløyfa bekkefelt til Mattisfossen	0,8	10

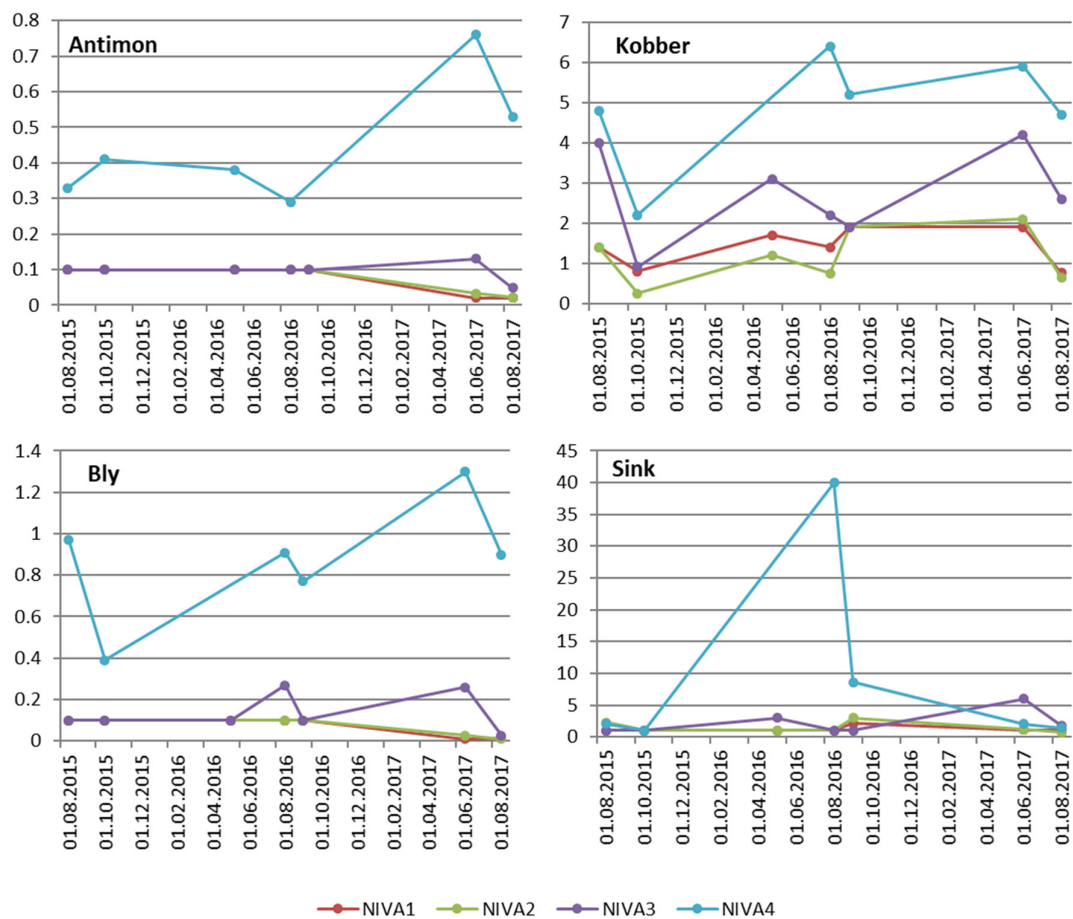
Prøvetakingsrundene i 2017 ble gjennomført 12. juni og 8. august. Det ble kun gjennomført to runder pga. opprydding om høsten. Vannføringen ble bedømt som relativt høy ved begge anledninger på grunn av henholdsvis snøsmelting og regn. Vannet var moderat kalkrikt, med kalsium mellom 5 og 17 mg/l og pH i overkant av 7,0. Konsentrasjonen av TOC indikerte klart vann ved punkt 1 og 2 (TOC 3-5 mg/l) og humøst vann ved punkt 3 og 4 (6-9 mg/l). Alle enkeltresultater fra 2017 er tabulert i Vedlegg B.

De høyeste nivåene av bly og antimon ble funnet i prøvene fra punkt 4 og 3. Ved stasjon 1 og 2 var konsentrasjonene på kvantiseringsgrensen eller lavere (**Figur 48** og **Figur 49**). De lave nivåene er i overensstemmelse med resultatene fra undersøkelsene i perioden 1998-2002. I 2016 var sinknivået relativt høyt ved punkt 4, men betydelig lavere i de to prøvene fra 2017.

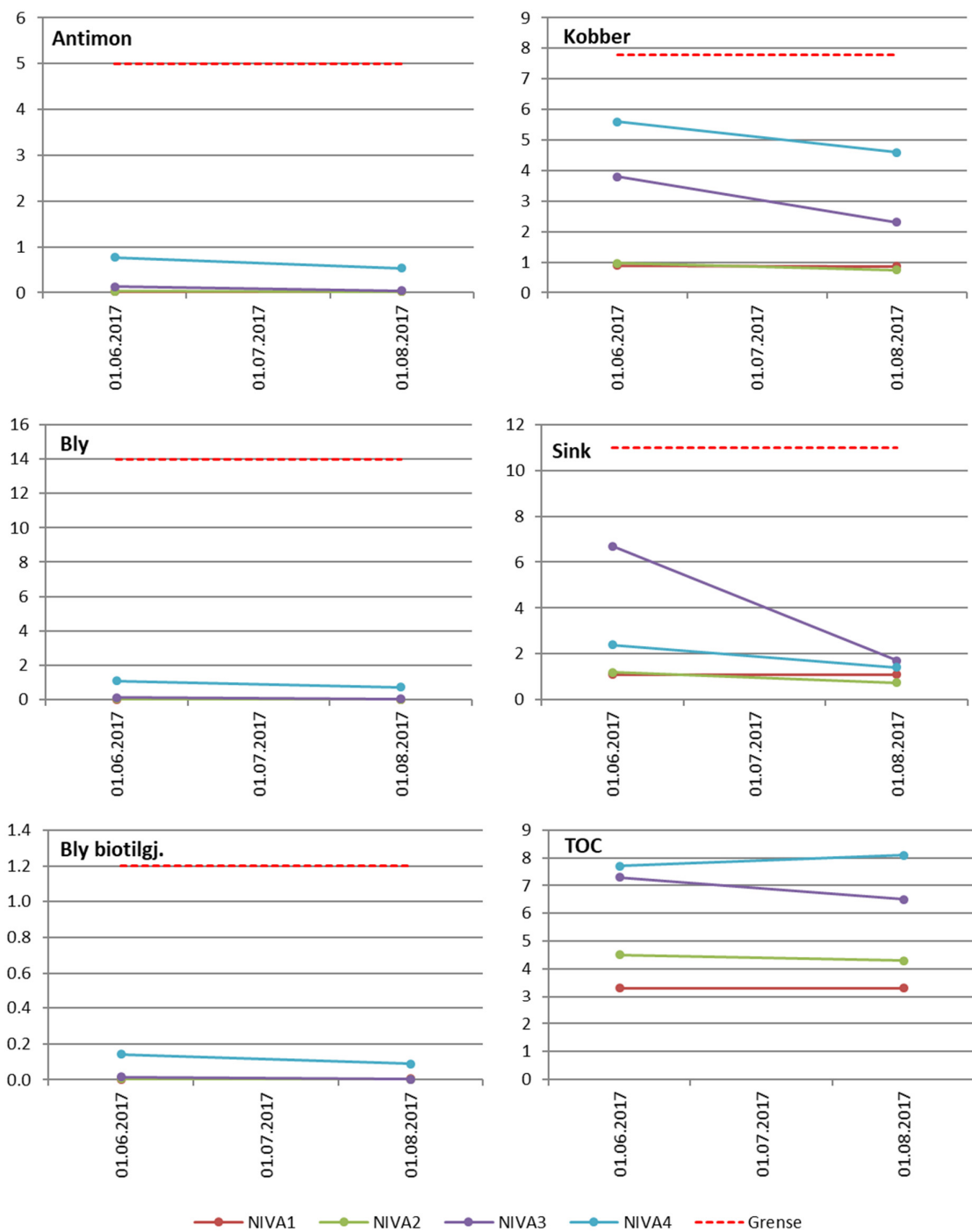
Vannet fra alle fire prøvetakingspunkter inneholdt noe kobber som kan ha naturlige kilder siden berggrunnen i området inneholder kobber (i Kåfjord like ved ble det også utvunnet kobber i mange år). Tungmetalltransport som følge av forvitring av prosjektiler i feltet, er lav. Estimert utlekking av tungmetaller ved punkt 4 ble 0,2 kg antimon, 0,3 kg bly, 1,7 kg kobber og 0,5 kg sink. Overvåkingen bør fortsette for å følge opp effekten av oppryddingstiltak.



Figur 47. Kvenvikmoen skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2017 (©Kartverket).



Figur 48. Totalkonsentrasjon av tungmetaller (µg/l) i prøver fra Kvenvikmoen.



Figur 49. Konsentrasjon av tungmetaller ($\mu\text{g/l}$) i filtrerte prøver, beregnet konsentrasjon av biotilgjengelig bly samt totalkonsentrasjon av organisk karbon (mg/l) i prøver fra Kvenvikmoen i 2017. De horisontale stiplede linjene indikerer grenseverdiene som er definert i Tabell 1.

3.3.8 Nyborgmoen

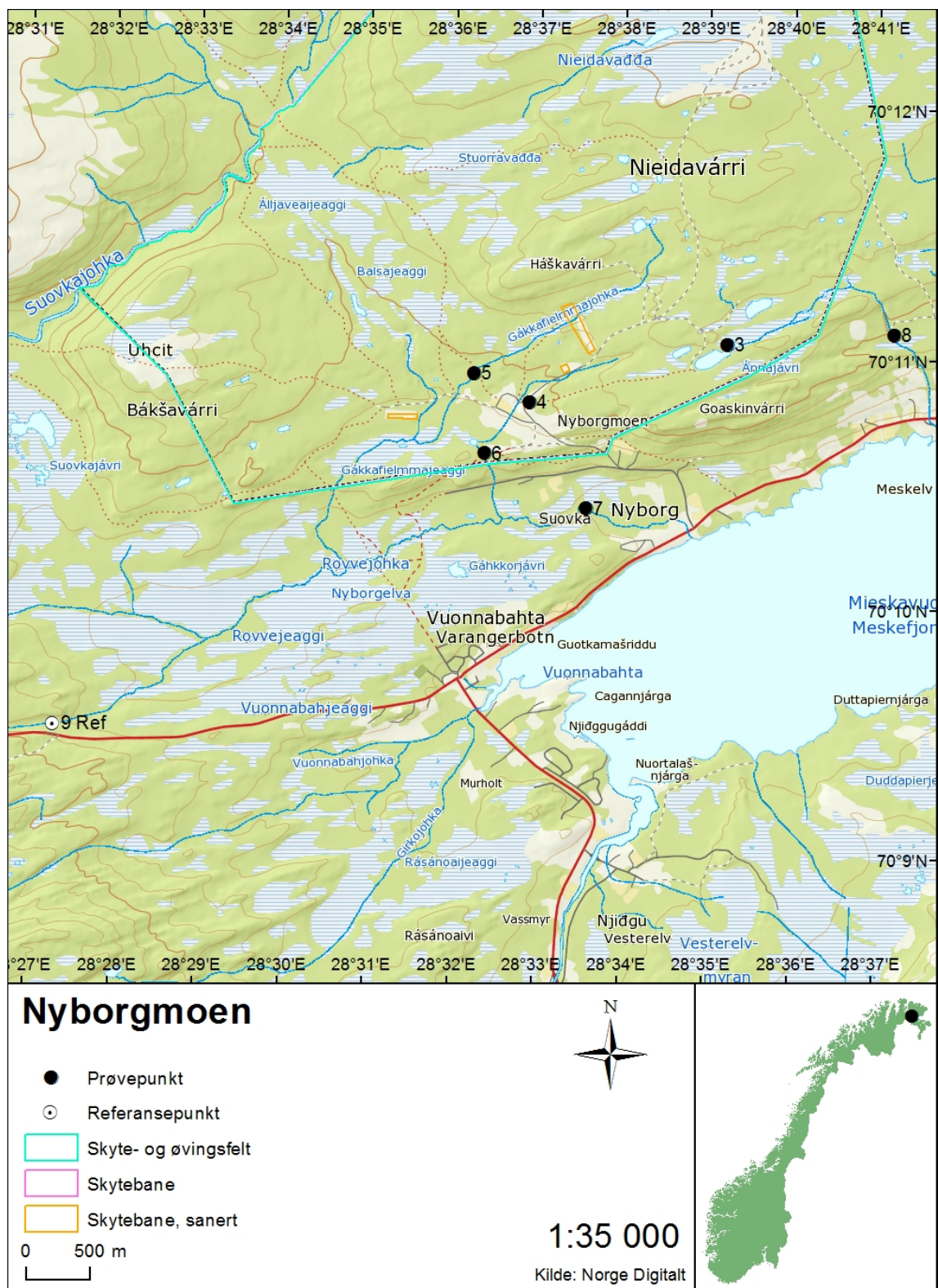
Nyborgmoen SØF i Nesseby kommune har vært i bruk siden slutten av 1800-tallet. I feltet har det sannsynligvis vært øvd med de fleste våpentyper infanteriet har vært oppsatt med, inkludert håndvåpen, 84 mm kanon, antitankvåpen og bombekaster. Feltet er stort (21 000 dekar), og landskapet preget av småvokst bjørkeskog og myr. Prøvetakingspunktene ble valgt ut basert på en tilstandsvurdering i forbindelse med utrangering (Forsvarsbygg, 2005b) og befarings i mai 2016 (forfatteren). To bekker drenerer sørvestover gjennom et område med skytebaner og deponi (**Figur 50** og **Tabell 14**). I disse bekkene ble punktene 4, 5 og 6 (nedstrøms deponitjern) plassert. I tillegg ble punkt 7 og et referansepunkt (9 Ref) plassert i Nyborgelva hhv. nedstrøms og oppstrøms samløp med nevnte to bekker. Punktene 3 og 8 er plassert i et vassdrag som renner øst- og sørover og drenerer en skytebane (bane 8) og en M72-bane (Forsvarsbygg, 2005b). 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.

Tabell 14. Estimert nedbørfeltareal, middelvannføring og tilhørende vannforekomst definert på nettstedet Vann-nett for punktene på Nyborgmoen.

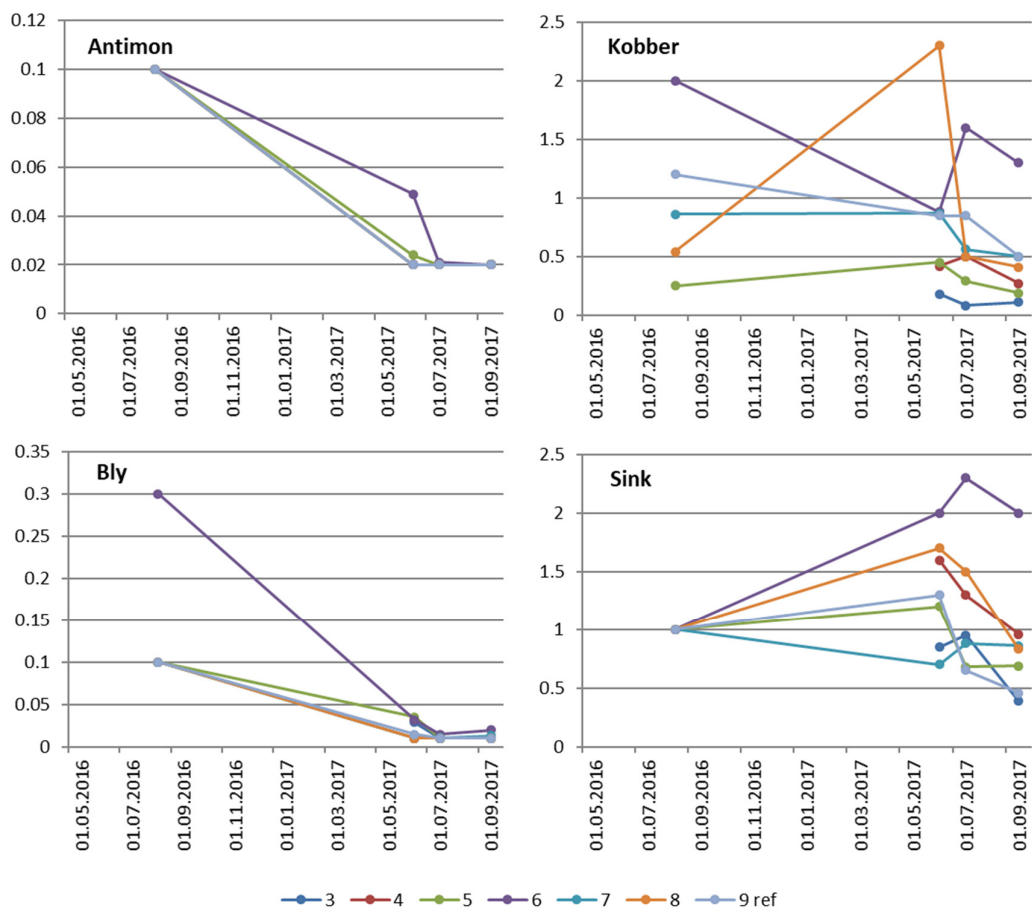
Punkt	Vannforekomst	Nedbørfeltareal (km ²)	Middelvannføring 61-90 (l/s)
3	241-63-R Andevatnet - Ánnájávri bekkfelt	0,1	1
4	241-6-R Nyborgbekken	0,5	5
5	241-62-R Rovvejohka bekkfelt	1,4	15
6	241-6-R Nyborgbekken	0,9	9
7	241-6-R Nyborgbekken	29,5	316
8	241-63-R Andevatnet - Ánnájávri bekkfelt	1,4	15
9 Ref	241-60-R Rovvejohka	10,1	123

Prøvetakingsrundene i 2017 ble gjennomført 11. juni, 26. juli og 18. september. Den 11. juni var det relativt høy vannføring pga. snøsmelting. Den 26. juli ble vannføringen bedømt som normal for årstiden, mens den var noe høyere den 18. september. Vannet var moderat kalkrikt, med kalsium mellom 4 og 13 mg/l og pH i overkant av 7,0. Konsentrasjonen av TOC var i de fleste tilfeller mellom 2-6 mg/l. Alle enkeltresultater fra 2017 er tabulert i Vedlegg B.

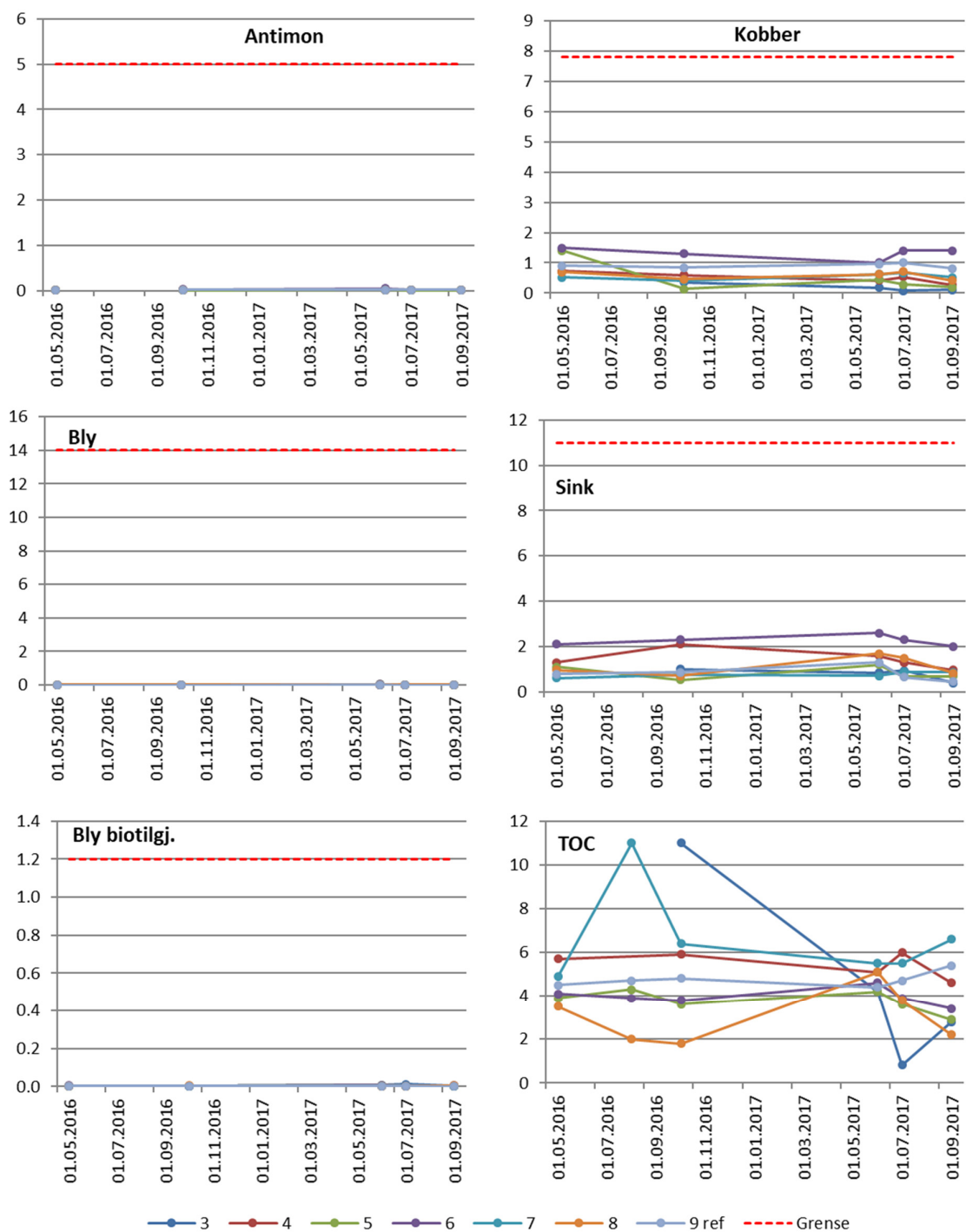
Tungmetallkonsentrasjonene var lave i alle prøvene noe som indikerer liten utlekking av metaller (**Figur 51** og **Figur 52**). Det eneste punktet som hadde gjennomgående høyere konsentrasjoner enn referansen (9 Ref) var punkt 6. Nivåene var langt under grenseverdiene. Estimert utlekking av tungmetaller ved punkt 6 ble 3 g antimon, 3 g bly, 150 g kobber og 370 g sink. Tilstanden før eventuelle tiltak anses som tilstrekkelig dokumentert og videre overvåking av avrenning i feltet kan bero til det skal gjennomføres oppryddingstiltak.



Figur 50. Nyborgmoen skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2017 (©Kartverket).



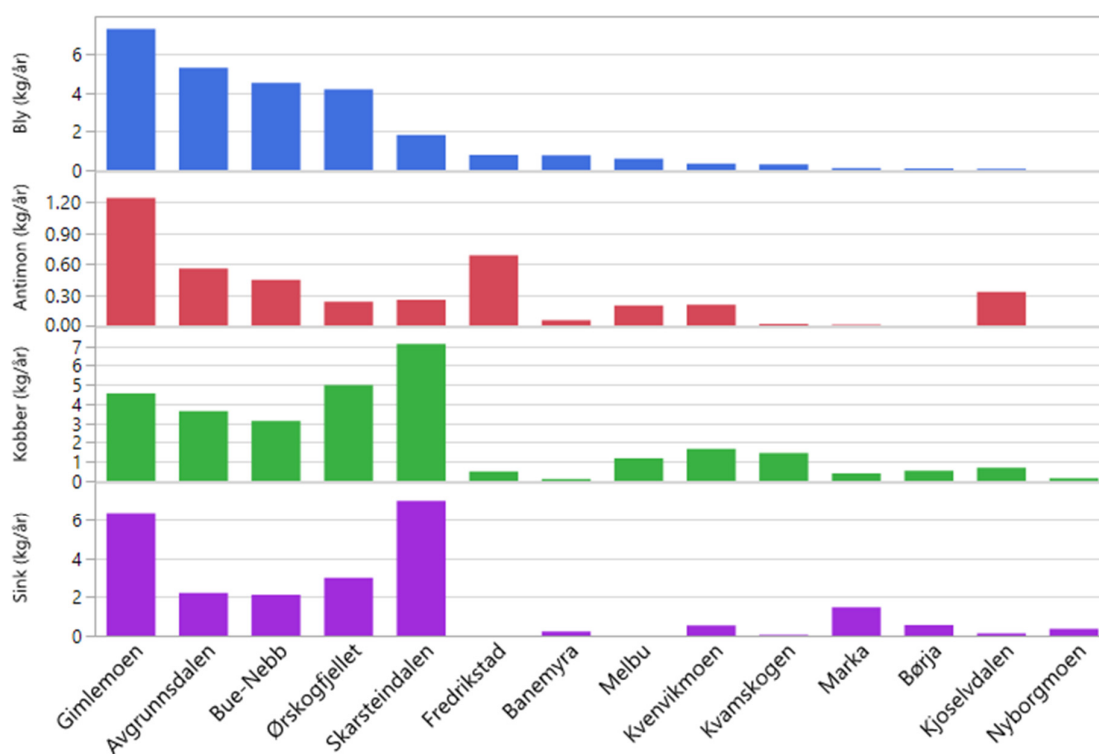
Figur 51. Totalkonsentrasjon av tungmetaller (µg/l) i prøver fra Nyborgmoen.



Figur 52. Konsentrasjon av tungmetaller (µg/l) i filtrerte prøver, beregnet konsentrasjon av biotilgjengelig bly samt totalkonsentrasjon av organisk karbon (mg/l) i prøver fra Nyborgmoen i 2016 og 2017. De horisontale stiplede linjene indikerer grenseverdiene som er definert i Tabell 1.

3.4 Utlekking av tungmetaller

Det ble som det framgår i delkapitlene 3.2 og 3.3 gjort forsøk på å beregne årlig massetransport av tungmetaller kan tilskrives bruken av feltene. I praksis har denne øvelsen bestått i å multiplisere gjennomsnittlig årsavrenning med omtrentlig størrelse på nedbørfelt og målte konsentrasjoner i tre enkeltprøver korrigert for referansenivå. Resultatene er vist i **Figur 53**. Utlekking av bly og antimon i de forskjellige feltene viste samme mønster unntatt i Fredrikstad og Kjoselvdalen. Utlekking av kobber og sink fulgte også samme mønster i den forstand at de fire feltene med høyest utlekking av bly også lakk relativt mye kobber og sink. Det må bemerkes at massetransporten trolig er underestimert fordi de tre årlige prøvetakingsrundene har lav sannsynlighet for å sammenfalle med episodene med høyest vannføring som ofte er forbundet med relativt høye konsentrasjoner (Kapittel 3.2.3, Heier et al., 2009, 2010; Strømseng et al., 2009). Verdiene bør derfor bare brukes til å gi en pekepinn på hvor store utslippene er, og til intern rangering av feltene.



Figur 53. Estimert utlekking av tungmetaller som følge av skyte- og øvingsaktivitet i de ulike feltene (estimert for Bue-Nebbb inkluderer også utlekking fra Gurulia).

Totalt blir estimert utlekking 4 kg antimon, 26 kg bly, 30 kg kobber og 24 kg sink fra feltene som er beskrevet i denne rapporten.

4 Diskusjon

Overvåkingen i 2017 har bestått av to-tre runder med innhenting av vannprøver for bestemmelse av pH, TOC, turbiditet, kalsium og tungmetaller. Det er tungmetallkonsentrasjonene i rennende vann, og hvordan disse har blitt påvirket av militær aktivitet i nedbørfeltet, som er vektlagt i overvåkingen. Høye konsentrasjoner i eller ut av SØF sammenlignet med ved referansepunkter indikerer forurensningsgrad, hvor raskt prosjektilene korroderer, samt mobiliteten til tungmetallene i nedbørfeltet. Forholdet styres av en rekke faktorer: mengden av prosjektiler som er deponert, prosjektilenes størrelse og sammensetning, nedbørmengder, hvilke veier vannet tar gjennom jordsmonnet, samt egenskaper ved jordsmonnet og den vandige løsningen (Clausen et al., 2011; Knechtenhofer et al., 2003; Langmuir, 1997). Små prosjektilfragmenter, surt vann og mye løst organisk karbon kan gi høye konsentrasjoner av kobber, bly og sink i vannet. Det samme kan skje når det er mye suspenderte partikler i vannet, f.eks. som følge av høy vannføring eller gravearbeid i nedbørfeltet. Antimon kan oppføre seg annerledes fordi det i motsetning til kobber, sink og bly går i løsning som anion (Ackermann et al., 2009; Heier et al., 2004). Flere studier bl.a. i Norge har vist at episoder med høy vannføring kan medføre økte tungmetallkonsentrasjoner (Heier et al., 2009, 2010; Strømseng et al., 2009).

Det er altså mange forhold som kan påvirke avrenningen av tungmetaller fra de ulike feltene som er omtalt i denne rapporten. To fellestrekk ved feltene med høye konsentrasjoner i avrenningen (Avgrunnsdalen, Ørskogfjellet, Gimlemoen, Banemyra,) var høy TOC og lav pH. En forklaring på dette er at lav pH og høy TOC øker korrosjonsraten til prosjektilene og mobiliteten til bly, kobber og sink.

Beregnet totalutslipp av kobber fra alle SØF som ble undersøkt i 2017 var cirka 30 kg. Dette er en relativt liten mengde. Til sammenligning har Raubekken, som er påvirket av gruveavrenning fra Løkken, årlig ført 10-30 tonn kobber ut i Orkla (Iversen, 2009). Utslippene av sink fra SØF er også relativt små sammenlignet med andre kilder. Beregnet utslipp av bly er av større interesse i så måte. Samlet beregnet utslipp fra de 15 feltene var 26 kg bly. Til sammenligning har årlig norsk utslipp av bly til ferskvann fra industri og kloakk blitt estimert til rundt 500 kg (Berg et al., 2003). Skytebaner er dermed en betydelig kilde til bly når man sammenligner med annen menneskeskapt blyforurensing av vann. Norske utslipp av antimon er ikke kjent, men i Sverige har utslipp til vann fra renseanlegg blitt estimert til 800 kg (Sternbeck et al., 2002).

I feltene som er beskrevet i kapittel 3.1 har de de mest forurensede massene blitt fjernet/erstattet, og det har blitt gjennomført ulike tiltak for å begrense utlekking av metaller. Ved Banemyra, Gurulia og Bue-Nebb har tungmetallkonsentrasjonene i avrenning blitt lavere etter at tiltakene ble gjennomført. Ved Gimlemoen er det også indikasjoner på at nivåene er i ferd med å bli lavere. For Fredrikstad og Marka har det ikke blitt registrert klar endring sammenlignet med situasjonen før tiltakene ble gjennomført, men her har nivåene vært relativt lave. Ved Avgrunnsdalen derimot har utlekkingen av tungmetaller vært forholdsvis høy, og fire år etter tiltak er det foreløpig ingen tegn til reduksjon. Bly er lite løselig, og det er ikke bare totalmengden av bly i feltet som er bestemmende for utlekkingen, men også spredningen og de fysiske-kjemiske forholdene (se over). Dersom utlekkingen skal reduseres betydelig må trolig mer omfattende tiltak til, som f.eks. ved å fjerne også mindre forurensede masser eller behandle jordsmonnet for å redusere mobiliteten. Negative effekter av forhøyede metallkonsentrasjoner i resipientene må ses i forhold til negative konsekvenser av omfattende inngrep i terrenget.

5 Konklusjon

- Ved Gurulia, Gimlemoen og Banemyra er det indikasjoner på at gjennomførte oppryddingstiltak har gitt lavere tungmetallkonsentrasjoner i avrenningen. Overvåkingen av disse feltene bør fortsette i 2018 for å undersøke om trenden fortsetter. Overvåkingen av Bue-Nebb kan avsluttes.
- Det anses som lite trolig at oppryddingstiltakenes effekt på tungmetallutlekking ved Marka vil kunne dokumenteres, og overvåkingen her anbefales derfor avsluttet. Feltet ved Fredrikstad har i likhet med Marka lite overflateavrenning, og endringer i tungmetallnivåer etter tiltak har ikke blitt påvist. Det anses likevel som hensiktsmessig å fortsette overvåkingen ved Fredrikstad ett år til fordi tungmetallnivåene har vært noe høyere enn ved Marka.
- Ved Ørskogfjellet, Kvenvikmoen og Kjoselvdalen ble det gjennomført tiltak i 2017. Effekten av disse må følges opp i 2018.
- Avrenningen fra Nyborgmoen og Melbu har blitt overvåket i 2-5 år og konsentrasjonen har vært lave. Videre overvåking av avrenning kan utsettes til feltene skal ryddes. Også ved Skarsteindalen er situasjonen før tiltak godt dokumentert.
- Ved Børja bør overvåkingen fortsette i 2018 for å styrke datagrunnlaget.

6 Litteratur

- 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.
- 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. SFT-rapport TA-1468/1997.
- 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 TA-1950/2003.
- Clausen, J.L., Bostick, B., Korte, N., 2011. Migration of Lead in Surface Water, Pore Water, and Groundwater With a Focus on Firing Ranges. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 41, 1397–1448.
- COWI, 2015. Skytebaner, Gansrød- og Pernesområdet, Fredrikstad kommune. Miljøteknisk grunnundersøkelse og tiltaksplan. Forsvarsbygg Skifte rapport No. FBSE-2015/10.
- COWI, 2013a. Gimlemoen SØF 2012 – miljøkartlegging og risikovurdering Kyrtjø. Forsvarsbygg Skifte rapport No. FBSE-2013/21.
- COWI, 2013b. Gimlemoen SØF 2012 – miljøkartlegging og risikovurdering Pistolbanen. Forsvarsbygg Skifte rapport No. FBSE-2013/20.
- COWI, 2013c. Gimlemoen SØF – miljøkartlegging og risikovurdering leirduebanen. Forsvarsbygg Skifte rapport No. FBSE-2013/19).
- COWI, 2012. Kjoselvdal skytebane, Tromsø kommune. Miljøteknisk grunnundersøkelse. Forsvarsbygg Skifte rapport No. 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, 2011. Kjoselvdal skytebane - Tilstandsvurdering i forbindelse med utrangering. Faktaark 190201.
- Forsvarsbygg, 2005a. Børja skyte- og øvingsfelt - Tilstandsvurdering i forbindelse med utrangering. Faktaark.
- Forsvarsbygg, 2005b. Nyborgmoen skyte- og øvingsfelt - Tilstandsvurdering i forbindelse med utrangering. Faktaark.
- Garmo, Ø.A., 2017. Overvåking av avrenning fra nedlagte skyte- og øvingsfelt - Årsrapport for 2016. NIVA-rapport No. 7153–2017
- Garmo, Ø.A., 2016. Overvåking av avrenning fra nedlagte skyte- og øvingsfelt - Årsrapport for 2015. NIVA-rapport No. 6948–2016.
- Garmo, Ø.A., 2015. Overvåking av avrenning fra nedlagte skyte- og øvingsfelt - Årsrapport for 2014. NIVA-rapport No. 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 metallforurensing fra veg. *Vann* 3, 278–290.
- Gjemlestad, L.J., Haaland, S., 2014. Vannovervåking ved nedlagte skyte- og øvingsfelt 2013. Bioforsk-rapport 9(72).
- Gjemlestad, L.J., Haaland, S., 2013. Vannovervåking ved nedlagte skyte- og øvingsfelt 2012. Bioforsk-rapport 8(23).

- 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 No. FFI-V/813/138.2
- 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.
- Knechtenhofer, L.A., Xifra, I.O., Scheinost, A.C., Flühler, H., Kretzschmar, R., 2003. Fate of heavy metals in a strongly acidic shooting-range soil: small-scale metal distribution and its relation to preferential water flow. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 166, 84–92.
- Langmuir, D., 1997. *Aqueous Environmental Geochemistry*, 1st ed. Prentice Hall.
- Nordal, O., 2007a. Avgrunnsdalen skyte- og øvingsfelt, Del 1 Miljøutredning. Asplan Viak-rapport.
- Nordal, O., 2007b. Børja skyte- og øvingsfelt, Del 1 Miljøutredning. Asplan Viak.
- Rognerud, S., 2005. Overvåking av metallforurensning fra militære skytefelt og demoleringsplasser. Resultater fra 14 års overvåking. NIVA-rapport 4944–2005.
- Skjelkvåle, B.L., Steinnes, E., Rognerud, S., Fjeld, E., Berg, T., Røyset, O., 2006. Trace metals in Norwegian surface waters, soils, and lake sediments - relation to atmospheric deposition. NIVA-rapport No. 5222–2006.
- Sternbeck, J., Palm, A., Kaj, L., 2002. Antimon i Sverige - användning, spridning och miljöpåverkan. Rapport No BI1473. IVL Svenska Miljöinstitutet AB.
- Strømseng, A.E., Ljønes, M., 2002. Miljøkartlegging av åtte skytebaner - Vurdering av potensialet for mobilisering av tungmetaller. FFI-rapport No. 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 02:2013-Revidert 2015. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktorsgruppa for gjennomføringen av vanddirektivet.
- Weholt, Ø., 2017. SØF Fase II-Skarsteindalen, Andøy kommune, miljø-teknisk kartlegging, risikovurdering og tiltaksplan. Forsvarsbygg-rapport No. FBSE-2017/09.
- Weholt, Ø., 2013. Tiltaksplan med risikovurderinger Gurulia og Bue-Nebb SØF. COWI-rapport No. A012660.
- Weholt, Ø., 2012a. Skytebaner, Gansrød, Fredrikstad kommune. Miljøteknisk grunnundersøkelse. COWI-rapport No. A019002.
- Weholt, Ø., 2012b. Avgrunnsdalen skyte- og øvingsfelt. Tiltaksplan med risikovurderinger. COWI-rapport No. A027343.
- Weholt, Ø., 2010. Gansrød skytefelt. 200 meter bane og kortholdsbane. Fredrikstad kommune. Sluttrapport. COWI-rapport No. 128762.
- Weholt, Ø., 2009. Gansrød skytefelt, 200 meter bane. Fredrikstad kommune. COWI-rapport No. 128762.

Vedlegg A.

Tabell A. Analysemetoder oppgitt av Eurofins med tilhørende kvantifiseringsgrenser og usikkerhet.

Analyse	Kvantifiseringsgrense	Usikkerhet (%)	Metode
pH målt ved 23 +/- 2°C	1		NS-EN ISO 10523
Konduktivitet ved 25°C (målt ved 23 +/- 2°C)	0,1 mS/m	10	NS-EN ISO 7888
Turbiditet 0.82 FNU 0.1 30%	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

Vedlegg B.

Tabell B. Vannkjemi og metallkonsentrasjoner i oppsluttede (t) og filtrerte (f) prøver fra overvåkingen av nedlagte skyte- og øvingsfelt i 2017.

Felt	Pkt	Dato	pH	Kond	Turb	TOC	Pb (t)	Pb (f)	Cu (t)	Cu (f)	Zn (t)	Zn (f)	Sb (t)	Sb (f)	Fe (t)	Fe (f)	Ca (t)	Ca (f)	Ni (t)	Ni (f)
				mS/m	FNU	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l
Avgrunnsd.	A	27.04	5,5	3,35	0,26	12	3,6	3,6	5,3	5,4	12	13	1	1,3	250	190	2	1,9		
Avgrunnsd.	A	26.06	6,2	3,01	0,79	12	4,4	2,7	9,4	8,3	7	7,1	1,5	1,4	620	340	2	1,9		
Avgrunnsd.	A	25.10	5,1	2,73	0,54	16	8,5	8,4	10	8,4	13	17	1,3	1,4	360	290	1,8	1,8		
Avgrunnsd.	B	27.04	5,5	3,2	0,24	12	18	18	12	11	13	16	3	3,4	230	180	2	1,9		
Avgrunnsd.	B	26.06	5,8	2,86	1,5	17	28	18	16	14	14	15	1,2	1,1	1800	960	2,2	2,1		
Avgrunnsd.	B	25.10	5,2	2,46	0,6	17	29	27	19	16	18	22	2,1	2,4	440	330	1,8	1,8		
Avgrunnsd.	B2	27.04	5,5	3,19	0,21	11	16	16	11	11	15	18	2,8	3	310	190	1,9	1,8		
Avgrunnsd.	B2	26.06	6,1	2,72	1,4	16	17	11	13	12	12	12	1,5	1,3	1500	650	2,3	2,1		
Avgrunnsd.	B2	25.10	5,2	2,57	0,68	16	28	28	16	15	16	21	1,9	2,1	410	340	1,8	1,7		
Avgrunnsd.	C	27.04	5,7	3,35	0,47	11	15	14	10	9,1	14	15	2,7	2,9	300	180	2,1	1,9		
Avgrunnsd.	C	26.06	6,3	3,21	1,5	15	15	8,6	12	11	11	11	1,2	1,2	1300	610	3,2	3		
Avgrunnsd.	C	25.10	5,3	2,57	0,77	17	25	26	15	14	15	21	1,8	2	390	330	1,9	1,8		
Avgrunnsd.	C1	27.04	5,3	3,14	0,22	11	5,7	5,7	4	4,3	9,4	12	1,1	1,2	270	200	1,5	1,4		
Avgrunnsd.	C1	26.06	5,9	2,73	0,87	16	4,9	3,4	4,3	3,5	12	9,8	0,46	0,39	830	410	1,6	1,6		
Avgrunnsd.	C1	25.10	4,8	2,57	0,85	18	9,9	8,9	5,8	5	10	13	0,67	0,78	430	310	1,2	1,2		
Avgrunnsd.	C2	27.04	5,4	3,15	0,31	12	5,3	5,2	3,5	4,1	9,7	12	1,2	1,2	290	210	1,6	1,5		
Avgrunnsd.	C2	26.06	6	2,71	0,79	16	3,9	2,8	3,2	3,5	6,3	7,3	0,46	0,44	750	410	1,7	1,6		
Avgrunnsd.	C2	25.10	4,9	2,61	0,97	19	9,3	9	5,5	4,9	10	14	0,72	0,84	420	340	1,3	1,3		
Avgrunnsd.	D	27.04	5,5	3,17	0,37	12	4	3,9	3,2	3,1	8,6	9,9	0,89	1,1	270	180	1,6	1,5		
Avgrunnsd.	D	26.06	6	2,66	0,7	15	2,5	1,8	3,8	3,3	5	5,7	0,41	0,44	760	390	1,5	1,4		
Avgrunnsd.	D	25.10	4,9	2,64	1,1	18	7,6	7,5	5	4,4	10	13	0,74	0,8	450	350	1,3	1,3		
Avgrunnsd.	Ref	27.04	4,9	2,81	0,35	12	1,1	1,1	< 0,50	0,42	7,2	7,7	< 0,20	0,13	350	300	0,77	0,76		
Avgrunnsd.	Ref	26.06	5,7	2,49	0,91	13	1,1	0,84	0,93	0,66	4,8	5	< 0,20	0,097	760	470	1	0,98		
Avgrunnsd.	Ref	25.10	4,6	2,67	1,6	18	2,1	1,9	1	0,6	6,8	9	< 0,20	0,19	440	330	0,65	0,63		

NIVA 7233-2018

Felt	Pkt	Dato	pH	Kond	Turb	TOC	Pb (t)	Pb (f)	Cu (t)	Cu (f)	Zn (t)	Zn (f)	Sb (t)	Sb (f)	Fe (t)	Fe (f)	Ca (t)	Ca (f)	Ni (t)	Ni (f)
				mS/m	FNU	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l
Banemyra	V-01	03.05	6,7	7,86	0,27	8,9	< 0,20	0,045	1,7	2,1	< 2,0	1,2	< 0,20	< 0,020	170	110	6,1	5,4		
Banemyra	V-01	11.07	6,6	8,02	0,28	11	< 0,20	0,078	2,1	2,2	< 2,0	0,64	< 0,20	< 0,020	220	170	6,1	6,8		
Banemyra	V-01	20.09	6,8	8,6	0,61	9,2	< 0,20	0,047	2,4	1,8	< 2,0	0,49	< 0,20	0,021	330	160	8,2	8		
Banemyra	V-02	03.05	6,9	7,18	0,58	13	2,5	2,3	2,1	2,4	< 2,0	2,5	0,26	0,28	330	290	6,7	5,7		
Banemyra	V-02	11.07	6,8	6,64	1,6	21	6,8	5,1	3,2	2,9	< 2,0	2,4	0,33	0,29	940	710	7	7,8		
Banemyra	V-02	20.09	7,2	7,39	1,9	21	3,1	1,8	2,5	1,9	< 2,0	1,8	0,33	0,25	820	520	9,6	9,4		
Banemyra	V-04	03.05	6,8	7,15	0,29	14	2,9	2,5	2,3	2,3	< 2,0	2,3	0,23	0,27	310	270	6,6	5,8		
Banemyra	V-04	11.07	6,6	6,76	0,93	21	7	5,4	3,4	2,9	2,4	2,3	0,37	0,28	830	670	6,5	7,7		
Banemyra	V-04	20.09	6,9	7,58	1,5	20	3,4	1,9	2,1	1,8	< 2,0	1,6	0,26	0,24	840	530	9,4	9,5		
Banemyra	V-05	03.05	6,8	8,68	2,4	13	3,1	2,8	5	4,7	2,8	3,3	0,64	0,67	2100	1900	9,3	8,7		
Banemyra	V-05	11.07	6,6	7,78	14	19	5,1	3	4,8	3,8	< 2,0	2	0,76	0,57	4100	2300	9,5	10		
Banemyra	V-05	20.09	6,8	8,59	7,6	13	1,6	0,76	3,4	2,3	3,1	1,7	0,52	0,4	1900	910	12	12		
Banemyra	V-06	03.05	6,2	6,84	0,39	13	0,22	0,18	0,66	0,92	< 2,0	1,8	< 0,20	< 0,020	680	680	7,2	6,7		
Banemyra	V-06	11.07	5,9	5,92	0,86	23	0,32	0,27	< 0,50	0,52	< 2,0	0,56	< 0,20	< 0,020	1600	1300	6,8	8,1		
Banemyra	V-06	20.09	5,9	5,08	4,4	27	0,23	0,1	1,5	0,48	2,7	1,9	< 0,20	< 0,020	1400	810	5,3	4,7		
Bue-Nebb	BNV1	04.05	7,2	9,86	1,3	11	4,3		4,9		3,1		1,4		460		7,3			
Bue-Nebb	BNV1	23.06	6,1	6,12	0,91	27	7,4		5,8		3,6		0,64		990		3,4			
Bue-Nebb	BNV1	20.09	6,8	9,58	1,3	27	6,2	3,8	4,3	3,5	2,9	3	0,69	0,51	1700	1000	8,8	8,2	1,3	1,1
Bue-Nebb	BNV1	20.09	6,8	9,58	1,3	27	6,2	3,8	4,3	3,5	2,9	3	0,69	0,51	1700	1000	8,8	8,2	1,3	1,1
Bue-Nebb	Ref	13.01	6,3	6,55	0,49	6,2	<0,20		0,61		<2,0		<0,20		270		2,3			
Bue-Nebb	Ref	26.01	6,5	6,56	1,1	6,7	<0,20		0,79		<2,0		<0,20		260		2,6			
Bue-Nebb	Ref	02.02	6,6	6,9	0,55	6,3	<0,20		0,93		<2,0		<0,20		320		3,1			
Bue-Nebb	Ref	16.03	6,1	6,06	0,7	7,6	<0,20		0,61		<2,0		<0,20		250		2			
Bue-Nebb	Ref	23.03	6,4	6,82	0,75	6,6	<0,20		1,1		<2,0		<0,20		230		2,7			
Bue-Nebb	Ref	29.03	6,4	7,58	0,58	5,3	<0,20		<0,50		<2,0		<0,20		220		3,2			
Bue-Nebb	Ref	06.04	6,5	7,63	0,7	6,3	<0,20		1,2		<2,0		<0,20		240		3,3			
Bue-Nebb	Ref	21.04	6,3	6,43	0,61	9,3	<0,20		0,88		<2,0		<0,20		220		2,5			
Bue-Nebb	Ref	04.05	6,9	7,76	0,35	6	<0,20		<0,50		<2,0		<0,20		270		3,6			

NIVA 7233-2018

Felt	Pkt	Dato	pH	Kond	Turb	TOC	Pb (t)	Pb (f)	Cu (t)	Cu (f)	Zn (t)	Zn (f)	Sb (t)	Sb (f)	Fe (t)	Fe (f)	Ca (t)	Ca (f)	Ni (t)	Ni (f)
				mS/m	FNU	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l
Bue-Nebb	Ref	11.05	6,9	8,09	0,61	5,9	<0,20		<0,50		<2,0		<0,20		280		4,2			
Bue-Nebb	Ref	26.05	6,3	7,26	0,92	13	<0,20		1		<2,0		<0,20		350		3,3			
Bue-Nebb	Ref	08.06	7,1	8,59	0,8	7,7	<0,20		2,2		<2,0		<0,20		350		4,5			
Bue-Nebb	Ref	23.06	6,5	6,42	0,71	15	<0,20		1,1		<2,0		<0,20		430		3,2			
Bue-Nebb	Ref	20.09	6,5	6,08	0,52	23	4	0,069	5,4	0,96	5,4	1	0,62	< 0,020	1700	490	17	3,3	1	0,55
Bue-Nebb	Ref	20.09	6,5	6,08	0,52	23	4	0,069	5,4	0,96	5,4	1	0,62	< 0,020	1700	490	17	3,3	1	0,55
Bue-Nebb	V1	20.09	6,5	16,6	6,4	14	3,4	1,5	5,2	4,2	5,8	4,5	0,56	0,49	1400	600	18	17	1,3	0,88
Bue-Nebb	V1	20.09	6,5	16,6	6,4	14	3,4	1,5	5,2	4,2	5,8	4,5	0,56	0,49	1400	600	18	17	1,3	0,88
Bue-Nebb	V2	04.05	6,8	7,9	1,2	12	1,7		2,8		2		0,45		540		3,9			
Bue-Nebb	V2	23.06	6	5,88	1	30	4,7		4,1		3,3		0,39		1000		3			
Bue-Nebb	V2	20.09	6,5	7,57	1,3	37	2,7	1,7	3,1	2,4	2,8	2,9	0,28	0,24	1700	910	5,4	4,8	1,2	1,1
Bue-Nebb	V2	20.09	6,5	7,57	1,3	37	2,7	1,7	3,1	2,4	2,8	2,9	0,28	0,24	1700	910	5,4	4,8	1,2	1,1
Bue-Nebb	V3	20.09	4,9	5,8	0,57	40	12	9,3	4,9	4,2	2,7	3,3	0,74	0,62	2900	2300	1,8	1,5	0,96	0,88
Bue-Nebb	V3	20.09	4,9	5,8	0,57	40	12	9,3	4,9	4,2	2,7	3,3	0,74	0,62	2900	2300	1,8	1,5	0,96	0,88
Bue-Nebb	V4	04.05	7,1	8,73	1,3	11	2,6		3,5		2,1		0,84		460		5,8			
Bue-Nebb	V4	23.06	6,4	6,43	1,2	27	8		6,5		3,7		0,77		930		4,3			
Bue-Nebb	V4	20.09	7	9,64	1,9	27	6,1	3,5	4,6	3,4	3,6	2,7	0,67	0,47	1800	1100	8,7	8,8	1,5	1,2
Bue-Nebb	V4	20.09	7	9,64	1,9	27	6,1	3,5	4,6	3,4	3,6	2,7	0,67	0,47	1800	1100	8,7	8,8	1,5	1,2
Bue-Nebb	V5	13.01	6,3	7,11	1,4	7,8	1,1		1,5		2,1		<0,20		340		2,8			
Bue-Nebb	V5	26.01	6,6	7,26	3	8,5	1,3		1,7		<2,0		0,27		390		3,5			
Bue-Nebb	V5	02.02	6,6	7,54	1,4	7,8	0,93		0,81		<2,0		<0,20		370		4			
Bue-Nebb	V5	16.03	6,1	6,44	21	8,9	11		6,6		4		1,1		1200		2,7			
Bue-Nebb	V5	23.03	6,4	7,38	2,1	8,2	1,7		2,2		2,1		0,23		360		3,4			
Bue-Nebb	V5	29.03	6,5	8,31	1,8	6,5	0,86		1,3		2,1		0,23		250		4,2			
Bue-Nebb	V5	06.04	6,6	8,38	3,2	8,2	1,4		2,8		3,6		0,41		430		4,5			
Bue-Nebb	V5	21.04	6,3	7,01	1,3	11	1,1		1,9		2,2		<0,20		280		3			
Bue-Nebb	V5	04.05	7	8,72	0,84	7,5	0,54		1,4		<2,0		0,21		280		4,5			
Bue-Nebb	V5	11.05	7	9,4	1,2	8	0,69		1,2		<2,0		0,25		300		5,4			

NIVA 7233-2018

Felt	Pkt	Dato	pH	Kond	Turb	TOC	Pb (t)	Pb (f)	Cu (t)	Cu (f)	Zn (t)	Zn (f)	Sb (t)	Sb (f)	Fe (t)	Fe (f)	Ca (t)	Ca (f)	Ni (t)	Ni (f)
				mS/m	FNU	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l
Bue-Nebb	V5	26.05	6,4	8,58	5,4	16	2,3		2,3		3,4		0,42		870		4,9			
Bue-Nebb	V5	08.06	7,1	10,3	1,6	9,8	0,79		2,8		<2,0		0,26		380		6			
Bue-Nebb	V5	23.06	6,5	7,47	1,5	19	1,7		2,4		2		<0,20		600		4,2			
Bue-Nebb	V5	20.09	6,7	7,83	1,2	25	1,1	0,69	3	1,8	< 2,0	1,8	0,22	0,17	1100	590	5,8	5,1	0,89	0,73
Bue-Nebb	V5	20.09	6,7	7,83	1,2	25	1,1	0,69	3	1,8	< 2,0	1,8	0,22	0,17	1100	590	5,8	5,1	0,89	0,73
Børja	Bør-1	05.05	5,3	1,48	1,9	16	2	1,5	19	17	15	15	0,23	0,19	1200	860	1,1	0,9		
Børja	Bør-1	25.07	5,7	1,56	0,78	18	1,5	1,4	13	15	13	15	< 0,20	0,15	820	830	0,74	0,83		
Børja	Bør-1	04.10	5,3	1,57	1,6	18	2,4	1,7	19	14	14	14	< 0,20	0,14	1500	910	1,1	1,3		
Børja	Bør-10	05.05	4,4	2,46	1,8	21	1,1	1	< 0,50	0,34	7,2	9	< 0,20	0,068	520	500	1,1	0,71		
Børja	Bør-10	25.07	4,6	1,73	0,79	20	0,61	0,62	< 0,50	0,23	5,7	8	< 0,20	0,063	360	360	0,51	0,6		
Børja	Bør-10	04.10	4,3	2,42	1,1	24	1	1	0,96	0,42	7,7	9,6	< 0,20	0,077	570	460	0,6	0,73		
Børja	Bør-11	05.05	4,4	2,19	0,51	17	1,2	1,1	2,8	2,7	6,5	8,5	< 0,20	0,063	500	490	0,51	0,43		
Børja	Bør-11	25.07	5,3	2,18	0,68	17	1,7	1,5	2,4	2,3	4,9	6,7	< 0,20	0,049	760	700	1,4	1,4		
Børja	Bør-11	04.10	4,2	2,96	0,61	24	1,7	1,5	4,1	2,7	9,1	10	< 0,20	0,087	880	690	0,51	0,56		
Børja	Bør-12	05.05	4,3	2,32	0,47	20	1,2	1,2	< 0,50	0,45	4,8	5,9	< 0,20	0,069	530	520	0,56	0,48		
Børja	Bør-12	25.07	4,8	1,87	0,72	28	1,6	1,6	< 0,50	0,36	4,1	6,5	< 0,20	0,041	1300	1300	1,2	1,2		
Børja	Bør-12	04.10	4,2	3,2	0,59	30	2	1,8	0,65	0,51	7	8,3	< 0,20	0,092	900	770	0,67	0,66		
Børja	Bør-13	25.07	5,2	1,57	1,5	20	2,8	2,2	18	16	14	18	< 0,20	0,12	1600	1100	0,91	1		
Børja	Bør-13	04.10	5,2	1,56	2,9	18	2,3	1,8	19	14	14	15	< 0,20	0,15	1500	940	1,2	1,2		
Børja	Bør-2	05.05	5	1,43	11	13	2,7	2	27	19	25	22	0,34	0,36	780	610	0,76	0,61		
Børja	Bør-2	25.07	5,2	1,16	0,99	13	1,5	1,4	17	17	16	22	0,31	0,34	490	450	0,55	0,6		
Børja	Bør-2	04.10	4,9	1,4	1,4	14	2,4	2,1	25	21	21	23	0,37	0,33	790	630	0,57	0,56		
Børja	Bør-7	05.05	5	1,63	0,42	12	0,57	0,44	3,5	3,2	4,6	5,9	<0,20	0,051	540	520	0,75	0,76		
Børja	Bør-7	25.07	6,5	3,44	6,1	20	0,63	0,4	2,3	2,4	3,4	3,9	< 0,20	0,042	1800	980	3,7	4,2		
Børja	Bør-7	04.10	4,7	2,15	0,35	19	0,73	0,7	3,4	3,1	4,9	5,5	< 0,20	0,065	890	740	1,1	1		
Børja	Bør-8	05.05	4,6	1,62	1,8	17	1,7	1,6	12	11	15	16	< 0,20	0,12	940	850	0,57	0,51		
Børja	Bør-8	25.07	4,8	1,33	1,3	20	1,3	1,2	8,4	8,1	14	18	< 0,20	0,13	650	650	0,39	0,51		
Børja	Bør-8	04.10	4,6	1,6	3,4	20	1,9	1,7	14	11	17	18	< 0,20	0,12	900	730	0,67	0,63		

NIVA 7233-2018

Felt	Pkt	Dato	pH	Kond	Turb	TOC	Pb (t)	Pb (f)	Cu (t)	Cu (f)	Zn (t)	Zn (f)	Sb (t)	Sb (f)	Fe (t)	Fe (f)	Ca (t)	Ca (f)	Ni (t)	Ni (f)
				mS/m	FNU	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l
Børja	Bør-9	05.05	4,4	2,1	2,4	18	1,6	1,4	4,9	4,2	9,8	11	< 0,20	0,084	600	560	0,64	0,54		
Børja	Bør-9	25.07	4,6	1,6	0,66	19	0,86	0,81	3,5	3,5	7,7	12	< 0,20	0,086	430	450	0,38	0,43		
Børja	Bør-9	04.10	4,3	2,41	1,6	24	1,8	1,7	6	4,8	11	13	< 0,20	0,094	710	600	0,55	0,64		
Børja	Bør-ref	05.05	4,6	1,91	0,37	15	0,8	0,74	< 0,50	0,42	3,3	4,7	< 0,20	0,057	580	560	0,79	0,67		
Børja	Bør-ref	25.07			0,71	21	1,1	1	< 0,50	0,36	3,5	6,1	< 0,20	0,063	1300	1200	1,4	1,5		
Børja	Bør-ref	04.10	4,3	2,8	0,45	26	1,4	1,4	1,3	0,5	6	8,1	< 0,20	0,069	1100	920	0,94	0,99		
Fredrikstad	1	19.05	6,4	8,67	11	12	1,3	0,71	2,2	2,5	9,2	5,8	0,49	0,59	900	340	3,2	2,8		
Fredrikstad	1	30.10	5,8	7,08	3,4	15	1,3	0,88	2	2	11	11	< 0,20	0,24	620	430	2,1	2		
Fredrikstad	2	19.05	6,4	14,4	5,7	24	2,4	1,9	16	16	55	67	0,81	1,1	850	600	8,1	7,3		
Fredrikstad	2	30.10	6	10,7	5,1	37	5,2	4,4	24	26	53	52	1,3	1,5	1400	1100	5,7	5,3		
Fredrikstad	3	19.05	6,9	13,8	9,4	8,5	5,2	1,1	6,5	5,2	12	8,9	1	1,1	590	80	6,5	6		
Fredrikstad	3	09.08	6,5	13,3	58	18	17	6,2	13	11	19	12	9,3	8,4	1900	190	8,8	8,4		
Fredrikstad	3	30.10	6,3	10,4	2	14	2,1	1,5	4,5	4,4	14	13	0,45	0,5	260	160	3,6	3,4		
Fredrikstad	10	19.05	7,1	16,2	5,3	8,8	0,39	0,17	3,2	3	6,2	6,4	0,38	0,48	340	130	11	11		
Fredrikstad	10	09.08	6,7	28,4	27	15	1,8	0,41	5,7	4,3	15	9,9	0,66	0,52	1300	170	19	18		
Fredrikstad	10	30.10	6,9	13,9	3,6	10	0,45	0,22	2,6	2,8	8,9	9,1	< 0,20	0,32	330	190	7,8	7,7		
Fredrikstad	12	19.05	6,9	12,2	78	19	5,3	0,14	9,3	3,9	48	7,4	0,97	0,71	13000	220	8,5			
Fredrikstad	12	30.10	6,3	8,92	2,8	12	0,55	0,33	2,8	2,5	14	10	< 0,20	0,3	570	380	4,5	4,1		
Fredrikstad	13	09.08	6,5	6,43	10	18	7,7	3,4	39	31	42	33	2	1,5	410	190	5,5	5		
Fredrikstad	13	30.10	6,4	8,07	0,83	14	0,68	0,45	6,7	6,8	20	19	0,75	0,82	140	110	5,7	5,5		
Fredrikstad	10S	19.05	7,7	16,3	6,4	8,8	2	0,85	3,7	3,5	6,3	5,7	1,1	1,2	400	150	11	11		
Fredrikstad	10S	30.10	7	14	5	10	1,7	0,9	2,8	3	9,3	7,5	0,86	0,97	370	180	8	7,6		
Fredrikstad	Ref-2015	19.05	5,8	8,1	1,8	6,3	0,42	0,19	1,7	1,4	8,2	8,8	< 0,20	0,15	160	40	3,5	3,1		
Fredrikstad	Ref-2015	09.08	6,3	10,3	81	31	6,9	0,27	9,3	2,8	56	10	< 0,80	0,14	7900	230	8,6	7,3		
Fredrikstad	Ref-2015	30.10	6,3	11,8	1	9,2	0,26	0,11	1,3	1,2	11	11	< 0,20	0,16	190	110	5,3	5,1		
Fredrikstad*	1	09.08	5,8	6,35	830	19	130	12	60	18	110	10	7,6	3,9	41000	590	6	2,7		
Fredrikstad*	2	09.08	6,4	1,73	140	5,4	56	3,3	16	3,6	49	6,3	2,8	1	3600	47	2	0,82		
Fredrikstad*	12	09.08	6,3	5,19	130	13	45	3,8	18	7,5	42	7,5	3,7	1,5	11000	280	3,9	2,6		

NIVA 7233-2018

Felt	Pkt	Dato	pH	Kond	Turb	TOC	Pb (t)	Pb (f)	Cu (t)	Cu (f)	Zn (t)	Zn (f)	Sb (t)	Sb (f)	Fe (t)	Fe (f)	Ca (t)	Ca (f)	Ni (t)	Ni (f)
				mS/m	FNU	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l
Fredrikstad*	10S	09.08	6,8	19,6	2200	10	9900	95	1800	53	1200	16	810	57	81000	66	28	13		
Gimlemoen	P10	19.04	6,3	4,49	0,43	6,7	4,8	3,5	5	4,6	12	14	0,99	1	150	68	5	2		
Gimlemoen	P10	30.08	6,3	3,45	0,87	10	7,2	4,3	5,8	4,5	9,9	11	0,88	0,82	730	390	2	1,9		
Gimlemoen	P10	09.11	6	3,11	0,65	8,5	7,8	5,4	3,8	3,9	11	12	0,86	0,76	220	160	1,3	1,5		
Gimlemoen	P11	19.04	6	5,23	0,27	6,7	0,57	0,37	1,8	1,2	8,1	10	< 0,20	0,088	66	22	1,9	2		
Gimlemoen	P11	30.08	6,2	4,54	0,44	8,3	0,86	0,65	1,4	1,4	5,7	7	< 0,20	0,19	120	60	2	1,9		
Gimlemoen	P11	09.11	5,8	4,03	1,9	10	1,3	0,81	2,5	1,9	10	10	< 0,20	0,093	230	130	1,6	1,6		
Gimlemoen	P3B	19.04	5,8	4,35	0,51	6,2	6,3	4,4	7,9	3	31	15	0,79	0,84	110	29	1,7	1,4		
Gimlemoen	P3B	30.08	6	3,17	0,44	10	8,5	7	5,5	4,6	9,8	11	1,1	1,1	410	290	1,4	1,3		
Gimlemoen	P3B	09.11	5,6	3,02	0,77	8,6	8,8	6,2	3,8	3,4	11	11	0,86	0,76	200	130	1,1	1,1		
Gimlemoen	P5	19.04	6,1	4,61	0,51	6,9	6,8	4,8	5,6	5,1	14	17	1,2	1,3	200	72	2,2	2,2		
Gimlemoen	P5	30.08	5,9	3,47	1,5	11	10	6,3	6,3	4,8	11	12	1,1	0,93	810	390	1,9	1,8		
Gimlemoen	P5	09.11	5,8	3,16	0,79	9	9,3	6,5	3,9	4,1	11	12	0,95	0,84	280	190	1,4	1,4		
Gimlemoen	P6	19.04	6,5	4,64	0,35	6,4	4,6	3,3	4,5	3,7	9,6	12	0,85	0,92	150	66	2,1	2,4		
Gimlemoen	P6	30.08	6,6	4,22	1	10	9,4	5,9	5,3	4,3	8,2	8,7	1	0,94	770	420	2,2	2,1		
Gimlemoen	P6	09.11	6,2	3,29	0,79	8,7	7,3	4,9	4,1	3,7	10	10	0,93	0,72	250	160	1,8	1,7		
Gimlemoen	P7	19.04	6,3	4,82	1,1	6,1	2,8	2,1	3,4	3,1	11	13	0,59	0,7	100	27	2	2		
Gimlemoen	P7	30.08	6,5	3,89	1,1	9,7	4,5	3	4,8	3,8	9,5	9,8	0,8	0,66	450	270	2,3	2,1		
Gimlemoen	P7	09.11	6,1	3,26	0,96	8,9	5,4	3,7	3,7	3,4	12	11	0,67	0,5	280	130	2,1	1,4		
Gimlemoen	P9	19.04	6,5	4,52	0,39	6,5	5,1	3,6	4,6	4,1	11	13	1,1	1,1	150	69	2,3	2,3		
Gimlemoen	P9	30.08	6,5	3,51	2	9,9	7,8	5	5,3	4,6	11	9,7	0,97	0,89	700	400	2,1	2		
Gimlemoen	P9	09.11	6,3	3,25	0,67	8,5	8,3	5,8	4,5	4	11	11	0,9	0,89	270	150	2,1	1,6		
Gimlemoen*	P2-A	19.04	6,9	5,89	0,81	7	17	13	8	7,7	8,7	9,9	6,5	7	150	82	4	4,2		
Gimlemoen*	P2-A	30.08	7,1	5,69	1,3	10	20	11	10	8,5	7,3	7,2	7,5	6,7	300	160	6,2	5,7		
Gimlemoen*	P2-A	09.11	6,9	4,43	1,2	6,6	28	17	7,5	7,6	8,7	9	5,8	4,9	190	120	4	3,8		
Gimlemoen*	P2-B	19.04	4,6	4,82	0,5	12	48	45	8,4	7,9	12	17	1,4	1,6	300	260	0,98	1,1		
Gimlemoen*	P2-B	09.11	5,3	3,48	0,82	13	55	45	8,6	8,6	11	11	2,7	2,4	370	280	1,7	1,3		
Gurulia	GLV-2	13.01	5,8	6,02	1,2	6,9	4,6		3,3		5		0,72		280		1,6			

NIVA 7233-2018

Felt	Pkt	Dato	pH	Kond	Turb	TOC	Pb (t)	Pb (f)	Cu (t)	Cu (f)	Zn (t)	Zn (f)	Sb (t)	Sb (f)	Fe (t)	Fe (f)	Ca (t)	Ca (f)	Ni (t)	Ni (f)
				mS/m	FNU	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l
Gurulia	GLV-2	26.01	6,2	6,14	43	16	20		7,9		8,9		1,7		1400		3			
Gurulia	GLV-2	02.02	6,4	7,21	2,2	8,3	9,4		3,2		2,9		0,74		360		2,9			
Gurulia	GLV-2	23.03	5,9	6,91	4,8	7,9	4,6		3,9		3,8		0,82		450		2,5			
Gurulia	GLV-2	29.03	6,3	8,35	3,9	6,8	4,1		3,9		3,9		1,2		340		3,8			
Gurulia	GLV-2	06.04	6,4	8,15	5,5	9,6	6		5,3		4,8		1,8		560		3,8			
Gurulia	GLV-2	21.04	6,3	6,78	4,7	10	3,6		2,9		2,9		0,74		280		2,4			
Gurulia	GLV-2	04.05	6,8	8,44	1,2	8,3	2,7		2,9		2,1		0,85		330		4,1			
Gurulia	GLV-2	11.05	6,7	8,45	0,86	8,6	2,2		2,4		2,5		0,8		320		4,2			
Gurulia	GLV-2	26.05	6,2	7,46	3,1	17	5,3		5		3,9		1,7		410		3,3			
Gurulia	GLV-2	08.06	7,1	11	0,85	13	1,9		2,6		<2,0		0,43		460		6,1			
Gurulia	GLV-2	23.06	6,2	6,52	0,82	19	5,2		4,4		2,4		1,1		470		3,4			
Gurulia	GLV-2	20.09	6,3	6,18	1,2	21	6,3	4,4	4,4	3,6	3,6	3,6	0,86	0,65	960	570	3,6	3,4	0,63	0,47
Gurulia	V1	13.01	4,8	5,35	0,17	7,4	2,4		1		3		<0,20		230		0,77			
Gurulia	V1	26.01	5,1	4,88	1,3	8	2,8		0,88		<2,0		<0,20		250		0,78			
Gurulia	V1	02.02	5,2	5,21	0,75	8,1	2,6		0,71		<2,0		<0,21		290		1,1			
Gurulia	V1	16.03	5,8	5,6	83	9,5	6,4		1,5		3,1		<0,20		490		0,65			
Gurulia	V1	23.03	4,9	6,33	1	7,1	3,7		1,8		3		<0,20		270		0,9			
Gurulia	V1	29.03	4,9	7,26	0,56	6,1	1,8		0,67		2,3		<0,20		140		1,2			
Gurulia	V1	06.04	4,9	6,59	0,22	8,3	3,4		1,1		2,5		0,25		210		0,99			
Gurulia	V1	21.04	5	5,66	0,87	11	2,7		1,4		2,5		<0,20		180		0,73			
Gurulia	V1	04.05	5,9	6,35	0,39	9,4	1,6		0,87		2		<0,2		230		1,8			
Gurulia	V1	11.05	5,6	6,52	0,25	9,5	1,9		0,87		3		0,22		210		1,5			
Gurulia	V1	26.05	4,8	6,12	0,31	19	4,2		1,4		2,7		0,26		310		0,9			
Gurulia	V1	08.06	6,2	6,64	0,45	16	2,3		2,8		5,2		0,3		430		2,9			
Gurulia	V1	23.06					5,7		2,3		4,5		0,38		450		0,89			
Gurulia	V1	20.09	4,9	5,03	0,29	28	4,6	3,5	2,9	2	3,9	4,3	0,27	0,23	690	550	0,89	0,78	< 0,50	0,25
Gurulia	V2	13.01	5,9	6,42	1,1	7,6	3,8		2,6		3,2		0,64		260		1,9			
Gurulia	V2	26.01	6,3	6,42	24	12	6,6		4,5		5,1		1,4		640		2,6			

NIVA 7233-2018

Felt	Pkt	Dato	pH	Kond	Turb	TOC	Pb (t)	Pb (f)	Cu (t)	Cu (f)	Zn (t)	Zn (f)	Sb (t)	Sb (f)	Fe (t)	Fe (f)	Ca (t)	Ca (f)	Ni (t)	Ni (f)
				mS/m	FNU	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l
Gurulia	V2	02.02	6,3	6,75	1,6	8,5	4		3,1		3,1		0,85		360		3,1			
Gurulia	V2	23.03	6	7,02	8,8	8,2	6,4		4,8		3,9		1,1		580		2,7			
Gurulia	V2	29.03	6,2	8,17	3,6	6,1	3,1		2,7		4,1		0,83		290		3,5			
Gurulia	V2	06.04	6,5	8,25	4,6	8,8	5,1		4,8		4,7		1,7		490		3,8			
Gurulia	V2	21.04	6	6,65	2,1	11	3,4		2,6		2,7		0,68		270		2,3			
Gurulia	V2	04.05	6,8	8,32	1,4	8,1	2,6		2,7		3,3		0,83		340		3,9			
Gurulia	V2	11.05	6,7	8,94	1,3	8,7	2,5		2,7		3,7		0,93		390		4,8			
Gurulia	V2	26.05	6,2	7,4	1,9	15	4,8		4,9		4,1		1,4		410		3,4			
Gurulia	V2	08.06	7	9,83	1,9	13	2,7		5,5		3,1		1,2		530		6,7			
Gurulia	V2	23.06	6,3	6,28	1	20	5,3		4,4		2,9		1		520		3,6			
Gurulia	V2	20.09	6,6	7,81	8	24	5,4	2,9	6,2	4,5	4,6	3,3	0,87	0,72	1500	550	6	5,2	1,8	1,1
Gurulia	V3	20.09	7	11,2	4,5	13	9,5	5,7	13	10	5	4,6	3,2	2,6	2300	1400	10	9,5	1,2	1,1
Gurulia	V4	20.09	6,4	6,35	1,2	24	5,3	3,7	3,8	3,2	3,1	3,1	0,66	0,56	980	600	4,1	3,7	0,55	0,48
Gurulia	V5	20.09	5,8	5,95	0,5	44	2,5	1,9	1,1	0,63	3,2	3,7	0,25	0,2	2100	1600	4	3,5	0,58	0,49
Gurulia	V6	13.01	5,8	7,37	1,5	8,2	3,4		2,9		3,4		0,53		330		1,7			
Gurulia	V6	26.01	6,3	6,19	11	11	4,2		3,1		3,2		0,81		560		2,2			
Gurulia	V6	02.02	6,3	6,51	1,9	9,4	3		2,9		2,8		0,59		420		2,4			
Gurulia	V6	23.03	5,9	6,78	6,1	8,8	4,8		3,5		3,1		0,65		460		2,4			
Gurulia	V6	29.03	6,2	7,94	3,2	7,1	2,3		2,3		<2,0		0,59		270		3			
Gurulia	V6	06.04	6,4	7,75	4,1	9	3,5		3,4		3,3		1,1		460		3			
Gurulia	V6	21.04	5,9	6,34	2,1	12	2,8		2,2		2,5		0,51		300		2,1			
Gurulia	V6	04.05	6,8	8,16	1,1	8,7	1,8		2,1		<2,0		0,66		310		3,4			
Gurulia	V6	11.05	6,8	8,36	1,2	10	1,8		2,1		2,2		0,75		340		3,9			
Gurulia	V6	26.05	5,8	6,4	2,9	19	4,6		3,8		3,8		0,93		660		2,7			
Gurulia	V6	08.06	7	9,2	1,2	14	2,3		4,7		<2,0		0,98		500		4,7			
Gurulia	V6	23.06	6,1	5,84	1,1	23	4,6		3,8		2,7		0,85		580		2,8			
Gurulia	V6	20.09	6,7	7,33	2,2	23	3,3	2,1	4,5	3,4	2,4	2,3	0,75	0,56	1200	620	5,1	4,4	1,1	0,71
Gurulia*	GLV-2	16.03	6,2	6,42	110	11	270		100		26		21		4000		2,9			

NIVA 7233-2018

Felt	Pkt	Dato	pH	Kond	Turb	TOC	Pb (t)	Pb (f)	Cu (t)	Cu (f)	Zn (t)	Zn (f)	Sb (t)	Sb (f)	Fe (t)	Fe (f)	Ca (t)	Ca (f)	Ni (t)	Ni (f)
				mS/m	FNU	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l
Gurulia*	V2	16.03	6,2	6,5	140	11	170		71		20		13		5800		3,4			
Gurulia*	V6	16.03	5,9	6,15	95	11	78		36		14		7,5		4700		2,6			
Kjoselvdalen	1	17.06	7,9	11,7	0,26	1,9	< 0,20	0,061	0,92	0,51	< 2,0	1,3	< 0,20	0,13	110	72	18	16		
Kjoselvdalen	1	09.08	7,9	15,3	0,92	2,2	< 0,20	0,034	0,77	0,61	< 2,0	2	< 0,20	0,08	220	120	23	22		
Kjoselvdalen	1	20.10	7,6	12,6	0,35	2,7	< 0,20	0,12	1,2	0,72	3,7	4	< 0,20	0,16	220	140	16	17		
Kjoselvdalen	2	17.06	7,2	5,12	0,17	3,7	3,9	3,4	8,3	8,1	3	4,2	2,8	3,7	38	25	4,3	4		
Kjoselvdalen	2	09.08	7,5	7,46	0,33	3,8	1,7	1,2	9,3	7,4	4,2	4,2	1,8	1,9	35	24	7,4	7,4		
Kjoselvdalen	4	17.06	7,9	11,7	<0,1	1,2	< 0,20	< 0,010	0,74	0,23	< 2,0	0,77	< 0,20	0,12	3	0,76	19	18		
Kjoselvdalen	4	09.08	8,1	16,9	0,14	1,1	< 0,20	0,012	0,66	0,28	< 2,0	0,31	< 0,20	0,13	< 2,0	1,1	28	27		
Kjoselvdalen	4	20.10	8	15,3	0,16	1,9	< 0,20	0,017	< 0,50	0,34	< 2,0	0,31	< 0,20	0,24	3,7	2,1	23	23		
Kjoselvdalen	8	17.06	6,9	4,24	0,24	5,3	10	9,6	30	29	18	20	2,8	3,8	76	56	3,1	2,9		
Kjoselvdalen	8	09.08	7,1	5,92	0,22	5,1	5,5	4,8	28	27	20	23	3,1	3,2	74	58	5,1	5		
Kjoselvdalen	5 Ref	17.06	7,9	11,9	<0,1	1,3	< 0,20	< 0,010	< 0,50	0,13	< 2,0	0,37	< 0,20	< 0,020	4,2	1,1	20	18		
Kjoselvdalen	5 Ref	09.08	8,1	17,3	0,17	1,1	< 0,20	< 0,010	< 0,50	0,18	< 2,0	0,65	< 0,20	< 0,020	2,1	1,3	28	27		
Kjoselvdalen	5 Ref	20.10	8	15,7	0,16	2	< 0,20	< 0,010	< 0,50	0,27	< 2,0	0,82	< 0,20	< 0,020	< 2,0	2,2	23	23		
Kjoselvdalen	6 ut	17.06	7,9	11,5	0,15	1,4	< 0,20	0,087	0,68	0,42	< 2,0	0,59	< 0,20	0,14	14	3,2	18	17		
Kjoselvdalen	6 ut	09.08	8	16,2	0,15	1,3	< 0,20	< 0,010	< 0,50	0,44	< 2,0	0,69	< 0,20	0,16	11	5	25	24		
Kjoselvdalen	6 ut	20.10	7,9	13,8	0,14	2,4	< 0,20	0,041	0,57	0,59	< 2,0	0,75	0,28	0,39	20	9,3	18	19		
Kjoselvdalen	7 Ref	17.06	7,9	12,8	0,11	1,5	< 0,20	0,011	< 0,50	0,21	< 2,0	0,61	< 0,20	< 0,020	3,3	0,98	21	19		
Kjoselvdalen	7 Ref	09.08	7,9	18,2	0,15	1,7	< 0,20	0,082	0,57	0,23	< 2,0	0,47	< 0,20	< 0,020	10	6,3	25	25		
Kjoselvdalen	7 Ref	20.10	7,8	14,4	0,18	2,1	< 0,20	0,012	< 0,50	0,27	< 2,0	0,22	< 0,20	< 0,020	12	5,6	20	21		
Kvamskogen	2	26.05	5,8	1,56	0,23	4,6	1	0,99	4,9	5,3	< 2,0	3	< 0,20	0,066	120	100	0,48	0,48		
Kvamskogen	2	18.08					1,2	1,1	4,2	4,9	< 2,0	2,1	< 0,20	0,067	110	89	0,4	0,36		
Kvamskogen	2	31.10	5,8	1,31	0,18	3,4	0,87	0,79	3,1	2,8	2,1	2,2	< 0,20	0,056	95	70	0,4	0,45		
Kvamskogen	3	26.05	5,6	1,46	0,18	5,1	0,99	0,92	6,3	6,7	< 2,0	3,1	< 0,20	0,093	130	120	0,41	0,38		
Kvamskogen	3	18.08	5,8	<0,1	1,2	6,4	1,4	1,3	6,1	6,8	2,1	3,2	< 0,20	0,096	120	110	0,36	0,32		
Kvamskogen	3	31.10	5,8	1,23	0,2	3,7	0,78	0,65	3,8	3,1	< 2,0	2,6	< 0,20	0,054	110	77	0,35	0,39		
Kvamskogen	4	26.05	6,2	1,22	0,15	0,99	< 0,20	0,074	< 0,50	0,36	< 2,0	1,5	< 0,20	< 0,020	19	13	0,33	0,31		

NIVA 7233-2018

Felt	Pkt	Dato	pH	Kond	Turb	TOC	Pb (t)	Pb (f)	Cu (t)	Cu (f)	Zn (t)	Zn (f)	Sb (t)	Sb (f)	Fe (t)	Fe (f)	Ca (t)	Ca (f)	Ni (t)	Ni (f)
				mS/m	FNU	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l
Kvamskogen	4	18.08	6,1	0,86	0,34	2,2	< 0,20	0,089	< 0,50	0,23	< 2,0	0,91	< 0,20	< 0,020	39	21	0,35	0,33		
Kvamskogen	4	31.10	6,3	1,02	0,2	1,5	< 0,20	0,077	< 0,50	0,22	< 2,0	0,96	< 0,20	< 0,020	30	18	0,4	0,4		
Kvamskogen	5	26.05	6,2	1,21	0,15	0,94	< 0,20	0,073	< 0,50	0,098	< 2,0	1,3	< 0,20	< 0,020	19	12	0,34	0,3		
Kvamskogen	5	18.08	5,9	7,19	0,13	2,4	< 0,20	0,1	< 0,50	0,33	< 2,0	0,95	< 0,20	0,022	36	22	0,38	0,33		
Kvamskogen	5	31.10	6,1	1,02	0,28	1,6	< 0,20	0,068	< 0,50	0,24	< 2,0	1,1	< 0,20	< 0,020	29	18	0,37	0,41		
Kvamskogen	7	26.05	5,9	1,24	0,26	3,3	0,75	0,7	1,2	1,2	< 2,0	1,8	< 0,20	0,036	61	49	0,35	0,32		
Kvamskogen	7	18.08	5,7	0,23	1,1	6,6	1,7	1,6	2,1	2,7	< 2,0	1,6	< 0,20	0,058	94	83	0,38	0,34		
Kvamskogen	7	31.10	6	1,06	0,34	4	1,1	0,95	1,6	1,3	< 2,0	1,8	< 0,20	0,025	74	55	0,37	0,39		
Kvamskogen	1 Ref	26.05	5,7	1,69	0,16	5,3	1,1	1	3,2	3,6	< 2,0	3,3	< 0,20	0,1	99	92	0,6	0,57		
Kvamskogen	1 Ref	18.08	6,6	4,33	0,25	5,7	1,3	1,2	2,8	3,3	< 2,0	1,7	< 0,20	0,079	71	67	0,4	0,36		
Kvamskogen	1 Ref	31.10	5,8	1,23	0,23	4,3	0,84	0,81	3	2,2	< 2,0	2,1	< 0,20	0,064	74	57	0,4	< 0,050		
Kvamskogen	6Ref	26.05	6,3	1,07	0,37	3,6	0,22	0,14	< 0,50	0,18	< 2,0	2,1	< 0,20	0,026	100	73	0,53	0,5		
Kvamskogen	6Ref	18.08	5,6	0,97	0,25	6,2	0,27	0,23	< 0,50	0,27	< 2,0	2,1	< 0,20	0,026	150	130	0,79	0,72		
Kvamskogen	6Ref	31.10	6,2	1,16	0,18	3,9	< 0,20	0,14	< 0,50	0,23	< 2,0	1,6	< 0,20	< 0,020	120	83	0,65	0,71		
Kvenvikm.	NIVA1	12.06	7,2	5,88	0,21	3,3	< 0,20	< 0,010	1,9	0,89	< 2,0	1,1	< 0,20	< 0,020	9,4	7,4	5,6	5,2		
Kvenvikm.	NIVA1	08.08	7,5	5,72	0,43	3,3	< 0,20	0,016	0,76	0,88	< 2,0	1,1	< 0,20	< 0,020	5,4	3,8	5,3	5,5		
Kvenvikm.	NIVA2	12.06	7,4	6,29	0,37	4,5	< 0,20	0,028	2,1	0,96	< 2,0	1,2	< 0,20	0,033	30	19	5,1	4,9		
Kvenvikm.	NIVA2	08.08	7,6	6,44	0,37	4,3	< 0,20	< 0,010	0,65	0,74	< 2,0	0,73	< 0,20	0,022	16	11	5,6	5,7		
Kvenvikm.	NIVA3	12.06	7,2	7,7	0,51	7,3	0,26	0,12	4,2	3,8	6	6,7	< 0,20	0,13	59	42	11	10		
Kvenvikm.	NIVA3	08.08	7,6	10,6	0,47	6,5	< 0,20	0,028	2,6	2,3	< 2,0	1,7	< 0,20	0,048	54	23	17	16		
Kvenvikm.	NIVA4	12.06	6,9	4,56	0,3	7,7	1,3	1,1	5,9	5,6	< 2,0	2,4	0,76	0,77	110	110	3,4	3,1		
Kvenvikm.	NIVA4	08.08	7,2	6,02	0,3	8,1	0,9	0,72	4,7	4,6	< 2,0	1,4	0,53	0,54	110	89	7,3	7,1		
Marka	1	25.05	6,1	25,2	14	5,5	< 0,20	0,05	1,1	1,1	11	13	< 0,20	0,056	3500	810	7,5	7,4		
Marka	1	26.08	6,1	25,6	33	17	0,39	0,23	1,7	1,2	9,9	9,6	< 0,20	0,051	8400	3400	10	8,7		
Marka	1	14.10	6,1	14,9	14	21	3	1,4	9,8	7	26	21	< 0,20	0,17	5100	2200	3,5	3,1		
Melbu	V11	06.06	6,4	5,91	0,25	2,4	< 0,20	0,034	< 0,50	0,37	< 2,0	1,1	< 0,20	0,026	77	43	1,7	1,6		
Melbu	V11	16.08	6,5	5,83	0,58	11	< 0,20	0,088	0,74	0,69	< 2,0	2,9	< 0,20	0,048	450	340	2,7	2,4		
Melbu	V11	20.09	6,7	6,66	0,25	5,3	< 0,20	0,047	0,5	0,35	< 2,0	0,91	< 0,20	0,024	280	130	2,8	2,5		

NIVA 7233-2018

Felt	Pkt	Dato	pH	Kond	Turb	TOC	Pb (t)	Pb (f)	Cu (t)	Cu (f)	Zn (t)	Zn (f)	Sb (t)	Sb (f)	Fe (t)	Fe (f)	Ca (t)	Ca (f)	Ni (t)	Ni (f)
				mS/m	FNU	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l
Melbu	V28	06.06	6,8	6,4	0,17	2,1	0,27	0,15	0,58	0,58	<2,0	1,1	<0,20	0,17	65	31	1,9	1,8		
Melbu	V28	16.08	6,9	6,67	0,46	6,4	0,43	0,25	0,86	0,88	<2,0	1,2	<0,20	0,093	220	110	3,2	2,7		
Melbu	V28	20.09	7,1	7,04	0,26	3,5	<0,20	0,11	<0,50	0,35	<2,0	0,77	<0,20	0,051	120	53	2,8	2,5		
Melbu	V29	06.06	6,7	6,1	0,2	1,9	0,38	0,26	<0,50	0,53	<2,0	1,3	<0,20	0,18	55	28	1,7	1,6		
Melbu	V29	16.08	6,8	6,41	0,49	6,6	1,9	0,49	0,97	0,69	<2,0	1,5	<0,20	0,097	400	130	2,6	2,4		
Melbu	V29	20.09	6,9	6,75	0,28	3,3	0,4	0,18	<0,50	0,33	<2,0	0,97	<0,20	0,054	150	54	2,5	2,2		
Melbu	V32	06.06	6,9	6,05	0,12	1,8	<0,20	0,01	<0,50	0,1	<2,0	0,85	<0,20	<0,020	23	12	1,5	1,5		
Melbu	V32	16.08	7,1	6,4	0,72	4,5	<0,20	0,012	<0,50	0,085	<2,0	2,2	<0,20	<0,020	54	39	2,4	2,1		
Melbu	V32	20.09	7,1	6,48	0,15	2,5	<0,20	0,01	<0,50	<0,050	<2,0	0,85	<0,20	<0,020	39	22	2	1,8		
Melbu	V33	06.06	6,5	7,23	0,25	2,2	0,67	0,31	1,3	1,1	<2,0	1,8	<0,20	0,14	60	34	2,1	2,1		
Melbu	V33	16.08	6,6	7,32	0,36	7,6	0,9	0,55	3	2,6	<2,0	2	<0,20	0,13	240	170	3,1	2,7		
Melbu	V33	20.09	6,9	7,8	0,2	3,1	0,46	0,22	1,2	0,92	<2,0	1,2	<0,20	0,051	120	61	3,1	2,7		
Melbu	V34	06.06	7	6,57	0,25	1,9	<0,20	0,1	<0,50	0,56	<2,0	1,1	<0,20	0,16	45	26	2,1	1,9		
Melbu	V34	16.08	7,1	7,09	0,37	5,7	0,32	0,15	0,74	0,69	<2,0	1,2	<0,20	0,089	140	83	3,2	2,8		
Melbu	V34	20.09	7,1	7,06	0,34	3,1	<0,20	0,082	<0,50	0,38	<2,0	0,96	<0,20	0,053	83	41	3	2,7		
Melbu	V35	06.06	7	6,96	0,2	1,8	<0,20	0,078	0,72	0,58	<2,0	1,3	<0,20	0,14	49	23	2,2	2,1		
Melbu	V35	16.08	7,1	7,63	0,5	5,8	<0,20	0,11	0,75	0,72	<2,0	1	<0,20	0,082	110	68	3,6	3,2		
Melbu	V35	20.09	7,4	7,77	0,96	2,9	0,32	0,053	0,59	0,33	<2,0	0,77	<0,20	0,047	130	34	3,5	3,1		
Nyborgm.	3	11.06	6,9	5,35	0,45	4,2	<0,20	0,029	<0,50	0,18	<2,0	0,85	<0,20	<0,020	23	21	3,8	3,6		
Nyborgm.	3	26.07	6,8	11,1	0,22	0,81	<0,20	<0,010	<0,50	0,083	<2,0	0,95	<0,20	<0,020	2,2	0,67	9,2	8,3		
Nyborgm.	3	18.09	7,2	8,97	0,34	2,8	<0,20	<0,010	<0,50	0,11	<2,0	0,39	<0,20	<0,020	6,8	4,1	7,4	7,4		
Nyborgm.	4	11.06	6,9	4,75	0,74	5,1	<0,20	<0,010	<0,50	0,42	<2,0	1,6	<0,20	<0,020	33	22	3,6	3,5		
Nyborgm.	4	26.07	7,2	6,84	0,49	6	<0,20	<0,010	<0,50	0,53	<2,0	1,3	<0,20	<0,020	20	14	6,4	5,8		
Nyborgm.	4	18.09	7,4	7,4	0,37	4,6	<0,20	<0,010	<0,50	0,27	<2,0	0,96	<0,20	<0,020	27	13	6,3	6,4		
Nyborgm.	5	11.06	7,2	5,85	0,37	4,2	<0,20	0,035	<0,50	0,45	<2,0	1,2	<0,20	0,024	37	29	4,4	4,4		
Nyborgm.	5	26.07	7,6	9,54	0,36	3,6	<0,20	<0,010	<0,50	0,29	<2,0	0,68	<0,20	<0,020	41	23	9,2	8,2		
Nyborgm.	5	18.09	7,7	10,4	0,26	2,9	<0,20	<0,010	<0,50	0,19	<2,0	0,69	<0,20	<0,020	22	16	9,4	9,2		
Nyborgm.	6	11.06	7,1	7,11	0,6	4,6	<0,20	0,032	0,88	1	<2,0	2,6	<0,20	0,049	29	19	5,5	6,2		

NIVA 7233-2018

Felt	Pkt	Dato	pH	Kond	Turb	TOC	Pb (t)	Pb (f)	Cu (t)	Cu (f)	Zn (t)	Zn (f)	Sb (t)	Sb (f)	Fe (t)	Fe (f)	Ca (t)	Ca (f)	Ni (t)	Ni (f)
				mS/m	FNU	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l
Nyborgm.	6	26.07	7,3	11,4	0,37	3,9	< 0,20	0,015	1,6	1,4	2,3	2,3	< 0,20	0,021	38	25	11	11		
Nyborgm.	6	18.09	7,4	12,4	0,25	3,4	< 0,20	0,02	1,3	1,4	< 2,0	2	< 0,20	< 0,020	26	16	13	13		
Nyborgm.	7	11.06	7	5,15	0,31	5,5	< 0,20	< 0,010	0,87	0,63	< 2,0	0,7	< 0,20	< 0,020	47	38	4,1	4		
Nyborgm.	7	26.07	7,3	7,54	0,52	5,5	< 0,20	0,011	0,56	0,67	< 2,0	0,88	< 0,20	< 0,020	120	61	7,5	6,8		
Nyborgm.	7	18.09	7,4	8,03	0,48	6,6	< 0,20	0,013	< 0,50	0,52	< 2,0	0,86	< 0,20	< 0,020	150	77	8,1	7,9		
Nyborgm.	8	11.06	7,1	5,55	0,5	5,1	< 0,20	< 0,010	2,3	0,63	< 2,0	1,7	< 0,20	< 0,020	27	13	4	4,3		
Nyborgm.	8	26.07	7,2	8,91	0,46	3,8	< 0,20	< 0,010	< 0,50	0,71	< 2,0	1,5	< 0,20	< 0,020	16	8,4	8,2	7,4		
Nyborgm.	8	18.09	7,4	9,97	0,41	2,2	< 0,20	< 0,010	< 0,50	0,41	< 2,0	0,83	< 0,20	< 0,020	9,8	4,6	10	9,3		
Nyborgm.	9 Ref	11.06	7	4,48	0,39	4,4	< 0,20	0,015	0,85	0,97	< 2,0	1,3	< 0,20	< 0,020	29	20	3,7	3,6		
Nyborgm.	9 Ref	26.07	7,2	4,37	0,41	4,7	< 0,20	< 0,010	0,85	1	< 2,0	0,65	< 0,20	< 0,020	38	26	3,9	3,7		
Nyborgm.	9 Ref	18.09	7,3	4,47	0,42	5,4	< 0,20	< 0,010	< 0,50	0,82	< 2,0	0,46	< 0,20	< 0,020	37	24	4	4		
Skarsteind.	1	07.06	7,1	11	0,16	1,9	< 0,20	0,044	0,69	0,49	< 2,0	1,1	< 0,20	< 0,020	46	27	11	11		
Skarsteind.	1	17.08	7,5	12,2	1,2	5,4	< 0,20	< 0,010	< 0,50	0,57	< 2,0	0,58	< 0,20	< 0,020	48	27	13	12		
Skarsteind.	1	20.09	7,5	13,6	0,21	1,5	< 0,20	< 0,010	< 0,50	0,28	< 2,0	0,46	< 0,20	< 0,020	52	13	16	14		
Skarsteind.	2	07.06	7,1	7,34	0,15	1,7	< 0,20	0,035	< 0,50	0,51	< 2,0	0,46	< 0,20	< 0,020	21	16	4,6	4,6		
Skarsteind.	2	17.08	7,2	9,19	0,38	9,6	0,45	0,33	2,5	1,8	< 2,0	1	< 0,20	0,046	160	110	8,1	6,8		
Skarsteind.	2	20.09	7,5	10,6	0,11	2,9	< 0,20	0,03	< 0,50	0,4	< 2,0	0,36	< 0,20	< 0,020	48	31	10	9,6		
Skarsteind.	3	07.06	6,7	7,72	0,19	2,3	0,36	0,31	1,7	1,4	< 2,0	2,7	< 0,20	0,072	52	33	4,8	4,6		
Skarsteind.	3	17.08	6,9	9,15	0,46	11	1,3	0,93	4,2	4,4	2,7	2,8	< 0,20	0,12	190	120	7,2	6		
Skarsteind.	3	20.09	7,3	10,8	0,19	3,9	0,27	0,14	1,2	1	< 2,0	1,3	< 0,20	0,037	90	37	9,3	9,1		
Skarsteind.	4	07.06	6,9	8,26	0,19	2,4	0,21	0,17	1,1	1,1	< 2,0	2,4	< 0,20	0,06	47	34	5,2	5,3		
Skarsteind.	4	17.08	6,9	9,16	0,58	13	1,5	1,1	5,8	5,4	4,4	4,6	< 0,20	0,2	260	170	7	5,7		
Skarsteind.	4	20.09	7,2	10,7	0,3	5,6	0,65	0,36	2,9	2,3	3,2	2,9	< 0,20	0,087	150	61	7,5	7,6		
Skarsteind.	5	07.06	6,6	7,65	0,11	1,3	0,21	0,18	0,96	0,66	< 2,0	2	< 0,20	0,052	10	10	3	2,9		
Skarsteind.	5	17.08	7	12,1	0,64	9,4	< 0,20	0,076	2,2	2,1	4,4	4,4	< 0,20	0,16	91	52	11	9,5		
Skarsteind.	5	20.09	6,6	9,69	0,38	3	< 0,20	0,034	1,2	0,98	3	3	< 0,20	0,062	110	44	7,5	6,9		
Skarsteind.	6	07.06	6,9	6,11	< 0,1	0,91	< 0,20	< 0,010	< 0,50	0,24	< 2,0	0,53	< 0,20	< 0,020	4,1	1,8	2,5	2,4		
Skarsteind.	6	17.08	7,1	6,5	0,22	2,2	< 0,20	< 0,010	< 0,50	0,19	< 2,0	0,5	< 0,20	< 0,020	3,9	2,8	3	2,7		

NIVA 7233-2018

Felt	Pkt	Dato	pH	Kond	Turb	TOC	Pb (t)	Pb (f)	Cu (t)	Cu (f)	Zn (t)	Zn (f)	Sb (t)	Sb (f)	Fe (t)	Fe (f)	Ca (t)	Ca (f)	Ni (t)	Ni (f)
				mS/m	FNU	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l
Skarsteind.	6	20.09	7,2	6,81	<0,1	0,62	< 0,20	< 0,010	< 0,50	0,11	< 2,0	< 0,20	< 0,20	< 0,020	4,4	< 0,30	3,2	2,9		
Skarsteind.	Ref	07.06	6,9	6,71	0,16	1,5	< 0,20	0,017	0,58	0,31	< 2,0	0,44	< 0,20	< 0,020	15	11	4,1	3,8		
Skarsteind.	Ref	17.08	6,9	8,64	0,41	10	0,22	0,17	0,83	1	<2,0	0,73	<0,20	< 0,020	180	140	7,6	6,8		
Skarsteind.	Ref	20.09	7,4	9,84	0,32	2,6	< 0,20	0,023	< 0,50	0,22	< 2,0	0,34	< 0,20	< 0,020	48	28	9,8	9,2		
Ørskogfjellet	P21	03.08	6,6	2,44	1,4	6,7	4,6	2,7	6,6	5,9	3,5	3	0,21	0,21	630	320	1,3	1,2		
Ørskogfjellet	P21	11.10	6,4	2,04	0,77	4,6	2,3	1,5	2,8	3,1	2	2,3	0,21	0,22	210	93	0,81	0,72		
Ørskogfjellet	P22	03.08	6,4	1,83	0,15	3,1	< 0,20	0,034	0,97	0,34	< 2,0	0,42	< 0,20	< 0,020	12	9,4	0,49	0,42		
Ørskogfjellet	P22	11.10	6,5	1,72	0,19	2,5	< 0,20	0,02	< 0,50	0,32	< 2,0	< 0,20	< 0,20	< 0,020	14	10	0,53	0,48		
Ørskogfjellet	P3	03.08	5,7	2,49	1,6	13	26	22	26	24	7,6	8,7	0,76	0,63	310	230	0,74	0,64		
Ørskogfjellet	P3	11.10	5,4	2,03	0,51	8,4	8,9	7,4	10	10	5,8	7,1	1,2	1,2	160	140	0,52	0,46		
Ørskogfjellet	P7	03.08	6,5	3,3	2,2	12	12	7,3	13	12	5,6	6,1	0,5	0,38	1700	960	2,3	2,1		
Ørskogfjellet	P7	11.10	6,3	2,3	2,4	7,8	5,9	3,5	6,1	5,5	5,7	6,6	0,48	0,49	420	210	1,1	0,94		

*Resultatene er helt eller delvis utelatt fra den grafiske framstillingen i Kapittel 3.

Forsvarsbygg er et statlig forvaltningsorgan underlagt Forsvarsdepartementet. Vi utvikler, bygger, drifter og avhender eiendom for forsvarssektoren.

Postboks 405 sentrum
0103 Oslo
Telefon: 815 70 400
www.forsvarsbygg.no
