

Hva skjer over tid med radioaktiv forurensning i ørret etter Tsjernobyl-ulykken?

Høyfjellsinnsjøen Øvre Heimdalsvatn i Jotunheimen fikk relativt mye radioaktiv forurensning som følge av kjernekraftulykken i Tsjernobyl i 1986. Selv 36 år etter ulykken måles det radioaktivitet i vannet, fisken, sedimentene og vegetasjonen rundt.

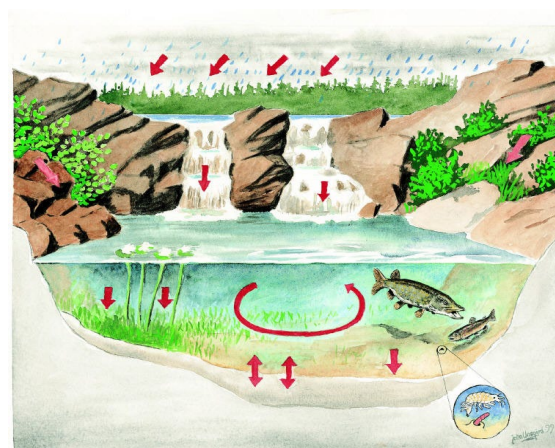


Øvre Heimdalsvatn ligger på 1100 moh. i den østlige delen av Jotunheimen, i Øystre Slidre kommune. Foto: John E. Brittain

Langtransportert forurensning

Tsjernobyl-ulykken er den mest alvorlige atomkraftverk-ulykken i verdenshistorien. Natt til 26. april 1986 eksploderte en av de fire reaktorene i atomkraftverket i dagens Ukraina, og enorme mengder radioaktivitet ble sluppet ut i atmosfæren. I dagene etter ulykken førte vinden radioaktive stoffer mot Norge. Områdene nordvest på Østlandet, nord i Trøndelag og sør i Nordland fikk mest radioaktivt nedfall. Grunnen til dette var at det regnet i disse områdene i dagene etter ulykken, og radioaktive stoffer falt ned på bakken med regn da den radioaktive skyen fra Tsjernobyl passerte over Norge. Radioaktive stoffer fra Tsjernobyl-ulykken førte til direkte nedfall over norske landområder og innsjøer. Etter hvert fikk de berørte innsjøene også tilførsel av radioaktiv

forurensning gjennom avrenning fra terrenget og elver rundt (Figur 1).



Figur 1. Transport og opptak av radionuklider i en typisk innsjø som viser de ulike prosesser som primær nedfall direkte på innsjøen, sekundær nedfall fra nedbørfeltet, og lagring og frigjøring fra innsjøsedimentene (fra Harbitz & Skuterud 1999).

36 år med forskning og overvåkning

Overvåkning av radioaktivitet i innsjøvann og ferskvannsfisk er spesielt viktig for å beskytte befolkningen mot radioaktive stoffer i mat og for å forstå hvordan radioaktiv forurensning tas opp og overføres i et ferskvannøkosystem (Tabell 1). Dette er grunnen til at tidligere forsker og professor John Edward Brittain ved Naturhistorisk museum ved Universitetet i Oslo har undersøkt nivåene av radioaktiv forurensning i høyfjellsinnsjøen Øvre Heimdalsvatn i Jotunheimen siden 1986. Hans langvarige og systematiske overvåkning av denne høyfjellsinnsjøen har gitt svar på hvordan nivåene av radioaktivt cesium i ørret har endret seg i løpet av disse 36 årene. I tillegg til utvikling av forurensning i ørret, har dette arbeidet avdekket viktige komponenter i et ferskvannøkosystem som påvirker nivåene i vann og opptak av radioaktivt cesium (cesium-137) i ferskvannsfisk i et langtidsperspektiv.



Innhenting av sedimentprøver i Øvre Heimdalsvatn som skal analyseres for radioaktivt cesium. Foto: J. E. Brittain/P. Brittain

Tabell 1. Fakta om radioaktivitet

Et radioaktivt stoff er et grunnstoff som har en ustabil atomkjerne som vil sende ut energi i form av stråling når de prøver å nå stabil tilstand.

Radioaktivitet måles i Becquerel (Bq).

Fysisk halveringstid er et mål på hvor lang tid det vil ta før aktiviteten til et radioaktivt stoff er halvert.

Økologisk halveringstid er et mål på hvor lang tid det tar før aktiviteten til et radioaktivt stoff er halvert i et gitt økosystem.

Radioaktive stoffer kan føre til biologiske skader i celler og DNA, noe som igjen øker risikoen for kreft.

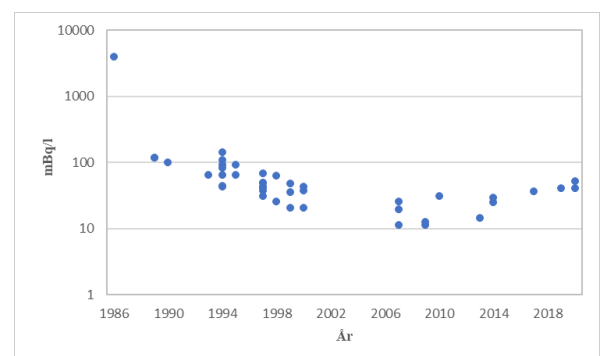
Radioaktivitet i vann

Det radioaktive nedfallet fra Tsjernobyl-ulykken la seg på innsjøisen og snøen i nedbørfeltet i de første ukene etter ulykken 26. april 1986. Under vårflom og isgang i slutten av mai og begynnelsen av juni 1986 ble radioaktive stoffer frigjort fra snøen og isen og endte opp i vannet. I juni 1986 ble det målt $3,9 \text{ Bq/m}^3$ av det radioaktive stoffet cesium-137 i vann fra Øvre Heimdalsvatn.



Transport av vannprøver fra Øvre Heimdalsvatn med helikopter og snøskuter. Foto: John Brittain.

I den første fasen skjedde det en forholdsvis rask nedgang i nivåene av cesium-137 i vannet. Dette skyldtes at de radioaktive stoffene i vannet ble sedimentert til bunnen av innsjøen og at det samtidig foregikk en transportert gjennom utløpet og videre nedover vassdraget. Etter få år ble dette etterfulgt av en periode med sakte nedgang av radioaktivitet i vannet som strakte seg over flere år (Fig. 2).

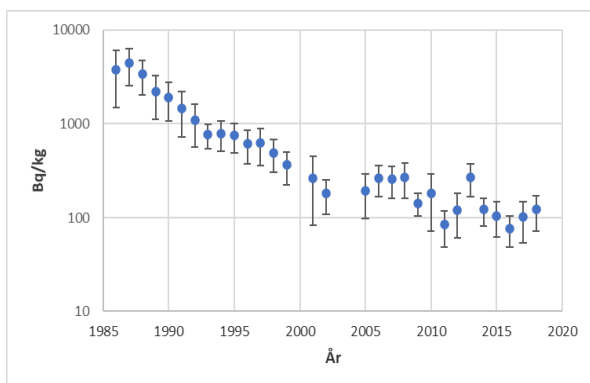


Figur 2. Langtidsutvikling av cesium-137 i vann fra Øvre Heimdalsvatn, 1986-2020.

Nedgang av cesium-137 i vannet er avhengig av forholdet mellom tilsig fra nedslagsfeltet, prosessene i innsjøen og den fysiske halveringstiden til cesium-137. Det er en tendens til økning i de senere årene, noe som kan være forårsaket av erosjon av det øverste jordlaget hvor radioaktive stoffer fra nedfallet ligger, transport av bakkersedimentene ut i innsjøen og avrenning fra myrområdene. Alt dette kan påvirkes av endret nedbørforhold og mildere høster med mer regn.

Radioaktivitet i fisk

Fisk er på toppen av innsjøens næringskjede og er av stor betydning som mat for mennesker. I tillegg er fiske en viktig fritidsaktivitet. I Øvre Heimdalsvatn er det målt konsentrasjon av radioaktivt cesium (cesium-134 og cesium-137) i de to fiskeartene ørret og ørekyt, men det er lagt særlig vekt på matfisken ørret. Da ulykken skjedde var Øvre Heimdalsvatn dekket med is og snø, som beskyttet ørreten i vannet. Da isen smeltet, økte radioaktivitetsnivåene i vannet (Figur 2). Dette ble tatt opp av krepsdyr, insektslarver og ørret.



Figur 3. Utvikling av cesium-137 i ørret fra Øvre Heimdalsvatn fra 1986 til 2018. Gjennomsnitt og standard avvik er angitt.

Opptak av radioaktivt cesium i fisk skjer gjennom næringskjeden. Dette er grunnen til at de høyeste nivåene i ørret først fant sted flere måneder etter nedfallet. Høyeste nivå av de radioaktive stoffene cesium-134 og cesium-137 ble målt i en ørret i slutten av september i 1986. Den inneholdt 12 500 becquerel per kg (Bq/kg) våtvekt. I gjennomsnitt var nivåene i ørret høsten 1986 nesten 5000 Bq/kg våtvekt. De påfølgende årene var det en rask nedgang av nivåene i vann, krepsdyr, insekter og ørret. I 1993 var gjennomsnittsnivåene av cesium-

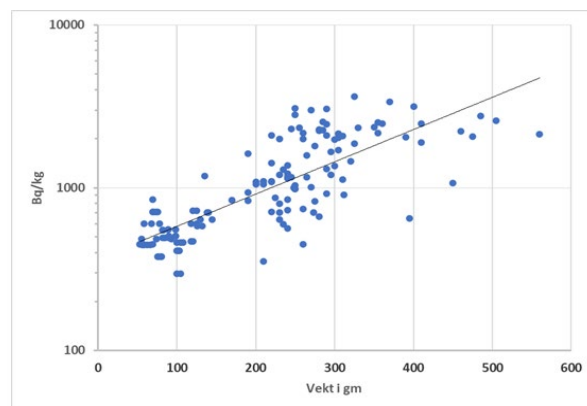
134 og cesium-137 i ørret under 1000 Bq/kg våtvekt. Siden 2001 har årlig gjennomsnitt av cesium-137 i 200-300 grams ørret, variert fra 76 til 270 Bq/kg våtvekt (Figur 3).

Størrelse og kjønn påvirker nivåene

Stor fisk har oftest høyere innhold av radioaktivt cesium enn mindre fisk (Figur 4). I tillegg har overvåkingen vist at hannfisk har generelt høyere nivåer enn hunnfisk. Det radioaktive stoffet cesium-134 er nå brutt ned, mens cesium-137 brytes ned sakte og finnes fortsatt i naturen. Den langsiktige trenden viser at nivåene av radioaktivt cesium i ørret fra Øvre Heimdalsvatn avtar med tiden.



Ørret på 1099 gram og 45 cm. Stor fisk har ofte høyere konsentrasjon av radioaktivt cesium enn mindre fisk. Foto: R. Borgstrøm

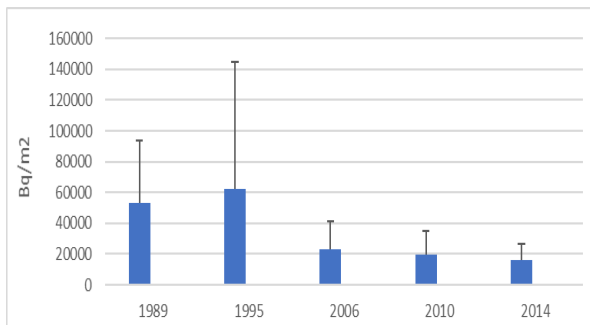


Figur 4. Forholdet mellom vekt av fisken og konsentrasjon av cesium-137 i ørret fra Øvre Heimdalsvatn i 1991. Trendlinjen har en R^2 -verdi på 0,630

Radioaktivitet i innsjøsedimentene

Det er gått 36 år siden ulykken og mesteparten av radioaktiviteten finnes nå i innsjøsedimentene. Tilført plantemateriale fra nedbørsfeltet bidrar fortsatt til tilførsel av radioaktivitet til Øvre Heimdalsvatn, siden vegetasjonen rundt innsjøen fortsatt inneholder radioaktivt cesium som er tatt

opp fra jorda. Blader av vier bidrar mest til tilførselen. De kompliserte bunnforholdene i denne innsjøen fører til at det ikke er en markert økning av radioaktivitet mot de dypeste delene av innsjøen.

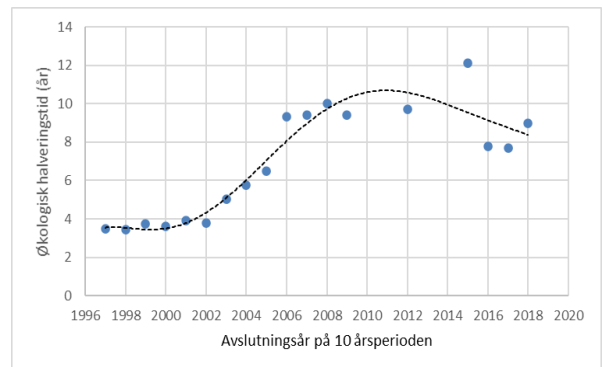


Figur 4. ¹³⁷Cs i innsjøsedimentene i perioden 1989-2014. Søylene viser gjennomsnitt med standard avvik. Stort standard avvik viser at det er store variasjoner mellom enkeltprøver.

Langvarig forurensning

I tiden etter 1986 og frem til rundt år 2000 var det en forholdsvis rask nedgang i nivåene av radioaktive stoffer i de ulike delene av økosystemet. Nivåene i ørret ble halvert med en hastighet på 3-4 år de 10-15 første årene etter ulykken. I perioden 1987-2013 var forholdet mellom cesium-137 i innsjøvannet og i ørret forholdsvis stabil. Konsentrasjon av cesium-137 i ørret (Bq/kg) var ca. 13 ganger høyere enn nivåene i innsjøvannet (Bq/m³). Etter rundt år 2000 skjer det bare mindre endringer av nivåene i ørret fra år til år. Nå tar det rundt 9 år før dagens nivåer i ørret er halvert.

Tilført plantemateriale fra nedbørfeltet bidrar til at radioaktivt cesium i innsjøen blir igjen tatt opp i næringskjeden og ender opp i ørreten. Slik sirkulerer forurensningen i vannet og fører til at nedgangen i ørret går mye saktere enn de første tiårene etter ulykken. Dette betyr at økologiske halveringstider ikke nødvendigvis er konstante over tid. I Øvre Heimdalsvatn var den økologiske halveringstiden for cesium-137 i ørret på 3-4 år de første 10-15 årene, men senere har halveringstiden økt til ca. 9 år (Figur 5).



Figur 5. Økologiske halveringstider for cesium-137 i ørret fra Øvre Heimdalsvatn basert på 10-års perioder fra 1987. Trendlinjen har en forklaringsprosent på 90 %.

Dagens grenseverdi for omsetning av ferskvannsfisk er på 3000 Bq/kg våtvekt. I noen forurensede områder kan man fortsatt finne ferskvannsfisk med nivåer opp mot grenseverdien. Grenseverdien for vill ferskvannsfisk er høyere enn for de fleste matvarer, som er 600 Bq/kg, siden de aller fleste av oss spiser lite vill ferskvannsfisk. Det er ikke noen risiko forbundet med å spise vill ferskvannsfisk fra forurensede områder i dag. Det har ikke vært sett noen negative effekter for livet i elver og innsjøer ved de nivåene av radioaktiv forurensning som finnes i Norge.

Finansiering

Prosjektet har fått økonomisk støtte fra Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA), gjennom program for overvåkning av radioaktiv forurensning i norske landområder og ferskvannssystemer som er finansiert av Klima- og miljødepartementet. Norges forskningsråd, Nordic Committee for Nuclear Safety Research (NKS), International Atomic Energy Agency (IAEA) og EUs Nuclear Fission Safety Programme har også gitt betydelige økonomiske bidrag til forskningen.

Referanse

Brittain, J.E. 2021. Hva skjer over tid med radioaktivt nedfall i naturen – kunnskap fra langtidsovervåking av Tsjernobyl-nedfallet på høyfjellsøkosystemet Øvre Heimdalsvatn. Universitetet i Oslo, Rapport nr. 101 42s. <https://www.nhm.uio.no/forskning/ressurser/publikasjoner/nhm-rapporter/nhm-rapport-101-2021.pdf>