IFE/KR/F – 2008/147

Radiologisk undersökning i Himdalen 2007 - resultater av analyser efter 10 års drift av KLDRA

Institutt for energiteknikk

	KJELLER	HALDEN
Postadresse	NO-2027 Kjeller	NO-1751 Halden
Telefon	+47 63 80 60 00	+47 69 21 22 00
Telefax	+47 63 81 25 61	+47 69 21 22 01

Tilgjengelighet
Innskrenket

Rapportnummer
IFE/KR/F-2008/147

Dato
2009-04-29

Rapporttittel
Radiologisk undersökning i Himdalen 2007 - resultater av analyser efter 10 års drift av KLDRA

Revisjonsnummer

Oppdragsgiver
Statsbygg

Antall sider
26

Oppdragsgivers referanse

Antall eksemplar
30

Sammendrag

Kombinerat lager och deponi för låg- och medelaktivt avfall (KLDRA) i Himdalen blev invigt 1998. Vart femte år utförs ett övervakningsprogram där vegetation, grundvatten, bäckvatten och myrprofiler analyseras för att kontrollera att inget läckage av radioaktivitet kan konstateras. Denna rapport redovisar det utförda arbetet med 5-årskontrollen utförd i 2007.

Resultaterna visar att ingen radioaktivitet kan påvisas läcka till omgivningarna.

Vad gäller planerade utsläpp av dräneringsvatten från anläggningen under 2003-2007, visar analyser att aktiviteskoncentrationerna för alla analyserade nuklider ligger under detektionsgränserna för vad som kan mätas, alternativt under de pålagda aktionsgräserna.

Mätningar på luftfilter från anläggningen visar att det inte kan påvisas några utsläpp till luft.

Distribusjon

K. Bendiksen
E. S. Dugstad
B. Andresen
S. Backe
T. E. Bøe
Sikkerhetskomiteen

Statens strålevern (2)
Statsbygg

Skedsmo kommune
Fet kommune
Aurskog Høland kommune

Bibliotek
Arkiv (2)

Sammendrag:
Direktører
Prosjektledelse, Halden
Avdelingssjefer

Stikkord: Himdalen, KLDRA, radioaktivitet, overvåkning

	Navn	Dato	Signatur
Utarbeidet av	Paula Nunez	2009-04-29	
Kontrollert av	Elisabeth Strålberg	2009-04-29	
Godkjent av	Steinar Backe	2009-04-29	

Innehåll

1 Introduktion 1

2 Metodbeskrivning för övervakningssprogrammet 2007 1

2.1 Provtagning 1

2.1.1 Dräneringsvatten på KLDRA-anläggingen 4

2.1.2 Grundvatten 4

2.1.3 Bäckvatten 5

2.1.4 Ytvatten 5

2.1.5 Bäcksediment 5

2.1.6 Myrmaterial 6

2.1.7 Vegetation 6

2.1.8 Fisk, mjölk och vilt 6

2.2 Förbehandling och analys 7

2.2.1 Bäcksedimenter och myrprofiler 7

2.2.2 Vegetationsprover 7

2.2.3 Kött-, mjölk- och fiskprover 7

2.2.4 Vattenprover 8

2.2.5 Radiokemiska analyser 8

2.3 Värdering av resultat 8

3 Resultat övervakningsprogram 2007 9

3.1 Dräneringsvatten på KLDRA-anläggingen 9

3.2 Dricksvatten 10

3.3 Grundvatten från borrhål 11

3.4 Bäckvatten 12

3.5 Ytvatten 13

3.6 Bäcksediment 14

3.7 Myrmaterial 16

3.8 Vegetation 18

3.9 Fisk, mjölk och vilt 19

4 Utsläpp till luft och vatten från deponiet i Himdalen för perioden 2003-2007 21

4.1 Aktiv kum 21

4.2 Inaktiv kum 21

5 Konklusioner 22

6 Referanser 22

1 Introduktion

Kombinerat lager och deponi för låg- och medelaktivt avfall (KLDRA) i Himdalen blev invigt 1998. Institutt for Energiteknikk sköter driften av lagret och har bland sina uppgifter också ett uppdrag att utföra ett kontinuerligt kontrollprogram av eventuella utsläpp från lagret till luft och vatten. Årligt analyseras dräneringsvattnet från anläggningen och ytvattnet från omkringliggande tjärn,. Dessa resultat redovisas i den årliga utsläppsrapporten för IFE

I tillägg utförs vart femte år en grundligare kontroll där vegetation, grundvatten, bäckvatten och myrprofiler analyseras i tillägg till ovan nämnda vattenprover. Denna rapport, *Radiologisk undersökning i Himdalen 2007 - resultater av analyser efter 10 års drift av KLDRA*, redovisar det utförda arbetet med 5-årskontrollen utförd i Himdalen i 2007. I rapporten redovisas också resultaten från den årliga övervakningen utförd i 2007, dessa resultat är sedan tidigare redovisade i IFEs utsläppsrapport för 2007 [1].

I årets 5-årskontroll blev alla prover analyserade för valda, både människoskapta och naturliga, radioaktiva nuklider enligt de samma kriterierna som nämndes i 5-årsrapporten i 2002 [2] och i förundersökningen från 1996 [3].

Resultaten av analyserna jämföres i rapporten med värden erhållna under den kartläggande studien av Himdalen från 1996 där man fastställde bakgrundsnivån för olika valda nuklider [3], samt i vissa fall med dosgränser och aktionsgränser fastsällda i Sikkerhetsrapporten for KLDRA Himdalen, sida 97 [4]. Dessa gränser syftar till att säkerställa att publikum inte får mer än 1µSv årligen från deponiets totala verksamhet.

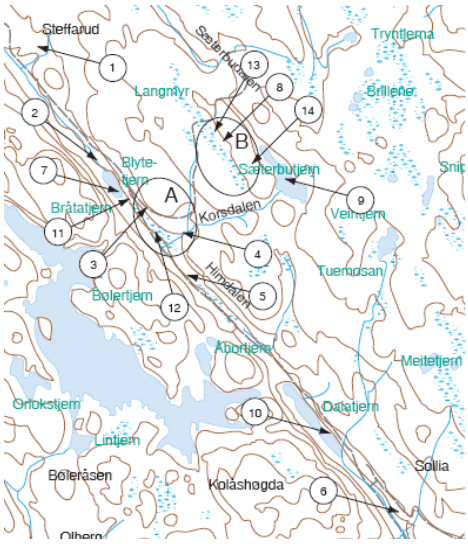
I enlighet med Sikkerhetsrapporten for KLDRA Himdalen [4] skulle det efter en driftsperiod på 5 år värderas om kartläggningsprogrammet från 1996 skulle upprepas. Denna värdering har inte färdigställts och därför är 2007s undersökning med få undantag en upprepning av kartläggningsprogrammet från 1996. Ett separat brev till Statens strålevern vill sändas in med förslag till reviderad övervakningsprogram.

I kapitel 4 i denna rapport redovisas tal för de faktiska utsläppen från Himdalendeponiet under perioden 2003-2007, uppmätta genom analys av utsläppt dräneringsvatten samt analys av luftfilter från anläggningen.

2 Metodbeskrivning för övervakningssprogrammet 2007

2.1 Provtagning

I området runt deponiet blev det i karsläggsningsundersökningen från 1996 [3] definerade två områden av intresse för provtagning av vegetation, område A och B enligt figur 1 nedan:



Figur 1 Karta över området rund Himdalendeponiet samt definerade provtagningslokaliteter

I tillägg definierade flera olika lokaliteter för provtagning av bäckvatten, bäcksediment samt myrprofiler: lokalitet 1-6 samt 11-14. Dessa kan också ses i figur 1.

Grundvatten bestämdes att tas från flera olika gårdar nedströms från deponiet i Himdalen, se figur 2 nedan.

Figur 2 Provtagningspunkter för dricksvatten i Himdalen

Man borrade också ett antal borrhål i fjället runt deponiet för provtagning av grundvatten därifrån.

I alla dessa ovan nämnda områden fastställde man bakgrundsnivån av naturligt förekommande och människoskapt radioaktivitet. Den människoskapta radioaktiviteten härstammar från provsprängningar av atomvapen och från nedfall efter Tjernobylolyckan i Ryssland. Med bakgrund i det och med bakgrund i vilka nuklider man tänkt deponera i Himdalen beslutade man att koncentrera sig om att analysera

proverna för följande nuklider:

^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239,240}Pu$, ^{60}Co, ^{226}Ra samt ^{238}U

I årets provtagning höll man sig till de samma definerade områdena och nukliderna för att ha jämförelsevärden för resultaten av analyserna. Det vill värderas i framtiden om kontrollprogrammet ska förändras med avseende på antal olika prover, provtagningsfrekvens osv, men för nuvarande följdes samma program som i kartläggningsstudien från 1996 i brist på en förhandsgodkänd ny ordning.

Provtagningen föregick under två omgångar i 2007, en omgång under våren och en under hösten, för att bättre visa helårsstatus för området rund deponiet. Se tabell 1 för en fullständig översikt över provtagningen.

Tabell 1 Översikt över provtagningen

Beteckning	**Plats**	**Vår**	**Höst**
Fisk	Dalatjern, Vinlandtjern		**x**
Mjölk	Torud gård		**x**
Elgkjött och ben	Himdalen		**x**
Sopp	A+B		**x**
Bäckvatten	Lok1, 2, 3, 4, 5 och 6	**x**	**x**
Bäcksediment	Lok1, 2, 3, 4, 5 och 6	**x**	**x**
Ytvatten	Blytetjern, Dalatjern, Lomtjern, Sæterbutjern	**x**	**x**
Myrgräs	A, B	**x**	**x**
Myrprofil	Lok11, 12, 13 och 14	**x**	**x**
Lav	A, B	**x**	**x**
Granskott	A, B	**x**	**x**
Björkblad	A, B	**x**	**x**
Blåbärris	A, B	**x**	**x**
Blåbär	A, B		**x**
Grundvatten - borrhål	Runt deponiet		**x**
Grundvatten - dricksbrunnar	Himdalen		**x**
Grundvatten - deponibrunn	Inne i deponiet		**x**

Provtagningen av vegetation, bäckvatten, bäcksedimenter, ytvatten och fisk blev utförd av avdelningen för Miljø- og strålevern på IFE, medan provtagning av grundvatten från borrhål och dricksvattenbrunnar blev utförd av Multiconsult AS.

Nedan följer korta beskrivningar av provtagningen av de olika proverna.

2.1.1 Dräneringsvatten på KLDRA-anläggingen

Dräneringsvatten från deponiet erhålls från tre olika system, dessa benämns aktivt, inaktivt och utvändig kum. Den så kallade aktiva kummen samlar allt dräneringsvatten från sarkofagerna. Inaktiv kum samlar upp vatten utanför sarkofagerna. Utvändig kum samlar dräneringsvatten från deponitunneln utanför hallarna.

Provtagningen från aktiv och inaktiv kum görs från stora behållare som samlar dräneringsvattnet, se figur 3. Provvolymen var drygt 5 liter per prov.

Figur 3 Provtagning av inaktiv kum

Provtagning av utvändigt kum görs genom en kran nere i avlopssbrunnen, se figur 4. Provvolymen var drygt 3 liter pga brist på mer provmaterial.

Figur 4 Provtagning av utvändig kum

2.1.2 Grundvatten

Grundvatten togs från borrhåll ovanför deponiet, från en dricksvattenbrunn inne i deponiet, samt från dricksvattenbrunnar i privata ägor nedströms från deponiet. Provvolymen var drygt 5 liter per prov.

Figur 5 Logn Gård

Borrhålsproverna togs med hjälp av pumpar medan resterande prover togs från vanliga kranar. Se figur 6 till 7.

Figur 6 Borrhål 3

Figur 7 Borrhål H

En del av borrhålen saknade lock, vilket kan leda till att vattnet man provtog inte blir reprensentativt för grundvattnet men istället för regnvatten som runnit ner i borrhålet.

2.1.3 Bäckvatten

Bäckvattenprover togs från bäckar i lokaliteterna 1-6. Provvolymen var drygt 5 liter.

2.1.4 Ytvatten

Ytvattenprover togs från Blytetjern, Dalatjern, Sæterbrutjern samt Lomtjern. Provvolymen var drygt 5 liter.

2.1.5 Bäcksediment

Bäcksedimenter togs från lokaliteterna 1 till 6. Proverna samlades in genom bruk av Eijkelkamp vridborr med diameter 7 cm, se figur 8.

Figur 8 Eijkelkamp vridborr

2.1.6 Myrmaterial

Mymaterial samlades från lokaliteterna 11 och 12. Proverna samlades in genom bruk av Eijkelkamp vridborr med diameter 7 cm, se figur 8.

2.1.7 Vegetation

Vegetationsprover samlades i områdena A och B. Proverna togs som samleprover över hela området.

Proverna hölls fria från krysskontamination från jord och andra arter genom att klippas loss med sax och läggas varje art för sig i lufttäta behållare, se figur 9.

Figur 9 Vegetationsprover

Dessutom togs en del särskilda hänsyn vid provtagningen:

- Tallskott plockades från de yttersta delarna av grenen för att provmaterialet skulle blir reprensentativt för eventuella intag av radionuklider som växten haft under de senaste åren.

- Vid provtagning av svamp valdes i den mån det gick ätliga svampsorter för att få representativa prover av den svamp som konsumeras av människor i Himdalen.

- Lav provtogs från ytor som var platta och jämna för att undvika provmaterial som kan ha blivit krysskontaminerad av regnvatten som fallt på andra växter/jord först.

2.1.8 Fisk, mjölk och vilt

Fiskprover erhölls från Dalatjern och Vinlandtjern genom fiskning med nät. De utvalda fiskarna var gädda och aborre. Aborren delades upp i ben och kött för att ge mer information om hur stora koncentrationer av radionuklider det är i den delen som äts av människor.

Halvor Johnsen donerade en prov till analys på älgkött och ben från en älg skjuten i Himdalen.

Mjölken provtogs på Bjørkeflåten gård från en samlingsbehållare med mjölk. Proven anses därför representativ för den genomsnitliga mjölken från gården.

2.2 Förbehandling och analys

2.2.1 Bäcksedimenter och myrprofiler

Bäcksedimenter och myrprofiler blev delade i segmenter om 5 cm med avseende på provtagningsdjup. Alla segmenter blev torkade till konstant vikt vid 105 °C och därefter homgeniserade.

Från det torkade provet togs ett uttag till ett högupplösligt gammaspektrometri. Detta uttag lades i tät behållare och fick stå orört i ca 3 veckor innan analysen utfördes. På så sätt fås radioaktiv jämvikt i behållaren, vilket innebär att det är lika aktivitet av ^{226}Ra till och med ^{210}Po i ^{238}U-serien. Vid tolkning av gammaspektrometrin används så aktiviteten av dotternukliderna ^{214}Pb och ^{214}Bi som eqvivalent för aktiviteten av ^{226}Ra.

Med gammaanalysen detekterades förutom ^{226}Ra också nukliden ^{137}Cs.

Därefter slog man samman vår- och höstproverna från område A och B till samlingsprover för segment 0-5 cm för myprofilerna och segment 0-5 cm samt 5-10 cm för bäcksedimenterna. Proverna föraskades vid 450 °C . Ur de föraskade proverna togs uttag till radiokemiska analyser av ^{90}Sr och ^{239,240}Pu.

2.2.2 Vegetationsprover

Alla biologiska prover blev torkade till konstant vikt vid 105 °C och därefter homogeniserade. Från det torkade provet togs ett uttag till ett högupplösligt gammaspektrometri på samma sätt som för ovan nämna prover, för detektion av ^{137}Cs och ^{226}Ra.

Därefter blev höst- och vårproverna för både område A och B sammanslagna och föraskade vid 450 °C. Ur de föraskade proverna togs uttag till analyser av ^{90}Sr och ^{239,240}Pu.

Undantag från ovan beskriva prosedyr var proverna av blåbär som föraskades innan gammaanalysen samt svampproverna som slogs ihop för område A och B innan gammaanalysen. Sammanslagningen av svampproverna gjordes på grund av den dåliga tillgången på svamp under 2007 och de små provmägderna som detta medförde.

2.2.3 Kött-, mjölk- och fiskprover

Alla fisk- och älgköttprover blev separerade i en kött/fiskkött-del och en ben/fiskben-del med undantag för gädda som blev behandlad som endast ett prov. Proverna blev så torkade till konstant vikt vid 105 °C och därefter föraskade och homogeniserade. Från det förskade provet togs ett uttag till ett högupplösligt gammaspektrometri för detektion av ^{137}Cs.

Ur de föraskade proverna togs uttag till radiokemiska analyser av ^{90}Sr och ^{239,240}Pu samt ^{238}U.

Mjölkproven mättes utan förbehandling med gammaspektrometri för detektion av ^{137}Cs. Därefter torkades proven in vid 105 °C innan den föraskades. Ur den föraskade proven togs så ett uttag för radiokemisk analys av innehållet av ^{90}Sr.

2.2.4 Vattenprover

Alla flytande prover filtrerades genom ett 0,45 µm-filter. Därefter förångades proverna från ca 5 L provtagningsvolym till ca 445 mL. Genom att uppkoncentrera proverna på det här sättet erhålles en lägre detektionsgräns.

Detektion av ^{137}Cs och ^{60}Co utfördes med högupplösligt gammaspektrometri. Ur de uppkoncentrerade proverna togs så ett uttag till radiokemiska analyser för ^{239,240}Pu, ^{90}Sr, ^{226}Ra samt ^{238}U.

2.2.5 Radiokemiska analyser

Analys av ^{239,240}Pu och ^{238}U utfördes genom kemisk separation och påföljande detektion med alfaspektrometer. Detta var en förändring jämfört med föregående analyser av prover från Himdalen, där aktivitetskoncentrationen av ^{238}U blivit anlyserad genom neutronaktivering.

Analys av ^{90}Sr utfördes genom kemisk separation och påföljande detektion av ^{90}Y i låg-bakgrundsbetakammare.

Analys av ^{226}Ra hos vattenproverna utfördes genom en kemisk separation och påföljande detektion med alfaspektrometer. Det förväntades lägre detektionsgränser för ^{226}Ra genom bruk av alfaspektrometri jämfört med den tidigare använda gammaspektrometri.

2.3 Värdering av resultat

Alla erhållna resultat av aktivitetskoncetrationer, utom de för dräneringsvatten, jämföres med värden erhållna i kartläggningsstudien i Himdalen från 1996 [3] samt i vissa fall med data från relevant literatur.

Resultat för dräneringsvatten jämföres med aktionsgränser och dosgränser fastställda i Sikkerhetsrapporten for KLDRA Himdalen, sida 97 [4]. Dessa gränser i aktiviteskoncentration i vattnet är satta för att säkerställa att publikum maximalt får 1 µSv årligen från deponiets totala verksamhet. Beräkningarna som ligger till grund för aktionsgränserna baserar sig på en antagen konsumption av 1 liter dräneringsvatten dagligen och är utförda på de mest relevanta nukliderna. Doskoefficienter har hämtas ur ICRP 67 [5].

3 Resultat övervakningsprogram 2007

Nedan presenteras alla analysresultat för proverna tagna i och runt Himdalendeponiet i 2007. Resultaterna presenteras uppdelade efter provtyp samt efter naturlig och människoskapt radioaktivitet.Alla analysresultat anges för järmförbarhetens skull i Bq/kg torr prov eller Bq/liter okoncentrerat prov.

Mätosäkerhet och detektionsgränser varierar med provets storlek, aktiviteskoncentration, hur länge detektionen pågått och kvaliteten på utrustning som användts. Den redovisade mätosäkerheten är en utvidgad mätosäkerhet med täckningsfaktor k=2, vilket ungefär motsvarar ett 95 % konfidensintervall.

3.1 Dräneringsvatten på KLDRA-anläggingen

Koncentrationerna av ^{137}Cs och ^{90}Sr var för alla prover lägre än aktionsgränserna för extern dräneringsvatten beskriva i Sikkerhetsrapporten for KLDRA Himdalen [4], som är 0,2 Bq/liter for ^{137}Cs och 0,08 Bq/liter för ^{90}Sr. Aktionsgränserna är satta för att publikum inte ska kunna få mer än 1µSv årligen från deponiet och det förutsättes i beräkningarna att man har ett intag på 1 liter dräneringsvatten dagligen. Se tabell 2 för resultat av årets provtagning.

För den uppmätta koncentrationen av ^{60}Co i aktiv kum kan man på samma sätt som i Sikkerhetsrapporten for KLDRA Himdalen [4] beräkna hur stor dos publikum vill få från deponiet vid intag av 1 liter dräneringsvatten dagligen under ett år. Med antagen dosomvandlingsfaktor på $3{,}4 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq vid oralt intag av ^{60}Co [5] erhålles en effektiv intecknad dos på 0,21 µSv vid konsumption av dräneringsvatten från aktiv kum, vilket alltså ligger under den fastställda gränsen på 1µSv. Observera att den reella publikumdosen som kan förväntas vill bli lång mindre, på grund av förtunningseffekten som uppstår vid utsläpp av dräneringsvattnet.

Den uppmätta koncentration av ^{239,240}Pu var lägre än den fastställda gränsen för minsta detekterbara mängd som man la till grund för i övervakningsprogramet, och som var på 0,01 Bq/liter [6].

Tabell 2 Innehåll av människoskapt radioaktivitet i dräneringsvattnet från Himdalenanläggningen. Alla värden är givna i Bq/liter.

Beskrivning	**^{137}Cs**	**^{90}Sr**	**^{239,240}Pu**	**^{60}Co**
Aktiv kum	≤ 0,05	≤ 0,0009	0,0052 ± 0,0004	0,17 ± 0,06
Inaktiv kum	≤ 0,006	≤ 0,0012	≤ 0,00009	≤ 0,009
Utvändig kum	≤ 0,011	≤ 0,0006	≤ 0,00007	≤ 0,012

Man kan observera att innehållet av naturliga radionuklider var på samma nivå som det man finner i vattenprover från naturen (jmf dricksvattenresultat i kartläggnings-undersökningen från 1996 [3]), se tabell 3.

Tabell 3 Innehåll av naturlig radioaktivitet i dräneringsvatten från Himdalenanläggningen. Alla värden är givna i Bq/liter.

Beskrivning	**^{226}Ra**	**^{238}U**
Aktiv kum	0,0045 ± 0,0008	0,041 ± 0,007
Inaktiv kum	≤ 0,0006	0,19 ± 0,04
Utvendig kum	0,0073 ± 0,0006	0,151 ± 0,026

Analysmetoderna för detektion av ^{226}Ra och ^{238}U ändrades i denna undersökning från att ha varit utförda med hjälp av högupplöslig gammaspektrometri respektive neutronaktivering till att utföras genom radiokemiska analyser. Detta gav förändringar i minsta detekterbara mängd som kan detekteras.

3.2 Dricksvatten

Innehållet av människoskapta nuklider i dricksvattenbrunnarna låg för de flesta proverna under detektionsgränserna och för övrigt på nivåer jämförbara med med dessa, se tabell 4 nedan.

Ett enda resultat skiljer sig ut, nämligen den uppmätta aktivitetskoncentrationen av ^{137}Cs från Grorud gård. Detta högre värde skylles mest troligt inte utsläpp från deponiet, då det i sådant fall borde varit observerade högre aktivitetskoncentrationer även i andra drickvattenbrunnar i kontrollprogrammet nedströms från Himdalendeponiet, jmf figur 2. Troligtvis skylles det höga resultatet naturlig variation i ^{137}Cs-depostion efter nedfall från provsprängningar på 60-talet och Tjernobylolyckan, samt dess varierande utläckning till grundvatten från jordytan.

Tabell 4 Innehåll av människoskapt radioaktivitet i dricksvatten från brunnar på och i närheten av Himdalenanläggningen. Alla värden är givna i Bq/liter.

Beskrivning	**^{137}Cs**	**^{90}Sr**	**^{239,240}Pu**	**^{60}Co**
Gnr./br.nr. 85/1 v/ Hans Petter Haugen	≤ 0,010	≤ 0,0010	0,00005 ± 0,00004	≤ 0,011
Gnr./br.nr. 70/9 v/ Nina Ringstad	≤ 0,005	≤ 0,005	0,00007 ± 0,00004	≤ 0,008
Logn gård, gnr./br.nr. 88/3, 9, v/Reidar Granerud	≤ 0,04	≤ 0,0009	≤ 0,00006	≤ 0,03
Vinland gård, gnr./br.nr. 70/1, v/Ingebjørg Brændholen	≤ 0,005	≤ 0,0007	≤ 0,00004	≤ 0,004
Dreierstad, gård gnr./br.nr. 88/11 v/ Roy Nilsen	≤ 0,015	≤ 0,0015	≤ 0,00010	≤ 0,014
Grorud gård, gnr./br.nr. 90/3 v/John Bunes	0,17 ± 0,04	≤ 0,0010	≤ 0,00003	≤ 0,05
Brunn inne i deponiet	≤ 0,022	0,0009 ± 0,0005	≤ 0,00004	≤ 0,021

De observerade nivåerna för naturlig radioaktivittet var som förväntade i dricksvatten, se tabell 5.

Tabell 5 *Innehåll av naturlig radioaktivitet i dricksvatten från brunnar på och runt Himdalenanläggningen. Alla värden är givna i Bq/liter.*

Beskrivning	**^{226}Ra**	**^{238}U**
Gnr./br.nr. 85/1, v/Hans Petter Haugen	0,072 ± 0,007	0,016 ± 0,004
Gnr./br.nr. 70/9, v/ Nina Ringstad	0,0028 ± 0,0007	0,049 ± 0,009
Logn gård, gnr./br.nr. 88/3, 9, v/Reidar Granerud	0,00121 ± 0,00029	0,024 ± 0,005
Vinland gård, gnr./br.nr. 70/1, v/Ingebjørg Brændholen	0,0123 ± 0,0014	0,127 ± 0,023
Dreierstad, gård gnr./br.nr. 88/11, v/Roy Nilsen	0,0030 ± 0,0004	0,20 ± 0,05
Grorud gård, gnr./br.nr. 90/3, v/John Bunes	0,0073 ± 0,0007	0,046 ± 0,009
Brunn inne i deponiet	0,00335 ± 0,00026	0,057 ± 0,010

3.3 Grundvatten från borrhål

Aktivitetskoncentrationerna av människoskapta och naturliga radionuklider var som förväntat i grundvattenproverna från borrhål, se tabell 6 och 7. Resultaten kan sammanliknas med de i dricksvatten från grundvattenbrunnar provtagna i kartläggningsstudien 1996 i Himdalen [3].

Tabell 6 *Innehåll av människoskapt radioaktivitet i grundvatten från borrhål runt Himdalenanläggningen. Alla värden är givna i Bq/liter.*

Borrhål	**^{137}Cs**	**^{60}Co**	**^{90}Sr**	**^{239,240}Pu**
3	≤ 0,010	≤ 0,009	0,0027 ± 0,0005	≤ 0,00006
H*	≤ 0,011	≤ 0,010	0,00080 ± 0,00029	≤ 0,000017
G	≤ 0,015	≤ 0,013	≤ 0,00025	≤ 0,00004

***** Borrhålet saknade lock, vilket kan betyda att det provtagna vattnet delvis bestod av regnvatten

Tabell 7 *Innehåll av naturlig radioaktivitet i grundvatten från borrhål runt Himdalenanläggningen. Alla värden är givna i Bq/liter.*

Borrhål	**^{226}Ra**	**^{238}U**
3	0,0012 ± 0,0003	0,00023 ± 0,00011
H	0,023 ± 0,004	0,0038 ± 0,0010
G	0,0016 ± 0,0004	0,0025 ± 0,0009

***** Borrhålet saknade lock, vilket kan betyda att det provtagna vattnet delvis bestod av regnvatten

Observera att analysen av ^{226}Ra och ^{238}U i denna undersökning gjordes genom kemisk separation och påföljande detektion genom alfaspetrometri och inte som i tidigare undersökningar genom högupplösligt gammaspektrometri respektive neutronaktivering.

3.4 Bäckvatten

Innehållet av människoskappta radionuklider i bäckvatten var under detektionsgränsen för de flesta prover och för övrigt på jämförbara nivåer med kartläggningsresultaten från 1996 innan deponiet byggdes [3], se tabell 8.

Två prover uppvisar små uppmätta kvantiteter av ^{137}Cs, se tabell 8. De uppmätta utsläppen av ^{137}Cs i dräneringsvatten från 2003 av 0,14 Bq/liter (se kapitel 4) kan inte förklara dessa resultat i bäckvatten, då detta skulle innebära att utsläppen inte späts ut i bäckvattnet 4 år efter utsläppet. Resultaten i bäckvatten måste därför förklaras av naturlig variation av depositionen av ^{137}Cs efter provsprängningar på 60-talet och efter Tjernobylolyckan.

Tabell 8 *Innehåll av människoskapt radioaktivitet i bäckvatten runt Himdalenanläggningen. Vår och höstprover blev sammanslagna innan analys av ^{239,240}Pu och ^{90}Sr utfördes. Alla värden är givna i Bq/liter.*

Lokalitet	**^{137}Cs**		**^{60}Co**		**^{239,240}Pu**	**^{90}Sr**
	Vår	**Höst**	**Vår**	**Höst**		
1	≤ 0,016	0,15 ± 0,04	≤ 0,013	≤ 0,05	≤ 0,00007	0,0063 ± 0,0007
2	≤ 0,017	≤ 0,016	≤ 0,016	≤ 0,013	0,00021 ± 0,00016	0,0061 ± 0,0006
3	≤ 0,06	0,15 ± 0,04	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,007	0,0082 ± 0,0008
4	≤ 0,020	≤ 0,020	≤ 0,016	≤ 0,023	≤ 0,00004	0,0066 ± 0,0007
5	≤ 0,011	≤ 0,016	≤ 0,013	≤ 0,017	≤ 0,000020	0,0069 ± 0,0007
6	≤ 0,007	≤ 0,021	≤ 0,006	≤ 0,013	≤ 0,00006	0,0054 ± 0,0006

Innehållet av naturliga radionuklider var som förväntat i bäckvattenproverna, se tabell 9. Observera att analysen av ^{226}Ra och ^{238}U i denna undersökning gjordes genom kemisk separation och påföljande detektion genom alfaspetrometri och inte som i tidigare undersökningar genom högupplösligt gammaspektrometri respektive neutronaktivering.

Tabell 9 *Innehåll av naturlig radioaktivitet i bäckvatten runt Himdalenanläggningen. Vår och höstprover blev sammanslagna innan analys av ^{238}U och ^{226}Ra utfördes. Alla värden är givna i Bq/liter.*

Lokalitet	^{234}U	^{226}Ra
1	0,0026 ± 0,0005	0,00082 ± 0,00016
2	0,0039 ± 0,0010	0,00097± 0,00015
3	0,0059 ± 0,0010	0,00177 ± 0,00013
4	0,0066 ± 0,0011	0,00264 ± 0,00018
5	0,0037 ± 0,0007	0,00232 ± 0,00026
6	0,0027 ± 0,0005	0,00110 ± 0,00010

3.5 Ytvatten

Två prover uppvisar små uppmätta kvantiteter av ^{137}Cs, se tabell 10. De uppmätta utsläppen av ^{137}Cs i dräneringsvatten från 2003 av 0,14 Bq/liter (se kapitel 4) kan inte förklara dessa resultat i ytvatten, då detta skulle innebära att utsläppen inte späts ut 4 år efter utsläppet. Resultaten i ytvatten måste därför förklaras av naturlig variation av depositionen av ^{137}Cs efter provsprängningar på 60-talet och efter Tjernobylolyckan.

Vad gäller ^{60}Co har det inte kunnat påvisas några aktivitetskoncentrationer över detektionsgränsen i utsläppt dräneringsvatten (se kapitel 4). Därför måste det antas att den uppmätta resultatet för Sæterbutjern (se tabell 10) skyls antingen en kontaminering av proven på labben eller ett överestimat vid bruk av gammaspektrometri på grund av till tider förhöjd bakgrund hos IFE (transporter förbi laboratoriet). En dosberäkning liknande den nämnt i kapitlet 3.1 för dräneringsvatten vill i tillägg visa att om man antar ett intag av 1 liter ytvatten per dag så blir den ackumulerade dosen på ett år mindre än den fastlagda gränsen på 1 µSv till publikum från Himdalendeponiet.

Övriga resultat för ytvatten var som förväntade och jämförbara med erhållna aktivitetskoncetrationer uppmätta i kartläggningsstudien från 1996 [3].

Tabell 10 *Innehåll av människoskapt radioaktivitet i ytvatten runt Himdalenanläggningen. Vår och höstprover blev sammanslagna innan analys av $^{239,240}Pu$ och ^{90}Sr utfördes. Alla värden är givna i Bq/liter.*

Lokalitet	^{137}Cs		^{60}Co		$^{239,240}Pu$	^{90}Sr
	Vår	Höst	Vår	Höst		
Blytetjern	0,11 ± 0,02	≤ 0,015	≤ 0,04	≤ 0,009	≤ 0,00020	0,0065 ± 0,0006
Lomtjern	0,120 ± 0,029	≤ 0,05	≤ 0,04	≤ 0,006	≤ 0,00006	0,0073 ± 0,0007
Sæterbutjern	≤ 0,04	≤ 0,011	0,11 ± 0,04	≤ 0,009	≤ 0,000022	0,0062 ± 0,0006
Dalatjern	≤ 0,008	≤ 0,04	≤ 0,009	≤ 0,034	≤ 0,00004	0,0053 ± 0,0006

Innehållet av naturliga radionuklider var som förväntat i ytvattenproverna, se tabell 11. Observera att analysen av ^{226}Ra och ^{238}U i denna undersökning gjordes genom kemisk separation och påföljande detektion genom alfaspetrometri och inte som i tidigare undersökningar genom högupplösligt gammaspektrometri respektive neutronaktivering.

Tabell 11 *Innehåll av naturlig radioaktivitet i ytvatten runt Himdalen-anläggningen. Vår och höstprover blev sammanslagna innan analys av ^{238}U och ^{226}Ra utfördes. Alla värden är givna i Bq/liter.*

Lokalitet	**^{238}U**	**^{226}Ra**
Blytetjern	0,0066 ± 0,0013	0,00102 ± 0,00010
Lomtjern	0,00105 ± 0,00026	0,00186 ± 0,00025
Sæterbutjern	0,00099 ± 0,00020	0,00046 ± 0,00010
Dalatjern	0,0027 ± 0,0005	0,00127 ± 0,00012

3.6 Bäcksediment

Nivåerna av ^{137}Cs i bäcksediment visar stor variation mellan proverna, men ligger på samma nivåer som i 1996 [3], se tabell 12. För de flesta lokaliteterna var aktivitetskoncentrationen som förväntat högst i de översta skikten och visar att ^{137}Cs har sitt ursprung i deposition från luften efter provsprängningarna på 60-talet och Tjernobylolyckan.

Tabell 12 *Innehåll av ^{137}Cs i bäcksedimenter runt Himdalenanläggningen. Alla värden är givna i Bq/kg torrvikt.*

Lokalitet	**Säsong**	**0 - 5 cm**	**5 - 10 cm**	**10 - 15 cm**	**15 - 20 cm**
1	vår	147 ± 7	54,5 ± 2,7	17,1 ± 2,8	-
	höst	39,1 ± 2,4	59 ± 5	4,0 ± 0,7	≤ 1,4
2	vår	136 ± 5	18,3 ± 0,9	6,8 ± 2,0	2,2 ± 0,8
	höst	72,2 ± 2,7	22,1 ± 1,8	10,9 ± 1,1	-
3	vår	5,6 ± 0,8	1,5 ± 0,4	-	-
	höst	29 ± 4	13,9 ± 1,5	≤ 2,2	≤ 4
4	Vår	25 ± 3	17,6 ± 1,1	7,8 ± 0,4	8,5 ± 0,8
	höst	21,1 ± 1,2	6,3 ± 1,0	4,2 ± 1,0	≤ 1,8
5	vår	64 ± 13	≤ 4	6,0 ± 1,9	-
	höst	30 ± 9	23 ± 5	≤ 4	≤ 4
6	vår	108 ± 6	105 ± 5	141 ± 5	24,4 ± 1,0
	höst	67 ± 3	98 ± 4	15,1 ± 1,5	≤ 1,2

”-” anger att provet saknas

Segment 0-5 cm av vår- och höstproverna blev sammanslagna för analys av ^{239,240}Pu och ^{90}Sr.

Innehållet av ^{90}Sr i bäcksedimenter var som förväntat och jämförbart med resultat från kartläggningen i 1996 [3].

Innehållet av ^{239,240}Pu var på samma nivå eller högre än det som blev upmätt i 1996 [3]. Resultat från analyser av utsläppt dräneringsvatten i 2003 och 2006 (se kapitel 4) visar aktiviteter på maximalt 1,3 Bq utsläppta totalt. Detta kan inte förklara de uppmätta resultaten i bäcksediment runt Himdalenanläggningen. Mest troligt skyls resultaten istället naturlig variation i aktivitetskoncentrationen av ^{239,240}Pu.

Tabell 13 *Innehåll av ^{90}Sr och ^{239,240}Pu i bäcksediment runt Himdalen-anläggningen. Alla värden är givna i Bq/kg torrvikt.*

Lokalitet	**^{90}Sr**	**^{239,240}Pu**
1	5,8 ± 0,6	2,7 ± 0,5
2	5,5 ± 0,6	4,33 ± 0,29
3	0,8 ± 0,3	0,45 ± 0,07
4	≤ 0,5	0,32 ± 0,07
5	15,0 ± 1,1	7,0 ± 0,9
6	2,2 ± 0,4	2,6 ± 0,5

Aktivitetskoncentrationerna av natruliga radionuklider var med få undantag som förväntat i bäcksedimenter och jämförbart med nivåerna från kartläggninsstudien i 1996 [3], se tabell 14.

I sedimentprofilen från lokalitet 4 blev det detekterat något högre nivå av ^{226}Ra än i tidigare undersökningar. Dock kan man observera att de högsta aktivitets-koncentrationerna finns i djupliggande skikt och inte i de översta som förväntat om ^{226}Ra fraktats dit av utsläpp till vatten från deponiet. Därför kan man anta att det förhöjda uppmätta aktivitetskoncentrationen av ^{226}Ra inte har sitt ursprung i Himdalendeponiet men istället är ett utslag av naturlig variation i ^{226}Ra-innehåll hos myrprofilerna.

Tabell 14 *Innehåll av ^{226}Ra i bäcksedimenter runt Himdalenanläggningen. Alla värden är givna i Bq/kg torrvikt*

Lokalitet	Säsong	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 15 cm	15 - 20 cm
1	Vår	40 ± 15	47 ± 6	38 ± 6	-
	Höst	59 ± 4	62 ± 6	36 ± 12	45 ± 6
2	Vår	38 ± 5	33 ± 7	52 ± 8	55 ± 4
	Höst	59 ± 8	85 ± 9	29 ± 4	-
3	Vår	54 ± 5	48 ± 6	-	-
	Höst	40 ± 11	18 ± 4	73 ± 21	35 ± 6
4	Vår	13 ± 3	21 ± 4	20 ± 4	25 ± 6
	Höst	30 ± 8	131 ± 25	187 ± 34	220 ± 35
5	Vår	≤ 26	≤ 10	≤ 8	-
	Höst	†	76 ± 16	†	79 ± 20
6	vår	≤ 9	19 ± 7	11 ± 4	18,1 ± 1,2
	höst	31 ± 7	51 ± 6	36 ± 4	24 ± 3

”-” anger att provet saknas
“†” anger att analysen av provet gick fel och att resultat därför inte kan presenteras

3.7 Myrmaterial

Aktiviteskoncentrationen av ^{137}Cs i de olika myrprofilerna visar stor variation men var på samma nivå som i kartläggningsundersökningen i 1996 [3], se tabell 15.

Tabell 15 *Innehåll av ^{137}Cs i myrprofiler runt Himdalenanläggningen. Alla värden är givna i Bq/kg torrvikt.*

Lokalitet	Säsong	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 15 cm	15 - 20 cm
11	Vår	210 ± 18	171 ± 13	15 ± 4	-
	Höst	120 ± 5	206 ± 13	91 ± 9	56 ± 5
12	Vår	100 ± 37	209 ± 20	182 ± 13	-
	höst	97 ± 13	119 ± 10	103 ± 9	119 ± 11
13	Vår	102 ± 9	85 ± 5	140 ± 10	119 ± 9
	Höst	109 ± 18	103 ± 13	58 ± 9	59 ± 18
14	vår	92 ± 11	48 ± 12	57 ± 7	55 ± 6
	Höst	63 ± 6	105 ± 10	55 ± 7	≤ 15

”-” anger att provet saknas

Segment 0-5 cm och 5-10 cm av vår- och höstproverna blev sammanslagna för analys av ^{239,240}Pu och ^{90}Sr. I tidigare Himdalenundersökningar har endast segment 0-5 cm användts men på grund av för små provmängder i årets undersökning tog man beslutet att ta med även segment 5-10 cm.

Aktivitetskonsentrationerna för ^{90}Sr var generellt lägre än de uppmätta aktiviteterna från 1996 [3] men på samma nivå som i 2002 [2], se tabell 16.

Aktivitetskoncentrationerna av ^{239,240}Pu var som förväntade och jämförbara med nivåerna från karläggningen i 1996 [3], se tabell 16.

Tabell 16 Innehåll av ^{90}Sr och ^{239,240}Pu i myrprofiler runt Himdalenanläggningen.Alla värden är givna i Bq/kg torrvikt.

Lokalitet	^{90}Sr	^{239,240}Pu
11	24,5 ± 1,8	0,98 ± 0,06
12	26,2 ± 2,0	1,66 ± 0,09
13	13,9 ± 1,0	0,101 ± 0,020
14	19,6 ± 1,5	0,50 ± 0,05

Aktivitetskoncentrationerna av natruliga radionuklider var som förväntat i myrprofilerna och jämförbart med nivåerna från kartläggninsstudien i 1996 [3], se tabell 17.

Tabell 17 Innehåll av ^{226}Ra i myrprofiler runt Himdalenanläggningen. Alla värden är givna i Bq/kg torrvikt

Lokalitet	Säsong	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 15 cm	15 - 20 cm
11	Vår	≤ 30	≤ 29	24 ± 5	-
	höst	29 ± 17	≤ 31	111 ± 21	≤ 20
12	vår	≤ 98	≤ 41	≤ 44	-
	höst	≤ 28	≤ 27	58 ± 15	≤ 24
13	vår	≤ 19	≤ 19	≤ 23	≤ 18
	höst	≤ 50	≤ 54	90 ± 16	≤ 40
14	vår	≤ 23	≤ 28	≤ 17	≤ 24
	höst	≤ 18	≤ 40	120 ± 14	64 ± 35

”-” anger att provet saknas

3.8 Vegetation

Innehållet av ^{137}Cs var som förväntat i de olika vegetationsproverna, se tabell 18. Man kan observera en stor variation i aktivitetskoncentrationen hos svamp, detsamma som också kunde konstateras i Himdalenundersökningen från 2002 [2] och som förväntas i enlighet med referenslitteratur [7].

Aktivitetskoncentrationerna av ^{90}Sr och ^{239,240}Pu var jämförbara med resultat erhållna i kartläggningsundersökningen från 1996 [3], se tabell 18. Vår- og höstprover från område A och B blev ihopslagna för varje art före analys av ^{90}Sr och ^{239,240}Pu för att få tillräckligt med material för kunna detektera dessa två nuklider, på samma sätt som i tidigare Himdalenundersökningar.

Tabell 18 Innehåll av ^{137}Cs, ^{90}Sr och ^{239,240}Pu i vegetation från områdena A och B (jfr. figur 1). Alla värden är givna i Bq/kg torrvikt.

Art/Provtyp	**^{137}Cs, område A**		**^{137}Cs, område B**		**^{90}Sr**	**^{239,240}Pu**
	Vår	**Höst**	**Vår**	**Höst**		
Myrull	199 ± 7	39,4 ± 2,9	186 ± 8	85 ± 4	8,0 ± 0,6	0,0070 ± 0,0012
Blåbärlyng	205 ± 7	67,0 ± 2,7	195 ± 6	146 ± 5	9,5 ± 0,7	≤ 0,0010
Blåbär †		203 ± 6		78,6 ± 2,3	73 ± 6	≤ 0,0029
Lav	169 ± 6	57,0 ± 1,8	82 ± 4	80 ± 4	6,3 ± 0,5	0,036 ± 0,006
Tallskott	64,3 ± 2,8	≤ 1,6	12,8 ± 1,4	75 ± 7	3,72 ±0,28	0,0009 ± 0,0004
Björkblad	49 ± 2	8,9 ± 1,2	74,2 ± 2,8	70 ± 7	39,5 ± 2,9	0,0034 ± 0,0010
Kremlor †		1090 ± 32			0,74 ± 0,07	≤ 0,004
Div. Matsvamp †		3248 ± 92				
Taggsvamp †		1819 ± 50			-	-

" † " anger att provet inte finns om våren och därför inte kunde provtas då.
" - " anger att analys inte har blivit utförd i enlighet med tidigare bedömningar i kartläggningsundersökningen från 1996

Observera att proverna för svamp från område A och B slagits ihop på grund av den dåliga tillgången under 2007 och de resulterande små provmägderna som detta medförde.

Aktivitetskoncentrationerna av naturliga radionuklider var som förväntat i vegetationsproverna och jämförbart med nivåerna från kartläggningsstudien i 1996 [3], se tabell 19.

Tabell 19 Innehåll av naturlig radioaktivitet i vegetation från områdena A och B. Alla värden är givna i Bq/kg torrvikt.

Art/Provtyp	**^{226}Ra, område A**		**^{226}Ra, område B**	
	Vår	**Höst**	**Vår**	**Höst**
Myrull	≤ 8	10 ± 4	≤ 8	≤ 8
Blåbärlyng	10 ± 3	≤ 4	4 ± 2	≤ 5
Blåbär †		1,9 ± 0,3		1,8 ± 0,5
Lav	≤ 5	≤ 2	≤ 4	≤ 4
Tallskott	≤ 4	14 ± 9	≤ 8	≤ 12
Björkblad	≤ 4	6,4 ± 2,7	≤ 3	≤ 11
Kremlor †		≤ 5		
Taggsvamp †		≤ 9		
Div. Matsvamp †		≤ 14		

" †" anger att provet inte finns om våren och därför inte kunde provtas då.
Observera att proverna för svamp från område A och B slagits ihop på grund av den dåliga tillgången under 2007 och de resulterande små provmägderna som detta medförde.

3.9 Fisk, mjölk och vilt

Innehållet av människoskapta radionuklider i fisk var jämförbart med det uppmätt i kartläggningsstudien i 1996 [3], se tabell 20. Resultaten för ^{137}Cs kan verka högre än tidigare uppmätt för aborre men detta beror på att det i kartläggningsstudien inte blev delat upp mellan fiskkött och fiskben. Tar man ett viktat medelvärde av årets resultat får man liknande tal som i 1996.

I älgkött och älgben uppmättes högre aktivitetskoncentrationer av ^{137}Cs än man gjorde i 1996, men på samma nivå som i undersökningen från 2002 [3]. Denna naturliga variation är förväntat i enlighet med referenslitteratur [8].

De uppmätta nivåerna av ^{239,240}Pu och ^{90}Sr var som förväntat i älgkött och älgben. Så som tidigare observeras en uppkoncentrering av ^{90}Sr i ben jämfört med kött.

Aktivitetskoncentrationen av ^{90}Sr i mjölk från Bjørkefløtten är jämförbar med uppmätta resultatet i både kartläggningsundersökningen från 1996 [3] och i kontroll-undersökningen från 2002 [2]. De uppmätta aktivitetskoncentrationerna är också i samma storleksodning som resulat från mjölkprover från gårdar i Skedsmo kommun, analyserade mellan 1998 och 2007 [1].

Tabell 20 *Innehåll av ^{137}Cs, ^{90}Sr och $^{239,240}Pu$ i prover av älg, fisk och komjölk från Himdalen. Alla värden utom för mjölk är givna i Bq/kg torrvikt. Resultaterna för mjölk är givna i Bq/liter.*

Provtyp	**Plats**	**^{137}Cs**	**^{90}Sr**	**$^{239,240}Pu$**
Abborrben	Dalatjern	171 ± 6	87 ± 7	≤ 0,03
Abborrben	Vinlandstjern	261 ± 10	43 ± 4	≤ 0,09
Abborrkjött	Dalatjern	257 ± 9	1,51 ± 0,29	0,014 ± 0,010
Abborrkjött	Vinlandstjern	442 ± 14	4,2 ± 0,5	≤ 0,012
Gädda (hel)	Dalatjern	491 ± 13	3,1 ± 0,4	≤ 0,010
Gädda (hel)	Vinlandstjern	272 ± 9	3,09 ± 0,29	≤ 0,011
Komjölk	Bjørkefløtten gård	≤ 0,6	0,0214 ± 0,0019	-
Älgkött	Himdalen	143 ± 4	0,21 ± 0,12	≤ 0,0025
Älgben	Himdalen	15,1 ± 0,9	59 ± 5	≤ 0,029

" - " anger att analys inte har blivit utförd i enlighet med tidigare bedömningar i kartläggningsundersökningen från 1996

Innehållet av ^{238}U i fisk har inte blivit analyserat i tidigare undersökningar i Himdalen. Resultaten är visar dock att alla aktivitetskoncentrationerna är under detektionsgränsen, se tabell 21.

Tabell 21 *Innehåll av ^{238}U i prover av älg och fisk från Himdalen. Alla värden är givna i Bq/kg torrvikt.*

Provtyp	**Plats**	**^{238}U**
Abborre ben	Dalatjern	≤ 0,09
Abborre ben	Vinlandstjern	≤ 0,06
Abborre kjött	Dalatjern	≤ 0,06
Abborre kjött	Vinlandstjern	≤ 0,020
Gädda	Dalatjern	≤ 0,009
Gädda	Vinlandstjern	≤ 0,029
Älgkött	Himdalen	≤ 0,011
Älgben	Himdalen	≤ 0,04

4 Utsläpp till luft och vatten från deponiet i Himdalen för perioden 2003-2007

Utsläpp till luft från Himdalendeponiet loggförs kvartalsvis genom mätning på luftfilter från deponiet. En genomgång av resultat för 2005-2007 visar att inga andra nuklider än radondöttrar kan påvisas vid mätning med natriumjodiddetektor. Det kan med andra ord inte påvisas några utsläpp till luft från anläggningen.

Dräneringsvatten från deponiet har släppts ut två gånger sen deponiet togs i drift, nämligen i 2003 [9], i samband med underhållsarbete på pumpar inne i behållarna och i 2006 [10], [11]. Båda gånger togs prover för att analysera aktiviteskoncentrationerna av ^{60}Co, ^{137}Cs, ^{90}Sr och ^{239,240}Pu i aktiv och inaktiv kum. Det senaste utsläppet av dräneringsvatten kontrollerades dessutom för ^{3}H. Provtagningen och analyserna genomfördes på samma sätt som beskrivet för vattenprover i kapitel 2.

4.1 Aktiv kum

Resultaten visar att det inte blev detekterade några aktivitetskoncentrationer över detektionsgränsen för ^{60}Co under något av åren 2003 [12] eller 2006 [11].

För ^{137}Cs blev det detekterat 0,14 Bq/liter i aktiv kum i 2003 [9] och under detektions-gränsen i 2006 [10]. Den totala mängden vatten till utsläpp i 2003 mättes dock inte exakt, men det blev noterat att behållaren innehöll lite vatten. Om man tolkar detta konservativt och antar att behållaren inte var fylld till mer än hälften och med vetskap om att den maximalt rymmer ca 8,8 m^3, kan man beräkna ett övre estimat av det totala utsläppta aktivitet av ^{137}Cs till ca 620 Bq.

För ^{90}Sr ger samma slags beräkning av aktiviteten i tanken ett övre estimat på ca 12 Bq i 2003 [12]. I 2006 uppmättes aktivitetskoncentrationen till 0,0024 Bq/liter [11] och med en känd tankvolym (det var en full tank) beräknas det totala utläppta aktiviteten av ^{90}Sr till 21 Bq.

Aktiviteten av ^{239,240}Pu som släpptes ut i 2003 estimeras på samma sätt som ovan till maximalt ca 0,4 Bq, baserat på en uppmätt aktivitetskoncentration på 0,00008 Bq/liter [12]. I 2006 uppmättes en aktivitetskoncentration på 0,00007 Bq/liter [11], som med känd tankvolym ger ett totalt utsläpp på ca 0,6 Bq.

Vad gäller utsläpp av ^{3}H uppmättes denna till ca 3,8 MBq i 2006 [10], genom en vätskescintillationsanalys. Analysen blev inte utförd i 2003.

4.2 Inaktiv kum

Utsläpp från inaktiv kum har endast utförts en gång sen Himdalendeponiet totgs i drift, nämligen i 2003 [9], i samband med underhållsarbete på en pump inne i behållaren. Den exakta volym vatten blev den gång inte mätt men det noterades att behållaren innehöll lite vatten. Om man tolkar detta konservativt kan man anta att behållaren inte var fylld till mer än hälften.

Resultaten från anlyserna utförda visar att det inte har kunnat detekteras några aktviteter över detektionsgränsen för varken ^{137}Cs eller ^{60}Co [9], [12].

För ^{90}Sr estimeras en övre gräns för den utsläppta aktiviteten till ca 19 Bq baserat på en uppmätt aktivitetskoncentration på 0,004 Bq/liter [12] och antagningar om tankvolym.

Den utsläppta aktiviteten av $^{239,240}Pu$ som släpptes ut i 2003 estimeras på liknande sätt till maximalt 0,3 Bq, baserat på en uppmätt aktiviteskoncentration av 0,00008 Bq/liter [12].

Proven analyserades inte för ^{3}H.

5 Konklusioner

Nivåerna av både människoskapt och naturlig radioaktvitet runt Himdalendeponiet efter 10 års drift var, med några få undantag närmare kommenterade i kapitel 3, på samma nivå som under kartläggningsstudien från 1996. Ingenting tyder därför på att det läcker ut radioaktivitet från anläggningen till omgivningarna.

Aktivitetskoncentrationerna av människoskapta nuklider var för alla vattenprover från Himdalens omgivning lägre än de fastställda aktionsgränserna som ska garantera att doserna till publikum inte överskrider 1 mikrosievert per år från deponiet och alltså i enlighet med pålagda krav för driften av Himdalenanläggningen [4].

Dräneringssytemen i deponiet har fungerat som planerat och förhindrar inträngande vatten från att komma i kontakt med det radioaktiva avfallet. Analyser av dräneringsvatten i alla tre uppsamlingsbehållare visar att de faktiska utsläppen blir ytterst små då vatten släpps ut i omgivningarna (så som i 2003 och 2006 då man tömde behållarna) och att aktiviteskoncentrationerna för alla de analyserade nukliderna vill ligga under detektionsgränserna för vad som kan mätas, alternativt under de pålagda aktionsgräserna.

Mätningar på luftfilter från anläggningen visar att det inte förekommer några mätbara utsläpp till luft.

Ett förslag till reviderad övervakningsprogram vill bli utarbetad och sänt till Statens strålevern i god tid före nästa 5-årskontroll.

6 Referanser

1. IFE, 2008. Kontroll av radionuklider i utslipp til luft og vann og i prøveobjekter fra IFE Kjellers omegn, Nitelva og Himdalen – Rapport for 2007. Institutt for energiteknikk. Kjeller 29 mars 2008.

2. IFE, 2004. Radiologisk undersøkelse i Himdalen 2002 - resultater av målinger etter 5 års drift av KLDRA. Institutt for energiteknikk. Kjeller 15 april 2004.

3. Varskog, Per og Bergan, Tone, 1998. Radiologisk kartlegging i Himdalen. Etablering av bakgrunnsnivå – resultater fra målinger før åpningen av KLDRA. IFE/KR/E-98/008. Kjeller 1997.

4. IFE, 1997. Drift av kombinert deponi og lager for lav- og middels radioaktivt avfall i Himdalen. Sikkerhetsrapport. Institutt for energiteknikk. Kjeller 11. juni 1997.

5. ICRP 67, 1993. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 2 Ingestion Dose Coefficients. ICRP Publication 67 volume 23 No. 3/4 1993.

6. Statens bygge- og eiendomsdirektorat, 1992. Deponi for lavt og middles radioaktivt avfall – Konsekvensutredning etter Plan- og byggningsloven, s55.

7. Lasse Aro, Agneta H. Plamboeck, Aino Rantavaara, Elisabeth Strålberg and Virve Vetikko, 2009. Sampling in forests for radionuclide analysis – General and practical guidance.

8. Statens næringsmiddeltilsyn, 2000. Radioaktivitet i næringsmidler, fisk og beitedyr 1996 – 1998. SNT-rapport 4, 2000. s 41

9. Utslipp av drensvann fra KLDRA Himdalen, Kjeller. Notat fra Aud Raaum, 2003-02-26

10. Utslipp av drensvann fra KLDRA Himdalen, Kjeller. Notat fra Elisabeth Strålberg, 2006-02-08

11. Utslipp av drensvann fra KLDRA Himdalen, Kjeller. Notat fra Elisabeth Strålberg, 2006-11-14

12. IFE, 2003. Kontroll av radioaktive stoffer i utslipp til luft og vann og i prøveobjekter fra IFE Kjellers omegn, Nitelva og Himdalen. Rapport for 2002. Institutt for energiteknikk. Kjeller 29. april 2003.