



FFI-rapport 2013/02362

# Overvåking av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune – resultater for 2012



Ida Vaa Johnsen





**Overvåking av tungmetallforurensning ved Forsvarets  
destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune  
– resultater for 2012**

Ida Vaa Johnsen

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

4. oktober 2013

FFI-rapport 2013/02362

397203

P: ISBN 978-82-464-2314-2

E: ISBN 978-82-464-2315-9

## **Emneord**

Overvåking

Tungmetaller

Ammunisjon

Destruksjon

Lærdal

## **Godkjent av**

Kjetil Sager Longva

Prosjektleder

Jan Ivar Botnan

Avdelingsjef

## Sammendrag

I Øyradalen sørøst for Lærdal sentrum ligger et destruksjonsanlegg for ammunisjon, der Forsvaret sprenger og tilintetgjør ulike typer ammunisjon. Dette området ble etablert i 1976 og har siden dette vært benyttet av Forsvaret til destruksjon av ammunisjon. For å overvåke konsentrasjonen av tungmetaller i dette området, ble det i 1991 startet et program for prøvetaking og analyse av tungmetaller i jord. I 2008 foretok Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) en gjennomgang av dataene fra denne overvåkningen og anbefalte noen justeringer av programmet.

I tillegg til destruksjonsanlegget i Øyradalen er det et anlegg for destruksjon av krutt og småkaliberammunisjon i Tønjumdalen. Destruksjonen av denne typen ammunisjon foregår i en forbrenningsovn med tilknyttet renseanlegg. I dette området har det vært tatt prøver enkelte år for å overvåke forurensning av tungmetaller. FFI anbefalte i 2008 at også dette området inkluderes i en årlig prøvetaking tilsvarende med det som foretas i Øyradalen.

Resultater fra prøver tatt i 2012 fra både Øyradalen og Tønjumdalen er presentert i denne rapporten.

Konsentrasjonen av kobber i demoleringsfeltet i Øyradalen er forhøyet. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av kobber er på 546 mg/kg. Det er også et noe forhøyet nivå av bly og sink, mens konsentrasjonen av de andre målte metallene er på bakgrunnsnivå. Konsentrasjonen av metaller i demoleringsfeltet har ikke endret seg vesentlig i løpet av det siste året. Nivået av de målte metallene ligger innenfor de krav som myndighetene har satt til friluftsområder. På grunn av et forhøyet nivå av kobber i demoleringsområdet, egner ikke området seg for beitedyr. I Nivå er konsentrasjonen av kobber over den økologiske grenseverdien, og nivået av bly overstiger grenseverdien i vanddirektivet. En kan derfor ikke utelukke at kobber og bly kan ha en viss effekt på vannlevende organismer i elven.

I Tønjumdalen blir det registrert et noe forhøyet nivå av bly i nærområdet til destruksjonsanlegget, mens konsentrasjonen av de andre målte metallene er tilsvarende med det en naturlig kan forvente i området. Det har ikke vært noen vesentlig endring av konsentrasjonen til bly i grunnen rundt destruksjonsanlegget det siste året. 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. Det ble registrert høyere konsentrasjon av ammunisjonsrelaterte metaller i elven Kuvella i Tønjumdalen enn tidligere år. Nivået av metaller er under det en vil forvente skal gi effekter på vannlevende organismer i elven eller utgjøre en helserisiko.

## English summary

In the Øyradalen southeast of Lærdal center, the Military has a destruction facility for munitions, where munitions are demolished by open air detonation. This area was established in 1976, and has since been used by the Military for demolition of munitions. From 1991 until today, soil samples from Øyradalen have been analyzed to monitor the concentration of heavy metals. In 2008, an evaluation of the results from this monitoring was carried out by Norwegian Defense Research Establishment (FFI), and some adjustments of the monitoring program were recommended.

In addition to the facility in Øyradalen, a destruction facility for small arms munitions and propellant are localized in Tønjumdalen. The destruction of such munitions takes place in an incinerator connected to a treatment plant. The contamination in this area has not been regularly monitored. FFI did in 2008 recommend that this area should be included in the monitoring program.

This report present results from the monitoring of the munitions related contamination in Øyradalen and Tønjumdalen in 2012.

The concentrations of copper in the demolition area in Øyradalen are higher than normal for this area. The mean concentration of cobber in the demolition area was 546 mg/kg. The levels of lead and zinc are also above background levels, while the concentrations of other heavy metals are on background levels. The level of metals in the demolition area has not changed significantly during the last year. The contamination level in Øyradalen is within the national limits for recreation areas. The demolition area is not suitable for grazing animals, due to high cobber content. The concentration of cobber and lead is above the ecotoxicological screening level in the river Nivla, which means that cobber and lead can have some influence on the life of organisms in the river.

The concentrations of lead observed near the destruction facility in Tønjumdalen are above background levels, while the concentrations of other heavy metals are comparable with background levels. There is observed no significant change in the lead concentration around the destruction facility during the last year. The contamination level in Øyradalen is within the national limits for recreation areas and there is no associated risk for grazing animals. The content of munitions related metals in Kuvella in Tønjumdalen is higher than what was observed previous years. The concentrations of metals are below effect levels for aquatic organisms, and below drinking water standards.

## **Innhold**

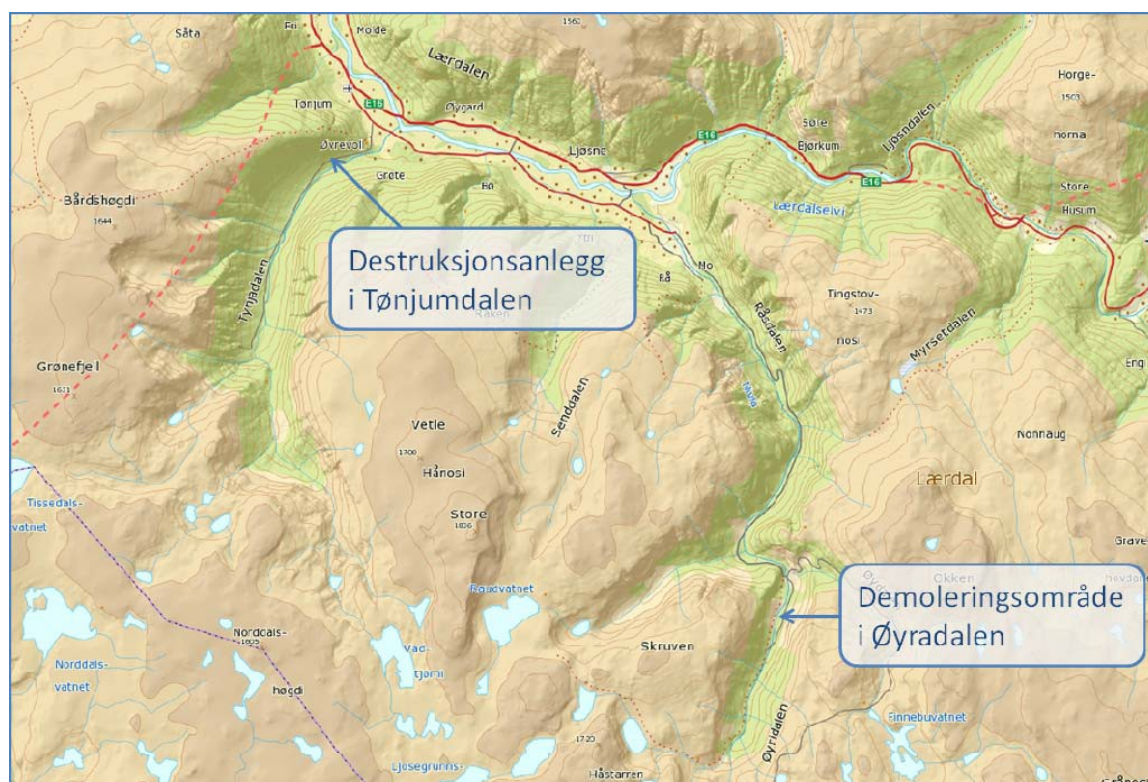
<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Materialer og metoder</b>	<b>8</b>
2.1	Prøvetaking	8
2.2	Analyse	11
<b>3</b>	<b>Resultater og diskusjon</b>	<b>11</b>
3.1	Øyradalen	11
3.2	Tønjumdalen	16
<b>4</b>	<b>Vurdering av risiko</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>19</b>
5.1	Øyradalen	19
5.2	Tønjumdalen	20
5.3	Anbefalinger	20
	<b>Appendix A Posisjon for prøvepunktet</b>	<b>21</b>
	<b>Appendix B Analyseresultater</b>	<b>23</b>
B.1	Øyradalen	23
B.2	Tønjumdalen	24
	<b>Referanseliste</b>	<b>25</b>





# 1 Innledning

I Øyradalen sørøst for Lærdal sentrum ligger et destruksjonsanlegg for ammunisjon, der Forsvaret sprenger og tilintetgjør ulike typer ammunisjon. Et kartutsnitt som viser plasseringen av demoleringsfeltet er vist i Figur 1.1. Dette området ble etablert i 1976 og har siden dette vært benyttet av Forsvaret til destruksjon av ammunisjon. I dag er det lokalisert fem groper etter hverandre langsmed dalen, der fire av disse benyttes til sprengning og en er reserve. Avstanden mellom gropene er 30 – 40 meter.



Figur 1.1 Oversikt over lokaliseringen av Forsvarets destruksjonsanlegg i Øyradalen og Tønjumdalen i Lærdal kommune. Kartgrunnlag: Statens kartverk.

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 da tatt prøver før demoleringen startet om våren og etter demoleringen ble avsluttet om høsten. Dette programmet har vært videreført frem til 2007. I 2008 foretok Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) en gjennomgang av dataene fra overvåkningsprogrammet og anbefalte noen justeringer av programmet [1]. Det er foretatt prøvetaking i henhold til dette programmet høsten 2008, 2009, 2010 og 2011. Resultatene ble henholdsvis presentert i FFI-rapport 2009/01147 [2], FFI-rapport 2010/01494 [3], FFI-rapport 2011/01306 [4] og FFI-rapport 2012/01308 [5].

I tillegg til destruksjonsanlegget i Øyradalen er det et anlegg for destruksjon av krutt og småkaliberammunisjon i Tønjumdalen som ble tatt i bruk i 1988. Lokaliseringen av anlegget er vist i Figur 1.1. Destruksjonen av denne typen ammunisjon foregår i en forbrenningsovn med tilknyttet renseanlegg. I dette området har det ikke vært gjennomført tilsvarende årlig overvåkning som i

Øyradalen. Fra 1991 har det sporadisk vært tatt prøver for å undersøke forurensning av tungmetaller i dette området. Etter en gjennomgang av resultatene fra disse undersøkelsene, ble det av FFI anbefalt at også Tønjumdalen inkluderes i overvåkningsprogrammet [1]. Det ble tatt prøver i henhold til anbefalt overvåkningsprogram i Tønjumdalen høsten 2008, 2009 og 2011. Resultatene ble henholdsvis presentert i FFI-rapport 2009/01147 [2], FFI-rapport 2010/01494 [3] og FFI-rapport 2012/01308 [5]. I 2010 ble det av ulike grunner ikke foretatt prøvetaking i dette området.

I denne rapporten blir resultatene fra overvåkingen i 2012 av tungmetallforurensning i de to områdene presentert.

## 2 Materialer og metoder

### 2.1 Prøvetaking

Prøvetakingen i 2012 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 tidligere. I tillegg ble det inkludert ett nytt prøvepunkt i Øyradalen, prøvepunkt 33, som ligger omkring 100 m lenger inn i dalen i forhold til prøvepunkt 32. I 2012 ble det også tatt vannprøver ved de stasjonene i Øyradalen der det tidligere er blitt tatt vannprøver [1]. I Tønjumdalen ble det tatt tre vannprøver av elven Kuvella som renner gjennom dalen. Her ble en prøve tatt oppstrøms destruksjonsanlegget (Ved ferist) og to prøver nedstrøms anlegget (ved bom og kontor). Vannprøvene ble ikke filtrert.

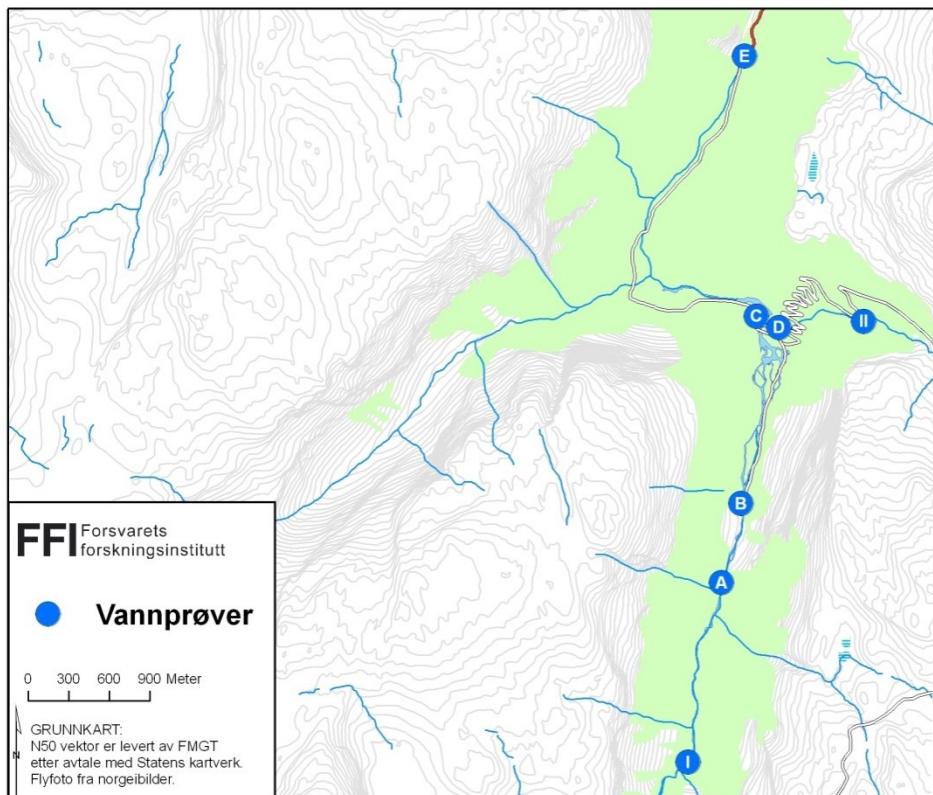
Noen av prøvepunktene i Øyradalen, og de fleste i Tønjumdalen har merkepinne satt ned. Dette gjør det enklere å få tatt prøve på samme sted hvert år. De prøvepunktene der det ikke er satt ned merkepinner i Øyradalen, ble lokalisert ved bruk av laseravstandsmåler fra et kjent utgangspunkt i demoleringsområdet 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 Appendix A. Det samme jordboret som er benyttet ved tidligere prøvetakinger i Øyradalen og Tønjumdalen ble benyttet [1]. Hvert prøvepunkt utgjør en flate på omkring 1 m<sup>2</sup>, 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.

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.



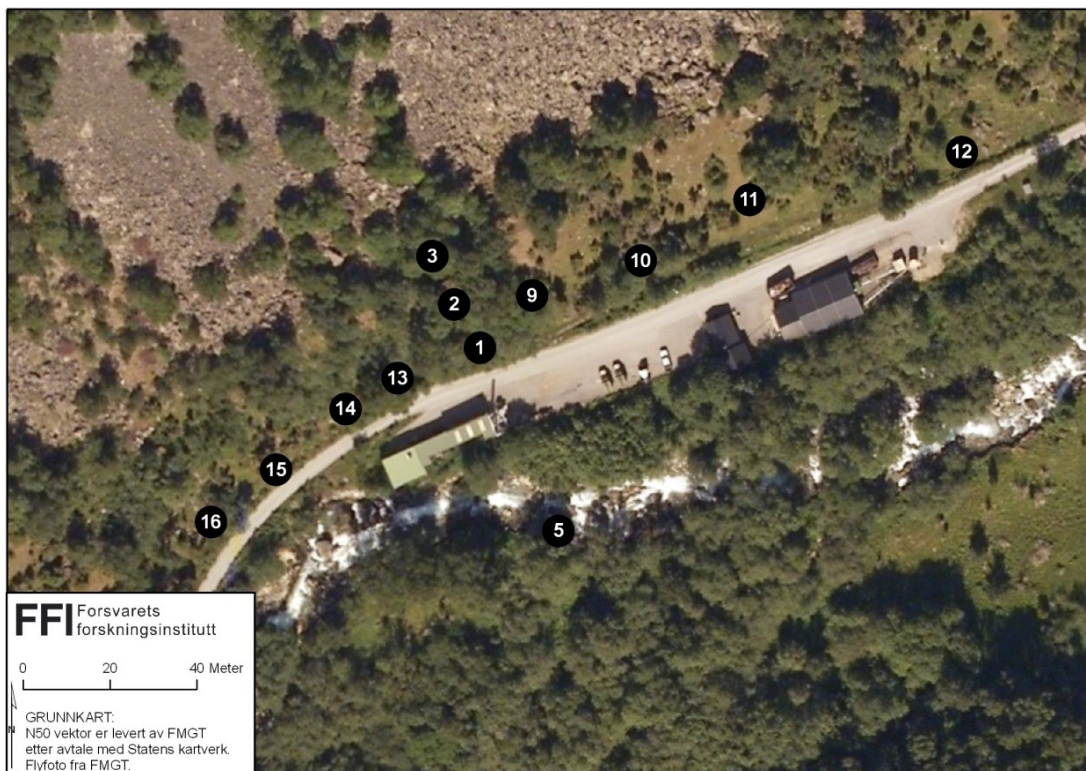


Figur 2.1 Oversikt over lokaliseringen til jordprøvene tatt i Øyradalen i 2012.

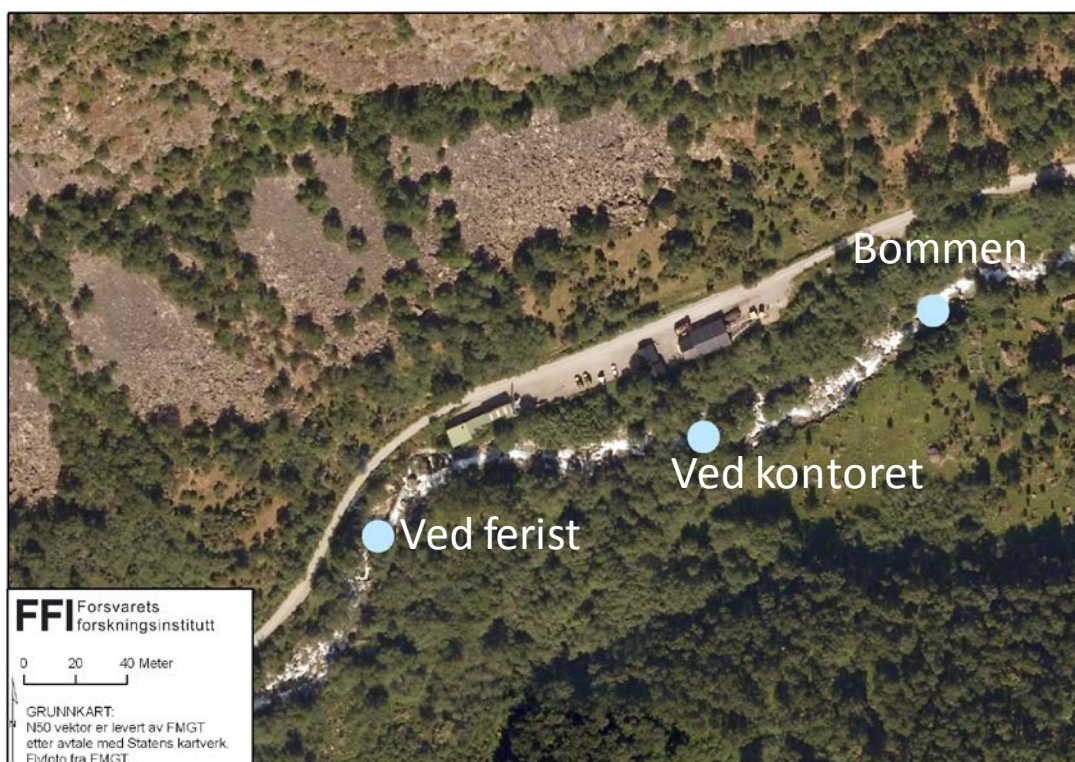


Figur 2.2 Oversikt over lokaliseringen til vannprøvene tatt i Øyradalen i 2012.





Figur 2.3 Oversikt over lokaliseringen til prøvepunktene tatt i Tønjumdalen i 2012.



Figur 2.4 Oversikt over hvor det ble tatt vannprøver i Kuvella i 2012.



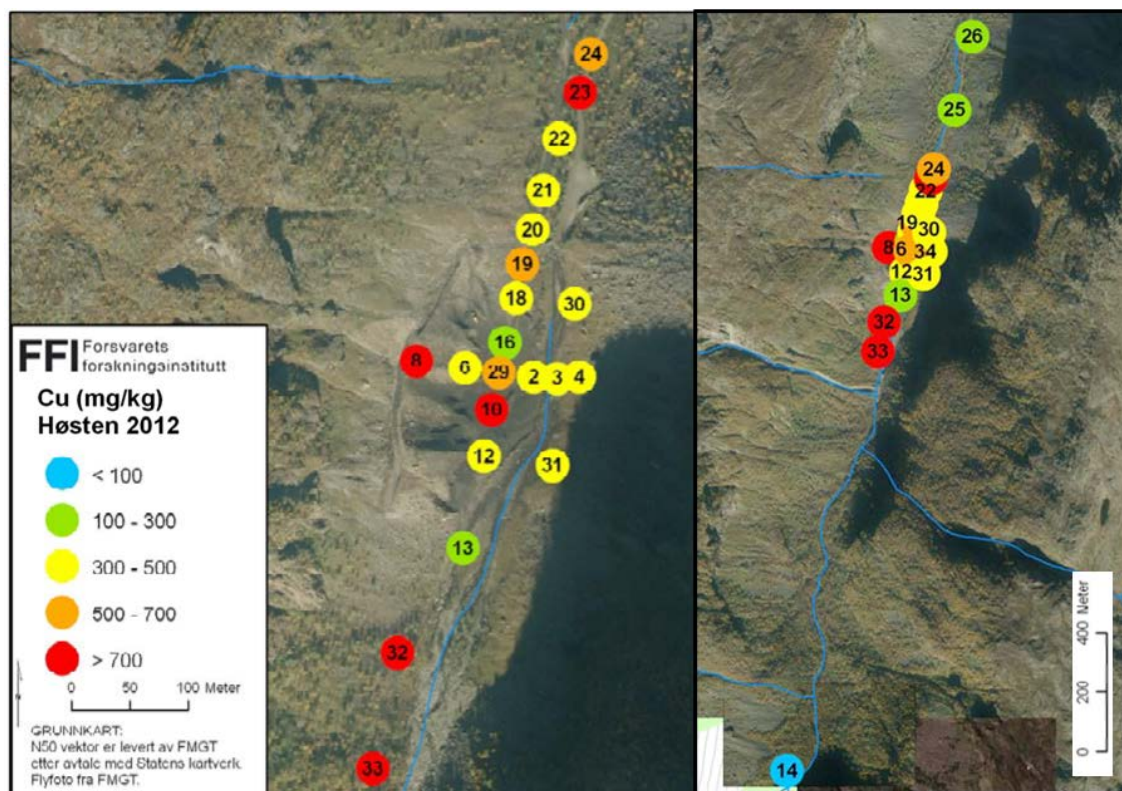
## 2.2 Analyse

Jord- og vannprøver ble oppbevart i kjøleskap hos FFI frem til kjemisk analyse. Vannprøvene ble ved ankomst til FFI konserverte ved å tilsette HNO<sub>3</sub> (65 % ultra pure) til en konsentrasjon i prøven lik 1 %. Jordprøvene ble tørket i varmeskap ved 100 °C i 20 timer. Prøvene ble deretter knust og blandet. Metaller ble ekstrahert fra den tørkede jorda ved hjelp av mikrobølgeoppløsning (190 °C) i kongevann (9 ml 30 % ultra pure HCl og 3 ml 65 % ultra pure HNO<sub>3</sub>). Analyse av vann og jordprøver ble utført med en ICP-MS (Thermo Xseries 2).

## 3 Resultater og diskusjon

### 3.1 Øyradalen

Figur 3.1 viser konsentrasjonsnivåer av kobber (Cu) i alle prøvene som ble tatt i Øyradalen i 2012. Det er som tidligere noe variasjon i konsentrasjonen mellom de ulike prøvepunktene, og bortsett fra fem prøver er konsentrasjonen av kobber under 700 mg/kg. I disse fem prøvene var konsentrasjonen av kobber henholdsvis 789 mg/kg (prøvepunkt 8), 1116 mg/kg (prøvepunkt 10), 1329 mg/kg (prøvepunkt 23), 705 mg/kg (prøvepunkt 32) og 912 mg/kg (prøvepunkt 33). Prøvepunkt 33 var et nytt prøvepunkt av året. Resultatene viser at forurensningen strekker seg lenger inn i dalen enn prøvepunkt 33. I prøvepunkt 10 og 32 ble det også i 2011 funnet noe høyere konsentrasjoner av kobber enn resten av prøvepunktene (Figur 3.2). Analyseresultater for metaller i jord fra Øyradalen er oppsummert i Appendix B.

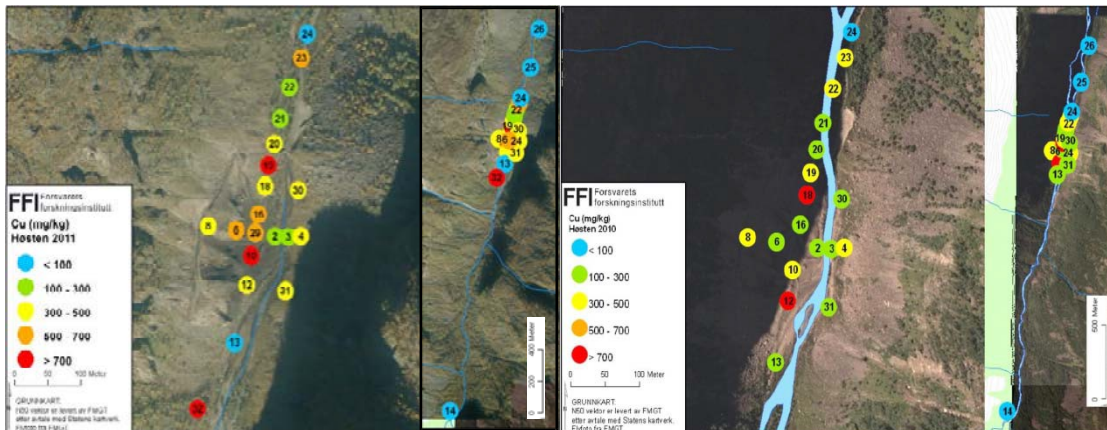


Figur 3.1 Konsentrasjon av kobber i jordprøver fra Øyradalen fra 2012.

Lokale variasjoner i konsentrasjonen av kobber fremkommer som følge av at forurensningen er heterogent fordelt i området, og at det hele tiden er forflytning av masse som følge av de sprengningene som finner sted. Konsentrasjonen av kobber i prøver tatt høsten 2012 er stort sett på samme nivå som prøvene tatt høsten 2011 og 2010, der noen prøvepunkter har lavere kobbernivå mens andre har høyere enn foregående år (Figur 3.2). Målingene viser at området har et forhøyet nivå av kobber sammenlignet med referanseprøven lengst sør i dalen (prøvepunkt 14) og det en kan regne som naturlig for dette området [6]. Med bakgrunn i at det også ble påvist høy konsentrasjon av kobber i prøvepunkt 33, anbefales det å opprette et prøvepunkt lenger inn i dalen, for å få informasjon om hvor langt forurensningen har spredd seg innover i dalen.

Det gjennomsnittlige nivået av kobber i demoleringsfeltet (prøvepunkt 2, 6, 8, 10, 12, 16, 18, 19 og 29) er ved prøvetaking høsten 2012 på 546 mg/kg, noe som ligger i tilstandsklasse "Moderat" i henhold til Miljødirektoratet (MD) sine helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn [7]. Høsten 2011 ble det i samme område registret en gjennomsnittlig konsentrasjon av kobber på 820 mg/kg [5]. Det har derfor ikke vært en vesentlig endring i konsentrasjonen av kobber i demoleringsfeltet i Øyradalen det siste året.

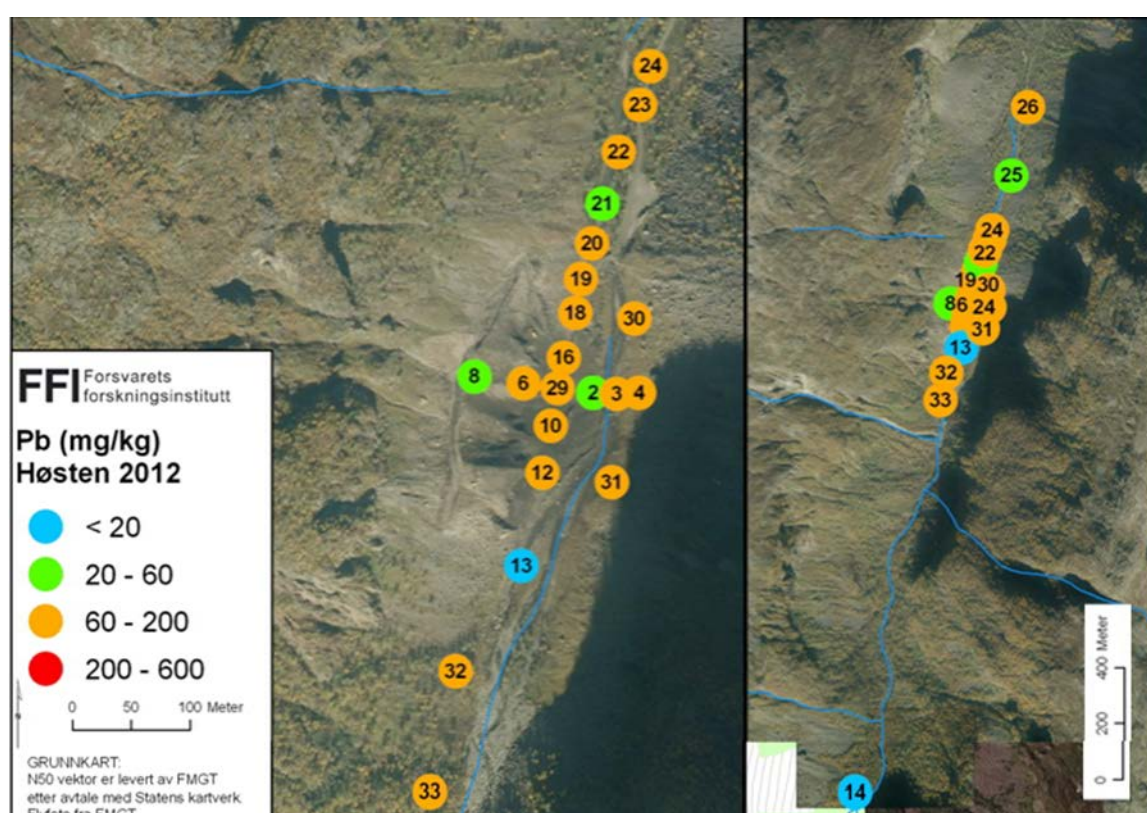
Nivået av kobber både nord i dalen og helt sør i dalen ligger i tilstandsklasse "Meget god" og "God" i henhold til MD sine helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn [7]. I prøvepunkt 23 er det et forhøyet nivå av kobber, og nivået er høyere enn det som registreres i nærliggende prøvepunkter. Ved dette området har det også tidligere av ukjent årsak vært registrert et høyere innhold av kobber enn omkringliggende prøvepunkter. Nivået av kobber i referanseprøve 14 innerst i dalen er på nivå med det som er blitt registrert der tidligere.



Figur 3.2 Oversikt over konsentrasjonsnivåer av kobber i Øyradalen i 2010 og 2011

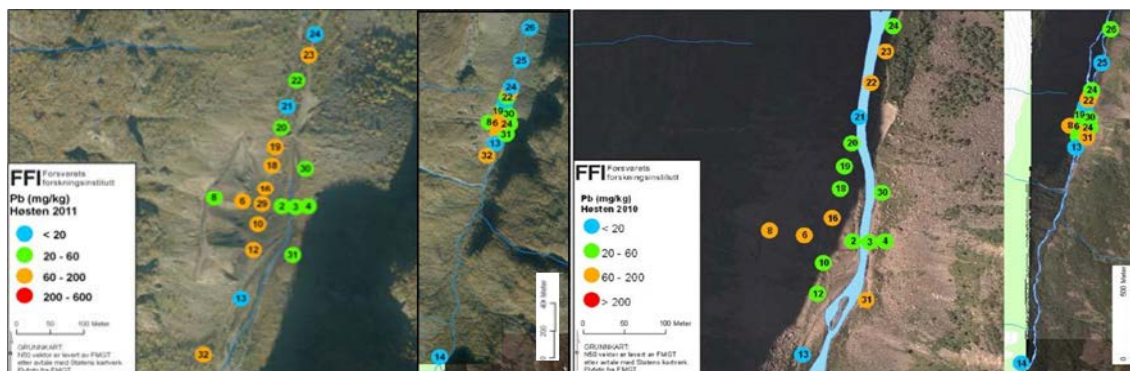
I ammunisjon er ofte kobber i legering med sink (Zn), og det registreres derfor også et forhøyet nivå av sink i demoleringsfeltet for ammunisjon. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av sink er på 352 mg/kg i demoleringsfeltet (prøvepunkt 2, 6, 8, 10, 12, 16, 18, 19 og 29), mens den maksimale konsentrasjonen var 860 mg/kg (prøvepunkt 33). Nivået av sink i demoleringsfeltet ligger i tilstandsklasse "God" i MD sine helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn [7].

Figur 3.3 viser konsentrasjonsnivåer av bly (Pb) i alle prøvene som ble tatt i Øyradalen i 2012, mens Figur 3.4 viser nivåene for 2010 og 2011. Nivået av bly er en god del lavere enn det som registreres for kobber. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av bly i demoleringsområdet (prøvepunkt 2, 6, 8, 10, 12, 16, 18, 19 og 29) er 72 mg/kg. I 2011 ble det registrert samme nivå av bly (gjennomsnitt 69 mg/kg) i dette området (Figur 3.4). Tilsvarende konsentrasjoner av bly er også registrert i området tidligere [2-5]. Det kan derfor ikke påvises noen endring i blykonsentrasjonen de siste årene i demoleringsfeltet, og nivået klassifiseres i tilstandsklasse "God" i henhold til MD sine helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn [7]. Høyeste konsentrasjon av bly ble registrert i prøvepunkt 33 med 167 mg/kg. Av de andre metallene som ble målt i jordprøvene fra Øyradalen var det normale konsentrasjoner, og nivåene ligger i tilstandsklasse "Meget god" eller "God" i henhold til MD sine helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn [7].



Figur 3.3 Konsentrasjonsnivåer av bly i jordprøver fra Øyradalen i 2012.





Figur 3.4 Oversikt over konsentrasjonsnivåer av bly i Øyradalen i 2010 og 2011.

I 2012 ble det tatt vannprøver i Nivla og Øydalselvi i Øyradalen. I Figur 3.5 er det vist en oversikt over konsentrasjonen av kobber ved de ulike prøvestasjonene, mens Figur 3.6 viser samme oversikt for bly. Resultatene fra målingen i 2011 og 2010 er tatt med for sammenlignings skyld. Konsentrasjonen av kobber i Nivla er noe høyere nedstrøms demoleringsfeltet (prøvepunkt B) enn oppstrøms (prøvepunkt A). Dette tyder på at det er en viss avrenning av kobber fra demoleringsfeltet og ut i Nivla. Nivået av kobber i disse to prøvepunktene er på samme nivå som før. For et par av prøvepunktene er nivået av kobber høyere enn det som har vært tilfellet tidligere. Dette gjelder prøvepunkt C og E. Vann fra prøvepunkt C og E har omkring dobbelt så høy konsentrasjon av kobber som i 2011 og tidligere. Nivået av kobber i prøvepunkt C er omkring dobbelt så høyt som i prøvepunkt B nedstrøms demoleringsanlegget.

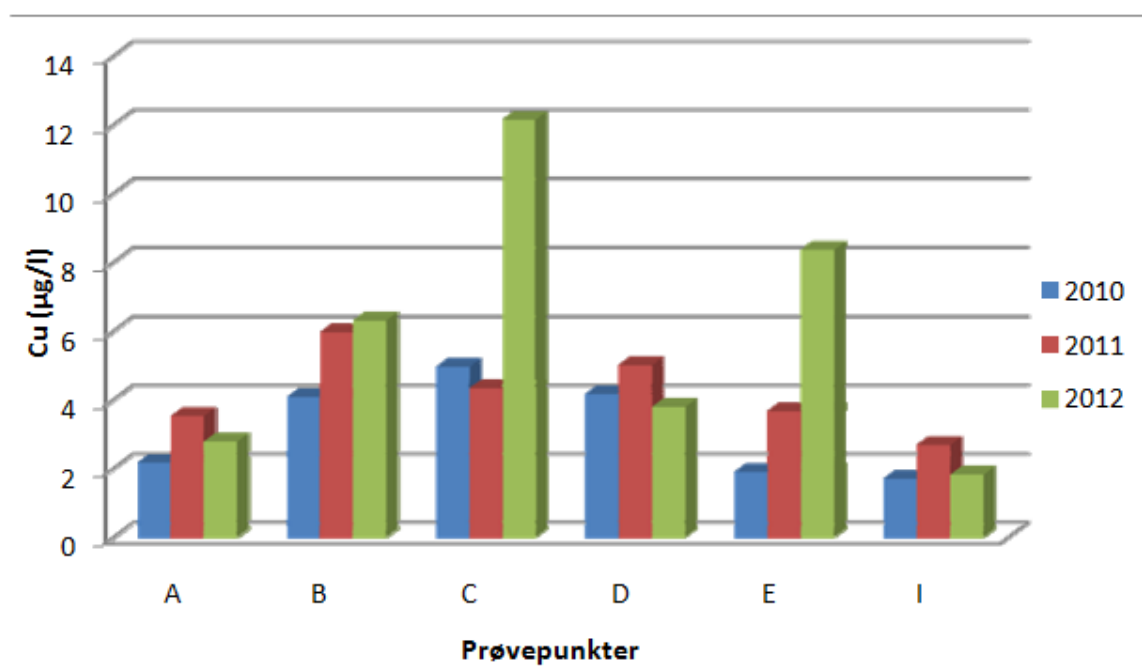
I de fleste prøvene ble det registrert mye høyere konsentrasjon av bly enn det som er blitt gjort tidligere. I prøvepunkt C ble det registrert spesielt høyt nivå av bly, men det ble også påvist et høyt nivå av bly i prøvepunkt I, som er referanseprøven innerst i dalen. Det er litt usikkert hva som kan være årsaken til den økte konsentrasjonen av metaller i Nivla.

Resultatene fra 2012 viser en økning av konsentrasjonen til kobber, bly og sink i området fra prøvepunkt B til prøvepunkt C. Det tyder derfor på at det er en kilde i dette området for disse metallene. Det ligger en håndvåpenskytebane i dette området som kan være kilden. I henhold til Einar Trulssen var det i 2012 veldig høy vannføring i Nivla. Dette kan ha forårsaket en viss utgraving av masser ved denne skytebanen, noe som har ført til et forhøyet nivå av disse tre metallene som er karakteristiske for håndvåpenammunisjon. Det blir derfor viktig å følge med på om dette fortsetter, eller om det var en engangshendelse på grunn av ekstra stor vannføring i Nivla i 2012. Undersøkelser som FFI har foretatt i skyte- og øvingsfelt, viser at det ved episodiske hendelser som ved mye nedbør eller i vårløsningsen, så stiger konsentrasjonen av metaller i elver og bekker i tilknytning til skytebaner [8]. Det er mer usikkert hva som kan være årsaken til det høye blynivået i prøvepunkt I. Men man kan tenke seg årsaker som; forurensede prøveglass, metallpartikler i vannprøve, mye sedimenter ved prøvepunkt osv.

I MD sin klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann [9] ligger nivået av kobber i tilstandsklasse "Dårlig" og "Svært dårlig". I området ved Lærdal er bakgrunnskonsentrasjonen av kobber høye i grunnen [6], og dette fører til at nivået av kobber i vannet i området er forhøyet.



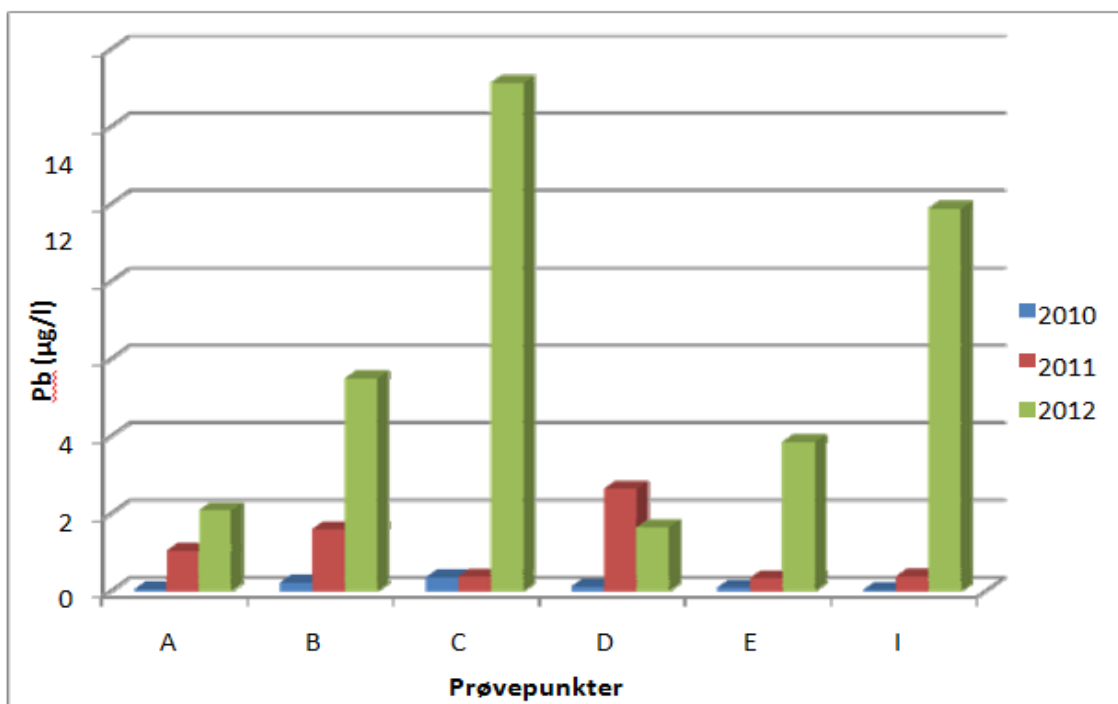
Konsentrasjonen av kobber er langt under de krav som stilles til drikkevann i Drikkevannsforskriften [10], men er imidlertid for de fleste prøvepunkter over den økologiske grenseverdien på 3,0 µg/l [11]. En kan derfor ikke utelukke at kobber kan ha en viss effekt på vannlevende organismer. Konsentrasjonen av bly ligger i tilstandsklasse "Markert forurenset" til "Meget sterkt forurenset". Konsentrasjonen av bly er for to av prøvepunktene over grenseverdien i Vanddirektivet på 7,2 µg/l [12]. Sinkkonsentrasjonen strekker seg fra tilstandsklasse "Ubetydelig forurenset" til "Moderat forurenset". For de andre målte metallene med angitt tilstandsklasse (krom, nikkel, kadmium) er det målt konsentrasjoner som ligger i tilstandsklasse "Ubetydelig forurenset" til "Markert forurenset" [8].



Figur 3.5 Konsentrasjon av kobber i vann fra Øyradalen. Konsentrasjonen er sammenlignet med konsentrasjonen som ble målt i 2010 og 2011. Prøvepunkt D er tatt i Øydalselvi, mens de andre prøvepunktene er tatt i Nivla som renner gjennom Øyradalen. Prøvepunkt A er oppstrøms demoleringsfeltet, mens prøvepunkt B er rett nedstrøms demoleringsfeltet. Lokaliseringen av prøvepunkter er vist i Figur 2.2.

Tabell 3.1 Målte konsentrasjoner av metallene krom (Cr), nikkel (Ni), sink (Zn), arsen (As), kadmium (Cd), bly (Pb) og kobber (Cu) i elven Nivla og Øydalselvi i Øyradalen 2012.

	Cr (µg/l)	Ni (µg/l)	Zn (µg/l)	As (µg/l)	Cd (µg/l)	Pb (µg/l)	Cu (µg/l)
A	0,08	0,7	3,2	0,06	0,03	2,1	2,8
B	0,3	1,7	8,1	0,1	0,08	5,5	6,3
C	0,2	1,0	7,4	0,08	0,2	13	12
D	0,1	0,7	2,1	0,1	0,08	1,6	3,8
E	0,1	1,8	6,2	0,2	0,05	3,9	8,4
I	0,05	0,6	0,6	0,1	0,04	9,9	1,8

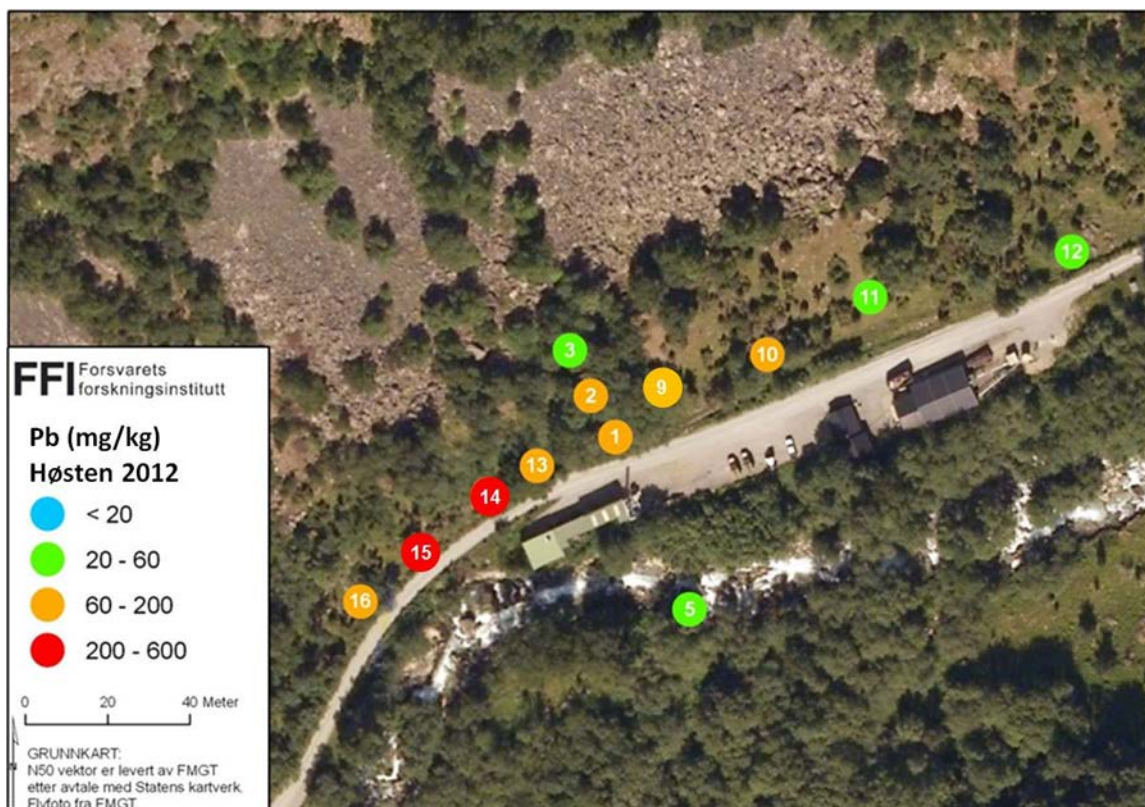


Figur 3.6 Konsentrasjon av bly i vann fra Øyradalen. Konsentrasjonen er sammenlignet med konsentrasjonen som ble målt i 2010 og 2011. Se Figur 3.5 for beskrivelse av prøvepunkter. Lokaliseringen av prøvepunkter er vist i Figur 2.2.

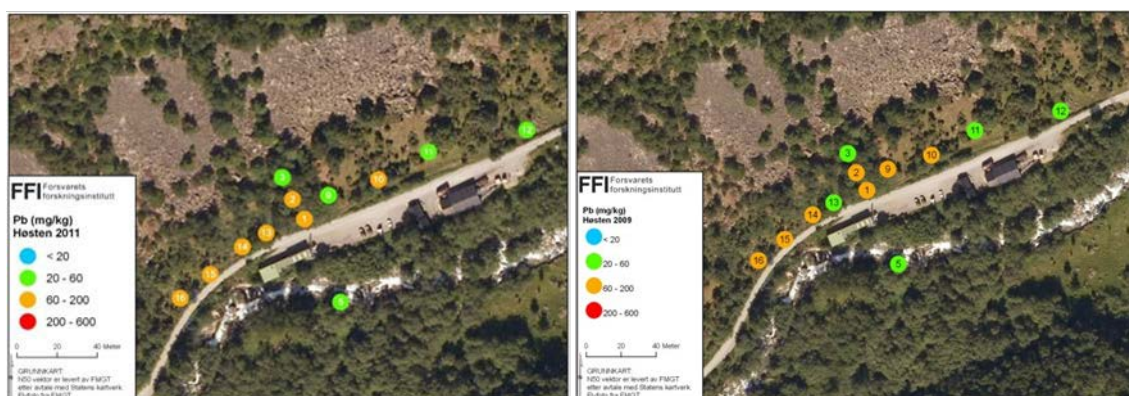
### 3.2 Tønjumdalen

Figur 3.7 viser en oversikt over konsentrasjonsnivåer av bly i jord ved destruksjonsanlegget for ammunisjon i Tønjumdalen. I nærområdet til destruksjonsanlegget er det et forhøyet nivå av bly, noe som viser at aktiviteten i destruksjonsanlegget har ført til nedfall av bly i nærheten av anlegget. Den maksimale konsentrasjonen av bly ble registrert i prøvepunkt 14 med 314 mg/kg. I 2011 var den maksimale konsentrasjonen av bly (191 mg/kg) også registrert i prøvepunkt 14 [5]. Det har også tidligere vært registrert en forhøyet konsentrasjon av bly i nærområdet til destruksjonsanlegget (Figur 3.8). Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av bly i prøvene tatt langs veien ved destruksjonsanlegget (prøvepunkt 1, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 og 16) er beregnet til 135 mg/kg, mens tilsvarende tall for 2011 var 96 mg/kg [5]. Konsentrasjonen av bly i jord ved destruksjonsanlegget ligger i tilstandsklasse "Moderat" i MD sine helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn [7]. I 2008 og 2009 var den gjennomsnittlige konsentrasjonen av bly i dette området henholdsvis 128 og 90 mg/kg [2;3]. Det ser derfor ut til at konsentrasjonen av bly har endret seg lite de siste årene. Det er en viss tendens til at det er høyere konsentrasjon av bly innover i dalen (vestover) fra destruksjonsanlegget enn østover, noe som kan skyldes at vinden i hovedsak blåser innover dalen. For å få bedre oversikt over spredningen av bly innover dalen, foreslås det å legge inn et nytt prøvepunkt 17 omkring 50 m lenger innover i dalen.

For de andre målte metallene er det kun registrert lave konsentrasjoner, som kan sammenlignes med bakgrunnsnivåer [6] for dette området. Nivået av disse metallene ligger i tilstandsklasse "Meget god" og "God" i MD sine helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn [7]. Analyseresultater for metaller i jord fra Tønjumdalen er oppsummert i Appendix B.



Figur 3.7 Konsentrasjonsnivåer av bly i jordprøver fra Tønjumdalen i 2012.



Figur 3.8 Oversikt over konsentrasjonsnivåer av bly i Tønjumdalen i 2011 og 2009.

Det ble også tatt vannprøver fra Kuvella som renner gjennom dalen, og resultatet etter analyser av metaller i disse prøvene er vist i Tabell 3.2. Konsentrasjonen av metallene bly, kobber og sink er betydelig høyere enn det som er blitt målt tidligere [1,4,5]. For bly klassifiseres konsentrasjonen som ”Meget sterkt forurenset” i prøvepunktet ved ferist, mens nivået for de to andre prøvepunktene klassifiseres som ”Moderat forurenset” til ”Markert forurenset” i henhold til MD sin klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann [8]. Konsentrasjonen av kobber er i tilstandsklasse ”Moderat forurenset”, mens nivået av sink klassifiseres som ”Ubetydelig forurenset”. Nivået av andre målte metaller er lavt, og ligger i tilstandsklasse ”Ubetydelig forurenset”.

Det er usikkert hva som kan være årsaken til at det i 2012 ble registrert betydelig høyere konsentrasjon av ammunisjonsrelaterte metaller enn tidligere. Det kan være samme årsak som i Øyradalen, at det har vært ekstra stor vannføring som har ført med seg forurensede partikler. Men en kan ikke utelukke at det har skjedd noe galt ved prøvetakning, ettersom nivået av bly går ned fra 6,6 µg/l til 1,2 µg/l fra prøvepunktet ved ferist til prøvepunktet ved kontoret som bare ligger 150 meter fra hverandre nedstrøms. Dette kan være både forurensede prøvebeholdere, sediment som har kommet med i vannprøver, små metallpartikler i vannet osv.

Nivået av bly er høyest ved Ferist som er oppstrøms forurensningskilden, men prøvepunktet er ikke langt nok opp i dalen til å betegnes som en referanseprøve oppstrøms. Ut fra målinger i jord er det også indikasjoner på at forurensningen tenderer til å spres mer innover i dalen (vestover) enn utover i dalen. Selv om nivået av bly ikke er over grenseverdi i Vanndirektivet, bør en undersøke hva som kan være årsaken til det økte nivået av metaller i Kuvella, om nivået i 2013 er på samme nivå som i 2012. Gjennomsnittskonsentrasjonen av kobber i de tre prøvepunktene i Kuvella er under den økologiske grenseverdien på 3,0 µg/l.

*Tabell 3.2 Konsentrasjoner av metallene krom (Cr), nikkel (Ni), kobber (Cu), sink (Zn), arsen (As), kadmium (Cd og bly (Pb) i elven Kuvella som renner gjennom Tønjumdalen. Prøvepunktet ved ferist er oppstrøms destruksjonsanlegget, mens ved kontor og bommen er nedstrøms destruksjonsanlegget. Figur 2.4 viser lokalisering av prøvepunkter.*

Vannprøver	Cr (µg/l)	Ni (µg/l)	Cu (µg/l)	Zn (µg/l)	As (µg/l)	Cd (µg/l)	Pb (µg/l)
Ved ferist	0,2	0,2	1,8	3,2	0,1	0,06	6,6
Ved kontoret	0,08	0,2	0,9	2,5	0,04	0,007	1,3
Bommen	0,06	0,2	1,8	2,5	0,03	0,02	1,7

## 4 Vurdering av risiko

Det har ikke vært noen vesentlig endring i konsentrasjonen av metaller i jord fra Øyradalen det siste året. De vurderinger som ble gjort i 2012 med bakgrunn i måleresultatene fra 2011 [5] vil derfor fortsatt gjelde. Det ble da konkludert med at forurensningen av metaller som er påvist i Øyradalen ikke vil utgjøre en risiko for folk som bruker området som turområde, men en kan ikke helt utelukke en viss risiko for beitedyr i området som følge av kobberforurensningen.

Det ble registrert et økt nivå av både kobber og bly i enkelte prøver fra Nivla. Nivået av kobber er godt over den økologiske grenseverdien i flere prøver, og nivået var høyest nedenfor kontorbygningen. Konsentrasjonen av kobber er også i prøvepunkt E, som ligger et godt stykke nedover i Nivla, over den økologiske grenseverdien for kobber på 3,0 µg/l. I tillegg ble det registrert to vannprøver i Nivla med høyere konsentrasjon av bly enn grenseverdi satt i Vanndirektivet. En av disse prøvene var referanseprøve helt innerst i dalen. Dette er noe merkelig tatt i betraktning de lave nivåene av bly som er blitt registrert tidligere år. Det kan derfor være at de høye nivåene av metaller kan skyldes feil under prøvetaking, men også at det i 2012 var



ekstremt stor vannføring i Nivla. Konsentrasjonen av bly var i en av prøvene over kravet til drikkevann (10 µg/l), men gjennomsnitt for Nivla var under dette kravet. Med bakgrunn i de registrerte nivåene av kobber og bly i Nivla, kan en ikke utelukke en viss effekt på vannlevende organismer. Selv om nivået av bly så vidt var over kravet til drikkevann i en prøve, er det lite sannsynlig at dette vil medføre noen helserisiko. Om nivåene av metaller i Nivla i 2013 er på samme nivå som i 2012, anbefales det en nærmere undersøkelse av årsaksforholdet.

Forurensningen av jord i Tønjumdalen er fortsatt lav, og de vurderinger som ble gjort i 2012 med bakgrunn i resultater fra 2011 vil fortsatt gjelde. Forurensningsnivået er der vurdert til ikke å utgjøre noen helserisiko eller risiko for beitedyr.

Konsentrasjonen av metaller i Kuvella er en del høyere enn det som er målt tidligere. Den høyeste konsentrasjonen av bly som ble målt i Kuvella er så vidt under grenseverdien på 7,2 µg/l i vanddirektivet. Gjennomsnittskonsentrasjonen av bly i Kuvella er 3,2 µg/l, noe som er lavere enn det en vil forvente skal gi effekter hos vannlevende organismer. I en prøve var konsentrasjonen av kobber over den økologiske grenseverdien på 3,0 µg/l. Gjennomsnittet for de tre prøvene i Kuvella var under denne grenseverdien, og det regnes derfor ikke som sannsynlig at nivået av kobber kan gi effekter på vannlevende organismer i Kuvella. Nivået av andre metaller i Kuvella var lavt, og utgjør ingen risiko for vannlevende organismer. Nivået av metaller er under de krav som stilles til drikkevann. Om overvåkingen viser at nivåene av bly og kobber i 2013 er på samme nivå som i 2012, anbefales det en nærmere undersøkelse av årsaksforholdet til det forhøyede nivået av bly i Kuvella.

## 5 Konklusjon

### 5.1 Øyradalen

Det registreres et forhøyet nivå av kobber i og rundt demoleringsfeltet som følge av destruksjon av ammunisjon. Gjennomsnittskonsentrasjonen av kobber i demoleringsfeltet ble høsten 2012 registrert til 546 mg/kg (ni prøvepunkter). Konsentrasjonen av kobber i dette området er noe lavere enn det som ble registrert i 2011.

Gjennomsnittskonsentrasjonen av bly i demoleringsfeltet er beregnet til 72 mg/kg (ni prøvepunkter). Dette er på nivå med det som er blitt registrert tidligere. Nivået av sink er også noe forhøyet, og konsentrasjonen av sink er på nivå med det som ble målt i 2011. Det ble ikke registrert konsentrasjoner av andre ammunisjonsrelaterte metaller over det en vil regne for bakgrunnskonsentrasjoner for området. Analyser av vannprøver i Nivla viser et forhøyet nivå av kobber, bly og sink nedstrøms demoleringsfeltet. Det ble også funnet et forhøyet nivå av bly i referanseprøven oppstrøms demoleringsfeltet. Det er usikkert hva som kan være årsaken til et økt nivå av metaller i Nivla, men i 2012 var det ekstra stor vannføring, og dette kan ha ført til økt utlekking. En kan heller ikke utelukke at det kan ha skjedd noe feil under prøvetaking, som forurensing fra prøvebeholdere eller metallpartikler fra sedimenter.

Forurensningsnivået i grunnen ved demoleringsanlegget er innenfor de helsebaserte krav som er satt til friluftsområder. På grunn av et forhøyet nivå av kobber i demoleringsområdet, egner ikke området seg for beitedyr. Nivået av kobber i Nivla er over den økologiske grenseverdi på 3 µg/l, mens nivået av bly er over grenseverdien på 7,2 µg/l i vanndirektivet i noen prøvepunkter. Det kan derfor ikke utelukkes at kobber og bly kan ha en viss effekt på vannlevende organismer i elven. Det er lite sannsynlig at nivået av metaller i Nivla utgjør noen helserisiko.

## **5.2 Tønjumdalen**

Det registreres et forhøyet nivå av bly i jorden rundt destruksjonsanlegget, mens nivået av andre metaller er på bakgrunnsnivå. Gjennomsnittskonsentrasjonen av bly i jorden rundt destruksjonsanlegget er på 135 mg/kg (ni prøvepunkter). Dette er noe høyere enn det som ble målt i 2011, men blykonsentrasjonen i jorden er fortsatt i tilstandsklasse "Moderat". 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.

Det ble registrert et økt nivå av metaller i Kuvella i forhold til tidligere år. Dette kan være forårsaket av ekstra stor vannføring i 2012, men en kan ikke utelukke at det kan ha skjedd noe feil under prøvetaking, som forurensing fra prøvebeholdere eller metallpartikler fra sedimenter. Nivået av bly er under grenseverdien i vanndirektivet, og gjennomsnittskonsentrasjonen av kobber er under den økologiske grenseverdien på 3,0 µg/l. Konsentrasjonen av metaller i Kuvella er lavere enn de krav som er stilt til drikkevannskilder. Det er derfor sannsynlig at de nivåer av metaller som er registrert i Kuvella ikke vil utgjøre noen helserisiko eller ha effekt på vannlevende organismer i elven.

## **5.3 Anbefalinger**

Det anbefales å opprette et prøvepunkt lenger inn i Øyradalen enn prøvepunkt 33, for å få en oversikt over utbredelsen av forurensningen fra demoleringsområdet. For å få bedre oversikt over spredningen av bly innover Tønjumsdalen, foreslås det også å legge inn et nytt punkt 17 omkring 50 m lenger innover i Tønjumdalen.

Før eventuelle tiltak anbefales, må det først utelukkes at forhøyet konsentrasjon av metaller i Nivla og Kuvella er forårsaket av en periodisk hendelse eller feil ved prøvetaking. Om nivåene av metaller i Kuvella og Nivla er på samme nivå i 2013 som i 2012 anbefales det derfor at det gjøres en nærmere undersøkelse av årsaksforholdet.

## Appendix A      Posisjon for prøvepunktet

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

<i>Prøvepunkt Øyradalen</i>	<i>Nord</i>	<i>Øst</i>
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
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
A	6759543	429007
B	6760130	429151
C	6761519	429264
D	6761435	429431
E	6763445	429176
I	6758215	428759

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

<i>Prøvepunkt Tønjudalen</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
Ved ferist	6768694	420019
Ved kontoret	6768733	420145
Bommen	6768782	420234



## Appendix B      Analyseresultater

### B.1      Øyradalen

Tabell B.1    Tabell viser analyseresultater av metaller i jord fra Øyradalen.

Prøvenr.	Cr mg/kg	Ni mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	As mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg
2	79	83	426	287	7,6	1,7	55
3	75	66	333	338	6,6	2,1	62
4	74	60	327	339	< 1,0	2,3	70
6	78	87	313	397	21	2,0	68
8	75	58	789	259	6,8	1,3	52
10	81	91	1120	320	20	1,6	93
12	104	69	482	534	8,7	3,2	115
13	46	25	142	181	2,6	0,6	17
14	35	18	45	29	4,7	0,3	11
16	66	63	249	328	3,9	1,6	64
18	65	51	423	349	4,3	2,6	69
19	72	89	599	367	11	2,3	64
20	69	45	365	352	5,7	3,7	70
21	80	48	333	257	2,5	1,0	37
22	71	53	437	549	4,2	5,6	76
23	87	56	1330	513	3,5	3,6	132
24	94	49	544	465	1,0	4,6	100
25	66	38	181	158	1,3	0,6	21
26	54	17	135	250	< 1,0	1,1	60
29	83	69	518	330	13	1,7	64
30	70	64	450	347	1,8	2,9	70
31	103	98	318	338	14	3,1	122
32	83	63	705	644	3,3	4,1	153
33	73	48	912	860	6,0	4,4	167

## B.2 Tønjumdalen

Tabell B.2 Tabell viser analyseresultater av metaller i jord fra Tønjumdalen.

Prøvenr.	Cr mg/kg	Ni mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	As mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg
1	25	15	32	91	< 1,0	< 0,2	138
2	27	15	26	123	< 1,0	0,3	82
3	32	16	22	103	3,8	< 0,2	54
5	25	10	18	96	< 1,0	0,2	38
9	26	13	37	91	1,7	0,2	79
10	20	11	21	93	3,6	0,3	100
11	21	11	14	105	1,3	0,2	27
12	25	11	20	107	1,4	< 0,2	32
13	30	18	34	121	< 1,0	0,2	171
14	27	24	97	124	1,9	0,4	315
15	41	32	100	136	1,6	0,6	227
16	22	12	83	92	< 1,0	0,5	135

## Referanseliste

- [1] Johnsen, A. "Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune," FFI Rapport 2008/02017 (Ugradert), 2009.
- [2] Johnsen, A. "Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - resultater for 2008," FFI Rapport 2009/01147 (Ugradert), 2009.
- [3] Johnsen, A. "Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - resultater for 2009," FFI Rapport 2010/01494 (Ugradert), 2010.
- [4] Johnsen, A. and Voie, Ø. "Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - resultater for 2010," FFI Rapport 2011/01306 (Ugradert), 2011.
- [5] Johnsen, A. "Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - resultater for 2011," FFI-rapport 2012/01308 , 2012.
- [6] Ottesen R.T., Borgen J., Bolviken B., Volden T., and Hauglund T., "Geokjemisk atlas for Norge, del 1:Kjemisk sammensetning av flomsedimenter," Norges geologiske undersøkelse, 2000.
- [7] Miljødirektoratet, "Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn. Veileder. "TA-2553/2009, 2009.
- [8] Strømseng, A. E., Ljønes M., Bakka L., Mariussen E., "Episodic discharge of lead, copper and antimony from a Norwegian small arm shooting range", Journal of Environmental Monitoring, 11 (6), p 1259-1267, 2009.
- [9] Miljødirektoratet, "Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Veiledning 97:04," Statens forurensningstilsyn, 1997.
- [10] Helse- og omsorgsdepartementet, "FOR 2001-12-04 nr. 1372: Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften).", Helse- og omsorgsdepartementet, 2001.
- [11] Voie, Ø., Strømseng, A., Johnsen, A., Rossland, H., Karsrud, T. og Longva, K., "Veileder for undersøkelse, risikovurdering, opprydning og avhending av skytebaner og øvingsfelt" FFI-rapport 2010/00116, 2010.
- [12] EU, "Europeiske-parlaments og rådets direktiv 2013/39/EU", 2013.