

Avrenning fra syredannende bergarter

Veiskjæringer i Gran- og Røyken kommune



Referanse:

Kolstad Trine, Prendergast Josephine, Gäfvert Torbjørn og Thørring Håvard
Avrenning fra syredannende bergarter.
Teknisk dokument nr. 11. Østerås: Statens strålevern, 2016.

Emneord:

Alunskifer, avrenning, tungmetaller.

Resymé:

Det er utført et prosjekt for å vurdere om utgravinger i alunskifer kan føre til forurensning av miljøet. Vannprøver er tatt i nærliggende bekker og analysert for uran og andre tungmetaller. Resultatene viser at det er potensiale for forurensning som følge av avrenning.

Reference:

Kolstad Trine, Prendergast Josephine, Gäfvert Torbjørn and Thørring Håvard. Runoff from acidification rock.
Teknisk dokument nr. 11. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2016.
Language: Norwegian.

Key words:


Alum shale, runoff, heavy metals

Abstract:

An evaluation of whether or not excavation of alum shale can result in environmental pollution has been carried out in this project. The water samples were taken in nearby streams and subsequently analyzed for uranium and other heavy metals. The results of the project show that runoff can increase the possibility of environmental pollution.

Prosjektleder: Trine Kolstad.

Godkjent:



Unn Hilde Refset, avdelingsdirektør, Avdeling overvåkning og forskning

17 sider.

Publisert 2016-01-27.

Statens strålevern, Postboks 55, No-1332 Østerås, Norge.

Telefon 67 16 25 00, faks 67 14 74 07.

E-post: nrpa@nrpa.no

www.nrpa.no

ISSN 2387-5240 (online)

Avrenning fra syredannende bergarter

Veiskjæringer i Gran- og Røyken kommune



Trine Kolstad
Josephine Prendergast
Torbjørn Gäfvert
Håvard Thørring

Statens strålevern
Norwegian Radiation
Protection Authority
Østerås, 2016

Sammendrag

Høsten 2015 ble det utført et prosjekt for å vurdere om utgravinger i alunskifer kan føre til forurensning av miljøet. Vannprøver ble analysert for uran og andre tungmetaller. Prøvetakingsstedene var i områder med veiskjæringer i alunskifer, med en bekk i nærheten, og prøvene ble tatt ved både ferske veiskjæringer på Gran og ved en eldre veiskjæring i Slemmestad.

Generelt viser resultatene at det er noe høyere urankonsentrasjoner nedstrøms enn oppstrøms. Dette med unntak av prøvene som ble tatt på Slemmestad. Der ble det imidlertid påvist høyere konsentrasjoner av uran-234 i forhold til uran-238 og det kan tyde på avrenning av uran.

Alunskifer inneholder også tungmetaller som kadmium, kobber, nikkel, sink, og arsen. Konsentrasjonene av disse elementene viste stor variasjon. I noen tilfeller var nivået høyere i prøver tatt oppstrøms sammenlignet med nedstrøms. Det ble målt høyere konsentrasjoner av jern, kobolt, mangan og arsen oppstrøms ved prøvetakingspunktet Nordtangen 2 bare noen meter fra en fersk veiskjæring på Gran. Konsentrasjonen av barium var også nesten dobbelt så høy oppstrøms som nedstrøms. Mens andre mer mobile elementer som nikkel, sink og molybden hadde høyere konsentrasjoner nedstrøms på flere steder.

Sur avrenning ble ikke påvist i noen av vannprøvene og pH varierte fra 6,47 til 8,10. Dette kan skyldes kalkholdig stein som indikeres med høyt innhold av kalsium i alle prøvene.

Prosjektet hadde en kort varighet, og omfanget ble derfor begrenset. Resultatene viser at det er potensiale for forurensning som følge av avrenning fra eksponerte flater. Flere områder bør kartlegges for å få en bedre oversikt over hvordan utgravinger i alunskifer påvirker miljøet.

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	4
1 Innledning	5
2 Metode	5
2.1 Prøvetakingsområder	5
2.2 Prøvetaking	7
2.3 Analyser	7
3 Resultater	9
4 Konklusjon	15
Referanser	16
Appendiks 1. Konsentrasjoner av elementer ved ICP-MS-analyse	17

1 Innledning

1.januar 2011 innførte myndighetene nye krav på radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall. Dette har ført til at masser må fjernes og deponeres når bergarter inneholder for mye radioaktive stoffer. Alunskifer er en slik type bergart, med høyt innhold av uran og som kan forurense miljøet. Strålevernet har tidligere sett på hvordan syredannende bergarter, som alunskifer, skal håndteres og deponeres på en forsvarlig måte [1]. I dette prosjektet har vi sett på hva som skjer med det gjenstående berget som kommer til syne når slike masser fjernes. Ved veibygginger og andre utgravinger vil slikt berg kunne komme i kontakt med luft og vann og føre til produksjon av sulfat og svovelsyre. Dette vil igjen kunne resultere i sur avrenning og utlaking av tungmetaller til miljøet. Vannprøver er tatt i nærliggende bekker og analysert for uran og andre tungmetaller.

2 Metode

2.1 Prøvetakingsområder

Alunskifer finnes i de øvre lag av berggrunnen hovedsakelig i Akershus, Oslo, Oppland, Buskerud og Hedmark [2]. Prøvetakingssteder ble valgt etter områder med veiskjæringer i alunskifer og med en bekk i nærheten. I tillegg ble prøvetakingen utført både ved ferske veiskjæringer på Gran (se figur 1) og ved en eldre veiskjæring i Slemmestad (se figur 2).

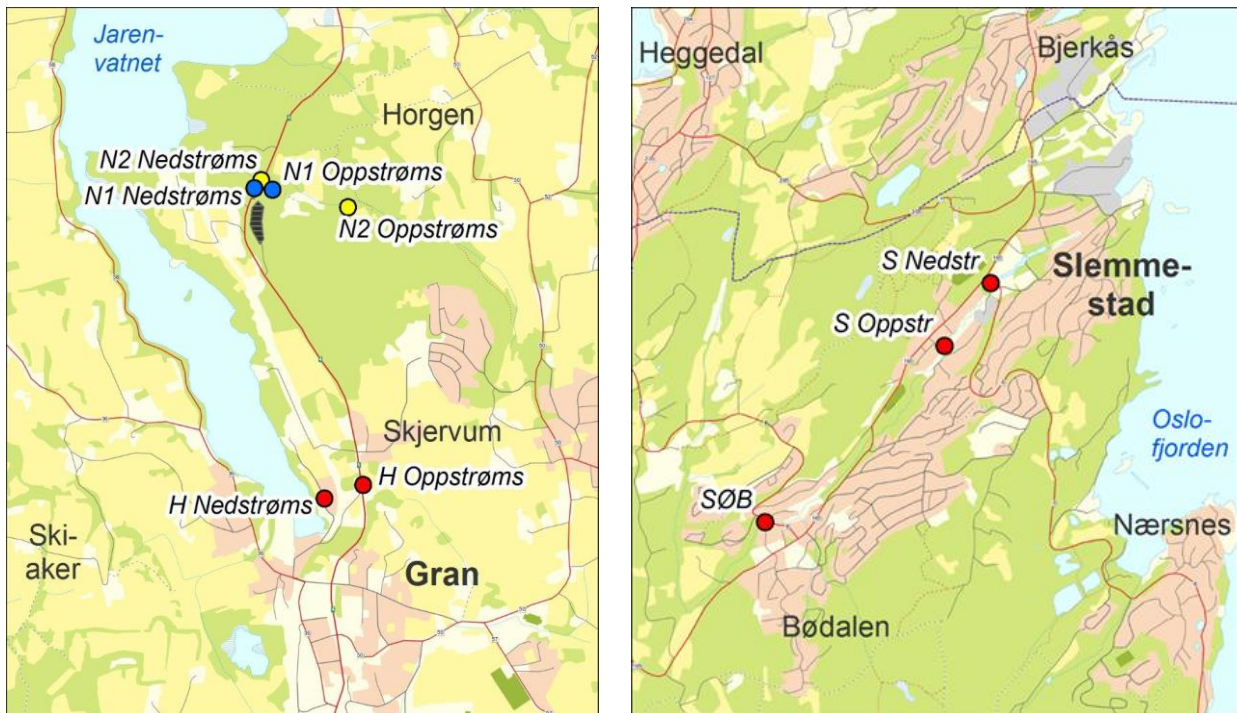


Figur 1 Veiskjæring ved Nordtangen i Gran kommune (bilde Statens strålevern).



Figur 2 Veiskjæring ved Slemmestad (Bilde Statens strålevern).

Kart over prøvetakingspunktene er vist i figur 3 for henholdsvis Gran og Slemmestad. Koordinatene for alle prøvetakingspunktene ble registrert ved hjelp av en håndholdt GPS av typen Garmin, eTrex.



Figur 3 Prøvetakingspunkter (Kart: Mari komperød).

2.2 Prøvetaking

Plastflasker med skrulokk, (250ml, VWR® High Performance) ble benyttet under prøvetakingen. I forkant av prøvetakingen, ble alle flaskene skylt med salpetersyre (Nitric Acid 60% Ultrapur, Merck KGaA, Germany), og deretter satt til tørking i minst ett døgn. Et plastbeger (1000ml, Polypropylen VWR®) ble benyttet til å ta vannprøver. Begeret ble skylt tre ganger med vannet i bekken før prøven ble tatt. Prøven på totalt 500 ml ble delt i to og den ene ble filtrert, mens den andre ikke. Begge vannprøvene ble overført til syrevaskete plastflasker og tilsatt 1,9ml salpetersyre (Nitric Acid 60% Ultrapur, Merck KGaA, Germany). Flaskene ble ristet godt. Dette ga en endelig konsentrasjon i vannet på 0,1M HNO₃. (Se figur 4). Filtringen ble utført ved hjelp av en sprøyte (50ml sprøyter, todelt, NORM-JECT®) og sprøytefiltre (0,45µm, VWR Collection).

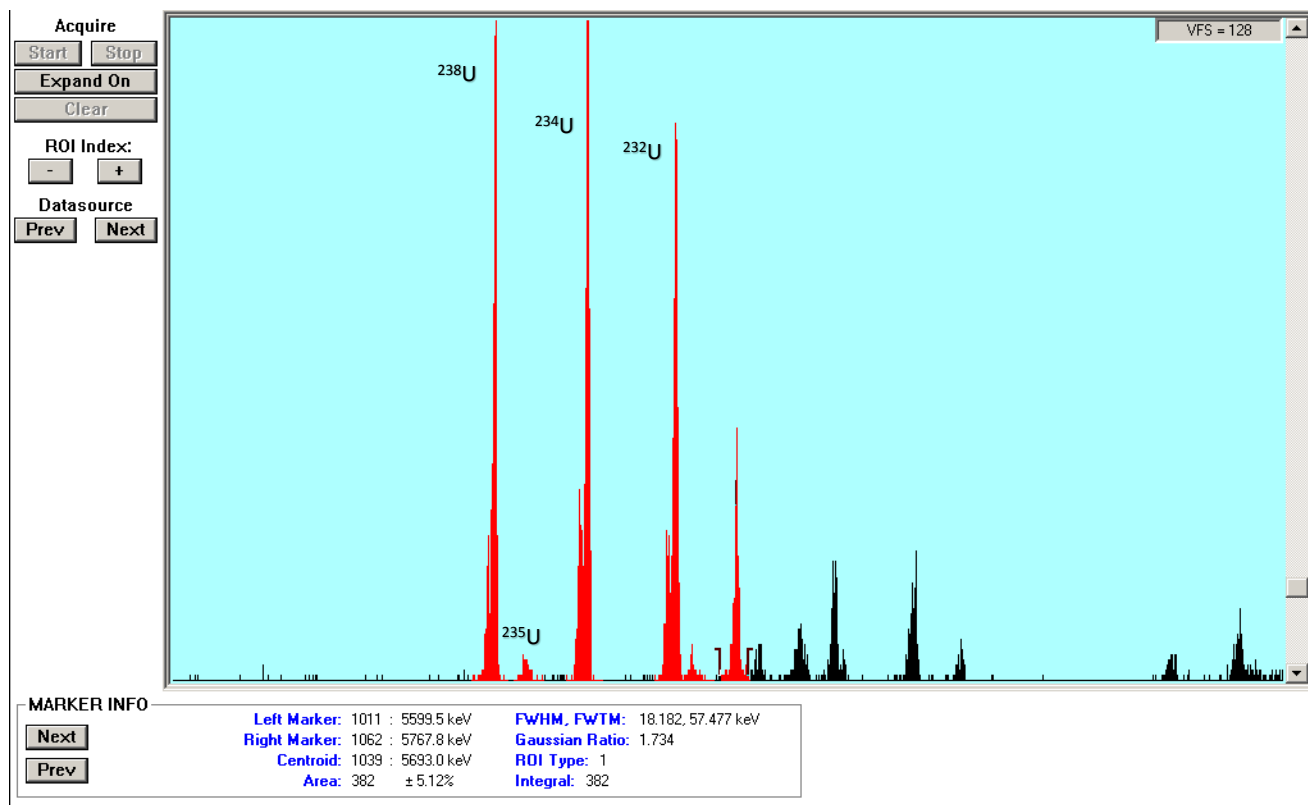


Figur 4 Prøvetaking på Nordtangen (bilde Statens strålevern).

2.3 Analyser

Prøver á 15ml av det filtrerte vannet ble analysert vha. Inductive Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) ved NTNU.

200ml av henholdsvis det filtrerte og ufiltrerte vannet ble analysert vha. alfaspesktroskopi ved Strålevernet. Separasjonsteknikker, som felling og ekstraksjon, ble benyttet til å separere uranisotopene fra andre alpha-emittere i prøven. Deretter ble uranatometene deponert direkte ned på stålskiver og målt på en halvleder detektor Apha-Analyst (Canberra). Et uranspekter er vist i figur 5.



Figur 5 De ulike uranisotopene vist i et alfaspekter.

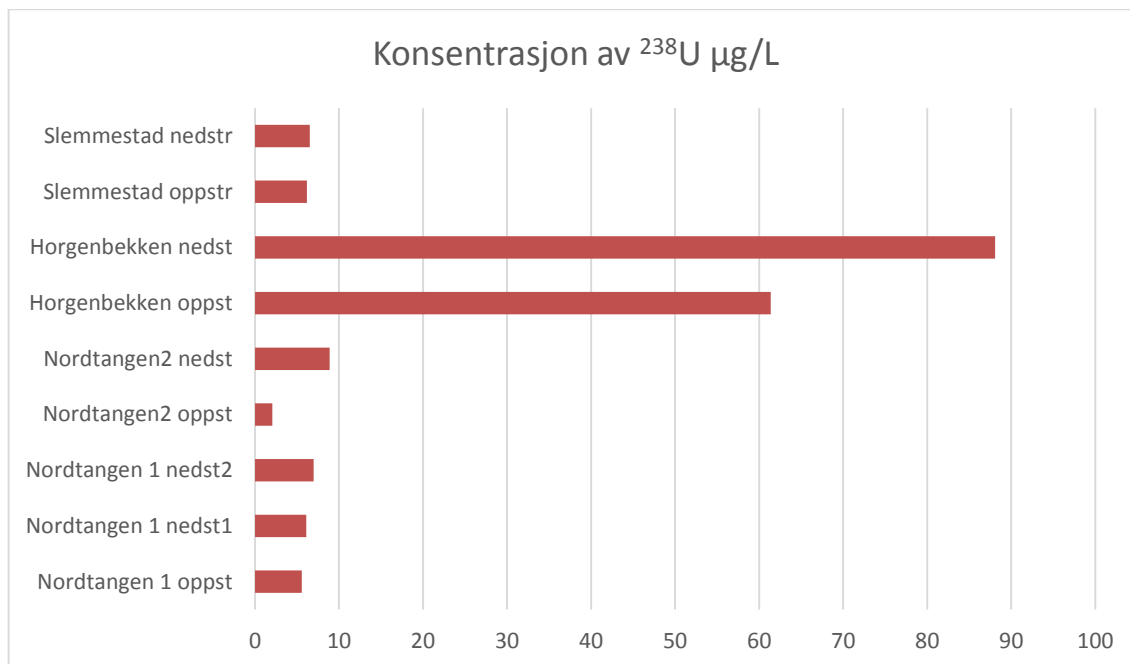
Radioaktiviteten i uran skyldes i all hovedsak uran-238 (^{238}U) og uran-234 (^{234}U). Kjent mengde uran-232 (^{232}U) tilsettes prøven ved analysestart for å få et mål på det kjemiske utbytte for analysen.

For å måle radon-222 (^{222}Rn) ble to vannprøver á 10ml tatt ved hvert prøvetakingspunkt. Dette med unntak av punktet Nordtangen 2. Vannprøvene ble tatt ved hjelp av en sprøyte (10ml sprøyter, todelt, BD Plastipak®), og overført til en 25ml glassflaske med 10ml scintillasjonsvæske (OptiPhase Supermix Cocktail, Elmer Perkin). Prøvene ble senere analysert for ^{222}Rn ved hjelp av væskescintillasjon (LKB Wallac, 1211 Rackbeta).

To steinprøver ble tatt på to ulike prøvetakingssteder. Prøvene ble senere knust og målt med gammaspektroskopi for å bestemme innholdet av de naturlige nuklidene ^{238}U , radium-226 (^{226}Ra) og kalium-40 (^{40}K) ved hjelp av en High-purity Germanium (HPGe) detektorer i laboratoriet på Strålevernet.

3 Resultater

Vannprøvene ble primært analysert med hensyn på uran. Konsentrasjonene av ^{238}U målt med ICP-MS er vist i figur 6. I naturen finner vi tre isotoper av uran; ^{238}U , ^{234}U og ^{235}U og i vektprosent består uran av 99,33 % ^{238}U , 0,72 % ^{235}U og 0,0055 % ^{234}U . Den mest langlivede isotopen ^{238}U har en halveringstid på 4,47milliarder år som er lik med jordas opprinnelse. ^{234}U og ^{235}U har kortere halveringstider på henholdsvis 245 tusen år og 704 millioner år og derfor gjenstår bare en mindre del av den opprinnelige strålingsintensiteten. ^{238}U gir bl.a. opphav til en rekke elementer som ^{234}U , ^{226}Ra og ^{222}Rn .



Figur 6 Konsentrasjon av ^{238}U både oppstrøms og nedstrøms på prøvetakingsstedene.

Resultatene viser at det er noe høyere urankonsentrasjoner i prøver tatt nedstrøms sammenlignet med oppstrøms på områdene i Gran kommune, men ikke i Slemmestad. Årsaken til dette kan skyldes at bekken i Slemmestad ikke rant gjennom området med veiskjæring, men parallelt. De høyeste uranverdiene ble funnet i vann fra Horgenbekken, både oppstrøms og nedstrøms. De høye verdiene oppstrøms skyldes at bekken går gjennom områder med alunskifer før oppstrømspunktet.

Uraninnholdet i vannprøvene er bestemt ved to ulike analysemetoder. Resultatene viser god overensstemmelse mellom metodene ICP-MS og alfaspetspektroskopi og er vist i tabell 1. Det er målt ^{238}U i både filtrerte og ufiltrerte prøver og også her viste resultatene sammenfallende verdier.

Tabell 1 Urankonsentrasjoner i vann målt med to ulike metoder og aktivitetsforholdet mellom $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$.

Metode	Målt	Nordt1 oppst	Nordt1 nedst	Nordt1 nedst2	Nordt2 oppst	Nordt2 nedst	Horgen bekken oppst	Horgen bekken nedst	Slemmest. oppst	Slemmest. nedst
ICP-MS	^{238}U ($\mu\text{g/L}$)	5,6	6,1	7,0	2,0	8,9	61	88	6,2	6,5
Alfa-spektroskopi	^{238}U ($\mu\text{g/L}$)	5,5	6,3	6,7	2,0	8,5	57	88	5,5	6,6
	Aktivitetsforhold $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	1,2	1,0	1,3	1,1	1,3	1,1	1,2	2,0	1,9

Usikkerheten i ICP-MS resultatene er vist i Appendiks 1, mens alfaspektroskopieresultatene har en usikkerhet på mellom 5% og 10% (2 sigma på 95 % konfidens nivå).

Det er størst økning i urankonsentrasjonen mellom oppstrøms og nedstrøms på Nordtangen 2. Dette kan skyldes at dette punktet er lokalisert nærme veiskjæringen med alunskifer. Forholdet mellom $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ varierer fra 1,0 til 2,0. I ubehandlet uranmalm er ^{238}U i tilnærmet radioaktiv likevekt med alle sine datterprodukter trolig ned til ^{226}Ra . I Slemmestad ble det funnet høyere konsentrasjoner av ^{234}U i forhold til ^{238}U og det kan tyde på avrenning eller utvasking av uran. Når ^{234}U eksponeres for luft og vann vil det kunne skje en oksidasjon som vil føre til mer utlekking av denne isotopen i forhold til moderisotopen ^{238}U [3].

Høye konsentrasjoner av uran i vann kan gi opphav til radongass. Radonmålinger ble derfor utført og resultatene er vist i tabell 2. De høyeste konsentrasjonene ble også her påvist i Horgenbekken og nivået er høyest oppstrøms. Konsentrasjonen av radon i overflatevann ligger normalt på under 15 Bq/L.

Tabell 2 Radonkonsentrasjoner i Bq/L

Analyse	Enhet	Nordt1 oppst	Nordt1 nedst	Nordt1 nedst2	Nordt2 oppst	Nordt2 nedst	Horgen bekken oppst	Horgen bekken nedst	Slemmestad oppst	Slemmestad nedst
Radon	Bq/L	<10	<10	<10	Ikke målt	20±5	245±5	25±5	<10	<10

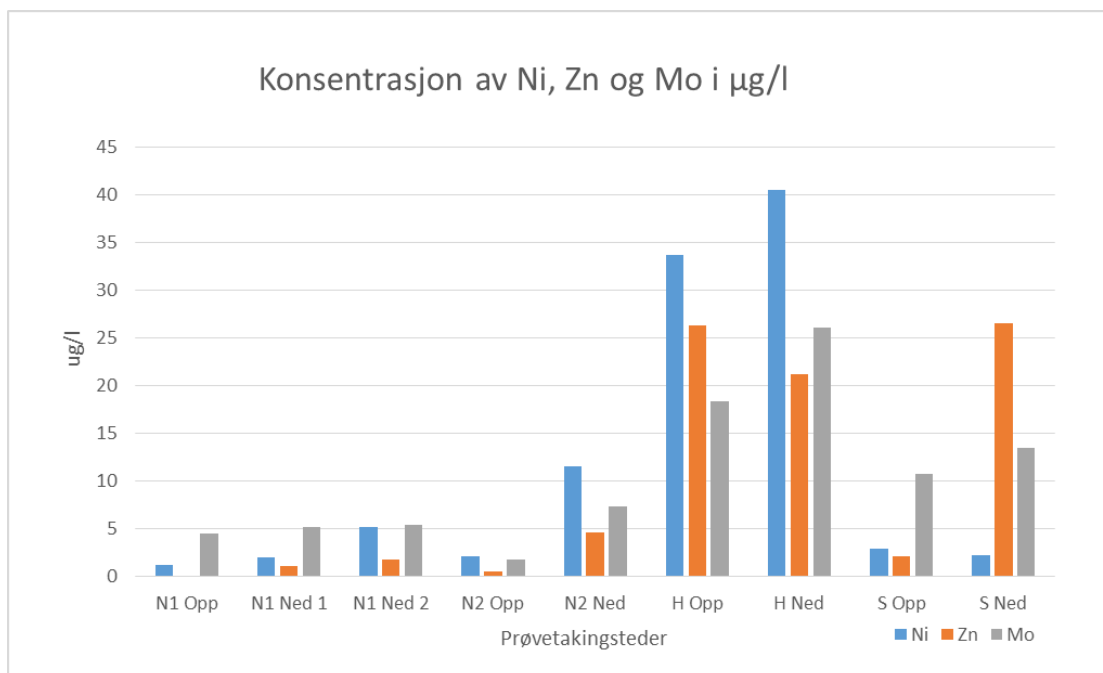
To skiferprøver er analysert for naturlig radioaktivitet og resultatene er vist i tabell 3. Konsentrasjonene av ^{226}Ra ligger i området for alunskifer fra midtre kambrium [2].

Tabell 3 Naturlig radioaktivitet (Bq/kg) i skiferprøver fra Nordtangen og Slemmestad

ID	Prøvetakingsdato	^{40}K Bq/kg tørrvekt	^{226}Ra Bq/kg tørrvekt	^{238}U Bq/kg tørrvekt
Skifer fra Nordtangen1	08.10.2015	1370 ± 137	134 ± 13	147 ± 23
Skifer fra Slemmestad	21.10.2015	1550 ± 155	384 ± 38	185 ± 29

I skiferprøven fra Slemmestad er det dobbelt så mye ^{226}Ra som ^{238}U . Grunnen til at det ikke er likevekt kan skyldes utlekking av uran, mens ^{226}Ra som er mindre mobilt fortsatt er tilstede.

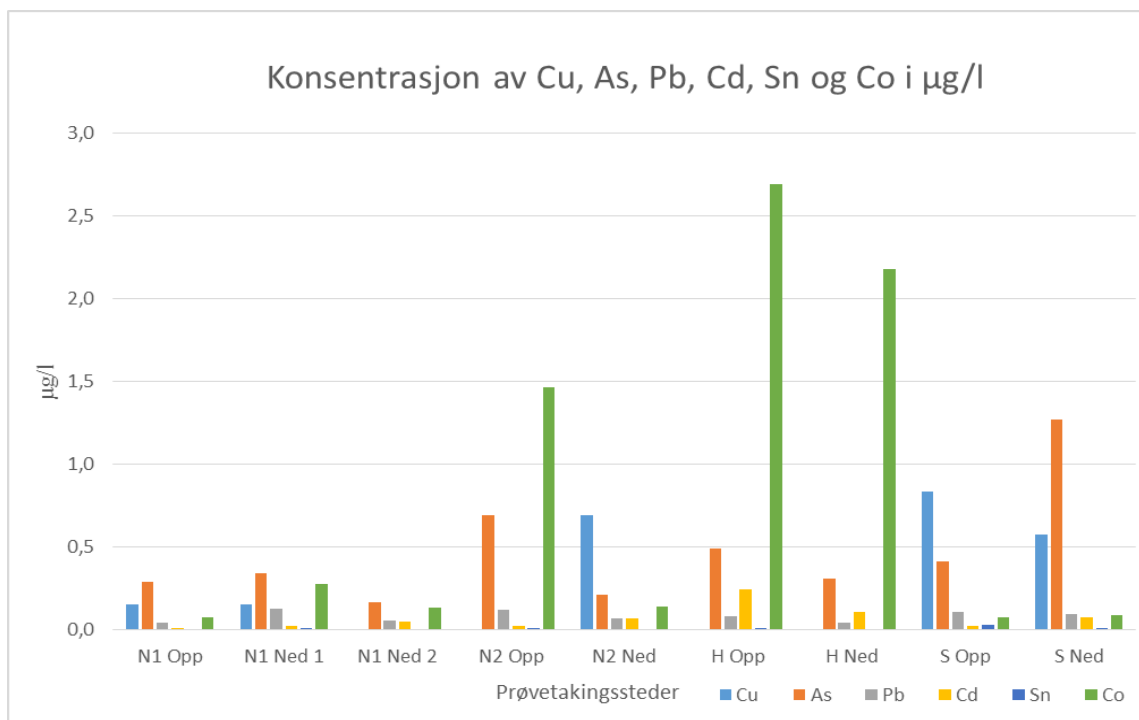
Vannprøvene ble også analysert for andre elementer som er presentert i figurene 7, 8 og 9. Tungmetaller er en fellesbetegnelse for metaller med større densitet enn 5 g/cm^3 . Figur 7 illustrerer at de høyeste konsentrasjonene av tungmetallene nikkell (Ni), sink (Zn) og molybden (Mo) er påvist i Horgenbekken. Dette gjelder prøver som ble tatt både oppstrøms og nedstrøms. Zn-verdien var noe høyere i oppstrømsprøven i Horgenbekken, mens Mo- og Ni-verdiene var høyest i prøver tatt nedstrøms. Ni, Zn og Mo er blant de tungmetallene som kan mobiliseres ved nøytral pH [4].



Figur 7 Konsentrasjon av nikkell, sink og molybden både oppstrøms og nedstrøms på prøvetakingsstedene.

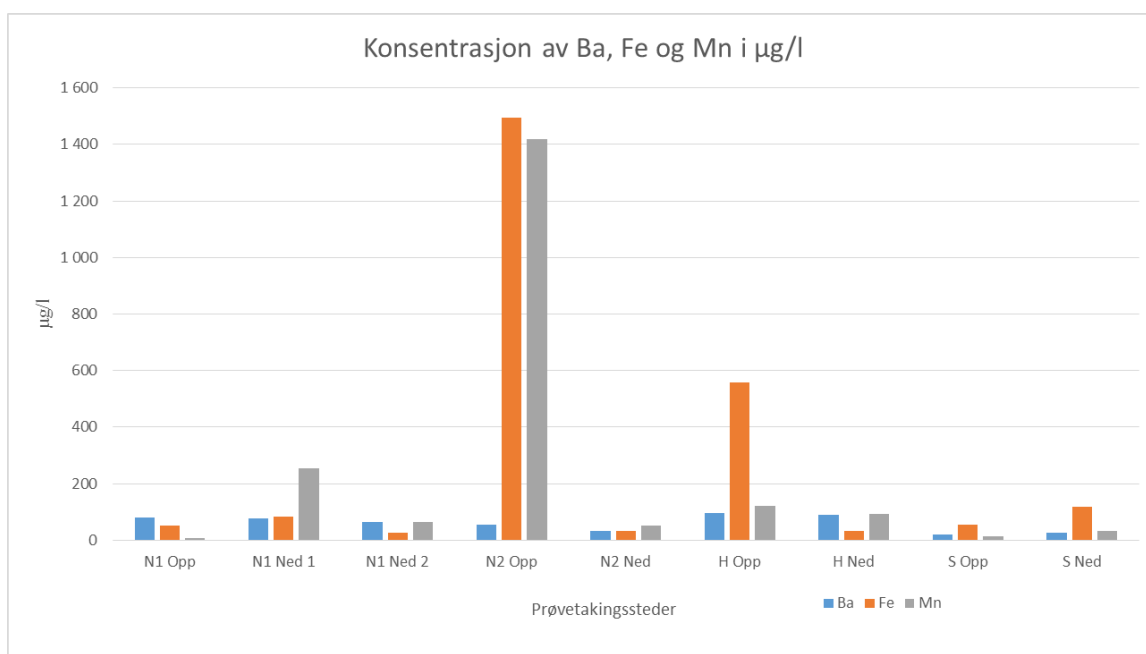
I motsetning til Horgenbekken, ble høyere konsentrasjoner av Zn påvist i nedstrømsprøvene på både Nordtangen og Slemmestad. Dette sammenlignet med prøvene som ble tatt oppstrøms. Årsaken til dette er vanskelig å si, men generelt virker det som om det var stor variasjon i konsentrasjonen av de ulike grunnstoffene på de ulike prøvetakingsstedene.

Når det gjelder andre tungmetaller, ble det påvist høyere konsentrasjoner av kobolt (Co) i vannprøvene fra Horgenbekken. Co-konsentrasjonen var noe høyere i oppstrømsprøvene enn i nedstrømsprøvene. Samme fenomen ble observert i Nordtangen 2. I Slemmestad ble høyere konsentrasjoner av arsen (As) funnet nedstrøms sammenlignet med oppstrøms, mens oppstrømsprøvene inneholdt en høyere konsentrasjon av kobber (Cu).



Figur 8 Konsentrasjoner av kobber, arsen, bly, kadmium tinn, og kobolt både oppstrøms og nedstrøms på prøvetakingsstedene.

Jerninnholdet (Fe) er høyere oppstrøms, både på Nordtangen 2 og i Horgenbekken og er vist i figur 9. Dette stemmer godt overens med at Fe ikke er særlig mobil ved nøytrale forhold.



Figur 9 Konsentrasjon av barium, jern og mangan på prøvetakingsstedene

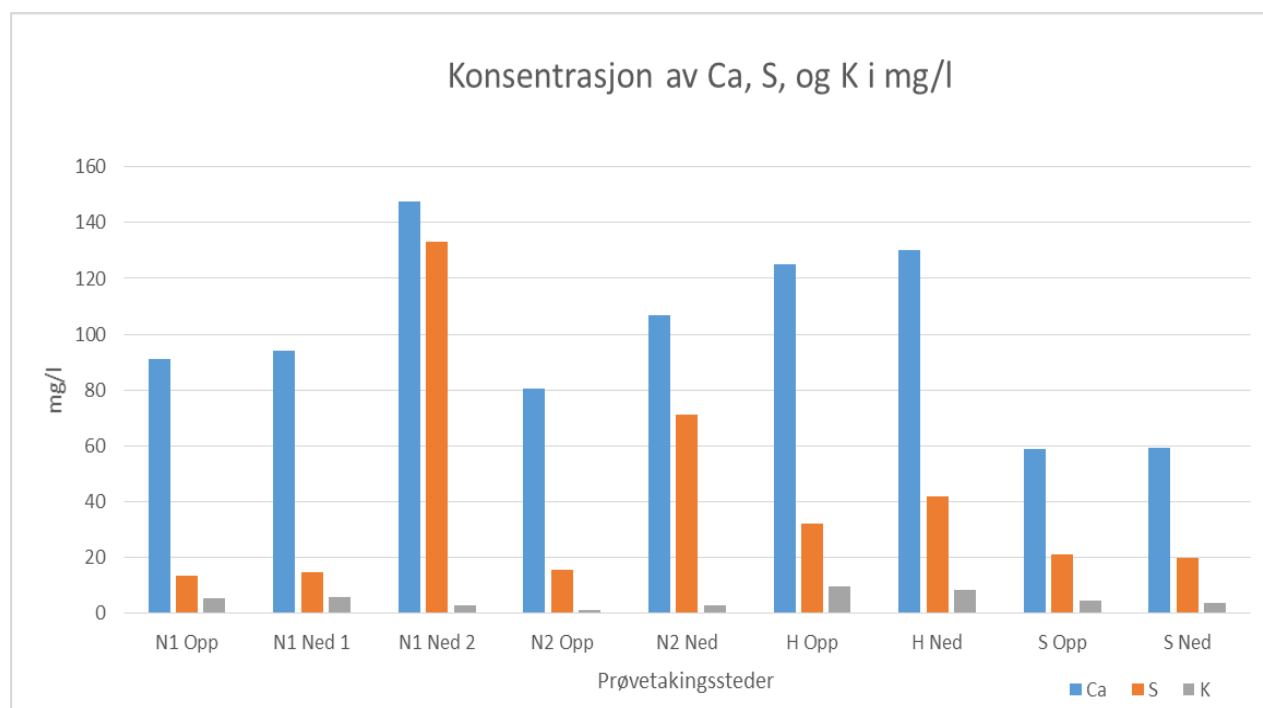
Punktet Nordtangen 2 er ikke i en vanlig bekk, men mer i stillestående vann med bare litt tilførsel av vann før vannet renner svakt videre under Riksvei 4. Dette prøvetakingspunktet ligger bare noen meter fra en fersk veiskjæring på Gran. Her ble det målt høyere konsentrasjoner av ikke bare jern, men også kobolt, mangan og arsen oppstrøms. Konsentrasjonen av barium var også nesten dobbelt så høy oppstrøms som nedstrøms, mens konsentrasjonen av ²³⁸U-konsentrasjonen var høyest nedstrøms.

Nøytrale pH verdier ble påvist på alle prøvetakingsstedene se tabell 4 og dette kan skyldes kalkholdig stein. Kalkinnholdet indikeres ved høye konsentrasjoner av kalsium (Ca) på alle prøvetakingsstedene både oppstrøms og nedstrøms og er vist i figur 10.

Tabell 4 pH- og ledningsevneverdier.

Målt	Nordt1 oppst	Nordt1 nedst	Nordt1 nedst2	Nordt2 oppst	Nordt2 nedst	Horgen-bekken oppst	Horgen-bekken nedst	Slemmestad oppst	Slemmestad nedst
pH	7,91	7,75	7,23	6,47	6,88	6,70	7,80	8,10	7,35
Ledningsevne (µS/cm)	482	489	1003	477	750	700	731	406	402

I tillegg til pH, ble ledningsevne også målt og vurdert. Ledningsevnen var høyest ved Nordtangen 1, nedstrøms 2 som er lokalisert i skogen nedenfor Riksvei 4. I dette punktet ble også det høyeste innholdet av Ca målt. Kalsium og sulfat bidrar trolig mest til ledningsevnen.



Figur 10 Konsentrasjon av kalsium, svovel, og kalium både oppstrøms og nedstrøms på prøvetakingsstedene.

De høyeste konsentrasjonene av svovel nedstrøms er funnet på Nordtangen 1, 2 og i Horgenbekken. Dette kan skyldes avrenning fra alunskiferen. Den norske alunskiferen kan ha et innhold av svovel på opptil 5–7 % [5].

4 Konklusjon

Resultatene viser noe høyere nivåer av uran nedstrøms sammenlignet med oppstrøms. Dette med unntak av prøvene som ble tatt på Slemmestad. Årsaken til dette kan skyldes at bekken i Slemmestad ikke renner gjennom området med veiskjæringen, men parallelt. Både forholdet mellom $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ og ^{226}Ra resultatene gir imidlertid indikasjon på avrenning av uran.

De høyeste uranverdiene ble funnet i vann fra Horgenbekken i Gran kommune. Dette gjelder prøvene som ble tatt både oppstrøms og nedstrøms. I tillegg ble det påvist høye konsentrasjoner av radon oppstrøms på 245 Bq/L, mens nedstrøms lå verdiene på 25 Bq/l.

Konsentrasjonene av andre tungmetaller viste stor variasjon, men kan tyde på avrenninger. Det ble målt høyere konsentrasjoner av jern, kobolt, mangan og arsen oppstrøms ved prøvetakingspunktet Nordtangen 2 bare noen meter fra en veiskjæring på Gran. Konsentrasjonen av barium var også nesten dobbelt så høy oppstrøms som nedstrøms. Mens andre mer mobile elementer som nikkel, sink og molybden hadde høyere konsentrasjoner nedstrøms på flere steder.

Sur avrenning ble ikke påvist i noen av vannprøvene, og pH varierte fra 6,47 til 8,10. Dette kan skyldes kalkholdig stein som indikeres med høyt innhold av kalsium i alle prøvene.

Resultatene viser at det er potensiale for forurensning som følge av avrenning fra eksponerte flater. Omfanget av dette prosjektet ble begrenset og for å få en bedre oversikt over situasjonen bør flere områder kartlegges.

Referanser

[1] Stråleverninfo 7-2012:

<http://www.nrpa.no/filer/73e8ffc937.pdf> (lastet ned 14.12.2015)

[2] Alunskiferkart 2011:

<http://www.nrpa.no/filer/bd0ffbc1f1.pdf> (lastet ned 14.12.2015)

[3] Rapport: Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter

<http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M310/M310.pdf> (lastet ned 09.12.2015)

[4] P.Grabowski og H. Bem. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry (2012) Volume 292: 1043-1048.

[5] Store norske leksikon:

<https://snl.no/alunskifer> (lastet ned 11.12.2015)

Appendiks 1. Konsentrasjoner av elementer ved ICP-MS-analyse

Prøvetakingssteder	Mo98		Sn118		U238		Al27		S34		Mn55		Fe56		Ba137	
	µg/L	RSD %	µg/L	RSD %	µg/L	RSD %	µg/L	RSD %	µg/L	RSD %	µg/L	RSD %	µg/L	RSD %	µg/L	RSD %
Nordtangen 1 Oppstrøms	4,47	0,5	0,004	13,3	5,56	1,2	8,75	1,7	13364	1,5	6,9	0,0	51,5	2,6	78,2	1,0
Nordtangen 1 Nedstrøms 1	5,23	2,4	0,013	16,0	6,10	0,7	9,70	1,9	14614	2,1	254	0,8	83,5	0,3	78,2	0,6
Nordtangen 1 Nedstrøms 2	5,38	1,8	0,004	21,5	6,98	1,7	7,32	5,0	133020	1,2	62,6	2,5	27,6	2,3	64,5	1,1
Nordtangen 2 Oppstrøms	1,78	0,7	0,009	27,7	2,04	0,6	14,1	2,5	15759	1,9	1417	1,8	1496	3,5	56,1	0,8
Nordtangen 2 Nedstrøms	7,33	0,2	0,005	12,8	8,89	0,6	4,92	4,2	71044	0,5	52	0,6	31,4	0,9	33,9	1,9
Horgenbekken Oppstrøms	18,4	0,5	0,013	22,3	61,4	0,7	4,49	5,1	32242	1,7	121	1,0	556	1,4	94,8	0,8
Horgenbekken Nedstrøms	26,1	0,6	0,007	34,4	88,1	4,2	2,49	5,5	41852	0,5	92	0,7	32,1	1,8	88,9	1,3
Slemmestad Oppstrøms	10,7	1,6	0,031	8,09	6,18	1,1	18,2	2,8	20989	2,0	14	2,1	55,7	1,0	20,4	0,4
Slemmestad Nedstrøms	13,5	1,8	0,009	18,6	6,50	0,8	13,1	2,1	19672	0,4	33,6	1,6	118	0,9	25,2	0,6
Prøvetakingssteder	Ca44		V51		Co59		Ni60		Cu63		Zn66		Sb121		K39	
	µg/L	RSD, %	µg/L	RSD, %	µg/L	RSD, %	µg/L	RSD, %	µg/L	RSD, %	µg/L	RSD, %	µg/L	RSD, %	µg/L	RSD, %
Nordtangen 1 Oppstrøms	90686	1,0	0,149	1,8	0,077	3,4	1,21	0,6	1,104	0,3	0,461	11,8	0,142	6,6	5466	2,2
Nordtangen 1 Nedstrøms 1	94187	2,3	0,162	0,8	0,279	1,4	2,06	1,8	1,111	1,9	1,58	0,5	0,165	2,2	5695	1,4
Nordtangen 1 Nedstrøms 2	147553	0,4	0,074	3,8	0,135	2,0	5,20	0,8	0,862	3,4	2,27	2,4	0,096	4,7	2855	1,9
Nordtangen 2 Oppstrøms	80606	1,6	0,242	3,9	1,468	1,1	2,08	3,4	0,535	7,7	0,96	20,8	0,087	6,2	1088	4,1
Nordtangen 2 Nedstrøms	106666	0,7	0,059	2,1	0,143	2,1	11,6	1,4	1,647	2,2	5,14	1,7	0,173	1,8	2779	0,6
Horgenbekken Oppstrøms	125236	1,1	0,152	1,9	2,692	1,5	33,8	1,0	0,632	2,0	26,85	1,7	0,152	3,9	9873	2,4
Horgenbekken Nedstrøms	130077	1,5	0,080	1,3	2,178	1,2	40,5	1,4	0,921	2,7	21,72	1,5	0,272	2,3	8226	2,6
Slemmestad Oppstrøms	58986	0,9	0,265	2,8	0,079	0,8	2,86	1,6	1,790	3,1	2,54	14,8	0,158	8,0	4455	1,6
Slemmestad Nedstrøms	59372	0,1	0,226	1,8	0,092	2,4	2,24	3,7	1,530	1,2	27,09	0,4	0,229	1,6	3696	1,5
Prøvetakingssteder	As75		Pb208		Cd114											
	µg/L	RSD, %	µg/L	RSD, %	µg/L	RSD, %										
Nordtangen 1 Oppstrøms	0,302	5,4	0,051	5,8	0,0141	2,7										
Nordtangen 1 Nedstrøms 1	0,342	4,1	0,134	1,8	0,0239	3,8										
Nordtangen 1 Nedstrøms 2	0,170	8,0	0,060	10	0,0497	1,0										
Nordtangen 2 Oppstrøms	0,691	2,9	0,127	4,8	0,0259	2,2										
Nordtangen 2 Nedstrøms	0,210	3,6	0,076	4,0	0,0691	1,2										
Horgenbekken Oppstrøms	0,494	3,7	0,092	2,8	0,2474	2,4										
Horgenbekken Nedstrøms	0,309	4,5	0,050	13,1	0,1067	1,3										
Slemmestad Oppstrøms	0,414	1,6	0,115	8,9	0,0240	1,1										
Slemmestad Nedstrøms	1,27	0,6	0,103	16,9	0,0774	0,3										



Statens strålevern
Norwegian Radiation Protection Authority