



Vurdering av stråledose og miljøkonsekvens fra deponering av lavradioaktivt materiale

IFE/F-2022/054 | Ingrid Helen Hauge

Rapport nummer: IFE/F-2022/054	Tilgjengelighet: Internal	Dato: 18.11.22
Revisjon:	DOCUS ID: 57103	Antall sider 15
Klient: Bjorstaddalen næring AS		
Tittel: Vurdering av stråledose og miljøkonsekvens fra deponering av lavradioaktivt materiale		
<p>Sammendrag:</p> <p>Bjorstaddalen næring AS sendte inn søknad 09.05.2022 til DSA om å øke deponeringsgrense fra omtrent 15 000 tonn fosfatsand per år til inntil 30 000 tonn per år. Det ble også søkt om økte utslippsgrenser for naturlig forekommende radionuklider.</p> <p>DSA ba om at miljøvurderingen må oppdateres. Institutt for energiteknikk (IFE) har på vegne av Bjorstaddalen næring AS beregnet mulige stråledoser til biota ved hjelp av modelleringsverktøyet ERICA fra deponering av fosfatsand ved Bjorstaddalen næring AS avfallsdeponi.</p> <p>Rapporten presenterer en vurdering av stråledoser til miljøet fra de deponerte massene med inntil 30 000 tonn per år og utslipp av sigevann inntil 300 000 m³ per år:</p> <p>1) Modelleringsverktøyet ERICA er benyttet til å anslå påvirkning av biota i marint miljø. Det er satt en fortynningsfaktor som er lik 1:10 000. Dette er et konservativt estimat. Utslipet er da under screeningverdien som ERICA har satt, som er lik 10 µSv/time, og det vurderes da at det ikke er noen negativ effekt på biota i maritimt miljø.</p> <p>2) Stråledose til befolkningen fra inntak av fisk er svært lav, og stråledosen fra støvet fra fosfatsanden anses som neglisjerbar.</p> <p>3) Det observeres ingen oppkonsentrering i sigevann av ²¹⁰Pb, slik man kunne forvente dersom fosfatsand var en betydelig bidragsyter til naturlig radioaktivitet, men det er en stor økning av uran-isotoper i sigevannet. Ut ifra de maksimale verdiene for utslipp tilbake til 1. kvartal 2021 ser det ikke ut til at man overskrider tillatelsen for disse to nuklidene, men for alle de andre nuklidene, ⁴⁰K, ²¹⁰Po, ²²⁸Ra, ²²⁸Th, ²³⁰Th, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁵U and ²³⁸U, vil det være behov for å skrive en ny søknad.</p>		
Utarbeidet av: Ingrid Helen Hauge <div style="text-align: right;">(Elektronisk signatur på siste side)</div>		
Kontrollert av: Cato Christian Szacinski Wendel <div style="text-align: right;">(Elektronisk signatur på siste side)</div>		
Godkjent av: Marie Bourdeaux-Goget <div style="text-align: right;">(Elektronisk signatur på siste side)</div>		

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	1
1	Beskrivelse av deponiet	2
2	Kildeterm og eksponeringsveier	4
2.1	Analyser av fosfatsanden fra Yara	4
2.2	Analyser av sigevannet fra Bjorstaddalen næring AS	5
3	Eksponering av biota	7
3.1	Modelleringsverktøyet ERICA	7
3.2	Utslipp til jord (“terrestrial”) og eksponering av biota	7
3.3	Utslipp til ferskvann (“freshwater”) og eksponering av biota	8
3.4	Utslipp til marint miljø og eksponering av biota	8
3.5	Utslipp til vann	9
3.5.1	Sigevann	9
3.5.2	Grunn- og bekkevann	10
4	Eksponering av befolkningen	11
4.1	Inntak av sjømat fra drensvannets utslippspunkt	11
4.2	Eksponering for støv fra deponi	12
5	Oppsummering	14
6	Referanser	15

1 Innledning

Bjorstaddalen næring AS sendte inn søknad 09.05.2022 til DSA om å øke deponeringsgrense fra omtrent 15 000 tonn fosfatsand per år til inntil 30 000 tonn per år. Det er kjent at Yara AS har deponert fosfatsand i Bjorstaddalen næring AS deponi over flere år.

Det ble også søkt om økte utslippsgrenser for naturlig forekommende radionuklider. I søknaden ble det argumentert med at det ikke er grunnlag for å tro at deponeringen har ført til økt innhold av radionuklider i utslippsvannet, og at det er grunnforhold rundt deponiet som er årsaken til at det er ulik sammensetning av radioaktive stoffer i deponiet både opp- og nedstrøms. I søknaden vises det til vedlegg 5.1 «Mulige stråledose og miljøkonsekvens fra deponering av lavradioaktivt materiale», der beskrives blant annet mulige konsekvenser for miljø. DSA ba om at miljøvurderingen må oppdateres.

DSA stiller krav til Bjorstaddalen næring AS om at de må utrede konsekvenser av utslipp av de radionuklider som de har utslippstillatelse for [1]. Dette kravet er etablert praksis ved DSA og praktiseres likt for alle virksomheter som håndterer naturlig forekommende radioaktive stoffer.

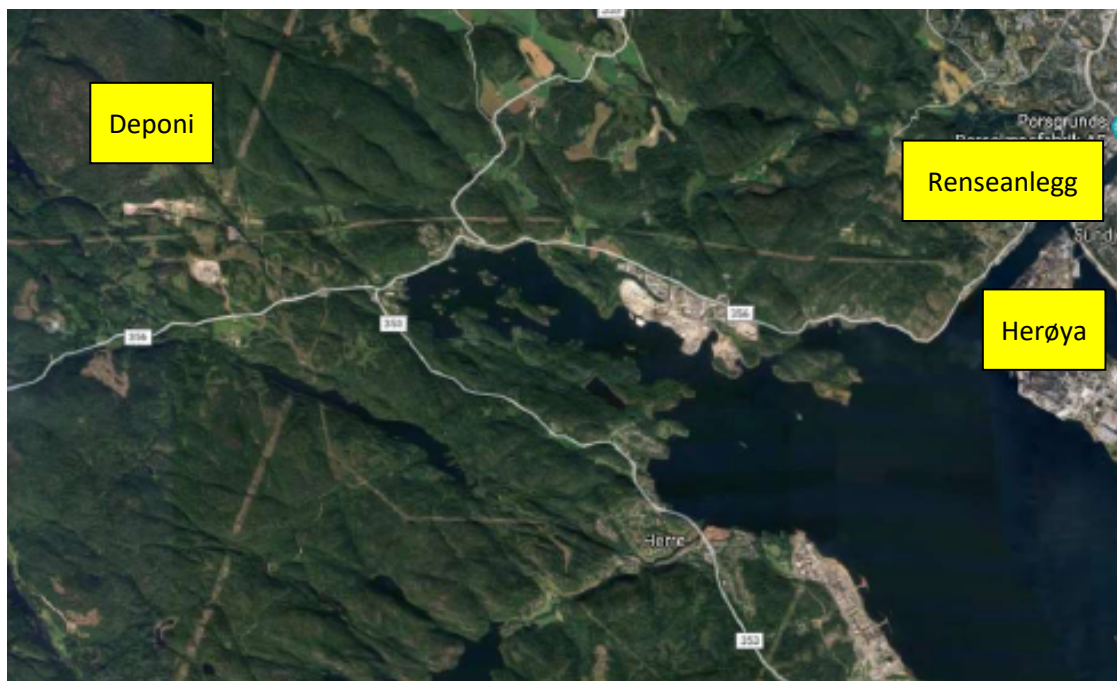
Bjorstaddalen næring AS har fått krav fra DSA om å anvende modelleringsverktøyet ERICA for beregning av dose til biota [2, 3]. Institutt for energiteknikk (IFE) har blitt forespurt av Bjorstaddalen næring AS om å beregne mulige stråledoser til befolkningen og eksponering av biota fra utvidet deponering av fosfatsand ved Bjorstaddalen avfallsdeponi.

Rapporten representerer en vurdering av stråledoser til miljøet og befolkningen fra de deponerte massene. Stråledosevurderingene er utført basert på radiokjemisk og gammaspektrometrisk analyse av fosfatsanden fra Yara utført av IFE i fjerde kvartal 2021, samt gammaspektrometrisk og alfaspektrometrisk analyse av sigevann fra prøver innsendt i perioden fra første kvartal 2021 frem til sommeren 2022 av Bjorstaddalen næring AS og analysert av IFE: Følgende er vurdert:

- Kontaminering av biota i vann som følge av utslipp av sigevann til Frierfjorden
- Stråledoser til befolkningen fra konsum av fisk fra Frierfjorden
- Eksponering via støv fra deponi

1 Beskrivelse av deponiet

Deponiet er lokalisert til Kilebygdveien i Bjorstaddalen næring AS sør-vest i Skien kommune i Telemark. Anlegget ligger ca. 8 km vest for Herøya industriområde og ca. 10 km fra Porsgrunn sentrum. Avstand i luftlinje fra deponiet til nærmeste strand i Frierfjorden er om lag 2 500 m (Figur 1).



Figur 1: Satellittbilde som viser deponiets beliggenhet i forhold til renseanlegg og Frierfjorden (Google maps).

Bjorstaddalen næring AS avfallsanlegg ble åpnet 1993. Anlegget ble driftet av Skien kommune frem til høsten 2014, da det ble skilt ut som aksjeselskap.

Deponiet mottar uorganisk avfall for deponering. Dette er ikke- eller tungt nedbrytbart avfall med et totalt organisk innhold på under 10 %.

En av fraksjonene som tas imot er fosfatsand fra Yaras anlegg på Herøya. Avfallsmengden har vært om lag 15 000 tonn per år, men det skal nå søkes om å deponere opptil 30 000 tonn per år. Avfallet deponeres på ulike områder innenfor deponiet. Andre deponeringsmasser vil dermed etter hvert dekke til fosfatsanden.

Deponiet er et overflatedeponi. Deponerte masser vil dermed eksponeres for nedbør som faller over området. Deponiet har etablert et system som samler opp sigevann.

Sigevannet tilføres kommunalt ledningsnett og renses i anlegget ved Knardalstrand sammen med annet avløpsvann fra området. Sigevannet fra deponiet har et, i denne sammenheng, begrenset volum. Det vil dermed oppstå en betydelig fortynning i renseanlegget før utslipp til Porsgrunnselva nær utløpet til Frierfjorden. Avløpsledningen er lagt på bunnen av elva og har sitt utløp på 30 meters dyp litt vest for elvemunningen.

Gjennomsnittlig volum av sigevann i perioden 2015-2021 var 283 000 m³. For å ta høyde for variasjoner og regne ut et maksimalt utslipp er det lagt til grunn et totalt utslipp lik 300 000 m³. Det går ca. 10 millioner m³ gjennom renseanlegget pr år [4]. Dette gir en fortynningsfaktor for utslippet ut

fra renseanlegget lik 1:33. Elva har en gjennomsnittsvannføring på ca. 200 m³ per sekund, så fortynningen blir mye større der, selv om utslippet ikke er i ellevannet. Utslippet skjer på 30 m dybde, og utslippsstrålen stabiliseres (innlagres) på 15-20 m dybde [5]. Fortynningsfaktoren, hvis man tar med vannføringen i elva, blir på 10⁻¹², men utslippet skjer jo ikke i ellevannet. Tyngre saltvann må trekkes inn for å blandes med utgående ellevann og påvirker 15 – 20 m laget hvor utslippet ender opp. En fortynningsfaktor på 1:10 000 etter utslipp i fjorden er et konservativt estimat, og vil bli benyttet i beregningene av utslipp.

2 Kildeterm og eksponeringsveier

2.1 Analyser av fosfatsanden fra Yara

Det er kjent at Yara AS har deponert fosfatsand i Bjorstaddalen næring AS deponi over flere år.

Fosfatsand er kjent å inneholde naturlig radioaktivitet fra ^{232}Th , ^{235}U og ^{238}U -kjedene samt ^{40}K . I urørt bergartsmateriale vil det være radioaktiv likevekt mellom alle nuklidene i hver serie. Ved produksjonsprosesser vil imidlertid denne likevekten ble brutt da de ulike elementene har ulike kjemiske og fysiske egenskaper.

Produksjonsprosessen fører til oppkonsentrering av nukliden ^{210}Pb , og deretter ^{226}Ra . I perioden 2019-2020 har mengden ^{210}Pb i fosfatsanden variert fra 330 ± 40 Bq/kg (målt i 2. kvartal 2019), fire ganger høyere spesifikk aktivitet enn for ^{226}Ra , til 2070 ± 190 (4. kvartal 2020), nesten 16 ganger høyere spesifikk aktivitet enn for ^{226}Ra . Spesifikk aktivitet for ^{226}Ra har vært ganske stabil i perioden.

Det gjennomføres jevnlig radiokjemisk og gammaspektrometrisk analyse av fosfatsanden fra Yara av IFE. Prøver fra fosfatsand fra fjerde kvartal i 2021 og fra første kvartal i 2022 er gjengitt i tabell 1.

Tabell 1: Analyse av to prøver av fosfatsand fra Yara, en fra fjerde kvartal 2021 og en fra første kvartal 2022.

Nuklide	Fosfatsand [Bq/kg] \pm 2 standardavvik Fjerde kvartal 2021	Fosfatsand [Bq/kg] \pm 2 standardavvik Første kvartal 2022
^{40}K	290 ± 70	240 ± 110
^{210}Pb	2080 ± 180	1210 ± 120
^{210}Po	1)	1)
^{226}Ra	142 ± 23	119 ± 17
^{228}Ra	54 ± 11	54 ± 12
^{228}Th	60 ± 10	35 ± 6
^{230}Th	73 ± 13	47 ± 8
^{232}Th	50 ± 9	40 ± 7
^{234}U	35 ± 7	24 ± 4
^{235}U	<1,4	$1,2 \pm 0,7$
^{238}U	25 ± 4	25 ± 4

1) Isotopen ^{210}Po er ikke analysert i prøven, men tidligere målinger viser at denne er i likevekt med ^{210}Pb i materialet.

Det er ikke kjent om andre massefraksjoner som er deponert også kan inneholde forhøyede aktivitetskonsentrasjon av naturlig radioaktivitet. Dette er imidlertid ikke usannsynlig med tanke på at deponiet ligger i et område hvor det finnes bergarter med thorium- og uraninnhold godt over gjennomsnittsverdi.

2.2 Analyser av sigevannet fra Bjorstaddalen næring AS

For å kunne si noe om utslipp til vann er det benyttet data fra måleresultater fra sommeren 2022, som er vannprøver som Bjorstaddalen næring AS har sendt inn til IFE for analysering.

Deponert fosfatsand oppgis å være svært stabil. Dette betyr at det med stor sannsynlighet vil frigis lite radioaktivitet gjennom avrenning. Det antas at noe partikkelbundet aktivitet kan føres med vannstrømmen gjennom massene, men at det ikke oppstår kjemiske reaksjoner som vasker ut radioaktive nuklider.

Regnvann som faller over deponiet vil videre filtreres gjennom underliggende masser av annen type før de fanges opp i drens-systemet.

Analysedata fra sigevann som er tatt av Bjorstaddalen næring AS benyttes for å si noe om utslipp til vann (tabell 2).

Tabell 2: Analyseresultat fra sigevannsprøvene i 1. og 2. kvartal i 2022 oppgitt i mBq/L. Det er antatt at det slippes ut 300 000 m³ sigevann per år. For å beregne utslipp per år er gjennomsnittsverdi for samleprøve sigevann multiplisert med 300 000 m³ sigevann. Verdiene som står med uthevet skrift overskrider grenseverdien i nåværende utslippstillatelse.

Nuklide	Samleprøve sigevann 1. kvartal [mBq/L]	Utslipp per år [MBq/år]	Samle-prøve sigevann 2. kvartal [mBq/L]	Utslipp per år [MBq/år]
⁴⁰ K	5 400 ± 1 800	1620	≤17 500	≤5250
²¹⁰ Pb	72 ± 23	22	90 ± 40	27
²²⁶ Ra	105 ± 19	32	172 ± 25	52
²²⁸ Ra	198 ± 29	59	330 ± 50	99
²²⁸ Th	30 ± 5	9	46 ± 7	14
²³⁰ Th	3 ± 0,7	1	11 ± 2.1	3
²³² Th	2 ± 0,5	1	6 ± 1.2	2
²³⁴ U	620 ± 110	186	1380 ± 100	414
²³⁵ U	30 ± 23	9	41 ± 9	12
²³⁸ U	530 ± 100	159	1130 ± 90	339

Maksimal verdi av sigevann for hver nuklide for kvartalsmåling tilbake til 2021 er benyttet til å beregne utslipp. For fosfatsanden kan produksjonsprosessen føre til oppkonsentrering av nukliden ²¹⁰Pb. Ut ifra de maksimale verdiene for utslipp tilbake til 1. kvartal 2021 ser det ikke ut til at man overskrider tillatelsen for ²¹⁰Pb og ²²⁸Ra nuklidene, men for alle de andre nuklidene, ⁴⁰K, ²²⁶Ra, ²²⁸Th, ²³⁰Th, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁵U and ²³⁸U, overskrider man tillatelsen (tabell 3).

²¹⁰Po ble ikke analysert på grunn av det ble antatt at det var en likevekt mellom ²¹⁰Pb og ²¹⁰Po. Mer undersøkelse bør utføres for å avdekke det og prøve å finne hva som er kilde til de radionuklider som finnes i sigevann.

Tabell 3: Maksimalverdi fra sigevannsprøvene i tidsperioden fra 2021 til midten av 2022 oppgitt i mBq/L (gjennomsnittsverdi pluss standardavvik). Deretter er maksimalt utslipp per år beregnet, gitt at det slippes ut 300 000 m³ sigevann per år. For å beregne utslipp per år er gjennomsnittsverdi pluss to standardavvik for samleprøve sigevann multiplisert med 300 000 m³ sigevann. Verdiene som står med uthevet skrift overskrider grenseverdiene i nåværende utslippstillatelse.

Nuklide	Maksimalt utslipp siden 1. kvartal 2021 [mBq/L]	Maksimalt utslipp per år [MBq/år]	Tillatelse per nå [MBq/år]
⁴⁰ K	≤17 500	5250	29,0
²¹⁰ Pb	90 ± 40	39	46,4
²²⁶ Ra	390 ± 110*	150	110,0
²²⁸ Ra	390 ± 70**	138	241,0
²²⁸ Th	46 ± 7	15,9	6,1
²³⁰ Th	29 ± 2,7***	9,51	2,9
²³² Th	13 ± 5***	5,4	1,2
²³⁴ U	1380 ± 100	444	8,2
²³⁵ U	41 ± 9	15	0,3
²³⁸ U	1130 ± 90	366	7,3

*: Fjerde kvartal 2021

** : Første kvartal 2021

***: Tredje kvartal 2021

3 Eksponering av biota

3.1 Modelleringsverktøyet ERICA

Beregning av stråledoser til biota for aktuelle økosystem (jord og vann) utføres ved hjelp av modelleringsverktøyet ERICA [2-3, 6-9].

ERICA er en integrert tilnærming for å sikre at beslutningen gir et korrekt bilde av eksponering til miljøet, effekter og risiko fra ioniserende stråling. Man kan velge mellom tre økosystem:

- Jordoverflate («terrestrial»)
- Marint miljø
- Ferskvann

Verktøyet er beregnet for eksisterende eksponeringssituasjoner. ERICA benytter en omfattende metode for å estimere økologiske effekter fra ioniserende stråling på biota og økosystem.

Den integrerte tilnærmingen bruker målte eller beregnede aktivitetskonsentrasjoner i miljøet som input til ERICA. Avhengig av resultatet vil vurdering gjøres gjennom opptil tre nivå.

Nivå 1 er en konservativ vurdering som krever lite inngangsdata. Det gjøres en sammenlikning av media-konsentrasjoner med grenseverdier for den mest utsatte referanseorganismen. Dersom resultatet av beregningen viser neglisjerbare radiologiske effekter anses videre beregninger ikke å være nødvendig.

Nivå 2 er en mindre konservativ screening hvor media og biota konsentrasjoner kan angis eller baseres på anbefalte verdier. Estimert absorbert dose rate sammenliknes med screening-dose rate. Resultat angis som:

- Neglisjerbar (videre evaluering ikke nødvendig)
- Potensiell bekymring (anbefalt å revidere eller endre evaluering)
- Bekymringsverdig (evaluering bør utvides til neste steg)

Nivå 3 tilbyr ingen screening eller enkle svar, men gir brukeren råd og verktøy for å gjennomføre en mer detaljert vurdering.

Beregningen utføres som et «worst case» hvor all tilgjengelig aktivitet (kildeterm) tilføres resipienten i løpet av 1 time, **dvs. gjennomsnittsverdi pluss standardavviket.**

Man kan velge mellom utslipp til jord/jordoverflaten, ferskvann og maritimt miljø. ERICA gjør en del forenklinger [2-3, 6-9]:

- Beregner biota som ellipsoider, og beskriver dem i form av lengde, bredde, høyde og en masse
- Intern eksponering er basert på konsentrasjonsverdier

Fordi ⁴⁰K finnes naturlig i kroppen, gjør ikke ERICA noe videre estimat av denne.

3.2 Utslipp til jord (“terrestrial”) og eksponering av biota

Når det gjelder utslipp til jord og eksponering av biota på jordoverflaten, så er fosfatsanden deponert oppå avfall, og under avfallet er det leire. Det er med andre ord ikke noen direkte eksponering av jord fra fosfatsanden. Inne på området er det rotter, men disse antas å oppholde seg i nærheten av avfall med organisk innhold, og ikke i nærheten av fosfatsanden. Man gjør her en antagelse om at det ikke forekommer eksponering av jord eller dyr, fordi de ikke vil oppholde seg i nærheten av fosfatsanden.

3.3 Utslipp til ferskvann (“freshwater”) og eksponering av biota

Det antas at det skjer minimalt med utslipp til ferskvann, siden utslippet skjer nær utløpet til Frierfjorden.

3.4 Utslipp til marint miljø og eksponering av biota

Bjorstaddalen næring AS tar jevnlig prøver (kvartalsvis) av sigevann fra deponiet som sendes til IFE for analyse. Prøvene blir analysert for ^{40}K , ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{228}Th , ^{230}Th , ^{232}Th , ^{234}U , ^{235}U and ^{238}U .

Isotopene ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{228}Ra ble målt med gammaspektrometriske metoder mens uran- og thoriumisotopene ble analysert ved hjelp av alfaspktrometri. De maksimale verdiene for sigevannsprøvene i perioden fra 1. kvartal 2021 frem til sommeren (2. kvartal) 2022 er vist i tabell 4. Usikkerheten er utvidet med en faktor 2 som gir 95 % dekningsgrad.

For utslipp til marint miljø og effekt på biota i marint miljø benyttes en fortynningsfaktor lik 1:10 000 (tabell 4).

Tabell 4: Analyseresultat fra sigevannsprøvene der man tar utgangspunkt i det maksimale utslippet per år siden 1. kvartal 2021 i Bq/L, og utslipp til Frierfjorden når det antas en fortynningsfaktor lik 1:10 000.

Nuklide	Maksimalt utslipp siden 1. kvartal 2021 [Bq/L]	Utslipp til Frierfjorden ved fortynningsfaktor 10 000 [Bq/L]
^{40}K	≤17,5	$1,75 \times 10^{-3}$
^{210}Pb	0,13	$1,3 \times 10^{-5}$
^{226}Ra	0,5*	$5,0 \times 10^{-5}$
^{228}Ra	0,46**	$4,6 \times 10^{-5}$
^{228}Th	0,053	$5,3 \times 10^{-6}$
^{230}Th	0,0317***	$3,2 \times 10^{-6}$
^{232}Th	0,018***	$1,8 \times 10^{-6}$
^{234}U	1,48	$1,5 \times 10^{-4}$
^{235}U	0,050	$5,0 \times 10^{-6}$
^{238}U	1,22	$1,2 \times 10^{-4}$

*: Fjerde kvartal 2021

** : Første kvartal 2021

***: Tredje kvartal 2021

Det gjøres først en beregning på nivå 1 for utslipp til marint miljø. Beregningen er utført for fortynningsfaktor 1:10 000, som er en konservativ beregning.

ERICAs screeningverdi lik $10 \mu\text{Sv/time}$ er benyttet. Resultatet er vist i tabell 5.

Tabell 5: Risikokoeffisient for eksponering av biota i marint miljø for nivå 1. Det benyttes ERICA sin screeningverdi lik 10 $\mu\text{Sv}/\text{time}$. Det er benyttet maksimale verdier fra sigevannsprøvene fra perioden 1. kvartal 2021 til 2. kvartal 2022.

Radionuklide	Risikokoeffisient (uten måleenhet)	Begrensende organisme
^{210}Pb	$3,25 \times 10^{-2}$	Fytoplankton (planteplankton)
^{226}Ra	$1,56 \times 10^{-3}$	Fytoplankton (planteplankton)
^{228}Ra	$3,10 \times 10^{-4}$	Fytoplankton (planteplankton)
^{228}Th	$2,05 \times 10^{-1}$	Fytoplankton (planteplankton)
^{230}Th	$1,86 \times 10^{-2}$	Fytoplankton (planteplankton)
^{232}Th	$9,36 \times 10^{-3}$	Fytoplankton (planteplankton)
^{234}U	$7,29 \times 10^{-4}$	Mangebørstemark (polychaeta)
^{235}U	$2,27 \times 10^{-5}$	Mangebørstemark (polychaeta)
^{238}U	$5,24 \times 10^{-4}$	Mangebørstemark (polychaeta)
Summert risikokoeffisient	$2,69 \times 10^{-1}$	

Summen av risikoer (0,0296) kommer under risiko-koeffisient-grensen (lik 1), altså er utslippet under screeningverdien som ERICA har satt som er lik 10 $\mu\text{Sv}/\text{time}$.

3.5 Utslipp til vann

3.5.1 Sigevann

Analysen viser som forventet naturlig radioaktivitet fra ^{232}Th -kjeden og fra ^{238}U -kjeden samt ^{40}K . Det er kjent at Telemarksregionen har bergarter med forholdsvis høye konsentrasjoner av spesielt thorium, men også av uran.

Det observeres ingen oppkonsentrering i sigevann av ^{210}Pb , slik man kunne forvente dersom fosfatsand var en betydelig bidragsyter til naturlig radioaktivitet, men det er en stor økning av uran-isotoper i sigevann.

I henhold til Forskrift om forurensningslovens anvendelse på radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall [1] må en virksomhet som tilfører radioaktive stoffer til naturen med total aktivitet eller spesifikk aktivitet som er større eller lik verdiene angitt i vedlegg II, skal i relasjon til forurensningsloven § 8 siste ledd alltid anses å medføre nevneverdige skader eller ulemper og kan ikke finne sted uten tillatelse etter forurensningsloven § 11.

Sigevannet fra Bjorstaddalen inneholder naturlig radioaktivitet med spesifikk aktivitet langt under grenseverdiene. Når det gjelder utslipp per år vil imidlertid grenseverdiene for ^{40}K , ^{226}Ra , ^{228}Th , ^{230}Th , ^{232}Th , ^{234}U , ^{235}U og ^{238}U overskrides på grunn av det relativt høye volumet, i snitt 300 000 m³ i perioden.

3.5.2 Grunn- og bekkevann

Bjorstaddalen næring AS har videre tatt vannprøver fra brønn B som representerer grunnvann, og nedstrøms fra bekken. Prøvene er analysert for ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{228}Th , ^{228}Th , ^{230}Th , ^{232}Th , ^{234}U , ^{235}U og ^{238}U .

Vannprøver fra brønn og bekkevann er å anse som stedlige bakgrunnsverdier, og ikke en del av denne miljøvurderingen fra utslipp fra fosfatsanden

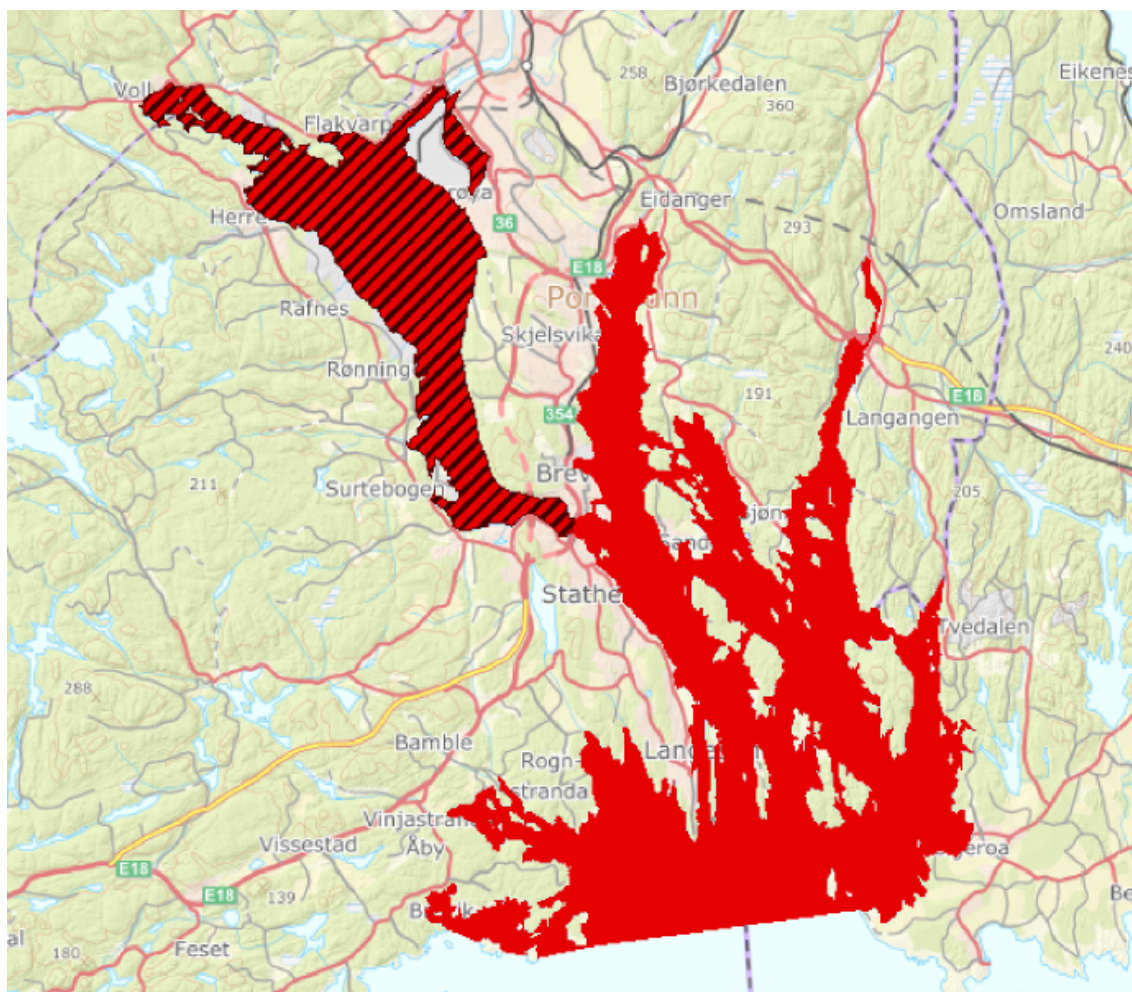
4 Eksponering av befolkningen

Strålevernforskriften setter følgende begrensning når det gjelder eksponering av allmenheten: «En virksomhet skal planlegge strålingen og sine skjermingstiltak, slik at det ikke skjer eksponering til allmenheten fra virksomheten som kan innebære at individ blir eksponert for mer enn 0,25 mSv/år.» Det er beregnet doser fra to eksponeringsveier, konsum av sjømat fra Frierfjorden og eksponering fra støv som spres fra deponiet til nærmeste bebyggelse.

4.1 Inntak av sjømat fra drenevatnets utslippspunkt

Sigevannet fra deponiet vil som tidligere nevnt, gå via kommunalt ledningsnett til renseanlegg ved Knardalstrand. Etter rensing vil sigevannet, som da er vesentlig fortennet, slippes ut til utløpet av Porsgrunnselva som fører ut i Frierfjorden ved Herøya. Det anslås en fortenningsfaktor på 1:10 000 før utslipp til Frierfjorden.

Mattilsynet har utstedt advarsel om miljøgifter i Grenlandsfjordene på grunn av forurensing med klorerte organiske forbindelser, særlig dioksiner. Det advares mot å spise fisk og skaldyr fra Frierfjorden og sjørret fisket i Skiensvassdraget, Herrevassdraget og andre mindre vassdrag som munnar ut i disse eller Frierfjorden (figur 2).



Figur 2: Området hvor det er utstedt advarsel. Skravert område, advarsel mot sjømat-mer omfattende. Rødt område, advarsel mot sjømat (Miljøstatus)

Nærmeste sted hvor det kan være naturlig å fange fisk for konsum ligger ca. 20 km sør-sørvest for utslippspunktet. Utslipet anslås å være fortyntet minst 10^6 ganger på dette punktet.

Det er utført en beregning av doser til befolkningen etter inntak av sjømat fra dette området. Beregningen er basert på en generisk modell fra IAEA [10]. Total dose per år fra utslippet fra Bjorstaddalen, beregnet fra maksimalverdien for sigevannsprøvene i perioden fra første kvartal 2021 frem til sommeren 2022 (tabell 3), er vist i tabell 6.

Tabell 6: Stråledoser til befolkningen fra konsum av fisk fra Frierfjorden i løpet av ett år.

Nuklide	Effektiv dose per år [μSv]
^{210}Pb	$3,0 \times 10^{-6}$
^{210}Po	1) $5,2 \times 10^{-5}$
^{226}Ra	$2,8 \times 10^{-5}$
^{228}Ra	$1,4 \times 10^{-4}$
^{228}Th	$1,2 \times 10^{-7}$
^{230}Th	$4,2 \times 10^{-8}$
^{232}Th	$1,0 \times 10^{-8}$
^{234}U	$2,1 \times 10^{-9}$
^{235}U	$1,6 \times 10^{-12}$
^{238}U	$1,4 \times 10^{-9}$
TOTALT	$2,2 \times 10^{-4}$

- 1) Isotopen ^{210}Po er ikke analysert i prøven, men tidligere målinger viser at denne er i likevekt med ^{210}Pb i materialet.

Stråledose til befolkningen fra inntak av fisk anses som svært lav.

4.2 Eksponering for støv fra deponi.

Som mest utsatt individ velges et barn på 10 år som er bosatt i nærmeste bolighus ved Bolvik gård beliggende ca. 1 500 m fra deponerte masser.

Beregningene av utslipp til luft utføres ved hjelp av dataprogrammet PC-CREAM 08 [11] som benytter modellene beskrevet i [12]. Det er utført beregning av total dose per becquerel per år for de nevnte nuklider til utsatt individ.

I beregning av kontinuerlig utslipp til atmosfæren brukes følgende modell; PLUME som er en atmosfærisk dispersjonsmodell [13, 14].

Antagelser som er gjort ved beregning av eksponering fra støv fra deponi:

- Mengde deponert materiale som er benyttet: 30 000 tonn fosfatsand per år
- Spesifikk aktivitet: Høyeste aktivitet for perioden 2019 til 2022 for fosfatsanden fra Yara
- Tilgjengelig for resuspensjon er 10 %
- Resuspensjonsfaktor 10^{-4}
- Utslippshøyde satt til 0 m (konservativt estimat)

Beregnet total effektiv dose per år er vist i tabell 7.

Tabell 7. Total effektiv dose per år fra støv fra inhalasjon, gammastråling i skyen, betastråling i skyen og betastråling i grunnen. Totalen inneholder også dose fra melk, mel, frukt, rotgrønnsaker, grønne grønnsaker, sauekjøtt og sauelever

Total effektiv dose per år [μSv]				
Inhalasjon	Gamma sky	Beta sky	Beta grunn	Totalt
$1,60 \times 10^{-6}$	$1,13 \times 10^{-14}$	$2,25 \times 10^{-16}$	$7,82 \times 10^{-10}$	$4,01 \times 10^{-6}$

Fordi fosfatsanden er fuktig, er det lite sannsynlig at den tørker opp så mye at det blir et problem stråledose til befolkningen fra med støv fra fosfatsanden. Det er allikevel valgt å gjøre en vurdering av støv fra deponiet.

Den beregnede stråledosen til mennesker fra støvet vurderes å være neglisjerbar.

5 Oppsummering

Rapporten representerer en vurdering av eksponering av biota og befolkning primært fra deponering av fosfatsand, men også fra andre deponerte masser ved økning av utslipp fra 15 000 tonn til 30 000 tonn. Det man primært er bekymret for ved deponering av fosfatsanden er en opphopning av ^{210}Pb sammenlignet med ^{226}Ra . Dette observeres dog ikke.

Det observeres ingen oppkonsentrering i sigevann av ^{210}Pb , slik man kunne forvente dersom fosfatsand var en betydelig bidragsyter til naturlig radioaktivitet, men det er en stor økning av uran-isotoper i sigevann.

Det er tatt utgangspunkt i det maksimale utslippet av sigevann for hver nuklide som har forekommet tilbake til 1. kvartal 2021, og så er maksimalt utslipp per år beregnet på grunnlag av at det antas at det slippes ut 300 000 m³ sigevann per år. For fosfatsanden kan produksjonsprosessen føre til oppkonsentrering av nukliden ^{210}Pb , og deretter ^{226}Ra . Ut ifra de maksimale verdiene for utslipp tilbake til 1. kvartal 2021 ser det ikke ut til at man overskrider tillatelsen for disse to nuklidene, men for alle de andre nuklidene, ^{40}K , ^{210}Po , ^{228}Ra , ^{228}Th , ^{230}Th , ^{232}Th , ^{234}U , ^{235}U and ^{238}U , overskrider man tillatelsen.

Modelleringsverktøyet ERICA er benyttet til å anslå påvirkning av biota i marint miljø. Det er satt en fortynningsfaktor som er lik 1:10 000. Dette er et konservativt estimat. Utslippet er da under screeningverdien som ERICA har satt, som er lik 10 µSv/time, og det vurderes da at det ikke er noen negativ effekt på biota i maritimt miljø.

Stråledose til befolkningen fra inntak av fisk og fra støvet fra fosfatsanden anses som hhv. svært lav og neglisjerbar.

6 Referanser

- [1] Lov av 13. mars 1981 nr 6 om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven): med endringer, sist ved lov av 8. januar 1993 nr 20 (p. 32). (1993). Grøndahl Dreyer.
- [2] Brown, Alfonso, B., Avila, R., Beresford, N. A., Copplestone, D., Pröhl, G., & Ulanovsky, A. (2008). The ERICA Tool. *Journal of Environmental Radioactivity*, 99(9), 1371–1383. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2008.01.008>
- [3] ERICA-tool 2.0 - <https://erica-tool.com/>
- [4] Personlig kommentar, Petter Hellum, avd. leder vann og avløp, Porsgrunn kommune.
- [5] Staalstrøm, André (2013). Overvåking I forbindelse med rehabilitering av Knardalstrand rensenlegg. NIVA-rapport 6529-2013. Oslo.
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Effects of Ionizing Radiation on Plants and Animals at Levels Implied by Current Radiation protection Standards, Technical Reports, Series No. 332, IAEA, Vienna (1992).
- [7] US DoE (US Department of Energy) (2002). A graded approach for evaluating radiation doses to aquatic and terrestrial biota. Technical Standard DoE-STD-1153-2002. Washington DC, USA.
- [8] UNSCEAR (1996). Sources and effects of ionizing radiation. Report to the general assembly with scientific annex A/AC.82/R.54; United Nations: Vienna, Austria, 1996.
- [9] Development of ICRP's philosophy on the environment. A report of environmental protection: the concept and use of reference animals and plants. *Annals of the ICRP*, 38(4-6), 3–242. <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2009.04.002>
- [10] IAEA 2001. Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment, Safety Report Series No. 19.
- [11] PC-CREAM. National Radiological Protection Board. EUR 17791 EN (NRPB-SR296), United Kingdom (1997)
- [12] Methodology for assessing the radiological consequences of routine releases of radionuclides to the environment. Radiation Protection 7. Report EUR 15760 EN, Luxembourg (1995)
- [13] Clarke R.H. 1979, A model for short and medium range dispersion of radionuclides released to the atmosphere. N.R.P.B. report NRPB-R91
- [14] Smith JG and Simmonds JR (Editors) (2009) The methodology for assessing the radiological consequences of routine releases of radionuclides to the environment used in PC-CREAM 08®.



Tittel: Vurdering av stråledose og miljøkonsekvens fra deponering av lavradioaktivt materiale

Dokumentklasse:

Signaturer:

Author: Ingrid Helen Hauge 2022-11-18 09:17:02 (UTC+00:00)
ife.no\ingrid.hauge

Review Approval: Cato Christian Szacinski Wendel 2022-11-18 09:18:42 (UTC+00:00)
ife.no\Cato.Wendel

Content Approval: Marie Bourgeaux-Goget 2022-11-25 14:34:17 (UTC+00:00)
ife.no\Marie.Bourgeaux-Goget

**Kjeller**

Postboks 40, NO-2027 Kjeller

Besøksadresse

Instituttveien 18, Kjeller, Norway

Tel.: +47 63 80 60 00

Halden

Postboks 173, NO-1751 Halden

Besøksadresse

Os allé 5, Halden, Norway

Besøksadresse reaktor

Tistedalsgata 20, Halden, Norway

Tel.: +47 69 21 22 00