



FFI Forsvarets
forskningsinstitutt

22/00987

FFI-RAPPORT

Overvåking av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune

– resultater for 2021

Ida Vaa Johnsen

Overvåking av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune – resultater for 2021

Ida Vaa Johnsen

Emneord

Tungmetaller
Ammunisjon
Destruksjon
Forurensning

FFI-rapport

22/00987

Prosjektnummer

5493

Elektronisk ISBN

978-82-464-3412-4

Engelsk tittel

Monitoring of heavy metal contamination at the Norwegian Armed Forces demolition facility for munitions in Lærdal municipality – results from 2021

Godkjenner

Øyvind Voie, *forskningsleder*
Janet Blatny, *forskningsdirektør*

Dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ikke håndskreven signatur

Opphavsrett

© Forsvarets forskningsinstitutt (FFI). Publikasjonen kan siteres fritt med kildehenvisning.

Sammen drag

I henhold til avtale med Forsvarets logistikkorganisasjon (FLO) foretar Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) kjemisk analyse og vurdering av overvåkningsprøver som blir tatt ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune. Overvåkingen gjøres årlig for å følge med på forurensningsgraden av metaller i de to områdene som Forsvaret foretar destruksjon av ammunisjon. I denne rapporten blir resultatene fra overvåkingen av tungmetallforurensning i 2021 presentert. Dette arbeidet støtter oppunder Forsvarets klima- og miljøstrategi og mål om å ha god oversikt over kilder til forurensning og sørge for at forurensning til vann og grunn overvåkes og minimeres.

I Øyradalen sørøst for Lærdal sentrum ligger Forsvarets demoleringsfelt for ammunisjon, der ammunisjon demoleres ved åpen detonasjon. I tillegg til demoleringsfeltet i Øyradalen er det et anlegg for destruksjon av krutt og småkaliberammunisjon i Tønjudalen. Destruksjon av denne typen ammunisjon foregår i en forbrenningsovn med tilknyttet renseanlegg. I 2008 anbefalte FFI at også dette området ble inkludert i en årlig prøvetaking tilsvarende den som foretas i Øyradalen.

Konsentrasjonen av kobber i demoleringsfeltet i Øyradalen var forhøyet i forhold til kobberkonsentrasjonen til referanseområdet innerst i dalen. Den gjennomsnittlige kobberkonsentrasjonen i jorden i demoleringsfeltet var i 2021 på 575 mg/kg. Denne konsentrasjonen var noe høyere enn det som ble målt i 2020 (461 mg/kg). Det var også et noe forhøyet nivå av bly og sink, mens konsentrasjonen av de andre målte metallene var på bakgrunnsnivå. Selv om det er usannsynlig at demoleringsfeltet kan utgjøre en risiko for beitende dyr, kan det ikke helt utelukkes på grunn av stedvis høye kobberkonsentrasjoner. Elven Nivla renner gjennom demoleringsfeltet, og her var konsentrasjonen i alle prøvepunktene under grenseverdiene for toksisk effekt i ferskvann på 7,8 µg Cu/L og 1,2 µg Pb/L. På bakgrunn av målte metallkonsentrasjoner i Nivla i 2021 kan effekt på vannlevende organismer utelukkes.

I Tønjudalen ble det registrert et noe forhøyet nivå av bly i nærområdet til destruksjonsanlegget, mens konsentrasjonen av de andre målte metallene var tilsvarende det som naturlig kan forventes i området. Blykonsentrasjonen var på omtrent samme nivå som tidligere år. Forurensningsnivået av ammunisjonsrelaterte metaller i grunnen rundt destruksjonsanlegget utgjør ikke noen helse relatert risiko, og det vurderes at forurensningsnivået heller ikke utgjør noen risiko for beitedyr. Elven Kuvella renner rett ved destruksjonsanlegget i Tønjudalen. Konsentrasjonen av metaller i Kuvella oversteg ved et prøvepunkt AA-EQS-grenseverdien for bly i ferskvann.

Basert på forekomst av metaller i jord og vannprøver fra Øyradalen og Tønjudalen i Lærdal er det lav risiko for mennesker og lokal fauna, men økt risiko kan ikke helt utelukkes. FFI anbefaler derfor at områdene ikke aktivt benyttes som beiteområde for beitedyr og at områdene fortsatt overvåkes.

Summary

In accordance with an agreement with the Norwegian Defence Logistics Organization (FLO), the Norwegian Defence Research Establishment (FFI) carries out chemical analysis and assessment of soil and water samples taken at the Armed Forces demolition facility for munitions in Lærdal municipality. An annual monitoring is done in order to document the degree of metal pollution in the two areas where demolition are carried out. In this report, the results from the monitoring of heavy metal pollution in 2021 are presented. This work supports the Norwegian Defense Sector's climate and environmental strategy's goal of having an overview of sources of pollution and ensuring that pollution of water and soil is monitored and minimized.

In Øyradalen southeast of Lærdal center, the Norwegian Armed Forces has a demolition facility where munitions are demolished by open-air detonation. In addition to the facility in Øyradalen, a destruction facility for small arms munitions and propellant is localized in Tønjumdalen. The destruction of such munitions takes place in an incinerator connected to a treatment plant. In 2008 FFI recommended that this area should be included in the monitoring program.

The concentrations of copper in the demolition area in Øyradalen were higher than at the reference station in the valley. The mean concentration of copper in the demolition area was 575 mg/kg in 2021. This concentration was a slightly higher than the concentration measured in 2020 (461 mg/kg). Zinc and lead levels were also above background levels, while the concentrations of other heavy metals were equivalent to background levels. It is unlikely that the grazing animals at the demolition area is at risk for poisoning, but due to locally high copper concentrations, it cannot be excluded. In the river Nivla, which runs through the demolition area, the concentration of copper and lead did not exceed the limit values for toxic effects (7.8 µg Cu/L and 1.2 µg Pb/L) in any of the sampling points. Based on measured concentrations in Nivla in 2021, effects on aquatic organisms is negligible.

The concentrations of lead in soil near the destruction facility in Tønjumdalen were above background levels, while the concentrations of other heavy metals were comparable with the background levels. The lead concentration in the soil in 2021 was on the same level as previous years. Still, the contamination level in Tønjumdalen was within the national limits for recreational areas, and no risk for health or grazing animals is expected. The concentration of lead in the river Kuvella in Tønjumdalen were above the limit for toxic effects of aquatic organisms in freshwater (AA-EQS) in one sample, and effects on aquatic organisms cannot be excluded.

Based on the occurrence of metals in soil and water samples from Øyradalen and Tønjumdalen in Lærdal, the risk to humans and local fauna is low, but cannot be excluded. FFI therefore recommends that the areas are not actively used as grazing areas for animals and that the areas are still monitored.

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
Forord	7
1 Innledning	8
1.1 Tilstandsklasser og grenseverdier	10
2 Materialer og metoder	13
2.1 Analyse	16
3 Resultater og diskusjon	16
3.1 Øyradalen	16
3.1.1 Kobber i jord	16
3.1.2 Bly i jord	18
3.1.3 Andre metaller	20
3.1.4 Metaller i vann	21
3.2 Tønjumdalen	23
3.2.1 Metaller i jord	23
3.2.2 Metaller i vann	25
4 Vurdering av risiko	27
4.1 Øyradalen	27
4.2 Tønjumdalen	27
5 Konklusjon	27
5.1 Øyradalen	28
5.2 Tønjumdalen	29
5.3 Samlet konklusjon	29
Vedlegg	30
A Prøvepunktets posisjon	30

B Analyserapport	32
B.1 Jord	32
B.2 Vann	35
Referanser	37

Forord

Oppfølgingen av metallforurensingen av jord og vann ved Forsvarets destruksjonsanlegg i Lærdal utføres årlig av Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) på oppdrag fra Forsvarets logistikkorganisasjon (FLO). Prøvetaking utføres av Einar Trulssen og hans medarbeidere ved Forsvarets destruksjonsanlegg i Lærdal.

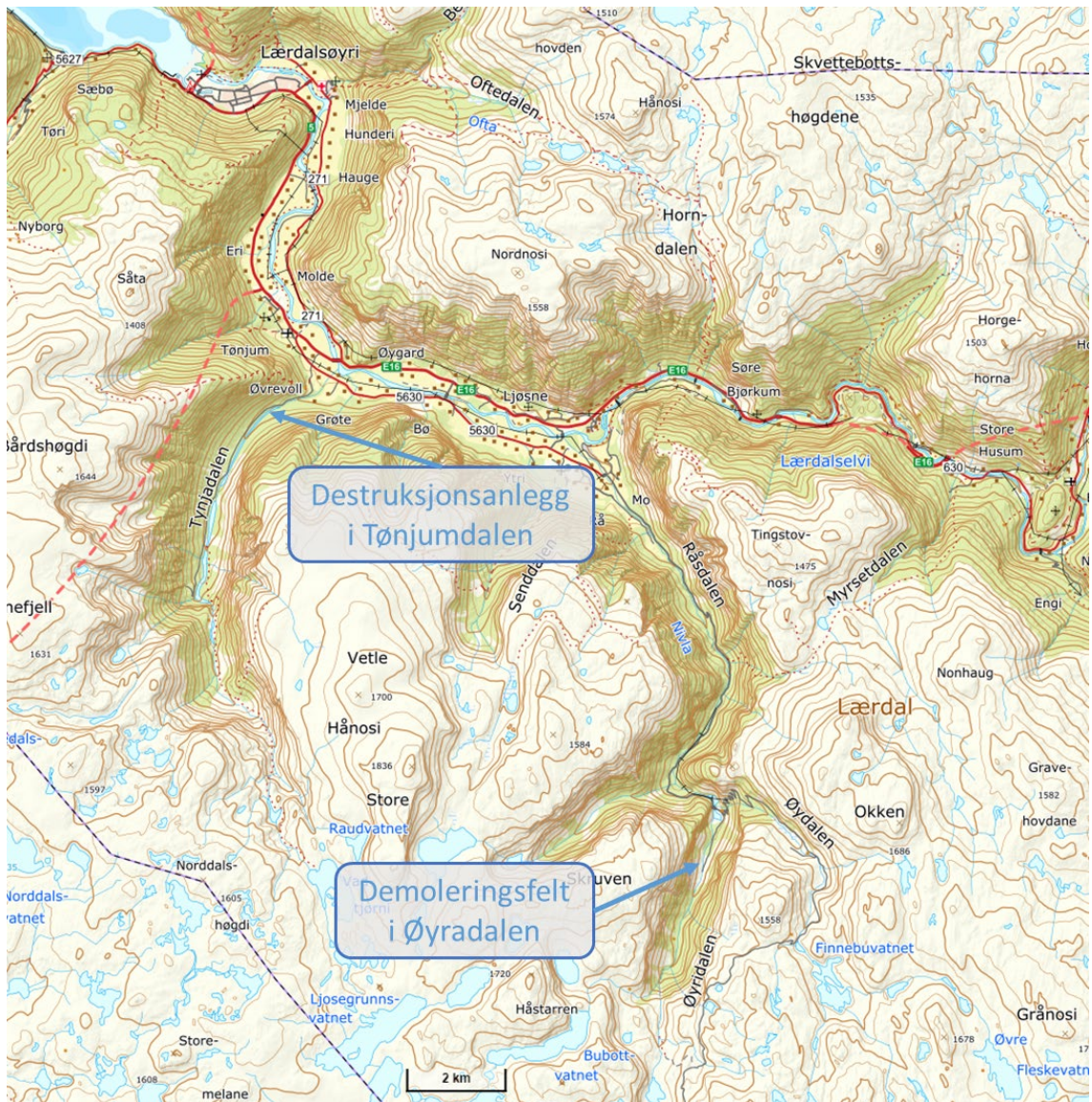
Kjeller, 18.august 2022

Ida Vaa Johnsen

1 Innledning

I henhold til avtale med Forsvarets logistikkorganisasjon (FLO) foretar Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) kjemisk analyse og vurdering av overvåkningsprøver som blir tatt ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune. Overvåkingen gjøres årlig for å følge med på forurensningsgraden av metaller i de to områdene som Forsvaret foretar destruksjon av ammunisjon. Det tas prøver av jord i nærområdet til anleggene og av vann fra elvene som renner gjennom områdene. I denne rapporten blir resultatene fra overvåkingen av tungmetallforurensning i 2021 presentert. I følge «Forsvarets klima- og miljøstrategi» har sektoren et mål om å ha god oversikt over kilder til forurensning og sørge for at forurensning til vann og grunn overvåkes og minimeres. Dette arbeidet støtter oppunder dette målet, som er en del av satsningsområdet for å minimere miljøpåvirkning og bidra til et giftfritt miljø.

I Øyradalen sørøst for Lærdal sentrum ligger Forsvarets demoleringsfelt for ammunisjon. I dette området sprenges og tilintetgjøres ammunisjon av større kaliber enn håndvåpenammunisjon. Et kartutsnitt som viser plasseringen av demoleringsfeltet er vist i Figur 1.1. Området ble etablert i 1976 og har siden blitt benyttet av Forsvaret til destruksjon av ammunisjon. I dag er det lokalisert fem groper etter hverandre langsmed dalen. Fire av disse benyttes til sprengning og en er reserve. Avstanden mellom gropene er 30-40 meter (Figur 1.2).



Figur 1.1 Oversikt over lokaliseringen til Forsvarets demoleringsfelt i Øyradalen og destruksjonsanlegget i Tønjudalen i Lærdal kommune. Kartgrunnlag: Statens kartverk.



Figur 1.2 Demoleringsgropene i Øyradalen slik de så ut i 2006.

For å overvåke konsentrasjonen av tungmetaller i dette området, ble det i 1991 startet et program for prøvetaking og analyse av tungmetaller i jord. Det ble tatt prøver før demoleringen startet om våren og etter demoleringen ble avsluttet om høsten. Dette programmet ble videreført frem til 2007. I 2008 foretok FFI en gjennomgang av dataene fra overvåkningsprogrammet. Som følge av dette arbeidet ble noen prøvestasjoner utelatt fra overvåkningsprogrammet og enkelte måleparametere ble fjernet (Johnsen, 2009a). Siden høsten 2008 har det blitt foretatt årlige prøvetakinger i henhold til dette regimet, med unntak av i 2015 da det ikke var aktivitet i feltet. Resultatene er presentert i 11 FFI-rapporter (Johnsen, 2009b, Johnsen, 2010, Johnsen, 2011, Johnsen og Voie, 2012, Johnsen, 2013, Johnsen og Johnsen, 2014, Johnsen, 2015, Johnsen og Johnsen, 2017, Johnsen, 2019, Johnsen, 2020, Johnsen, 2021).

I tillegg til demoleringsfeltet i Øyradalen, har Forsvaret et anlegg for destruksjon av krutt og håndvåpenammunisjon i Tønjumdalen (Figur 1.1). Dette anlegget ble tatt i bruk i 1988. Destruksjonen av denne typen ammunisjon foregår i en forbrenningsovn med tilknyttet rensenanlegg. Ved dette anlegget ble det frem til 2008 ikke gjennomført tilsvarende årlig overvåkning som i Øyradalen. Fra 1991 ble det sporadisk innhentet prøver for å undersøke forurensning av tungmetaller i dette området. Etter en gjennomgang av resultatene fra disse undersøkelsene, anbefalte FFI at Tønjumdalen skulle bli inkludert i overvåkningsprogrammet. Det har blitt foretatt årlige prøvetakinger i henhold til anbefalt overvåkningsprogram i Tønjumdalen siden høsten 2008 med unntak av 2010 og 2015 (Johnsen, 2010, Johnsen og Voie, 2012, Johnsen, 2013, Johnsen og Johnsen, 2014, Johnsen og Johnsen, 2017, Johnsen, 2019, Johnsen, 2015, Johnsen, 2009b, Johnsen, 2020, Johnsen, 2021).

1.1 Tilstandsklasser og grenseverdier

For å kunne si noe om et område er forurenset, og hvor forurenset dette området eventuelt er, benyttes såkalte helsebaserte tilstandsklasser. Disse tilstandsklassene er utviklet av Miljødirektoratet (Miljødirektoratet, 2009). Oppbyggingen av tilstandsklassene er basert på

risikovurderinger av menneskelig helse på individnivå. Tilstandsklassene sier også noe om hva slags arealbruk som kan aksepteres på et område gitt forurensningsgrad (Tabell 1.1).

I ferskvann benyttes et eget klassifiseringssystem (Tabell 1.2) for å angi forurensningsgraden (Miljødirektoratet, 2016). Klassene er basert på toksikologiske data for vannlevende organismer, både for akutte og kroniske effekter. Øvre grense for klasse 2 tilsvarer AA-EQS¹. Dette er en grenseverdi for kronisk eksponering, der det med bakgrunn i toksikologiske data ikke forventes noen kroniske effekter på vannlevende organismer under denne grensen (Predicted No Effect Concentration, PNEC). Øvre grense for klasse 3 tilsvarer MAC-EQS², som er en grenseverdi for akutt eksponering (korttidseksponering). Denne grensen, er som for AA-EQS, basert på PNEC for akutt eksponering. Drikkevannsforskriften spesifiserer egne grenseverdier (Tabell 1.3) for bruk av vann til drikkevann (Helse- og omsorgsdepartementet, 2017). Grenseverdiene for bly og kobber sammenfaller med AA-EQS og er gjennomsnittverdi over ett år. Konsentrasjonen skal aldri overstige MAC-EQS, selv under korte tidsrom (Klima- og miljødepartementet, 2006, Vanddirektivet, 2018). Grenseverdien for bly gjelder for biotilgjengelig bly i vannet.

Tabell 1.1 Oversikt over helsebaserte tilstandsklasser for metaller i jord. Tabellen viser grenseverdiene for tilstandsklassene, samt hvilket arealbruk som kan benyttes ved den gitte tilstandsklassen (Miljødirektoratet, 2009).

Tilstandsklasse	1	2	3	4	5
Beskrivelse av tilstand	Meget god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Øvre grense styres av	Normverdi	Helsebaserte akseptkriterier	Helsebaserte akseptkriterier	Helsebaserte akseptkriterier	Nivå som anses å være farlig avfall
Arealbruk (tilstandsklasse i toppjord)	Boligområder, barnehage, dyrket mark osv.	Boligområder, barnehage, dyrket mark osv.	Sentrumsområder, kontorer, forretninger ol.	Industri og trafikkarealer	
Kobber (mg/kg)	< 100	100 - 200	200 - 1000	1000 - 8500	8500 - 25000
Bly (mg/kg)	< 60	60 - 100	100 - 300	300 - 700	700 - 2500
Sink (mg/kg)	< 200	200 - 500	500 - 1000	1000 - 5000	5000 - 25000
Kadmium (mg/kg)	< 1,5	1,5 - 10	10 - 15	15 - 30	30 - 1000
Nikkel (mg/kg)	< 60	60 - 135	135 - 200	200 - 1200	1200 - 2500
Krom III (mg/kg)	< 50	50 - 200	200 - 500	500 - 2800	2800 - 25000

¹ Annual Average - Environmental Quality Standard - årlig gjennomsnitt miljøkvalitetsstandard. Satt for å beskytte mot negative effekter etter langtids (kronisk) eksponering. Verdi i vann (µg/L) eller sediment (µg/kg TS) er brukt som Tilstandsklasse II. Dette er tilsvarende verdi som PNEC_{kronisk}.

² Maximum Admissible (or allowable) Concentration - Environmental Quality Standard - maksimalverdi miljøkvalitetsstandard. Satt for å beskytte mot negative effekter av korttids (akutt) periodevise eksponeringer. Verdi i vann (µg/L) eller sediment (µg/kg TS) er brukt som tilstandsklasse III. Dette er tilsvarende verdi som PNEC_{akutt}.

Tabell 1.2 Grenseverdier og tilstandsklasser for metaller i ferskvann (Miljødirektoratet, 2016).

	1 Bakgrunn	2 God	3 Moderat	4 Dårlig	5 Svært dårlig
	Ingen toksiske effekter	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved korttids-eksponering	Omfattende toksiske effekter
Øvre grense	Bakgrunn	AA-EQS, PNEC _{kronisk}	MAC-EQS, PNEC _{akutt}	PNEC _{akutt} *A ³	
Kadmium (µg/L) ⁴	< 0,003	≤ 0,08 (1) 0,08 (2) 0,09 (3) 0,15 (4) 0,25 (5)	≤ 0,45 (1) 0,45 (2) 0,6 (3) 0,9 (4) 1,5 (5)	≤ 4,5 (1) 4,5 (2) 6,0 (3) 9,0 (4) 15 (5)	> 15
Kobber (µg/L)	< 0,3	0,3 - 7,8	7,8	7,8 - 15,6	>15,6
Bly (µg/L)	< 0,02	0,02 - 1,2	1,2 - 14	14 - 57	> 57
Sink (µg/L)	< 1,5	1,5 - 11	11	11 - 60	> 60
Nikkel (µg/L)	< 0,5	0,5 - 4	4 - 34	34 - 67	> 67
Krom (µg/L)	< 0,1	0,1 - 3,4	3,4	3,4	> 3,4

Tabell 1.3 Grenseverdier for drikkevann (Helse- og omsorgsdepartementet, 2017).

	Grenseverdi (µg/L)
Kadmium	5
Kobber	2000
Bly	10
Antimon	5
Nikkel	20
Krom	50

³ Sikkerhetsfaktor

⁴ For kadmium og kadmiumforbindelser er miljøkvalitetsstandardene avhengig av vannets hardhet. Miljøkvalitetsstandardene er derfor delt inn i fem klasser (klasse 1: < 40 mg CaCO₃/L, klasse 2: 40 til < 50 mg CaCO₃/L, klasse 3: 50 til < 100 mg CaCO₃/L, klasse 4: 100 til < 200 mg CaCO₃/L og klasse 5: ≥ 200 mg CaCO₃/L).

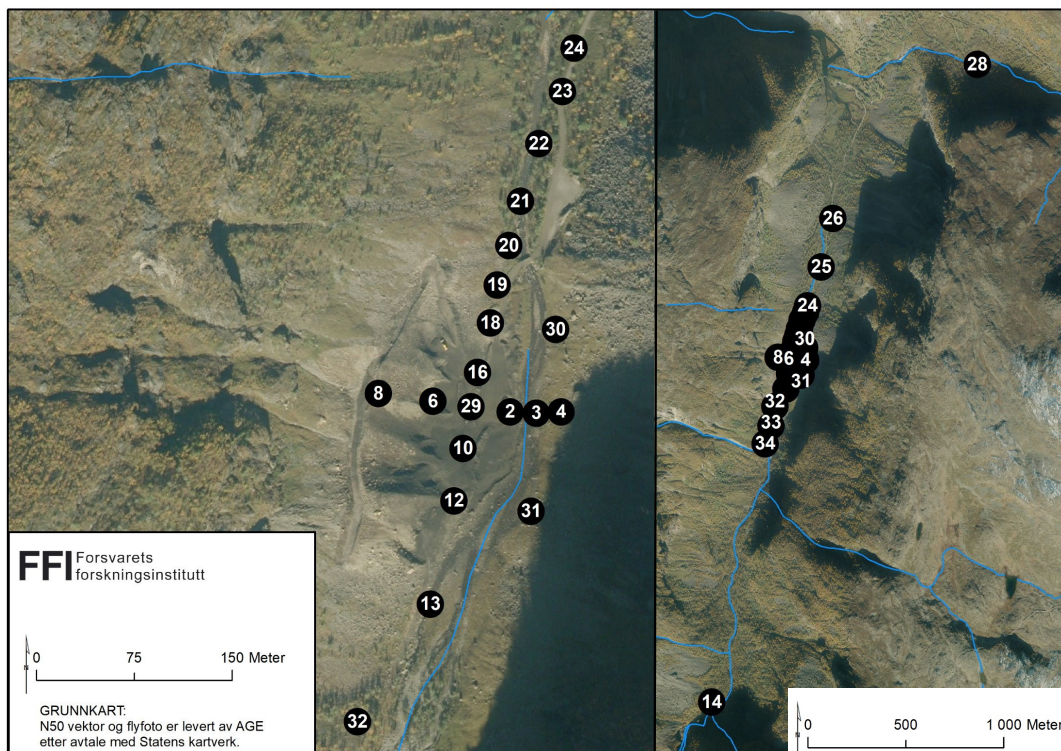
2 Materialer og metoder

Prøvetakingen i 2021 ble foretatt av Einar Trulssen og hans medarbeidere ved Forsvarets destruksjonsanlegg i Lærdal. Det ble tatt prøver av jord fra de samme prøvepunktene i Øyradalen og Tønjumdalen som i 2020 (Johnsen, 2021). Prøvepunkt 5 i Tønjumdalen som tidligere år har blitt prøvetatt, ble skylt bort av flom i 2014. Prøvepunktet finnes dermed ikke lenger. Det ble tatt vannprøver ved de samme stasjonene i Øyradalen og Tønjumdalen som i 2020 (Johnsen, 2021).

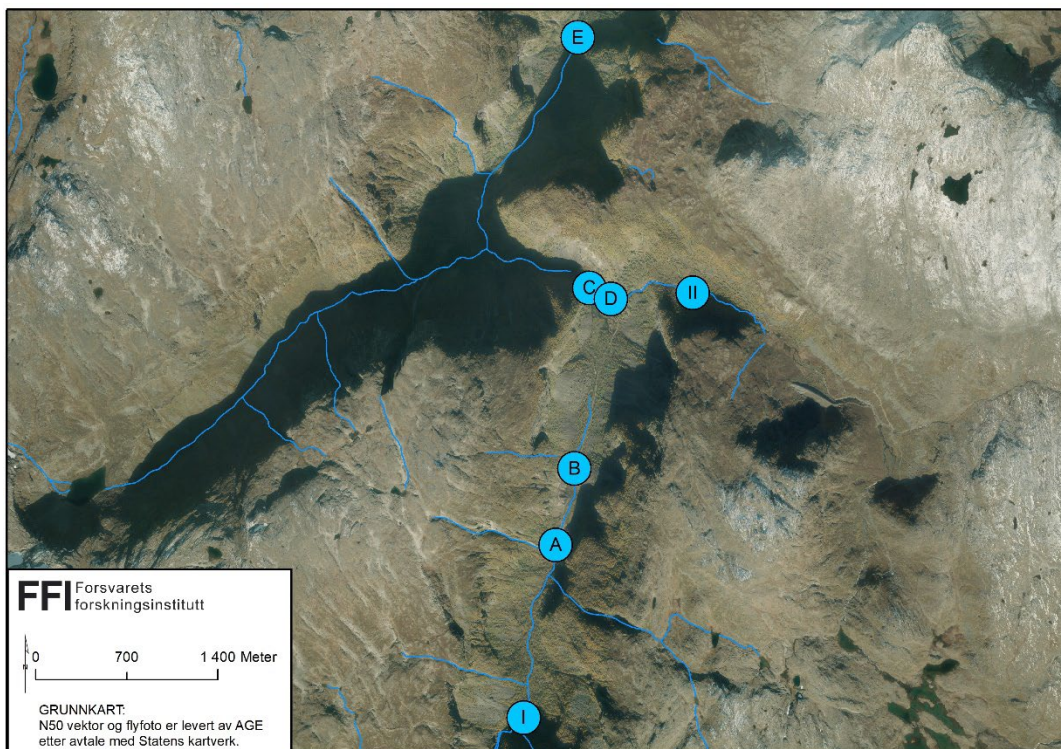
Noen av prøvepunktene i Øyradalen, og de fleste i Tønjumdalen er merket med merkepinne. Dette gjør det enklere å få tatt prøve på samme sted hvert år. De prøvepunktene der det ikke er satt ned merkepinner i Øyradalen, ble lokalisert ved bruk av laseravstandsmåler fra et kjent utgangspunkt i demoleringsområdet i retning mot nord, øst, sør og vest. GPS ble benyttet både i Øyradalen og Tønjumdalen for å lokalisere prøvepunkter, og posisjoner for alle prøvepunktene er vist i Vedlegg A. Jordboret som også har vært brukt tidligere år, ble benyttet for å ta jordprøver (Johnsen, 2009a). Hvert prøvepunkt utgjorde en flate på omkring 1 m², og herfra ble det tatt noen stikk fra overflaten og ned til 3-5 cm dyp med jordboret. Prøvene ble samlet i poser av polyetylen og sendt til FFI for kjemisk analyse.

I Øyradalen ble det hentet vannprøver i 7 prøvepunkter (I, II, A, B, C, D og E). Prøvepunkt I er oppstrøms demoleringsfeltet, og regnes som referanseprøve. Prøvepunkt A ligger rett oppstrøms, og prøvepunkt B rett nedstrøms demoleringsfeltet. Prøvepunkt C og D ligger lenger nedstrøms demoleringsfeltet, C ved administrasjonshuset, og D rett før Øydalselvi renner ut i Nivla. Prøvepunkt II er en sideelv (Øydalselvi), mens prøvepunkt E er prøven som ligger lengst ned i dalen, etter at Øydalselvi har rent inn i Nivla. I Tønjumdalen ble det hentet fire vannprøver i Kuvella, to oppstrøms (K-3 og K-4) og to nedstrøms (K-1 og K-2) destruksjonsanlegget.

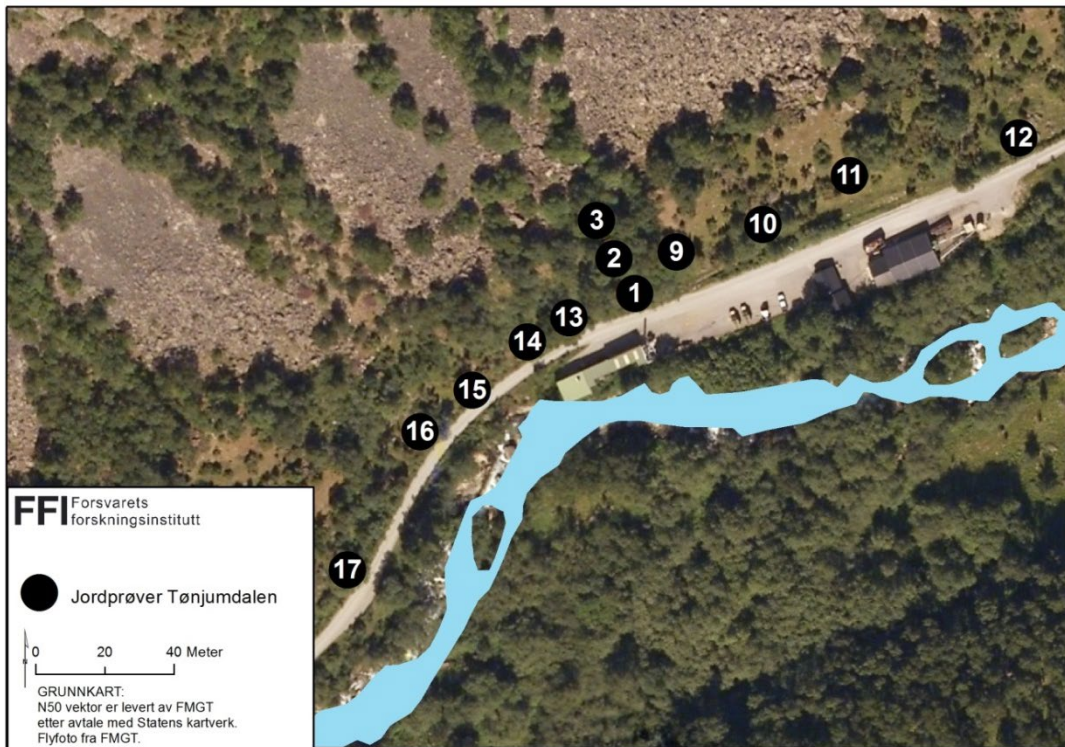
En oversikt over lokaliseringen til jordprøvene i Øyradalen er vist i Figur 2.1, mens det er gitt en oversikt over lokaliseringen til vannprøvene i Figur 2.2. Lokaliseringen til jordprøvene i Tønjumdalen er vist i Figur 2.3, mens lokaliseringen av vannprøvene er vist i Figur 2.4.



Figur 2.1 Oversikt over lokaliseringen til jordprøvene tatt i Øyradalen 2021.



Figur 2.2 Oversikt over lokaliseringen til vannprøver tatt i Øyradalen i 2021.



Figur 2.3 Oversikt over lokaliseringen til jordprøver tatt i Tønjumdalen i 2021.



Figur 2.4 Oversikt over lokaliseringen til vannprøver tatt i Kuvella i 2021.

2.1 Kjemisk analyse

Jord- og vannprøver ble oppbevart i kjøleskap hos FFI frem til kjemisk analyse. Vannprøvene ble ved ankomst til FFI konservert ved å tilsette HNO₃ (65 % ultra pure) til en konsentrasjon i prøven lik 1 %. Jordprøvene ble tørket i varmeskap ved 105 °C i ca. et døgn (til stabil vekt), før de ble oppsluttet ved hjelp av en Ultrawave (Milestone). Noen jordprøver ble malt ned i en mølle for å gi en homogen prøve. Fra finfraksjonen ble det tatt ut 0,3-0,5 g prøve veid nøyaktig og overført til et teflonrør som ble tilsatt syre (9 ml 30 % ultra pure HCl og 3 ml 65 % ultra pure HNO₃). Prøvene ble så varmet opp til 260°C under trykk og holdt på denne temperaturen i 10 minutter. Sammen med hver tolvte prøve, ble det også oppsluttet to blanke prøver, samt et sertifisert referansemateriale (GBW07407, Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Langfang China). Vannprøver ble kun filtrert før de ble analysert. Analyse av vann og jordprøver ble utført med en ICP-MS (Thermo iCAP TQ).

3 Resultater og diskusjon

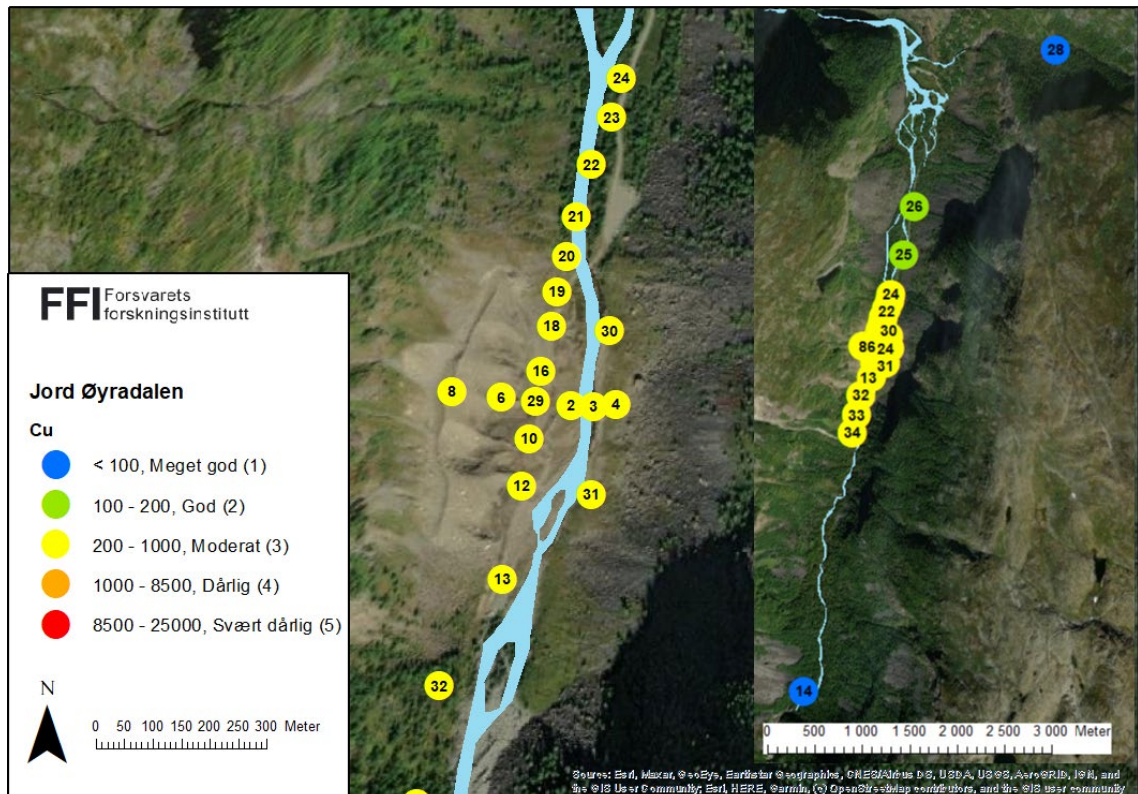
Analyserapporter fra analyse av metaller i jord og vann er vist i Vedlegg B.

3.1 Øyradalen

3.1.1 Kobber i jord

Figur 3.1 viser konsentrasjonsnivåer av kobber (Cu) i alle prøvene tatt i Øyradalen i 2021. Alle prøvene i demoleringsområdet, bortsett fra en, hadde kobberkonsentrasjon i jorda som tilsvarte tilstandsklasse "Moderat" (Miljødirektoratet, 2009) eller bedre. Den høyeste konsentrasjonen av kobber ble målt i prøvepunkt 34 med 874 mg/kg. Til sammenlikning var den høyeste konsentrasjonen i 2020, 786 mg/kg målt i prøvepunkt 31. De høyeste kobberkonsentrasjonene (> 600 mg/kg) ble funnet i prøvepunkt 2, 16, 18, 23, 32 og 34. Ved prøvepunkt 14 innerst i

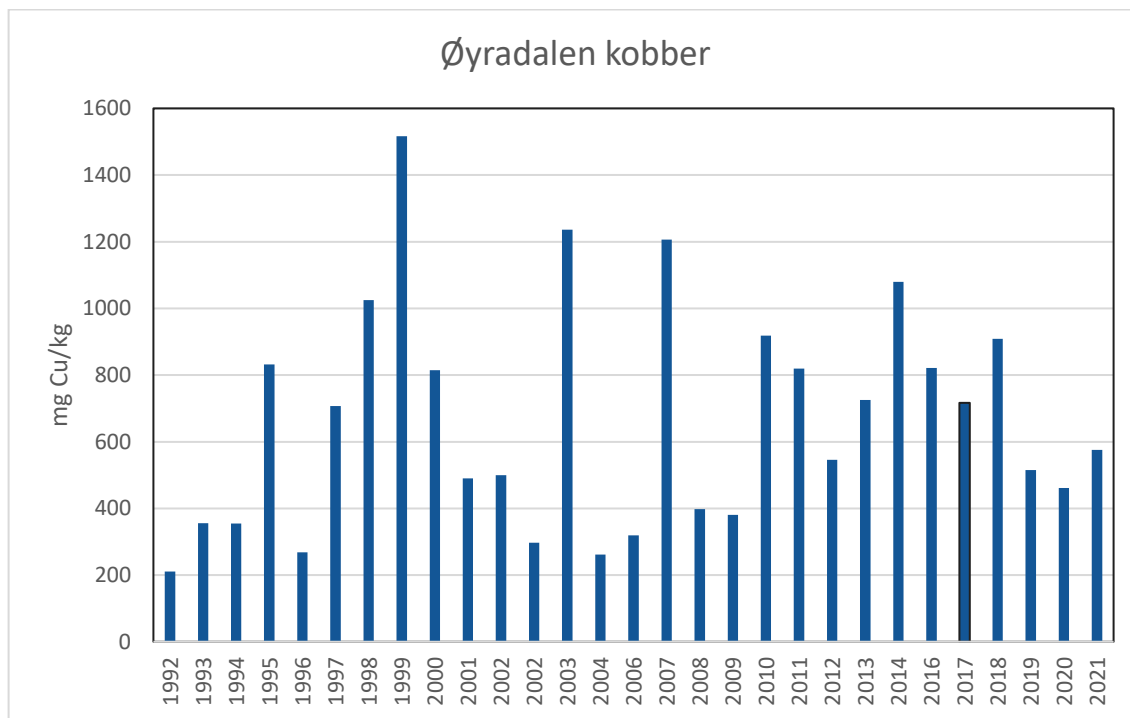
dalen var konsentrasjonen på bakgrunnsnivå. Konsentrasjonen avtar nordover fra demoleringsfeltet, og var i punkt 25 i tilstandsklasse «God», og 28 «Meget god».



Figur 3.1 Konsentrasjonsnivåer av kobber i jordprøver tatt fra Øyradalen i 2021. Verdiene er gruppert etter helsebaserte tilstandsklasser (Tabell 1.1).

Analysene viste at demoleringsfeltet hadde en forhøyet konsentrasjon av kobber sammenlignet med referanseprøven lengst sør og nord i dalen, som begge har et nivå (85 mg/kg) som kan sammenlignes med det som er naturlig for dette området ifølge Ottesen et al. (2000).

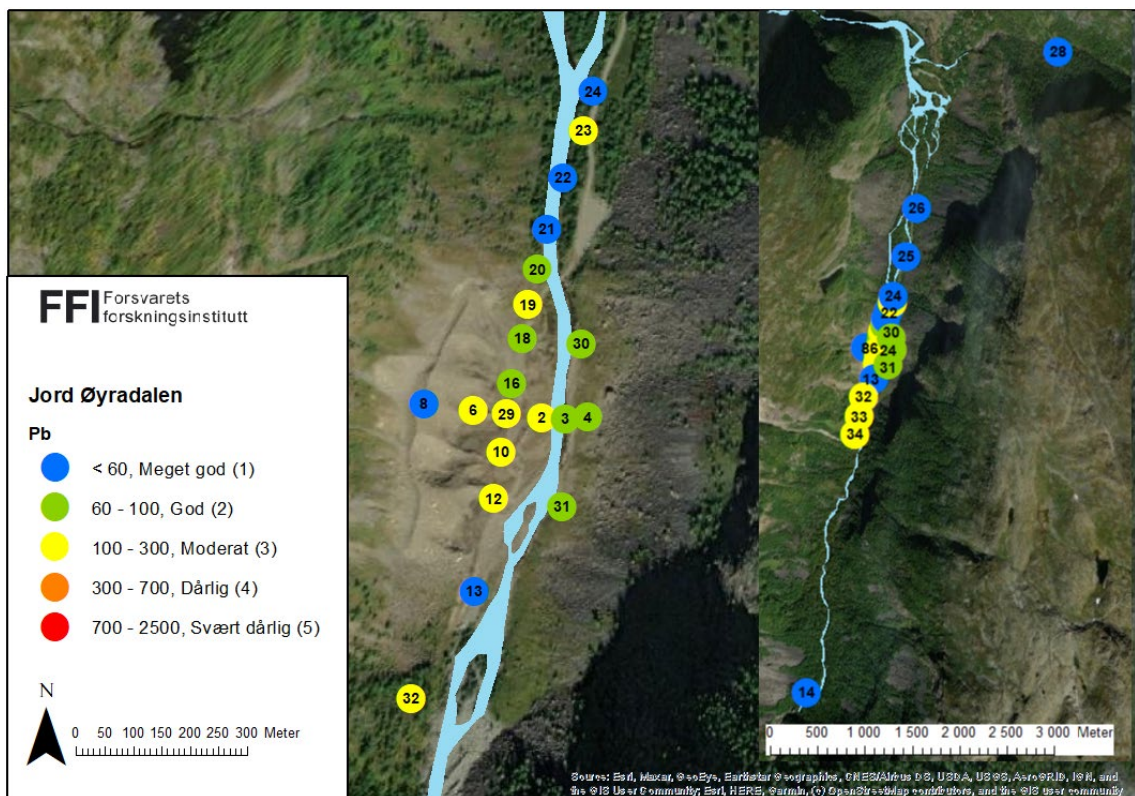
Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av kobber i demoleringsfeltet (prøvetaking høsten 2021 på 575 mg/kg. Dette klassifiserte jorden i tilstandsklasse “Moderat” (Miljødirektoratet, 2009). Til sammenlikning var gjennomsnittskonsentrasjonen av kobber i demoleringsfeltet i 2020 på 461 mg/kg. Endringen i kobberkonsentrasjon i demoleringsfeltet i Øyradalen de siste årene er illustrert i Figur 3.2.



Figur 3.2 Gjennomsnittskonsentrasjon av kobber i demoleringsfeltet i Øyradalen (9 prøvepunkter) fra 1992 til 2021.

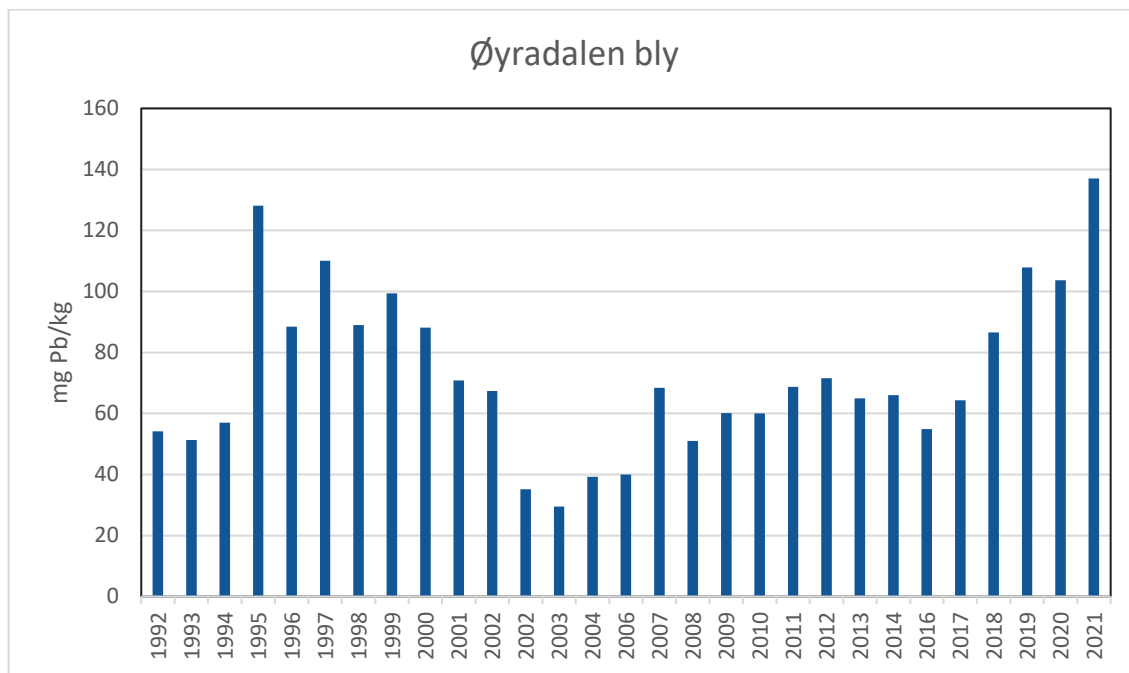
3.1.2 Bly i jord

Figur 3.3 viser konsentrasjonsnivåer av bly (Pb) i jordprøvene som ble tatt i Øyradalen i 2021. Blykonsentrasjonen i alle prøvene kunne klassifiseres i tilstandsklasse “Moderat” eller bedre. Den høyeste konsentrasjonen av bly ble funnet i prøvepunkt 10 med 205 mg/kg. Til sammenlikning var den høyeste konsentrasjonen av bly i 2020 i prøvepunkt 29 med 176 mg/kg. Innover i dalen fra prøvepunkt 34 reduseres blykonsentrasjonen og ved prøvepunkt 14 var konsentrasjonen på bakgrunnsnivå. Blykonsentrasjonen reduseres også nordover ut av demoleringsfeltet fra prøvepunkt 19, og var i punkt 21 på bakgrunnsnivå. Punkt 23 har hele tiden hatt et forhøyet nivå av bly av ukjent årsak.



Figur 3.3 Konsentrasjonsnivåer av bly i jordprøver tatt fra Øyradalen i 2021. Verdiene er gruppert etter helsebaserte tilstandsklasser (Tabell 1.1).

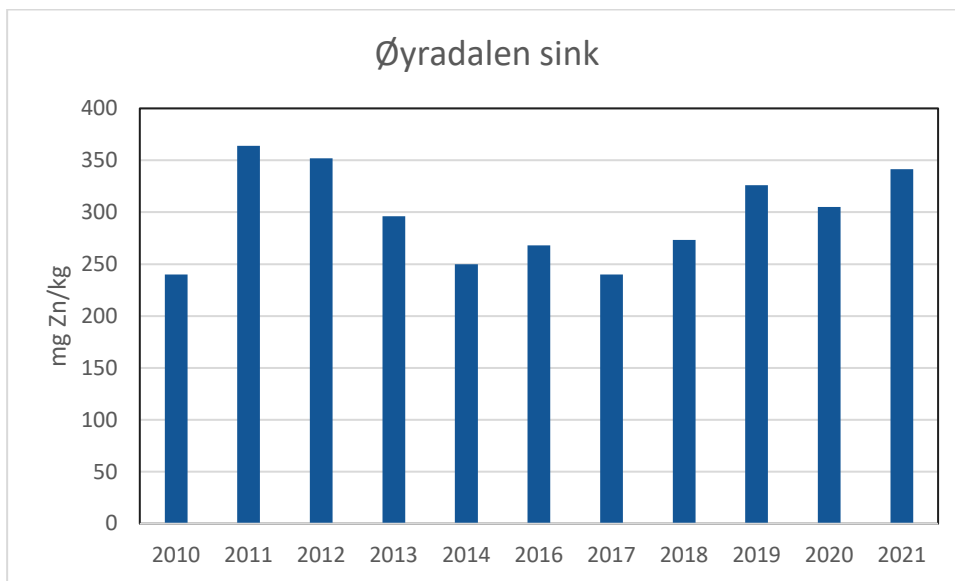
Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av bly i demoleringsområdet (prøvepunkt 2, 6, 8, 10, 12, 16, 18, 19 og 29) var 137 mg/kg i 2021. Denne konsentrasjonen av bly klassifiserer området i tilstandsklasse “Moderat” i henhold til de helsebaserte tilstandsklassene for forurenset grunn (Miljødirektoratet, 2009). Konsentrasjonen av bly målt fra 1992-2021 er illustrert i Figur 3.4. Konsentrasjonen av bly i demoleringsområdet disse årene har stort sett ligget mellom 40-100 mg/kg, med årlige variasjoner som kan ha sammenheng med årlig demoleringsaktivitet eller usikkerhet i prøvetakingsmetode. Årets konsentrasjon av bly (137 mg/kg) var noe høyere enn konsentrasjonen som ble målt i 2020 (104 mg/kg). Det vil alltid være årlige variasjoner som følge av aktiviteten i demoleringsområdet og prøvetaking, samt usikkerhet i kjemiske analyser, men trenden de senere årene har vært en svak økning i blykonsentrasjon. FFI vurderer at det ikke er nødvendig å utføre noen ytterligere tiltak annet enn videreføring av den årlige overvåkingen.



Figur 3.4 Gjennomsnittskonsentrasjon av bly i demoleringsfeltet i Øyradalen (9 prøvepunkter) fra 1992 til 2021.

3.1.3 Andre metaller

Kobber er ofte i legering med sink (Zn) i ammunisjon. Det ble derfor målt en noe forhøyet konsentrasjon av sink i demoleringsfeltet sammenliknet med bakgrunnsverdier for området som er på 167 mg/kg (Ottesen et al., 2000). Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av sink i demoleringsfeltet var på 341 mg/kg (prøvepunkt 2, 6, 8, 10, 12, 16, 18, 19 og 29). Gjennomsnittskonsentrasjonen av sink i demoleringsfeltet lå i tilstandsklasse "God" i henhold til de helsebaserte tilstandsklassene for forurenset grunn (Miljødirektoratet, 2009). Til sammenlikning var gjennomsnittlig konsentrasjon i demoleringsfeltet i 2020 305 mg/kg. Den høyeste sinkkonsentrasjonen ble målt i prøvepunkt 34 og var på 834 mg/kg, til sammenlikning ble den høyeste konsentrasjonen i 2020 funnet i prøvepunkt 32, og var på 633 mg/kg. Jorda der disse prøvene ble hentet kan karakteriseres som moderat forurenset med sink (Miljødirektoratet, 2009). Prøvepunkt 34 ligger nær en elv der det til tider går både snø- og jordskred. Jorden i denne prøven kan dermed være fraktet fra andre områder. Den gjennomsnittlige konsentrasjon av sink i demoleringsfeltet fra 2010-2021 er vist i Figur 3.5. Konsentrasjonen av sink målt i 2021 var på nivå med det som har blitt funnet tidligere år.



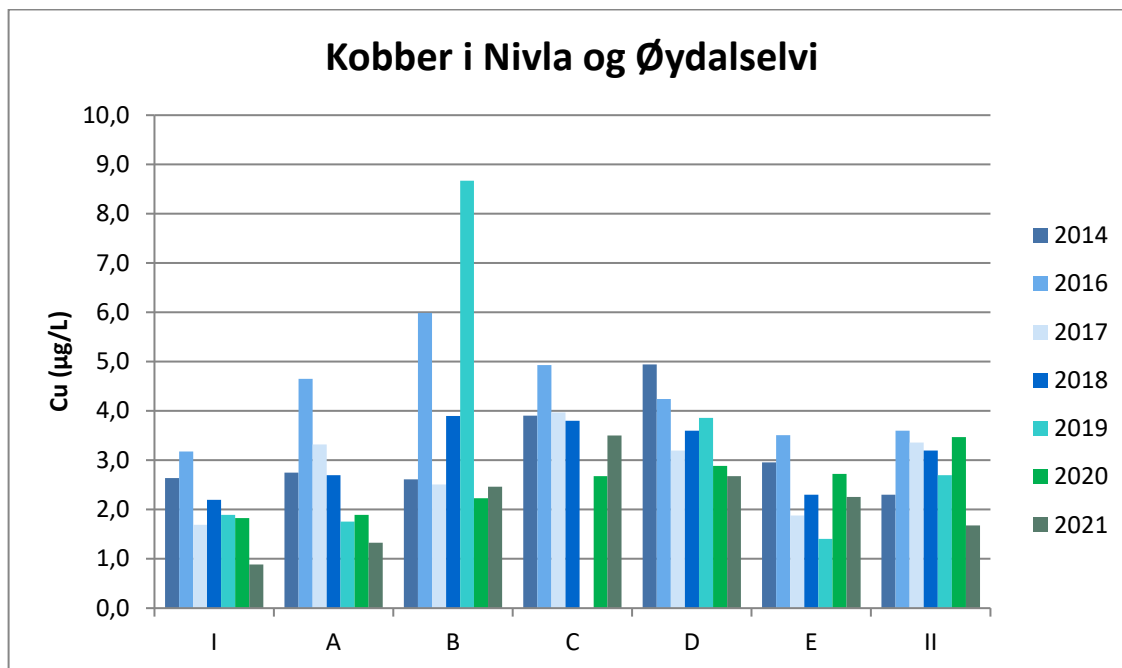
Figur 3.5 Gjennomsnittskonsentrasjon av sink i demoleringsfeltet i Øyradalen (9 prøvepunkter) fra 2010 til 2021.

Av de andre metallene som ble målt i jordprøvene fra Øyradalen (nikkel, krom og kadmium) var det normale konsentrasjoner, og nivåene lå i tilstandsklasse "Meget god" eller "God" (Tabell 1.1. Analyseresultatene med oversikt over de målte konsentrasjonene av disse metallene er vist i Vedlegg B.

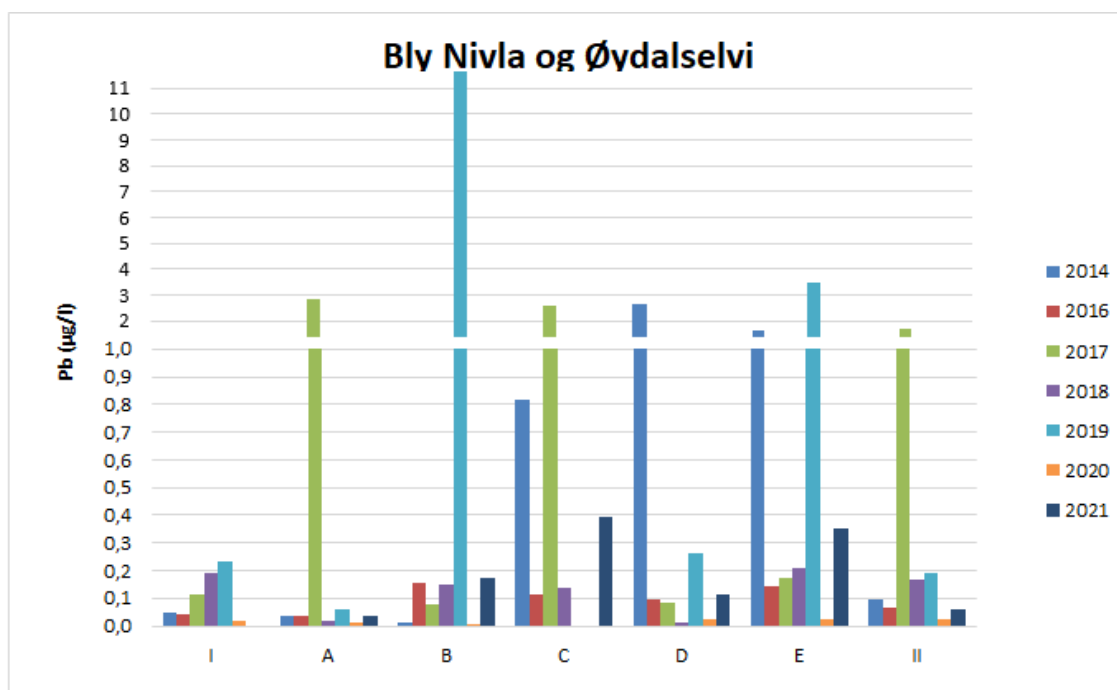
3.1.4 Metaller i vann

I 2021 ble det tatt vannprøver i Nivla og Øydalselvi i Øyradalen og Figur 2.2 viser lokaliseringen av disse prøvepunktene. I Figur 3.6 vises en oversikt over konsentrasjonen av kobber ved de ulike prøvestasjonene, mens Figur 3.7 viser samme oversikt for bly. Resultatene fra målingen i 2014-2020 er tatt med for sammenligningens skyld. Konsentrasjon av metaller (kobber og bly) i vannprøver kan variere mye avhengig av når prøven tas. Konsentrasjonen vil typisk være høyere etter episoder som snøsmelting eller mye regn (Strømseng et al., 2009).

I alle prøvepunktene var bly- og kobberkonsentrasjonen relativt lik tidligere år. Det var ingen tydelig avrenning (prøvepunkt I sammenlignet med prøvepunkt A og B) av hverken kobber eller bly ut av demoleringsfeltet i 2021, selv om det er en liten økning i konsentrasjonen fra prøvepunkt I til prøvepunkt C. En ser samme trend de siste årene, noe som kan tyde på en svak avrenning av kobber og bly fra det forurensede området i Øyradalen. Nivået av kobber og bly i Øydalselvi (stasjon II) er omtrent på nivå med det som blir målt i Nivla. Dette indikerer også at det er lav avrenning av både kobber og bly fra demoleringsfelt ut i Nivla.



Figur 3.6 Konsentrasjon av kobber i Nivla og Øydalselvi i Øyradalen fra 2012 til 2021. Se Figur 2.2 for lokalisering av vannprøver.



Figur 3.7 Konsentrasjon av bly i Nivla og Øydalselvi (Øyradalen) fra 2014 til 2021. Se Figur 2.2 for lokalisering av vannprøver.

I Tabell 3.1 vises konsentrasjonen av metaller i de forskjellige prøvepunktene oppsummert med fargekoder som viser hvilke tilstandsklasser de tilhører (Miljødirektoratet, 2016). Alle krom-, kobber-, sink-, kadmium- og blykonsentrasjoner målt i 2021 var i tilstandsklasse «God» eller «Meget god», og konsentrasjonene var derfor også under AA-EQS. Dette betyr at konsentrasjonen av de nevnte metallene i vannet ikke er skadelig for vannlevende organismer. Konsentrasjonen av krom, kobber, sink, kadmium og bly var langt under de krav som stilles til drikkevann i Drikkevannsforskriften (Helse- og omsorgsdepartementet, 2017), noe som tilsier at konsentrasjonen av de nevnte metallene i vannet heller ikke er helseskadelig.

Tabell 3.1 Konsentrasjon av metaller i Nivla og Øydalselvi (Øyradalen) i prøver fra 2021. Konsentrasjonene er markert med fargekoder etter tilstandsklassene vist i Tabell 1.2; blå = Bakgrunn, Veldig god, og grønn = God.

Prøvepunkt	Cr µg/L	Cu µg/L	Zn µg/L	Cd µg/L	Pb µg/L
I	<0,08	0,9	<0,5	<0,01	<0,02
A	<0,08	1,3	<0,5	0,01	0,03
B	<0,08	2,5	8,1	0,05	0,2
C	<0,08	3,5	5,1	0,02	0,4
D	<0,08	2,7	1,8	<0,01	0,1
E	<0,08	2,3	3,5	0,02	0,4
II	<0,08	1,7	<0,5	<0,01	0,06

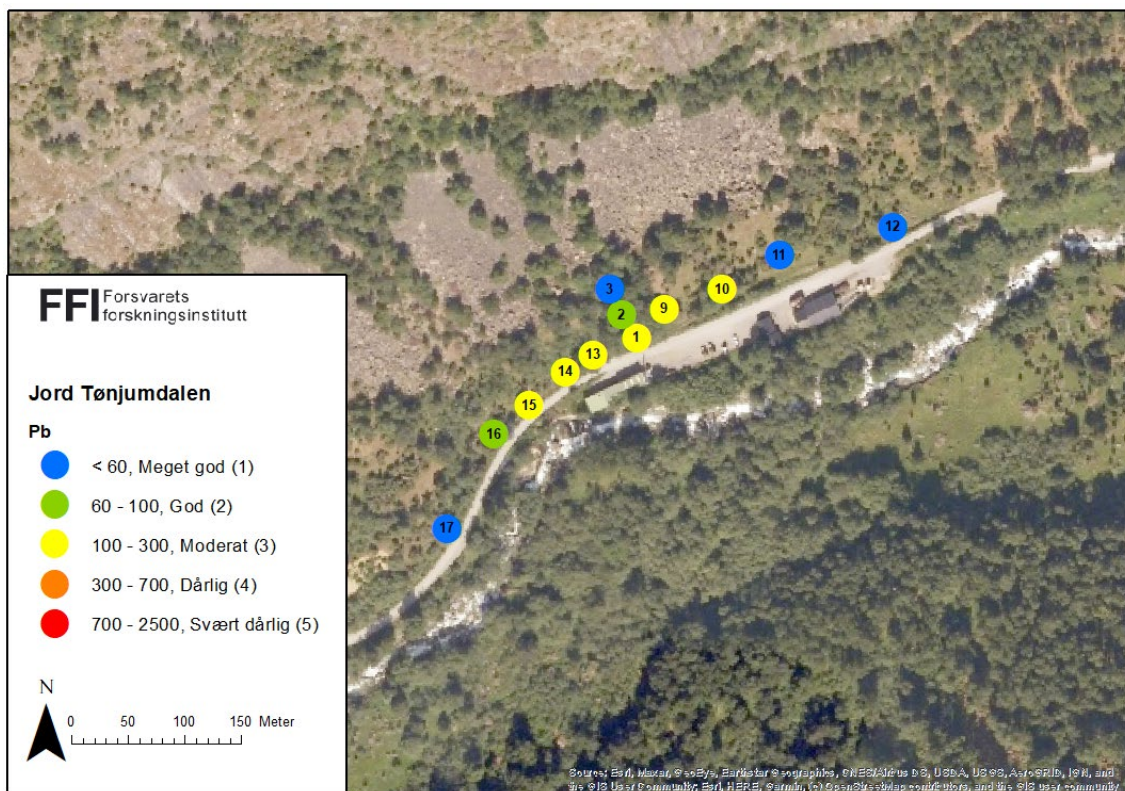
3.2 Tønjudalen

3.2.1 Metaller i jord

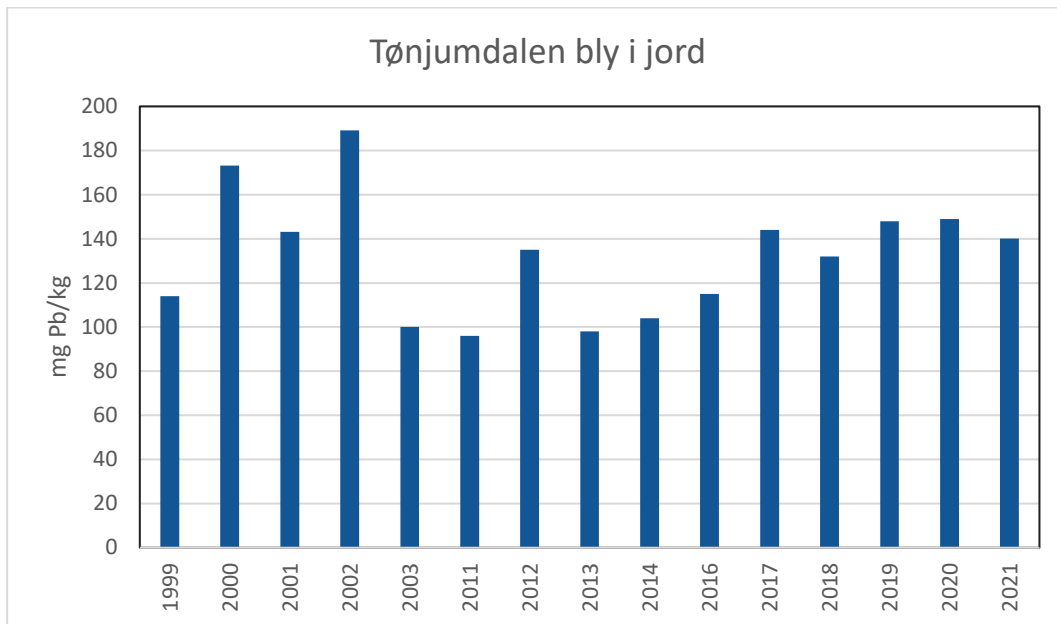
Figur 3.8 viser en oversikt over konsentrasjonsnivåer av bly i jord ved destruksjonsanlegget for ammunisjon i Tønjudalen. I nærområdet til destruksjonsanlegget var konsentrasjonen av bly noe forhøyet, noe som viser at aktiviteten i destruksjonsanlegget har ført til nedfall av bly i nærheten av anlegget. Den høyeste konsentrasjonen av bly ble registrert i prøvepunkt 14 med 257 mg/kg. Til sammenlikning ble den høyeste konsentrasjonen av bly i 2020 målt i samme prøvepunkt og var da på 393 mg/kg. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av bly i prøvene tatt langs veien ved destruksjonsanlegget (prøvepunkt 1, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 og 16) ble

beregnet til 140 mg/kg. Til sammenlikning var tilsvarende tall for 2020 149 mg/kg. Gjennomsnittskonsentrasjonen av bly i Tønjumdalen de siste årene er illustrert i Figur 3.9 og var i 2021 i tilstandsklasse "Moderat" i henhold til de helsebaserte tilstandsklassene for forurenset grunn (Miljødirektoratet, 2009). Det kan se ut til at den svakt stigende trenden fra 2013 har avtatt, da konsentrasjonen de siste årene har holdt seg relativt stabil.

For de andre metallene som ble målt (kobber, sink, nikkel, kadmium og krom) var nivået på bakgrunnsnivå i henhold til (Ottesen et al., 2000).



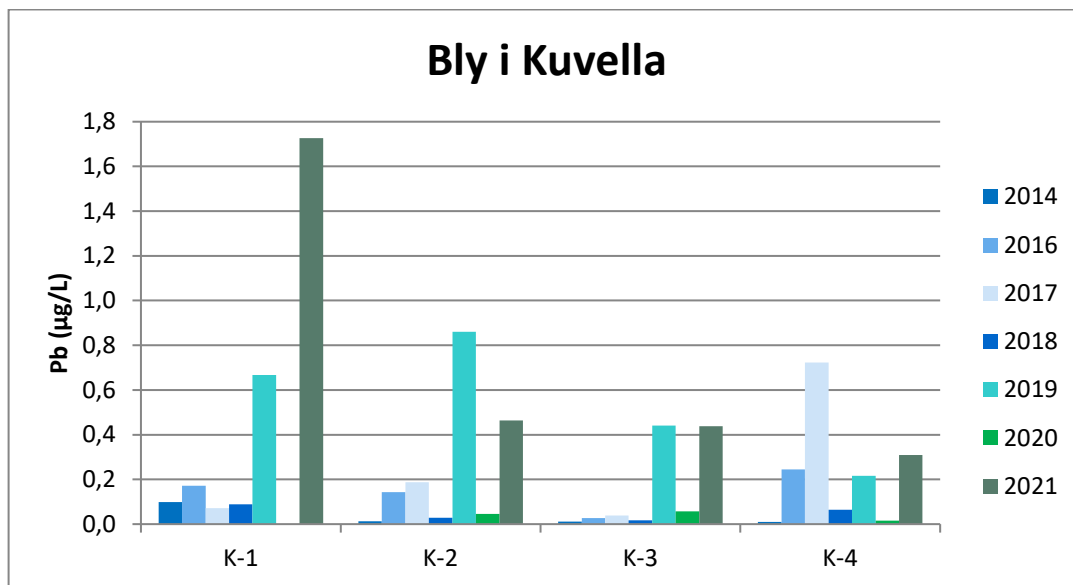
Figur 3.8 Konsentrasjonsnivåer av bly i jordprøver tatt fra Tønjumdalen i 2021. Verdiene er gruppert etter helsebaserte tilstandsklasser (Tabell 1.1).



Figur 3.9 Gjennomsnittskonsentrasjon av bly i overflatejord ved destruksjonsanlegget i Tønjumdalen fra 1999 til 2021 (prøvepunkt 1, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 og 16).

3.2.2 Metaller i vann

Konsentrasjonen av bly i Kuvella de siste årene er illustrert i Figur 3.10, mens resultatene etter analyse er vist i Tabell 3.2. Blykonsentrasjonen målt i Kuvella i 2021 var på nivå med eller høyere (i prøvepunkt K-1) enn det som har blitt målt tidligere år. Det var i 2021 en antydning til at nivået av bly i Kuvella økte nedstrøms destruksjonsanlegget, da konsentrasjonen av både bly, kobber, sink og krom var høyere i prøvepunkt K-1 (nedstrøms destruksjonsanlegget) sammenlignet med prøvepunktene oppstrøms destruksjonsanlegget.



Figur 3.10 Konsentrasjon av bly i Kuvella (Tønjumdalen) fra 2014 til 2021.

Konsentrasjonen av de analyserte metallene i Kuvella, var for alle prøver bortsett fra en, i tilstandsklasse “Bakgrunn” og “God” (Miljødirektoratet, 2016) og var samtidig under grenseverdien AA-EQS (Klima- og miljødepartementet, 2006) og drikkevannsnormen (Helse- og omsorgsdepartementet, 2017). Vannprøven nedstrøms destruksjonsanlegget (K-1) inneholdt blykonsentrasjon i tilstandsklasse «Moderat». Denne vannprøven overskrider dermed grenseverdien AA-EQS (1,2 µg/L). Grensen på 1,2 µg/L gjelder for øvrig for biotilgjengelig bly, som vil være lavere enn den totale konsentrasjonen av bly målt i vannprøver. Det er lite sannsynlig at konsentrasjonen av bly i Kuvella vil ha effekter på vannlevende organismer. Tidligere målinger viser at det er variasjoner i blykonsentrasjonen i Kuvella. En høy vannføring vil ta med seg partikkelbundet bly og det antas at deler av blyinnholdet i vannprøver er partikkelbundet. Dette kan ha betydning for resultatet, da vannprøvene ble konservert med syre før de ble filtrert.

Tabell 3.2 Konsentrasjon av metaller i vannprøver tatt i Kuvella (Tønjumdalen) i 2021. Konsentrasjonene er markert med fargekoder etter tilstandsklasser vist i Tabell 1.2; blå = Bakgrunn, grønn = God og gul = Moderat.

Prøvepunkt	Cr µg/L	Cu µg/L	Zn µg/L	Cd µg/L	Pb µg/L
K-1	0,3	1,5	5,2	<0,01	1,7
K-2	0,09	0,5	2,0	<0,01	0,5
K-3	<0,08	0,5	1,7	<0,01	0,4
K-4	<0,08	0,4	0,8	<0,01	0,3

4 Vurdering av risiko

4.1 Øyradalen

Konsentrasjonen av kobber i Øyradalen har vært synkende de siste årene. Konsentrasjonen var imidlertid noe høyere i 2021 enn det som ble målt i 2020. Blykonsentrasjonen i Øyradalen har derimot hatt en svak økende trend de siste årene, og konsentrasjonen målt i 2021 fulgte denne trenden og var noe høyere enn det som ble målt i 2020.

Det finnes stedvis noe høye konsentrasjoner av bly og kobber (tilstandsklasse «moderat»), men fordi denne forurensningen er begrenset til ganske små områder, er det lite sannsynlig at dette vil utgjøre noen risiko for dyr eller mennesker. Negative effekter kan allikevel ikke helt utelukkes, spesielt for beitende dyr. I følge en beregning basert på tidligere FFI-arbeid (Johnsen og Aaneby, 2019, Johnsen og Mariussen, 2017) antas det at grenseverdier for inntak av kobber hos lam kan nås om konsentrasjonen er over 283 mg/kg. Denne kobberkonsentrasjonen overstiges i store deler av demoleringsfeltet. På samme måte kan kalvers grenseverdi nås ved blykonsentrasjoner over 700 mg/kg i jorden. Denne konsentrasjonen overstiges imidlertid ikke på demoleringsfeltet. Det forurensede området i Øyradalen vil sannsynligvis bare utgjøre en liten andel av det totale beiteområdet til beitedyr. Sannsynligheten for at beitedyr vil få i seg skadelige mengder kobber er derfor liten. Studier utført av FFI har vist at beitende dyr får i seg lite jord på beite i Norge (< 2 % av totalt inntatt tørrstoff) og at kobberkonsentrasjonen i planter ikke korrelerer med kobberkonsentrasjonen i jorda (Johnsen og Aaneby, 2019, Johnsen og Mariussen, 2017, Johnsen et al., 2018). Det vil derfor, selv med stedvis relativt høye kobberkonsentrasjoner i jorden, være liten risiko knyttet til forgiftning eller akkumulering hos beitende dyr på området, selv om dette likevel ikke helt kan utelukkes.

De målte konsentrasjonene av kobber og bly i Nivla og Øydalselvi var under grenseverdien som gir toksiske effekter (7,8 µg Cu/L og 1,2 µg Pb/L) i alle prøvepunktene. Ingen av de andre målte metallkonsentrasjonene oversteg sine respektive grenseverdier for konsentrasjon i vann. Negative effekter på vannlevende organismer som følge av metallkonsentrasjon fra aktiviteten i Øyradalen kan dermed utelukkes. Det er for øvrig kjent at metallkonsentrasjon i vann kan variere mye i løpet av en sesong, og fra sesong til sesong, avhengig av blant annet vannføring. Det er lite som tyder på at det er en vesentlig avrenning av metaller fra demoleringsfeltet i Øyradalen og ut i Nivla. Likevel kan det periodevis i tilknytning til sprengninger være noe høyere avrenning enn det som målingene i overvåkingen viser. Dette vil sannsynligvis være av kortvarig karakter og i liten grad føre til akutte effekter hos vannlevende organismer.

4.2 Tønjumdalen

Konsentrasjonen av bly ved destruksjonsanlegget i Tønjumdalen var i 2021 på nivå med det som har blitt målt de siste årene. Konsentrasjonen av bly er klassifisert i tilstandsklasse «Moderat». Området som er forurensset av bly er lite og vil sannsynligvis ikke utgjøre noen risiko for hverken mennesker eller dyr. De risikovurderinger som ble gjort i 2021 med bakgrunn

i resultater fra 2020, vil fortsatt gjelde. Forurensningsnivået er da vurdert til ikke å utgjøre noen helserisiko for mennesker eller risiko for beitedyr.

Konsentrasjonen av alle de analyserte metallene i vannet i Kuvella som renner gjennom Tønjumdalen var i tilstandsklasse “Meget god” og “God”, bortsett fra for bly i prøve K-1. Konsentrasjonen av bly i vannprøven tatt i prøvepunkt K-1 oversteg grenseverdien AA-EQS. Det kan derfor ikke helt utelukkes at konsentrasjonen av metaller i Kuvella kan være skadelig for vannlevende organismer. Konsentrasjonen av bly i Kuvella er ikke målt som biotilgjengelig fraksjon, som er det grenseverdien gjelder for. Den faktiske biotilgjengelige konsentrasjonen vil være mindre enn den målte konsentrasjonen og det er derfor lite sannsynlig at biotilgjengelig konsentrasjon av bly er over grenseverdien.

5 Konklusjon

5.1 Øyradalen

Det ble på samme måte som tidligere år registrert et forhøyet nivå av kobber i og rundt demoleringsfeltet som følge av destruksjon av ammunisjon. Den målte gjennomsnittskonsentrasjonen av kobber i demoleringsfeltet var høsten 2021, 575 mg/kg, og jorda klassifiseres da som “Moderat” forurenset. Konsentrasjonen av kobber i 2021 var noe høyere enn det som ble målt i 2020 (461 mg/kg).

Gjennomsnittskonsentrasjonen av bly i demoleringsfeltet ble beregnet til 137 mg/kg i 2021 og klassifiseres som “Moderat” forurenset ut fra de helsebaserte tilstandsklassene for forurenset grunn. Konsentrasjonen i 2021 var noe høyere enn det som ble målt i 2020 (104 mg/kg), men var innenfor samme tilstandsklasse.

Konsentrasjonen av sink er også noe forhøyet i demoleringsfeltet (tilstandsklasse “God”) sammenlignet med referansestasjonen, og var i 2021 på nivå med det som ble målt i 2020. For de andre metallene (nikkel, krom og kadmium) som ble målt i jordprøvene var det normale konsentrasjoner, og nivåene lå i tilstandsklasse “Meget god” eller “God”.

Konsentrasjonen av kobber og bly målt i Nivla i 2021 var jevnt over på nivå med det som har blitt målt tidligere. Ingen av prøvepunktene hadde bly- eller kobberkonsentrasjoner som oversteg grenseverdien for toksisk effekt i ferskvann (7,8 µg Cu/L og 1,2 µg Pb/L).

Forurensningsnivået i grunnen ved demoleringsanlegget var innenfor de helsebaserte krav som er satt til friluftsområder. På grunn av et forhøyet nivå av kobber, egner ikke området seg for beitedyr. Basert på årets vannprøver, anses det ikke som sannsynlig at metallkonsentrasjoner utgjør noen risiko for vannlevende organismer.

5.2 Tønjudalen

Det ble registrert forhøyede konsentrasjoner av bly i jorden rundt destruksjonsanlegget, mens konsentrasjoner av andre metaller var på bakgrunnsnivå. Gjennomsnittskonsentrasjonen av bly i jorden rundt destruksjonsanlegget var på 140 mg/kg, noe som er på nivå med målingene fra 2020. Nivået klassifiseres i tilstandsklasse "Moderat" i henhold til de helsebaserte tilstandsklassene for forurenset grunn. Forurensningsnivået av ammunisjonsrelaterte metaller i grunnen rundt destruksjonsanlegget vil ikke utgjøre noen helserelatert risiko, og det vurderes at forurensningsnivået heller ikke utgjør noen risiko for beitedyr.

Konsentrasjonen av metaller i Kuvella oversteg ved et prøvepunkt AA-EQS. Det kan derfor ikke helt utelukkes risiko for vannlevende organismer.

5.3 Samlet konklusjon

Basert på forekomst av metaller i jord og vannprøver fra både Ørjadalen og Tønjudalen utgjør målte konsentrasjoner av metaller en lav risiko for mennesker og lokal fauna. En ønsker imidlertid ikke at de områdene som har høyest forurensning benyttes aktivt som beiteområde. Det er variasjoner i konsentrasjonen av metaller i de to undersøkte områdene og trend i konsentrasjon er svakt stigende. Det anbefales derfor å fortsette overvåkingen av området for å dokumentere endring i forurensningsnivået og avrenning fra området. Dette vil også være i tråd med Forsvarssektorens klima- og miljøstrategi.

Vedlegg

A Prøvepunkters posisjon

Tabell A.1 Lokalisering av prøvepunkter i Øyradalen. Koordinatene er oppgitt i UTM sone 32 (WGS84).

Prøvepunkt Øyradalen	Nord	Øst
2	6759969	429143
3	6759968	429163
4	6759969	429182
6	6759977	429084
8	6759983	429042
10	6759941	429107
12	6759901	429100
13	6759822	429082
14	6758221	428702
16	6759999	429118
18	6760037	429128
19	6760066	429133
20	6760096	429142
21	6760130	429151
22	6760174	429165
23	6760214	429183
24	6760247	429192
25	6760446	429262
26	6760693	429322
29	6759973	429113
30	6760032	429178
31	6759893	429159
32	6759732	429026
33	6759632	429005
34	6759542	428976
A	6759543	429007
B	6760130	429151
C	6761519	429264
D	6761435	429431
E	6763445	429176
I	6758215	428759
II	6761481	430060

Tabell A.2 Lokalisering av prøvepunkter i Tønjumdalen. Koordinater oppgitt i UTM sone 32 (WGS84).

<i>Prøvepunkt Tønjumdalen</i>	<i>Nord</i>	<i>Øst</i>
1	6768761	420068
2	6768771	420062
3	6768782	420057
5	6768719	420086
9	6768773	420080
10	6768781	420105
11	6768795	420130
12	6768806	420179
13	6768754	420049
14	6768747	420037
15	6768733	420021
16	6768721	420006
17	6768681	419985
K-1	6768782	420234
K-2	6768733	420145
K-3	6768694	420019
K-4	6768628	419968

B Analyserapport

B.1 Jord



Forsvarets forskningsinstitutt
Avdeling Totalforsvar

Dato: 03.02.22

Analyserapport

Side 1 av 3

Analyserapport

Oppdragsgiver:
Anmerkninger: Analyse jord

Antall prøver: 38

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

Analyse- parametere	Måleområde mg/kg
Krom, Cr	0,1-1000
Nikkel, Ni	0,1-1000
Kobber, Cu	0,1-1000
Sink, Zn	0,1-1000
Kadmium, Cd	0,1-1000
Bly, Pb	0,1-1000

Denne analyserapporten består av i alt 3 sider. Analyserapporten gjelder analyse av prøvene slik de ble mottatt av FFI. Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning av FFI.

Kjeller, 03.02.22

Ida Vaa Johnsen

Saksbehandler : Ida Vaa Johnsen Innvalg : 63 80 78 04 Telefax : 63 80 75 09 Organisasjonsnr: 970 963 340 MVA
Adresse : Postboks 25, 2007 Kjeller Sentralbord : 63 80 70 00 Mil retn nr: 0505 Bankgiro: 7101.05.00030
Postgiro: 0801 5045745



ANALYSE AV METALLER

Instrument: ICP-MS, Thermo iCap TQ

Operator: Ida Vaa Johnsen

<i>FFI-nr</i>	<i>Prøveidentifikasjon</i>	
21-265	Ørjadalen-øst	2
21-266	Ørjadalen-øst	3
21-267	Ørjadalen-øst	4
21-268	Ørjadalen-vest	6
21-269	Ørjadalen-vest	8
21-270	Ørjadalen-sør	10
21-271	Ørjadalen-sør	12
21-272	Ørjadalen-sør	13
21-273	Ørjadalen-sør (vakthytte)	14
21-274	Ørjadalen-nord	16
21-275	Ørjadalen-nord	18
21-276	Ørjadalen-nord	19
21-277	Ørjadalen-nord	20
21-278	Ørjadalen-nord	21
21-279	Ørjadalen-nord	22
21-280	Ørjadalen-nord	23
21-281	Ørjadalen-nord	24
21-282	Ørjadalen-nord	25
21-283	Ørjadalen-nord	26
21-284	Ørjadalen-nord	28
21-285	Ørjadalen-nullpunkt	29
21-286	Ørjadalen-NØ	30
21-287	Ørjadalen-SØ	31
21-288	Ørjadalen-sør	32
21-289	Ørjadalen-sør	33
21-290	Ørjadalen-sør	34
21-291	Tønjumdalen	1
21-292	Tønjumdalen	2
21-293	Tønjumdalen	3
21-294	Tønjumdalen	9
21-295	Tønjumdalen	10
21-296	Tønjumdalen	11
21-297	Tønjumdalen	12

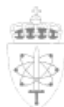
<i>FFI-nr</i>	<i>Prøveidentifikasjon</i>	
21-298	Tønjumdalen	13
21-299	Tønjumdalen	14
21-300	Tønjumdalen	15
21-301	Tønjumdalen	16
21-302	Tønjumdalen	17

Analyse av metaller



FFI-nr	Cr mg/kg	Ni mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg
21-265	530	70	810	442	2,7	156
21-266	99	118	551	305	1,8	87
21-267	72	77	464	317	1,8	66
21-268	61	71	426	314	2,3	143
21-269	76	64	438	221	1,4	55
21-270	65	64	412	253	2,3	205
21-271	87	73	533	318	2,7	126
21-272	64	54	355	205	0,85	39
21-273	10	10	84	25	0,65	24
21-274	64	73	602	309	2,5	99
21-275	460	120	790	475	2,3	128
21-276	92	91	577	371	1,9	167
21-277	77	64	444	259	1,8	65
21-278	83	55	279	172	0,79	35
21-279	85	62	292	193	0,78	42
21-280	88	73	727	502	3,1	137
21-281	64	42	236	160	1,4	42
21-282	91	44	157	133	0,90	37
21-283	46	31	121	207	0,90	36
21-284	53	40	84,5	63	0,16	10
21-285	67	65	584	369	2,9	155
21-286	77	100	504	390	2,1	94
21-287	991	102	585	418	2,1	87
21-288	91	68	681	452	2,9	139
21-289	72	56	582	478	3,0	125
21-290	101	81	874	834	3,3	198
21-291	24	20	37	72	0,15	243
21-292	30	19	18	80	0,11	79
21-293	25	17	13	59	0,07	55
21-294	27	17	25	62	0,13	150
21-295	27	16	17	101	0,13	128
21-296	23	15	11	86	0,11	55
21-297	26	16	16	94	0,13	46
21-298	21	17	24	94	0,15	153
21-299	25	22	45	94	0,17	257
21-300	39	32	34	105	0,22	151
21-301	27	19	16	79	0,09	79
21-302	29	21	21	87	0,09	38

B.2 Vann



Forsvarets forskningsinstitutt
Avdeling Totalforsvar

Dato: 03.02.22

Analysereport

Side 1 av 2

Analysereport

Oppdragsgiver:

Antall prøver: 11

Anmerkninger: Analyse vann

Analysereporten gjelder følgende analyser:

Analyse- parametere	Måleområde µg/l
Krom, Cr	0,01-100
Kobber, Cu	0,01-100
Sink, Zn	0,01-100
Kadmium, Cd	0,01-100
Bly, Pb	0,01-100

Denne analysereporten består av i alt 2 sider. Analysereporten gjelder analyse av prøvene slik de ble mottatt av FFI. Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning av FFI.

Kjeller, 03.02.22

Ida Vaa Johnsen

Saksbehandler : Ida Vaa Johnsen

Innvalg : 63 80 78 04

Telefax : 63 80 75 09

Organisasjonsnr: 970 963 340 MVA

Adresse : Postboks 25, 2007 Kjeller

Sentralbord : 63 80 70 00

Mil retn nr: 0505

Bankgiro: 7101.05.00030

Postgiro: 0801 5045745



ANALYSE AV METALLER

Instrument: ICP-MS, Thermo iCap TQ

Operator: Ida Vaa Johnsen

Prøve	Cr µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Pb µg/l
Ørjadalen A	<0,3	1,3	<0,5	<0,01	0,035
Ørjadalen B	<0,3	2,5	8,1	0,048	0,17
Ørjadalen C	<0,3	3,5	5,1	0,019	0,39
Ørjadalen D	<0,3	2,7	1,8	<0,01	0,11
Ørjadalen E	<0,3	2,3	3,5	0,016	0,35
Ørjadalen I	<0,3	0,88	<0,5	<0,01	<0,02
Ørjadalen II	<0,3	1,7	<0,5	<0,01	0,060
Tønjumdalen k1	0,32	1,5	5,2	<0,01	1,7
Tønjumdalen k2	0,089	0,47	2,0	<0,01	0,46
Tønjumdalen k3	<0,3	0,45	1,7	<0,01	0,44
Tønjumdalen k4	<0,3	0,38	0,81	<0,01	0,31

Referanser

- HELSE- & OMSORGSDEPARTEMENTET 2017. Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften).
- JOHNSEN, A. 2009a. Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune
- JOHNSEN, A. 2009b. Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - resultater for 2008.
- JOHNSEN, A. 2010. Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - resultater for 2009.
- JOHNSEN, A. 2011. Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - resultater for 2010.
- JOHNSEN, A. & VOIE, Ø. 2012. Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - resultater for 2011.
- JOHNSEN, I. V. 2013. Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - resultater for 2012.
- JOHNSEN, I. V. 2015. Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - resultater for 2014.
- JOHNSEN, I. V. 2019. Overvåking av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - resultater for 2018.
- JOHNSEN, I. V. 2020. Overvåking av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune – resultater for 2019
- JOHNSEN, I. V. 2021. Overvåking av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune – resultater for 2020.
- JOHNSEN, I. V. & JOHNSEN, A. 2014. Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - resultater for 2013.
- JOHNSEN, I. V. & JOHNSEN, A. 2017. Overvåking av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - Resultater for 2016 og 2017.
- JOHNSEN, I. V. & MARIUSSEN, E. 2017. Overvåking av sauer på Leksdal skyte- og øvingsfelt.

-
- JOHNSEN, I. V., MARIUSSEN, E. & VOIE, Ø. 2018. Assessment of intake of copper and lead by sheep grazing on a shooting range for small arms: a case study. *Environmental Science and Pollution Research*.
- JOHNSEN, I. V. & AANEBY, J. 2019. Risikovurdering av beitedyr i Melbu skyte- og øvingsfelt - jordspising, beiteadferd og metalloptak.
- KLIMA- & MILJØDEPARTEMENTET 2006. Forskrift om rammer for vannforvaltningen (vannforskriften).
- MILJØDIREKTORATET 2009. Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn.
- MILJØDIREKTORATET 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sedimenter og biota - revidert 30.10.2020. M-608/2016.
- OTTESEN, R. T., BORGES, J., BOLVIKEN, B., T., V. & HAUGLUND, T. 2000. *Geokjemisk atlas for Norge, del 1: Kjemisk sammensetning av flomsedimenter*, Norges geologiske undersøkelse.
- STRØMSENG, A. E., LJØNES, M., BAKKA, L. & MARIUSSEN, E. 2009. Episodic discharge of lead, copper and antimony from a Norwegian small arm shooting range. *Journal of Environ Monitoring*, 11, 1259-67.
- Direktoratsgruppen VANNDIREKTIVET 2018. Veileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann.

Om FFI

Forsvarets forskningsinstitutt ble etablert 11. april 1946. Instituttet er organisert som et forvaltningsorgan, med særskilte fullmakter underlagt Forsvarsdepartementet.

FFIs formål

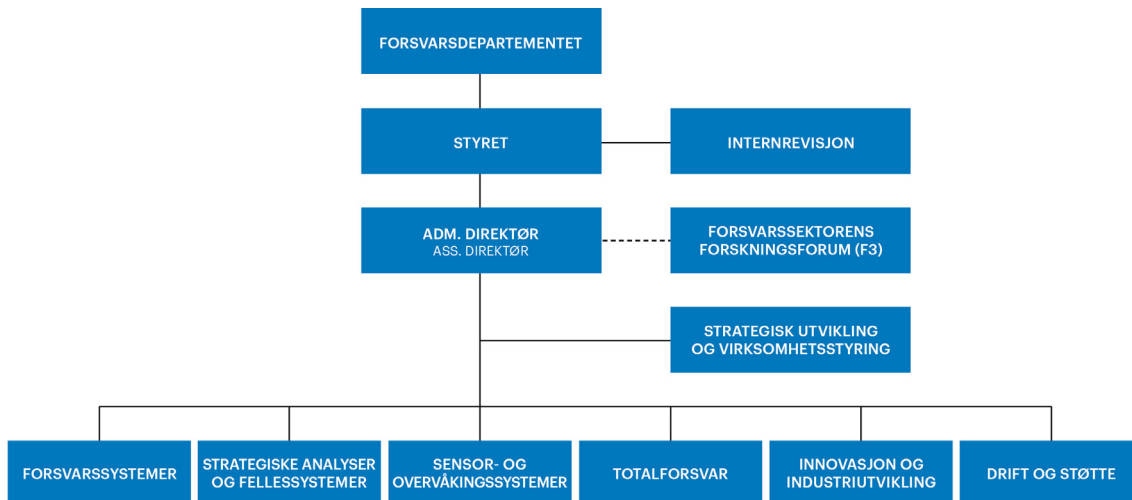
Forsvarets forskningsinstitutt er Forsvarets sentrale forskningsinstitusjon og har som formål å drive forskning og utvikling for Forsvarets behov. Videre er FFI rådgiver overfor Forsvarets strategiske ledelse. Spesielt skal instituttet følge opp trekk ved vitenskapelig og militærteknisk utvikling som kan påvirke forutsetningene for sikkerhetspolitikken eller forsvarsplanleggingen.

FFIs visjon

FFI gjør kunnskap og ideer til et effektivt forsvar.

FFIs verdier

Skapende, drivende, vidsynt og ansvarlig.



Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)
Postboks 25
2027 Kjeller

Besøksadresse:
Kjeller: Instituttveien 20, Kjeller
Horten: Nedre vei 16, Karljohansvern, Horten

Telefon: 91 50 30 03
E-post: post@ffi.no
ffi.no

Norwegian Defence Research Establishment (FFI)
PO box 25
NO-2027 Kjeller
NORWAY

Visitor address:
Kjeller: Instituttveien 20, Kjeller
Horten: Nedre vei 16, Karljohansvern, Horten

Telephone: +47 91 50 30 03
E-mail: post@ffi.no
ffi.no/en