



FOI MEMO

Projekt/Project
NESA

Sidnr/Page no
1 (6)

Projektnummer/Project no Kund/Customer
E4530 MSB

FoT-område

Inget FoT-område

Datum/Date

Memo nummer/Number

2020-02-03

FOI Memo 7017

Handläggare/Our reference

Annika Tovedal

Dricksvatten från ytvattentäkt efter ett radioaktivt nedfall – en sammanfattning

Annika Tovedal, Torbjörn Nylén

Sändlista/Distribution

Karl Östlund MSB

Titel/Title

Dricksvatten från ytvattentäkt efter ett radioaktivt nedfall – en sammanfattning

Memo nummer/Number

FOI Memo 7017

Inledning och arbetsmetod

Syftet med denna rapport är att ge handläggare på berörda myndigheter en kortfattad information om problematiken kring radioaktiva ämnen i dricksvatten efter ett radioaktivt nedfall. För mer information, se huvudrapporten *Dricksvatten från ytvattentäkt efter ett radioaktivt nedfall* [FOI-R--4930--SE]. Cirka hälften av Sveriges befolkning får sitt dricksvatten från ytvattenverk. Dricksvatten från ytvattentäkter riskerar att kontamineras när radioaktiva ämnen sprids i atmosfären och deponeras på mark och vatten. Två olika händelser har studerats. Det ena är en tankgenomsmältning (härdsmlta) i ett kärnkraftverk där det utsläppsbegränsande systemet inte fungerar och det andra är en kärnladdningsexplosion i marknivå som motsvarar en explosion av ca 100 kton trotyl. Utsläppet av radioaktiva ämnen, spridningen, depositionen, omfördelningen i vattentäkt och beredning av råvatten i vattenverken har simulerats för att kunna beräkna halterna av de olika radioaktiva ämnena i dricksvatten.

Scenarier och modeller

Sammansättning och aktivitet (Bq) av olika radioaktiva ämnen vid kärnreaktorhaveriet och kärnvapensprängningen har beräknats och de som ger betydande bidrag till stråldoser via dricksvatten har valts ut. Dessa har spridits i atmosfären och succesivt bildat ett radioaktivt nedfall över en ytvattentäkt. Samma väderförhållanden har använts i båda fallen. En mellansvensk sjö (Bolmen) och dess tillrinningsområde har fått utgöra exempel på en ytvattentäkt. Dess volym, flöden och mekanismer för partikeltransport har beskrivits i en modell. Det kontaminerade sjövattnet har sedan passerat de fyra vanligaste typerna av vattenverk för att renas till dricksvatten. I vattenverken bereds råvattnet med olika metoder för att avskilja oönskade ämnen från det blivande dricksvattnet varvid även radioaktiva ämnen till viss del avskiljs.

Vid ett stort utsläpp träder Europeiska rådets gränsvärden för saluförda livsmedel i kraft och gäller under den första tiden (tabell 1). Dricksvatten kan räknas som flytande livsmedel.

Tabell 1. Gränsvärden för radioaktivitet i saluförda livsmedel inom EU efter en kärnenergiolycka eller annan radiologisk nödsituation (Euratom 2016/52).

Isotopgrupp/Livsmedelsgrupp	Livsmedel (Bq/kg)			
	Spädbarnsmat	Mjolkprodukter	Andra livsmedel förutom mindre viktiga	Flytande livsmedel
Summan av strontiumisotoper, i synnerhet Sr-90	75	125	750	125
Summan av jodisotoper, i synnerhet I-131	150	500	2 000	500
Summan av alfastrålande isotoper av plutonium och transplutonium, i synnerhet Pu-239 och Am-241	1	20	80	20
Summan av alla andra nuklider med mer än 10 dagars halveringstid, i synnerhet Cs-134 och Cs-137	400	1000	1 250	1000

Resultat

För varje enskilt radioaktivt ämne beräknades halten (Bq/l) i dricksvattnet vid depositionen 100 kBq/m² av cesium-137. Depositionen motsvarar ungefär det radioaktiva nedfallet i Gävle efter Tjernobylolyckan 1986 och kan också förväntas i stora områden efter en kärnladdningsexplosion. Halterna summerades sedan i de grupper av radioaktiva ämnen som finns i gränsvärdestabellen (tabell 1). Gruppen med alfastrålande nuklider togs inte med eftersom den inte beräknas bli något problem. Exempel på halter i dricksvatten (Bq/l) där sjövattnet fått passera ett sandfilter visas i figur 1 nedan (heldragna linjer) tillsammans med gränsvärdena (streckade linjer). Fler resultat från olika

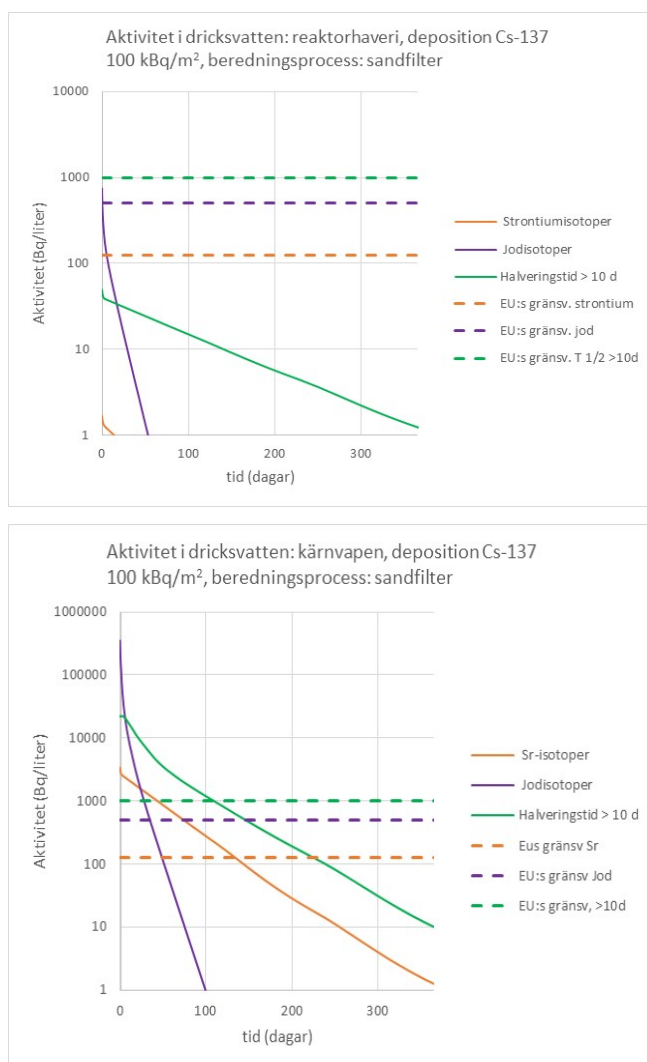
Titel/Title

Dricksvatten från ytvattentäkt efter ett radioaktivt nedfall – en sammanfattning

Memo nummer/Number

FOI Memo 7017

depositionsnivåer och andra beredningsprocesser än sandfilter finns att se i rapport [FOI-R--4930--SE]. I reaktorfallet riskerar jod att överskrida gränsvärdet medan strontium och summan av övriga radioaktiva ämnen med en halveringstid längre än 10 dagar, ligger långt under sina gränsvärden. I kärnvapenfallet beräknas alla grupper ligga över gränsvärdena den första tiden. Jod når under gränsvärdet efter några veckor medan de övriga radioaktiva ämnen beräknas vara ett problem upp till några månader efter utsläppstillfället. Framförallt radioaktivt strontium utgör ett långvarigt problem i detta kärnvapenscenarium.



Figur 1. Hållförändring (Bq/l) i dricksvatten under första året efter ett radioaktivt nedfall jämfört med EU:s gränsvärden för flytande livsmedel (tabell 1). Det övre diagrammet beskriver halten i dricksvatten efter ett nedfall från ett reaktorhaveri. Det nedre beskriver motsvarande efter en kärnvapenexplosion.

Diskussion

Exemplen ovan ger en fingervisning om nivåer och tidsförlopp för radioaktiva ämnen i dricksvatten. När nedfallsprognoserna för deposition av jod-131, strontium-90 och cesium-137 finns tillgängliga kan tabellerna 2 och 3 användas för att grovt skatta de geografiska områden där gränsvärdena riskerar att överskridas. Varje nuklidgrupp i gränsvärdestabellen (tabell 1) har tilldelats en markörnuklid: jod-131 för jodisotoperna, strontium-90 för strontiumisotoperna och cesium-137 för

Titel/Title

Dricksvatten från ytvattentäkt efter ett radioaktivt nedfall – en sammanfattning

Memo nummer/Number

FOI Memo 7017

övriga nuklider med en halveringstid längre än 10 dagar. I tabell 2a-2c visas den ungefärliga depositionsnivån där respektive nuklidgrupp riskerar att överstiga gränsvärdet. Tidpunkten är ca 1 dygn efter utsläpp och beräkningarna är gjorda för fyra olika beredningsprocesser. Depositionen (kBq/m²) avser markörnukliden.

Tabell 2a. Ungefärlig depositionsnivå där dricksvattnet riskerar att överstiga gränsvärdet under första dygnet efter ett nedfall. Kritiska depositionsnivåer ges för fyra olika beredningsprocesser. Depositionen i kBq/m² avser markörnukliden strontium-90.

Strontiumisotoper (⁹⁰ Sr)		
	Reaktorhaveri	Kärnladdningsexplosion
Beredningsprocess		
Föralkalisering, kemisk fällning och sandfilter	200 kBq/m ²	13 kBq/m ²
Kemisk fällning, sandfilter och aktivt kol	66 kBq/m ²	4,4 kBq/m ²
Föralkalisering, kemisk fällning och aktivt kol	180 kBq/m ²	12 kBq/m ²
Sandfilter	60 kBq/m ²	4,0 kBq/m ²

Tabell 2b. Ungefärlig depositionsnivå där dricksvattnet riskerar att överstiga gränsvärdet under första dygnet efter ett nedfall. Kritiska depositionsnivåer ges för fyra olika beredningsprocesser. Depositionen i kBq/m² avser markörnukliden jod-131.

Jodisotoper (¹³¹ I)		
	Reaktorhaveri	Kärnladdningsexplosion
Beredningsprocess		
Föralkalisering, kemisk fällning och sandfilter	1300 kBq/m ²	200 kBq/m ²
Kemisk fällning, sandfilter och aktivt kol	2200 kBq/m ²	310 kBq/m ²
Föralkalisering, kemisk fällning och aktivt kol	2000 kBq/m ²	280 kBq/m ²
Sandfilter	1200 kBq/m ²	170 kBq/m ²

Tabell 2c. Ungefärlig depositionsnivå där dricksvattnet riskerar att överstiga gränsvärdet under första dygnet efter ett nedfall. Kritiska depositionsnivåer ges för fyra olika beredningsprocesser. Depositionen i kBq/m² avser markörnukliden cesium-137.

Nuklider med halveringstid mer än 10 dagar (¹³⁷ Cs)		
	Reaktorhaveri	Kärnladdningsexplosion
Beredningsprocess		
Föralkalisering, kemisk fällning och sandfilter	2600 kBq/m ²	15 kBq/m ²
Kemisk fällning, sandfilter och aktivt kol	2600 kBq/m ²	16 kBq/m ²
Föralkalisering, kemisk fällning och aktivt kol	2300 kBq/m ²	12 kBq/m ²
Sandfilter	2300 kBq/m ²	4,5 kBq/m ²

Om det saknas information om vilka beredningsprocesser som används i länet, kan det vara lämpligt att sätta restriktioner som ger större marginal till gränsvärdet. I tabell 3 har sandfilter, som ger sämst rening, använts som ett värsta fall. Siffrorna har avrundats nedåt till närmsta tiopotens, för att ge ytterligare marginal till gränsvärdet. Depositionsnivån kan utgöra en generell åtgärdsnivå [SSM 2017:27].

Titel/Title
Dricksvatten från ytvattentäkt efter ett radioaktivt nedfall – en sammanfattning

Memo nummer/Number
FOI Memo 7017

Tabell 3. Förslag på åtgärdsnivåer för radioaktivitet i ytvattentäkter kopplat till depositionsnivåer. Beräkningarna gäller för tidpunkten ca ett dygn efter utsläppet.

Markörnuklid	Nuklidgrupp	Depositionsnivå	
		Reaktorhaveri	Kärnladdningsexplosion
¹³⁷ Cs	Nuklider med halveringstid mer än 10 dagar	1000 kBq/m ²	1 kBq/m ²
¹³¹ I	Jodisotoper	1000 kBq/m ²	100 kBq/m ²
⁹⁰ Sr	Strontiumisotoper	10 kBq/m ²	1 kBq/m ²

Slutsatser och förslag till åtgärder

- Jodisotoperna kommer att vara gränssättande under den första tiden.
- Depositionsnivåer av cesium-137 som överskrider 100 kBq/m² (reaktorhaveri) respektive 0,1 kBq/m² (kärnladdningsexplosion) riskerar att ge halter av jodisotoper i dricksvattnet som ligger över EU:s gränsvärden.
- I kärnvapenfallet riskerar gränsvärdet att överskridas för alla tre nuklidgrupperna vid depositions nivåer på ca 10 kBq/m² av cesium-137.
- Dricksvattnet från grundvattentäkter kommer inte att vara kontaminerat i ett initialt skede. Finns det vatten från grundvattentäkter att tillgå bör detta användas istället för vatten från ytvattentäkter. Finns det kapacitet att mellanlagra renat eller råvatten från ytvattentäkter några veckor är även detta en stor fördel eftersom de radioaktiva ämnen som har kort halveringstid t ex. jod-131 hinner sönderfalla och minska i radioaktivitet (halt) under denna tid.
- Det är viktigt att börja mäta dricksvatten så snart som möjligt efter en olycka. Minst två mättekniker krävs:
 - Gammalspektrometri behövs för att mäta jod- och cesiumisotoperna samt de övriga ämnen som ingår i gruppen nuklider med halveringstid > 10 dagar.
 - För att mäta strontiumisotoperna krävs radiokemiska separationer följt av mätteknik för betastrålning.
- Eventuellt bör allmänheten rekommenderas att inte dricka kranvattnet förrän provtagningar och mätningar är under kontroll.
- Med tiden kommer de radioaktiva ämnena att dels sönderfalla dels spädas ut till nivåer under gränsvärdena.
- Aktivt kol har hög reningseffektivitet för jod och kan utnyttjas som ytterligare beredningssteg i ytvattenverk samt för att ytterligare rena dricksvattnet i hemmet.

Titel/Title

Dricksvatten från ytvattentäkt efter ett radioaktivt nedfall – en sammanfattning

Memo nummer/Number

FOI Memo 7017

Referenser

FOI-R--4930--SE

Dricksvatten från ytvattentäkt efter ett radioaktivt nedfall

A. Tovedal, O. Björnham, H. Grahn, T. Nylén,
J. Johansson *et al*

SSM 2017:27

Översyn av beredskapszoner, bilaga 1 – Referensnivåer, doskriterier och åtgärdsnivåer,