

VEJLEDNING OM HÅNDTERING
AF NORM FRA
OLIE- OG GASINDUSTRIEN

2005



Vejledning om håndtering af NORM fra olie- og gasindustrien, 2. udgave

Redaktion
Statens Institut for Strålehygiejne
Sundhedsstyrelsen
Knapholm 7
2730 Herlev

Emneord: norm, undtagelsesniveauer, ospar.

Sprog: Dansk

URL: <http://www.sis.dk>

Version: 2

Versionsdato: 28. september 2005

ISBN trykt udgave: 87-7676-136-3

ISBN elektronisk udgave: 87-7676-135-5

Format: pdf

Pris: 0,

Udgivet af: Sundhedsstyrelsen, september 2005

3720-451-2002

Indhold

1	Forord	1
2	Definitioner	1
3	Tilladelse til håndtering af NORM	2
3.1	Tilladelse	2
3.2	Ansøgning til SIS	3
4	Betingelser for tilladelse til håndtering af NORM	4
4.1	Ansvarsforhold	4
4.2	Krav til den fagligt ansvarlige leder	4
5	Betingelser for håndtering af NORM	5
6	Rapportering til SIS	6
6.1	Rapportering	6
6.2	Udledning til havet	6
6.3	Produceret NORM med aktivitetskoncentrationer over undtagelsesniveauet	7
7	Opbevaring af NORM	8
8	Bortskaffelse af NORM	8
9	Yderligere oplysninger	9
9.1	Bekendtgørelser, vejledninger m.v.	9
9.2	Transport	9
9.3	Rådgivning om strålebeskyttelse	9
10	Ordforklaringer	10
11	Litteratur	12
Bilag 1	NORM	13
Bilag 2	Radioaktivitet og sundhedsrisici	14
Bilag 3	Instrumenter til måling af NORM og måleprincipper	17
Bilag 4	Rapportering for udledning af radioaktive stoffer til OSPAR	20
Bilag 5	Skema til rapportering til SIS	24

1 Forord

Anden udgave af denne vejledning udgives som opfølgning på Danmarks forpligtelser i henhold til afrapporteringsprocedure fra *OSPAR* som blev vedtaget på OSPAR kommissionsmødet 27. juni - 1. juli 2005 (RSC 05/21/1-E, Annex 13, se bilag 4 og litteraturliste). Retningslinierne fra OSPAR betyder, at der skal rapporteres om alle udledninger af radioaktive stoffer til Nordsøen. Dette inkluderer naturligt forekommende radioaktive stoffer fra produceret vand og descaling procedurer og ikke-naturlige radioaktive stoffer anvendt til tracerforsøg offshore.

De danske operatører i Nordsøen vil fremover være forpligtede til at udtage prøver af udledt materiale og til at få dem analyseret for indhold af radioaktive stoffer. Endelig rapportering til OSPAR står Statens Institut for Strålehygiejne (*SIS*) for i samarbejde med Miljøstyrelsen. Alle retningslinier og anbefalinger fra OSPAR kan findes på www.ospar.org.

Denne vejledning opstiller desuden ansvar og myndighedskrav for sikker håndtering af NORM i den danske olie- og gasindustri.

Vejledningen er gældende for samtlige olie- og gasselskaber, servicefirmaer samt andre, der håndterer NORM på land, på skibe eller på havanlæggene på dansk sokkel, og hvor der kræves tilladelse fra SIS i henhold til Indenrigs- og Sundhedsministeriets bekendtgørelse nr. 192 af 2. april 2002 om undtagelsesregler fra lov om brug m.v. af radioaktive stoffer.

2 Definitioner

NORM: Naturligt forekommende radioaktivt materiale eller på engelsk »Naturally Occurring Radioactive Material«. NORM er betegnelsen for materialer med et forhøjet indhold af naturligt forekommende radioaktive stoffer. I den efterfølgende tekst anvendes betegnelsen NORM om alle materialer, som har et forhøjet indhold af naturlig radioaktivitet.

Undtagelsesniveau: Niveauet angiver, hvornår et radioaktivt stof er undtaget fra det generelle krav om tilladelse fra SIS. Undtagelsesniveauer for NORM udtrykkes i *aktivitetskoncentration* af et radioaktivt stof.

Ord i kursiv er forklaret i kapitel 10.

3 Tilladelse til håndtering og opbevaring af NORM

3.1 Tilladelse

Håndtering og opbevaring af NORM kræver tilladelse fra SIS, hvis materialet indeholder *radionuklider* med aktivitetskoncentrationer større end undtagelsesniveauerne i tabel 1.

Håndteres der NORM indeholdende en blanding af flere naturlige radionuklider, kræves der ligeledes tilladelse fra SIS, hvis følgende betingelse ikke kan overholdes:

$$\sum_k \frac{C_k}{C_{U,k}} \leq 1$$

hvor

C_k er aktivitetskoncentrationen af radionuklid k
 $C_{U,k}$ er undtagelseskoncentrationen i tabel 1 for radionuklid k

Tabel 1 Undtagelsesniveauer for naturligt forekommende radionuklider i NORM

Radionuklid	Koncentration (Bq/g)
Ra-226	0,5
Ra-228	1
Po-210	5
Pb-210	5

I tabellen er angivet undtagelsesniveauerne for de radionuklider, som er mest almindelige i NORM sammenhæng. Undtagelsesniveauer for andre radionuklider kan oplyses ved henvendelse til SIS. Måleprincipper og instrumenter til måling af NORM er beskrevet i bilag 3.

3.2 Ansøgning til SIS

Ansøgning om tilladelse til håndtering af NORM skal indsendes til Statens Institut for Strålehygiejne, Knapholm 7, 2730 Herlev. Ansøgningen skal indeholde følgende oplysninger:

- Navn og adresse på firma/institution.
- Navn på den fagligt ansvarlige leder.
- Beskrivelse af den fagligt ansvarlige leders kvalifikationer, uddannelse og praktiske erfaringer, som er relevante for arbejdet med NORM.
- Navn på anlæg hvor NORM kan forekomme samt en kort beskrivelse af processer, der fører til dannelse af NORM.
- Forventede årlige produktion af NORM fra pågældende anlæg.
- Relevante arbejdsprocedurer for håndtering af NORM.
- Angivelse og tegning af opbevaringssted for NORM.

4 Betingelser for tilladelse til håndtering af NORM

4.1 Ansvarsforhold

Virksomheden/institutionen (arbejdsgiveren) skal sørge for, at enhver håndtering og opbevaring af NORM sker i overensstemmelse med følgende retningslinier:

- at der er udpeget og godkendt en *fagligt ansvarlig leder* for håndtering af NORM
- at SIS har godkendt en ny fagligt ansvarlig leder, inden den fagligt ansvarlige leders fratrædelse.

4.2 Krav til den fagligt ansvarlige leder

- Den fagligt ansvarlige leder skal have grundlæggende kendskab til radioaktivitet og stråling, praktisk strålebeskyttelse og dansk lovgivning på området. Vedkommende skal kunne udmåle og vurdere strålingsforholdene og om nødvendigt iværksætte passende strålebeskyttelsesforanstaltninger.
- Den fagligt ansvarlige leder skal sørge for, at der ved håndtering af NORM kun beskæftiges personer, som er instrueret i arbejdet og i den risiko, der er forbundet hermed, og om de sikkerhedsforanstaltninger, der skal træffes til forebyggelse af sådanne risici.
- Den fagligt ansvarlige leder skal sørge for, at der til arbejdet findes relevante måleinstrumenter og afskærmningsudstyr m.v. og skal påse, at dette anvendes korrekt. Måleinstrumenterne skal kontrolleres og kalibreres regelmæssigt.

5 Betingelser for håndtering af NORM

Til arbejde, der kan involvere håndtering af NORM, skal der udarbejdes dækkende skriftlige arbejdsprocedurer.

Arbejdsprocedurerne skal som minimum indeholde oplysninger om:

1. Sikker håndtering af NORM, personligt strålebeskyttelsesudstyr, herunder oplysninger om forholdsregler ved udsættelse for støv, der indeholder NORM.
2. Dosisovervågning.
3. Kontrolmålinger for dosishastighed og radioaktivitet med egnet monitor.
4. Procedurer for opfølgning på kontrolmålingerne, herunder vejledning i udtagning af repræsentative prøver til analyser for aktivitetskoncentration.
5. Særlige forholdsregler for arbejdspladser, hvor dosishastigheden overstiger $7,5 \mu\text{Sv/h}$ (afspærres for uvedkommende, kontakt SIS for vurdering og aftale om videre foranstaltninger).
6. Dosishastigheden på faste arbejdspladser må ikke overstige $2,5 \mu\text{Sv/h}$.
7. Behandling, opbevaring, transport og bortskaffelse af NORM.

6 Rapportering til SIS

6.1 Rapportering

Rapporteringen fra NORM producenterne til SIS falder i 2 dele:

1. Udledning til Nordsøen, Skagerrak og Kattegat. Alt skal rapporteres uanset aktivitetskoncentrationen. Disse data danner grundlag for rapportering til OSPAR. SIS sørger for den videre rapportering af data. Nærmere oplysninger om rapporteringskravene findes i bilag 4.
2. NORM, hvor aktiviteten overstiger undtagelsesniveauet i tabel 1. Bortskaffelsen af dette kræver tilladelse fra SIS.

Der skal føres protokol over måleresultaterne, og disse skal til enhver tid være tilgængelige for SIS. Der skal hvert år pr. 1. maj indsendes en rapport til SIS indeholdende resultaterne af alle relevante målinger samt en opgørelse over den samlede mængde NORM, der er håndteret det foregående år. Første rapport med data for 2006 skal være SIS i hænde senest 1. maj 2007. Måleprincipper og krav til målingerne er beskrevet i bilag 3.

6.2 Udledning til havet

For udledning af radioaktive stoffer til Nordsøen, Skagerrak og Kattegat skal rapporteringen følge retningslinierne fra OSPAR som angivet i »Revised reporting procedures for discharges of radioactive substances from non-nuclear sectors« (RSC 05/13/1, Annex 6). I bilag 4 er vist den del af retningslinierne, der vedrører rapportering fra olie- og gasindustrien.

Det fremgår af bilag 4, at der skal udtages prøver af produceret vand hvert kvartal. Derudover skal der måles på alle udledninger til Nordsøen fra offshore installationer, som er omfattet af OSPAR anbefalingerne (2001/1, se litteraturliste). Samlet inkluderer OSPAR rapporteringen:

- Produceret vand: til rapportering af udledningsdata fra produceret vand kan man anvende det i bilag 5 viste rapporteringsskema.
- Udledning af vand fra descaling operationer: scale fra descaling operationer offshore kan ikke håndteres/bortskaffes uden tilladelse fra SIS, hvis aktivitetskoncentration overstiger undtagelsesniveauerne.
- Radionuklider fra tracerforsøg (tracerforsøg forudsætter en tilladelse fra SIS).

6.3 Produceret NORM med aktivitetskoncentrationer over undtagelsesniveauet

Der skal måles på alt indsamlet NORM, som produceres under vedligeholdelseskam-pagner og lignende. NORM med aktivitetskoncentration over undtagelsesniveauet skal registreres, og arbejdet kræver en tilladelse fra SIS. Der skal til enhver tid foreligge en optegnelse over virksomhedens produktion af NORM og den mængde, som er i virksomhedens besiddelse (se kapitel 7).

7 Opbevaring af NORM

Hvis virksomheden opbevarer NORM midlertidigt, skal opbevaringspladsen for NORM som minimum opfylde følgende krav:

- Opbevaringsstedet skal placeres inden for et område med adgangskontrol for at forhindre uvedkommende i at få adgang til stedet.
- Selve opbevaringsstedet skal være hegnet ind, og der må på ydersiden af hegnet ikke være højere dosishastigheder end 7,5 µSv/h.
- Opbevaringsstedet skal være tydeligt mærket med advarselsskilt for *ioniserende stråling* (Dansk Standard 734.1 og 734.2) suppleret med teksten »Radioaktivitet«.
- Affaldsbeholderne skal sikres mod nedbør og korrosion. Beholdere af metal må ikke anvendes.
- Der skal føres optegnelser over oprindelsen af NORM på opbevaringspladsen (dato, type og installation). På hver tønde skal der anføres dosishastighed, som målt uden på tønden.

SIS skal kunne besigtige opbevaringsstedet til hver en tid.

8 Bortskaffelse af NORM

Bortskaffelse af NORM med aktivitetskoncentrationer større end undtagelsesniveauerne i tabel 1 kræver tilladelse fra SIS.

Udledning af stoffer og materialer fra et havanlæg kræver desuden tilladelse fra Miljøstyrelsen.

9 Yderligere oplysninger

9.1 Bekendtgørelser, vejledninger m.v.

- Lov nr. 94 af 31. marts 1953 om brug m.v. af radioaktive stoffer ændret ved lov nr. 369 af 6. juni 1991.
- Indenrigs- og Sundhedsministeriets bekendtgørelse nr. 192 af 2. april 2002 om undtagelsesregler fra lov om brug m.v. af radioaktive stoffer.
- Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 574 af 20. november 1975 om sikkerhedsforanstaltninger ved brug m.v. af radioaktive stoffer.
- Sundhedsstyrelsens bekendtgørelse nr. 823 af 31. oktober 1997 om dosisgrænser for ioniserende stråling.
- Miljøstyrelsen skal godkende en eventuel udledning af stoffer og materialer fra en offshoreinstallation i medfør af Havmiljøloven (lov nr. 476 af 30. juni 1993) med tilhørende bekendtgørelser.

9.2 Transport

- Ved transport af NORM skal gældende regler for transport af radioaktive stoffer overholdes (http://www.sis.dk/love_regler/index_transport.asp).
- NORM er kun omfattet af transportbestemmelserne, hvis aktivitetskoncentrationen overstiger definerede niveauer i bestemmelserne. Disse transportniveauer er højere end de i tabel 1 angivne undtagelsesniveauer.

9.3 Rådgivning om strålebeskyttelse

Statens Institut for Strålehygiejne
Knapholm 7
2730 Herlev

Tlf. 44 54 34 54 (kl. 10-15)
Fax 44 54 34 50
E-post sis@sis.dk
www.sis.dk

SIS døgnvagt

Tlf. 44 94 37 73

Carsten Israelson

Tlf. 44 54 34 84
E-post cis@sis.dk

10 Ordforklaringer

Aktivitetskoncentration:	Koncentrationen af et radionuklid i et materiale. Angives i Bq/g.
Alfastråling:	Består af heliumkerne (2 protoner, 2 neutroner). Alfastråling har en meget lille rækkevidde i fast stof.
Becquerel (Bq):	Måleenhed for radioaktivitet. 1 Bq er ét radioaktivt henfald pr. sekund. Den gamle enhed er curie (Ci). 1 mCi = 37 MBq.
Betastråling:	Består af elektroner som udsendes ved et radioaktivt henfald. Betapartikler har en lille gennemtrængelighed i fast stof.
Dosiskoefficient:	Den akkumulerede effektive dosis ved spisning eller indånding af 1 Bq af et bestemt radionuklid. Angives som Sv/Bq.
Fagligt ansvarlig leder:	(Radiation Protection Officer). Betegnelsen for den person, der er ansvarlig over for myndighederne (Statens Institut for Strålehygiejne).
Gammastråling:	Elektromagnetiske stråling som udsendes ved et radioaktivt henfald. Gammastråling med høj energi har en høj gennemtrængelighed.
Ioniserende stråling:	Ioniserende stråling er fællesbetegnelsen for røntgenstråling og stråling fra radioaktive stoffer (alfa-, beta- og gammastråling) samt bl.a. neutron og protonstråling. Betegnelsen ioniserende kommer af, at strålingen er så energirig, at der frembringes elektriske ladninger (ioner) ved absorption i et materiale.
μSv/h:	μSv pr. time (mikrosivert pr. time). Enhed for dosishastighed. 1 μSv/h = 0,001 mSv/h.
OSPAR:	Konventionen for beskyttelse af det marine miljø i Nordøstatlanten (OSPAR konventionen) blev indgået på et Ministermøde om Oslo og Paris konventionerne i Paris 22. september 1992. Yderligere oplysninger kan findes på www.ospar.org .
Radionuklid:	Ustabil atomkerne, der henfalder under udsendelse af ioniserende stråling.

Sekulær ligevægt:	Når aktiviteten af datternuklidet er den samme som for modernuklidet. Sekulær (varig) ligevægt opstår efter nogen tid i en henfaldsserie såfremt datternuklidet har meget kortere halveringstid end modernuklidet.
Sievert (Sv):	SI enheden for effektiv dosis og ækvivalent dosis (svarende til 1 J/kg). $1 \text{ Sv} = 1000 \text{ mSv} = 1000\ 000 \text{ }\mu\text{Sv}$.
SIS:	Statens Institut for Strålehygiejne (SIS) er et institut under Sundhedsstyrelsen. SIS er organiseret i tre tilsynssektioner og ét persondosimetrilaboratorium. Tilsyn med NORM udføres af radioaktivitetstilsynet.

11 Litteratur

European Commission: Establishment of reference levels for regulatory control of workplaces where materials are processed which contain enhanced levels of naturally-occurring radionuclides. Radiation Protection 107, 1997.

European Commission: Practical use of the concepts of clearance and exemption, Part I, Guidance on general clearance levels for practices. Radiation Protection 122, 2000.

IAEA Safety Report: Radiation and waste safety in the oil and gas industry, (draft) 2000.

Lysebo, I., Tufto, P.: Håndtering av radioaktive avleiringer i olje- og gassproduksjon i Norge, Storbritania og Nederland. StrålevernRapport 1999:2.

Oljeindustriens Landsforening (OLF): Arbeid med lavradioaktive avleiringer og kontaminerte gjenstander, Retningslinjer, 1997.

OSPAR, 2005: Revised reporting procedures for discharges of radioactive substances from non-nuclear sectors, Ref. § 3.7, RSC 05/13/1, Annex 6.

OSPAR,2001: OSPAR Recommendation 2001/1 for the Management of Produced Water from Offshore Installations.

Rajaretnam, G., Spitz, H.B.: Effect of leachability on environmental risk assessment for naturally occurring radioactive materials in petroleum oil fields. Health Physics 78: 191-198, 2000.

Ramsøy, T., Backe, S., Bjørnstad, T., Raaum, A., Strålberg, E.: Forekomst av lavradioaktive blyavleiringer i petroleumsindustrien. Nordic Society for Radiation Protection 12th ordinary meeting 23-27 August 1999, Skagen Denmark, Proceedings: 125-128, 1999.

Wilson, A.J., Scott, L.M.: Characterization of radioactive petroleum piping scale with an evaluation of subsequent land contamination. Health Physics 63: 681-685, 1992.

Bilag 1 NORM

Det er vigtigt at identificere NORM, så strålingen herfra ikke indebærer risiko for skader på mennesker og miljø. Der er normalt hensigtsmæssigt at skelne mellem 3 hovedtyper af NORM:

1. Scale er hårde belægninger, der aflejres og efterfølgende sætter sig fast på inder siden af rør, tanke og andet produktionsudstyr. Scale kan bestå af alle slags karbonater, sulfater, silikater, korrosionsprodukter og olierester.
2. Sludge er bløde, delvis vandmættede sedimenter, der som regel kan tømmes direkte ud af tanke og sandtraps. Desuden kan tynde belægninger eller film af radioaktivt sludge indeholdende Po-210 forekomme på den våde del af gasproduktionsanlæg og i forbindelse med anden forarbejdning af olie og gas.
3. Produceret vand består af formationsvand fra et reservoir. Hvis havvand er injiceret kan det bryde igennem og forekomme i det producerede vand.

NORM omtales også som materiale med: »Low Specific Activity« (LSA), og man møder ofte betegnelsen LSA scale. Betegnelsen TENORM (Technically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material) anvendes ligeledes for NORM.

Radioaktive aflejringer opstår i forbindelse med olie- og gasproduktion, når vand fra reservoiret blander sig med injiceret vand. Under faldende tryk kan radioaktive aflejringer udfældes som scale på indersiden af rør, tanke og andet produktionsudstyr. De radioaktive stoffer i NORM, stammer alle fra uran- og thorium henfaldsserierne.

Problemer med NORM kan ændre sig meget gennem det enkelte olie-gasfeltets levetid. Blandingen af formationsvand og injiceret havvand har en tendens til at danne scale. Specielt skal man være opmærksom på ændring i forbindelse med »breakthrough«. Injektion af havvand bevirker, at den kemiske ligevægt i reservoiret kan ændres med udfældning af mineraler til følge.

Bilag 2 Radioaktivitet og sundhedsrisici

NORM kan indeholde naturlige radioaktive stoffer, der udsender henholdsvis *alfa*-, *beta*- og *gammastråling*. Alfastrålingen forekommer, når en radioaktiv atomkerne udsender heliumkerner. Betastråling er udsendelse af elektroner, mens gammastråling er elektromagnetisk stråling. Alle strålingstyper kan have energier fra nogle få kiloelektronvolt (keV) op til flere mega-elektronvolt (MeV).

Beta- og gammastrålingen, der udsendes fra naturlige radioaktive stoffer, giver normalt ikke anledning til iværksættelse af særlige strålebekyttelsesforanstaltninger.

Alfastrålingen fra naturlige radioaktive stoffer består af tunge, energirige partikler. Alfastråling har en lav gennemtrængelighed og giver ikke stråledoser til en person, så længe alfakilden befinder sig uden for kroppen. Ved et indtag kan en alfakilde imidlertid anrette skader i strålefølsomt væv som f.eks. lunger og mavearmsystemet. De strålebeskyttelsesmæssige problemer med NORM er derfor først og fremmest forbundet med et eventuelt indtag af partikler, der udsender alfastråling.

Målet med al strålebeskyttelse er at holde bestrålingen af befolkningen og arbejdstagere så lav som rimeligt opnåeligt. Dette er det såkaldte ALARA princip (As Low As Reasonable Achievable).

I strålebeskyttelsen skelnes mellem ekstern og intern bestråling:

Ekstern bestråling

Ved ekstern bestråling forstås bestråling af kroppen fra strålekilder, der befinder sig uden for kroppen. Den eksterne bestråling fra scale og sludge stammer først og fremmest fra Ra-226 og dennes kortlivede henfaldsprodukter. Disse udsender gammastråling, som kan trænge igennem rør og andet udstyr. Gammastråling kan derfor ofte normalt måles direkte uden på forurenede udstyr, uden at man åbner det først.

Dosishastighederne uden på forurenede udstyr er typisk ganske få $\mu\text{Sv/h}$, men der er i litteraturen rapporteret dosishastigheder på op til $1000 \mu\text{Sv/h}$. Baggrundsdosishastigheden fra gammastråling er ca. $0,03 \mu\text{Sv/h}$ på land, men er væsentlig mindre til søs, hvor der kan ses bort fra strålingsbidraget fra jorden.

De forholdsregler, som det er praktisk muligt at tage mod ekstern bestråling, er:

- at opholde sig kort tid i nærheden af de forurenede emner
- at holde så stor afstand som det er praktisk muligt.

Det er forholdsvis let at identificere og måle ekstern stråling ved hjælp af en dosishastighedsmåler.

Ikke alle radionuklider, som findes i scale, kan identificeres på deres gammastråling. Pb-210 kan ikke måles uden på lukket udstyr eller rør. Beta- og gammastråling fra Pb-210 er for svag til at kunne trænge igennem selv en relativ tynd stålkonstruktion. Dermed bidrager den ikke med eksterne doser til personale, der befinder sig i nærheden.

Det er vigtigt at notere sig, at pga. den afskærmende effekt fra produktionsudstyret vil de eksterne strålingsforhold ændre sig, når udstyret bliver åbnet, og man måler direkte oven på synlige belægninger.

Intern bestråling

Radioaktivt materiale i en form, der kan indåndes, spises eller på anden måde komme ind i kroppen, kan forårsage bestråling af de indre organer. Når det radioaktive materiale er aflejret i lunger eller mavetarmsystemet kan man få stråledoser især fra alfastråling.

Ved håndtering af NORM vil der være risiko for indtag ved f.eks. rensning af produktionsudstyr forurenet med NORM. Utsigtet indånding af NORM er ligeledes sandsynligt ved arbejde, der skaber støv.

Der er ingen simpel metode til at bestemme dosis fra intern bestråling efter indånding eller spisning af NORM. Man må i stedet estimere størrelsen af indtaget f.eks. baseret på urinprøver og herefter beregne stråledosis. For at gøre dette anvendes såkaldte *dosiskoefficienter*, der angiver den akkumulerede effektive dosis pr. indtaget *becquerel*, enheden er *sievert* pr. becquerel (Sv/Bq). Ved valg af dosiskoefficienter skal der tages hensyn til partikelstørrelse og den kemiske sammensætning af det indtagne materiale. Relevante dosiskoefficienter er angivet i tabel 2.

Tabel 2 Dosiskoefficienter ved indånding, for en partikelstørrelse på 5 µm.

Radionuklid	Dosiskoefficient (Sv/Bq)
Ra-226	$3,8 \times 10^{-5}$
Ra-228	$1,2 \times 10^{-5}$
Po-210	$2,8 \times 10^{-6}$
Pb-210 + døtre	$7,3 \times 10^{-6}$

Risikoen for at indtage radioaktive partikler kan minimeres ved hjælp af følgende simple forholdsregler:

- Brug særligt arbejdstøj for at reducere muligheden for at overføre forurenet materiale til kroppen.
- Brug åndedrætsværn med relevant filter for at modvirke indånding af finkornede luftbårne partikler.
- Undgå at ryge, drikke, spise og at påføre creme på huden eller tilsvarende, der øger risikoen for at overføre radioaktivt materiale til ansigtet under arbejdet.
- Brug fortrinsvis arbejdsmetoder, der holder det radioaktive materiale vådt for at forhindre luftbåren forurening.

- Vask hænder efter endt arbejde.

Sundhedsrisici

Ved bestråling af levende væv med ioniserende stråling sker en række komplicerede reaktioner, som påvirker cellernes funktioner. Sundhedsskaderne inddeles almindeligvis i akutte skader og senskader. En senskade er f.eks. en kræftsygdom, der opstår 5-50 år efter udsættelse for ioniserende stråling. Risikoen for senere strålebetingede sygdomme stiger med størrelsen af den samlede modtagne stråledosis. Håndtering af forholdsvis svage strålekilder som NORM vil kunne give en statistisk set lille risiko for at udvikle en senskade. Bestråling fra NORM vil ikke kunne give akutte sundhedsskader.

Bilag 3 Instrumenter til måling af NORM og måleprincipper

Der findes ikke instrumenter, der er specifikt udviklet til brug for olie- og gasindustrien og der findes ikke et enkelt instrument, der er i stand til at måle de forskellige strålingstyper og energier, som man kan støde på i forbindelse med NORM.

Overordnet skelner man mellem 2 typer af målinger:

1. Målinger foretaget i felten med en dosishastighedsmåler, der angiver stråledosis per tidsenhed (mSv/h eller $\mu\text{Sv/h}$) eller en overflademonitor, der angiver stråling i tælletal per tidsenhed (cps eller cpm).
2. Målinger med spektrometer foretaget i et laboratorium på en udtaget prøve. Denne metode giver både oplysninger om type af radionuklid og aktivitetskoncentrationen, der som regel angives i Bq/g.

Nedenfor er en kort gennemgang af de vigtigste instrumenttyper til identificering af NORM, måleprincipper og gammaspektrometri:

Dosishastighedsmålere

Instrumenter til måling af eksterne dosishastigheder indeholder som regel en scintillator eller et Geiger-Müllerrør, der kun kan bestemme dosishastighed fra gammastråling. Det meste NORM indeholder radionuklider, der foruden gammastråling udsender alfa- og betastråling.

Dosishastigheder målt med scintillator eller Geiger-Müllerrør vil derfor give et upræcist estimat af den samlede dosis til arbejdstageren, der håndterer NORM, idet alfastrålingen og det meste af betastrålingen ikke vil blive detekteret. Dosishastighedsmålere skal derfor primært benyttes til at identificere områder med forhøjet indhold af NORM og til klassificering og afmærkning af arbejdspladsen.

Der findes flere typer dosishastighedsmålere på markedet. Til NORM skal man vælge en type med en følsom detektor, der er i stand til at måle lave dosishastigheder (ca. $0,1 \mu\text{Sv/h}$). Et sådant instrument ville kunne bruges til at måle på ydersiden af udstyr, der mistænkes for at indeholde NORM. Afskærmningen fra selve udstyret og aflejringerne vil være betydelig, når man måler på produktionsudstyr, der er forurenet på de indre overflader.

Der er ikke muligt at oversætte en dosishastighed målt på ydersiden af produktionsudstyr til aktivitetskoncentrationer i NORM, og den målte dosishastighed vil være mindre end den, der kan måles, når udstyret bliver åbnet. Visse radionuklider som Po-210 og Pb-210, som kun udsender lav-energi gammastråling eller slet ingen gammastråling, vil ikke kunne måles på ydersiden af udstyret.

Overflademonitorer

Det er vigtigt at vælge en overflademonitor, der er optimeret til den type stråling man ønsker at måle. Ydermere skal man være opmærksom på, at prøber til overflademoni-

torer har tynde vinduer af glas eller folie og derved er mere skrøbelige end dosishastighedsmålere. En beskadiget probe vil føre til en misvisende måling.

Monitører, der kan måle alfa- og betastråling, er ofte de mest egnede til tynde lag af NORM. Da langt de fleste radionuklider i NORM udsender alfa- og betastråling, er en alfa-forureningsmonitor eller kombineret alfa-betamonitor velegnet.

Man skal være opmærksom på, at alfapartikler har en meget begrænset rækkevidde selv i luft. Selv om man måler direkte oven på belægningerne, vil afskærmningen fra selve materialet (selvabsorption) bevirke, at det ikke kan lade sig gøre at »oversætte« instrumentets visning (ofte i cps eller cpm) direkte til en aktivitetskoncentration i materialet. Dette kræver, at instrumentet er nøjagtigt kalibreret til den type stråling og det materiale, som man ønsker at måle på.

Der findes instrumenter, der kan omsætte tællehastigheder (cps) til absolutte enheder som Bq/cm^2 , men dette kræver, at det målte materiale er meget homogent, og at man kender de radionuklider, man måler. NORM består for det meste af en blanding af radionuklider, der sjældent optræder i det samme forhold. Det er normalt ikke muligt at gøre antagelser om nuklidsammensætning, der giver en meningsfuld bestemmelse af Bq/cm^2 .

Samlet kan man sige, at overflademonitører og dosishastighedsmålere ikke kan anvendes til endegyldigt at bestemme materialets koncentration af radionuklider, og derved om undtagelsesniveauerne er overskredet. Disse målinger tjener derfor til at identificere NORM, til at vurdere strålingsforholdene på arbejdspladsen og til at udvælge prøver til nærmere analyse.

Til screening af NORM for koncentrationen af Ra-226 i Bq/g kan man dog konstruere en forsøgsopstilling med en betafølsom overflademonitor. Monitoren placeres i en holder i en fast afstand til prøven.

Man skal derudover have en standard som anvendes til kalibrering. Denne skal have lignende fysisk sammensætning, som prøverne med ukendt aktivitetskoncentration.

Standarden og prøverne pakkes i en standardbeholder, der nogenlunde svarer til monitørens vindue. Man kan så måle standardens aktivitet og sammenligne den med prøvens aktivitet i antal tælletal over et tidsinterval på f.eks. 1 minut. Baggrundsstrålingen bestemmes ved at måle uden prøve.

Måleprincipper

Det er den fagligt ansvarlige leder, der skal tage stilling til, hvor ofte der skal måles direkte på udstyr og/eller udtages prøver til videre analyse. Målinger skal ikke nødvendigvis følge et fast tidsskema.

Hvis der bliver konstateret dosishastigheder højere end den normale baggrundsstråling, skal der udtages prøver til analyse for aktivitetskoncentration. Det skal bemærkes, at aktivitetskoncentrationen som hovedregel kun kan bestemmes ved at udtage prøver til videre analyse.

Når man foretager målinger på NORM med dosishastighedsmålere eller overflademonitorer på en offshore installation, skal man være specielt opmærksom på, at man ikke måler i nærheden af loggekilder eller andet udstyr som flow density- eller fyldehøjdemålere, der indeholder radioaktive kilder. Lækstrålingen fra sådant udstyr vil kunne være væsentlig højere end den eksterne stråling fra NORM.

De prøver, der skal lægges til grund for en efterfølgende vurdering, skal være repræsentative. Det vil sige, at der skal tages tilsvarende flere prøver, hvis materialet er meget inhomogent. En kvantitativ analyse af materialets aktivitetskoncentration på f.eks. gammaspektrometer skal som minimum indeholde oplysninger om koncentrationen af Ra-226 og Ra-228. Der skal anvendes dokumenterede reproducerbare målemetoder.

Gammaspektrometri

Endelig bestemmelse af det radioaktive indhold af NORM kræver som nævnt en nuklidspecifik analyse. Til dette formål er en gammaspektrometrisk måling velegnet. Måling i et gammaspektrometer kræver, at man udtager en prøve, der skal pakkes i en standardbeholder kalibreret til det pågældende gammaspektrometer. Et meget detaljeret gammaspektrum kan fremstilles med en Germaniumdetektor. En NaI-detektor kan bruges til at fremstille et mindre detaljeret gammaspektrum, der dog ofte er godt nok til en bestemmelse af aktivitetskoncentrationen i forhold til undtagelsesniveauer.

Af de radionuklider, der er listet i tabel 1, kan alle undtagen Po-210 bestemmes på deres gammaenergier. Præcis bestemmelse af Po-210 i scale eller sludge vil kræve en alfaspektrometrisk analyse, der involverer totalopløsning af prøven og kemisk separation af polonium. I praksis kan man dog antage *sekulær ligevægt* mellem Pb-210 og Po-210 og således bestemme Po-210 indholdet fra gammaspektrometer analysen af Pb-210.

Bilag 4 Rapportering for udledning af radioaktive stoffer til OSPAR

Nedenfor bringes uddrag af OSPAR RSC 05/21/1-E, Annex 13, der vedrører udledning af radioaktive stoffer til Nordsøregionen fra olie- og gasindustrien. Dette og andre OSPAR dokumenter som der henvises til i dette dokument kan hentes i deres fulde længde på www.ospar.org.

Specific provisions with regard to the reporting of discharges of radioactive substances from the oil and gas industry

9. Contracting Parties should report separately the estimated total discharges from off shore installations¹ of radioactive substances:
 - a. in produced water;
 - b. from descaling and decommissioning operations;
 - c. from tracer experiments.

In doing so, they should use the reporting format in Appendix 2. The report should state the total discharges of each kind for all installations discharging to each of the OSPAR sub-regions (as defined in the Joint Assessment and Monitoring Programme).

Produced Water

10. Samples of produced water should be taken four times in each year, separated by approximately equal periods of time. The samples should be taken from the discharges from each offshore installation discharging produced water which is subject to the sampling regime required by OSPAR Recommendation 2001/1 (some smaller unmanned gas installations are effectively excluded from the 2001/1 regime). The samples should be analysed using high-resolution gamma spectrometry (or other more accurate and more precise methods) for the major radionuclides found in produced water namely Ra-226, Ra-228 and Pb-210. Estimates of total discharges of these radionuclides, as both suspended solids and dissolved activity, should be calculated by grossing up the activity concentrations in Bq/litre in the samples by the total amount of produced water discharged in the period. The multiplying factor should relate to the total volume of discharge before dilution (see below).
11. The same sampling point should be used as for the produced-water sampling programme under OSPAR Recommendation 2001/1 for the measurement of dispersed oil and other substances – that is, »after the last item of equipment in or downstream of a turbulent region but prior to any subsequent dilution«.

¹ In relation to offshore oil and gas installations, Contracting Parties should report on those installations within their jurisdiction. Where an offshore installation (or part of it) is taken ashore for decommissioning, any discharges from onshore decommissioning facilities of scale containing radioactive substances should be reported as part of the oil and gas industry sector.

Discharges of waste from descaling operations

12. Three different approaches to descaling need to be considered in order to choose the appropriate way to estimate any discharge of radioactive substances to the sea:
 - a. the use of high-pressure water jets, with the discharge of the water and the scale dislodged by it to the sea (without settlement and separation of the scale);
 - b. the use of high-pressure water jets, followed by settlement of the water used, in order to allow the scale to settle as sediment, and the subsequent removal of that sediment to land and discharge of the water fraction to the sea;
 - c. the use of acids and scale solvers to remove the scale and the discharge of the whole to the sea.
13. Where the approach in §12(a) or (c) is used, samples should be taken of the liquids as they are discharged to the sea during each separate descaling operation. Where a descaling operation lasts several days, the whole may be regarded as a single operation. The sample should be taken while the descaling discharge is fully under way – not at the beginning or the end of the process or close to any pause in it.
14. Where the approach in §12(b) is used, samples should be taken from relevant settlement tanks before discharge of the water fraction. It is assumed that the water fraction contains negligible amounts of radionuclides. To confirm this, samples should be taken from major descaling operations in a three-year period. The data obtained will be reviewed at the end of the period with a view to discontinuing measurements unless they can be justified.
15. In cases under 12(a), the amount of Pb-210, Ra-226, Ra-228 and Th-228 discharged should be estimated on the basis of measurements of the amounts of solids in samples of the discharged water, and the analysis of those solids using high-resolution gamma-spectrometry (or other more precise and more accurate methods). The activity concentration (in Bq/litre) found in the samples should be grossed up by the total amount of water discharged. There is no need to measure radioactive substances in solution in the water, since more than 95% of the radioactivity in a sample is likely to be concentrated in the solids. In cases under 12(b), the amount of Pb-210, Ra-226, Ra-228 and Th-228 in the water fraction should be measured using high-resolution gamma-spectrometry (or other more precise and more accurate methods). The activity concentration (in Bq/litre) found in the samples should be grossed up by the total amounts of water discharged.
16. In cases under 12(c), account must be taken of the amounts of radioactive substances in solution, in addition to any solids. Samples of the solution should therefore also be analysed, using high-resolution gamma-spectrometry (or other more precise and more accurate methods). The activity concentrations in the samples (in terms of Bq/litre) should be grossed up by the total amount of liquid discharged.
17. It is important to ensure that, when sampling is conducted prior to dilution, the multiplying factor relates to the total volume of discharge before dilution.

Radionuclides from tracer experiments

18. Contracting Parties should report the amount of activity that is applied in tracer experiments. Radioactive tracers should be reported against »Tritium« and »Total of other β/γ emitters«

Appendix 2

Format for reporting on discharges of radioactive substances from Oil and Gas Installations

DISCHARGES FROM NON-NUCLEAR SECTORS		Year:						
Country and Sector	Discharges to OSPAR sub-region		Pb-210	Ra-226	Ra-228	Th-228	H-3	Other β/γ emitters
[Name of Contracting Party]								
Oil and/or gas extraction	[Number of OSPAR sub-region (1)]	Produced water, TBq						
		Descaling operations, both offshore and onshore, from normal production that leads to discharges	Radioactivity in suspended solids arising from water-jet descaling (TBq)					
			Radioactivity in solution as a result of descaling using acids or scale dissolvers (TBq)					
		Descaling operations, both offshore and onshore, from decommissioning of oil and gas installations that leads to discharges	Radioactivity in suspended solids arising from water-jet descaling (TBq)					
			Radioactivity in solution as a result of descaling using acids or scale dissolvers (TBq)					
		Radioactivity discharged as a result of tracer experiments (3), TBq						
		Total discharged radioactivity, TBq						

- (1) Specify the OSPAR sub-region to which the discharges are made. If a Contracting Party has discharges to more than one OSPAR sub-region, then the discharges to each sub-region should be specified separately on separate lines. The five OSPAR sub-regions are: (I) the Arctic, (II) the Greater North Sea (including the English Channel), (III) the Celtic Seas, (IV) the Bay of Biscay/Golfe de Gascogne and Iberian coastal waters, and (V) the Wider Atlantic. The definitions of these and a map are given in the Strategy for the Joint Assessment and Monitoring Programme.
- (2) Radioactivity in solution as a result of descaling using acids and scale dissolvers.
- (3) The amount of radioactivity applied should be stated.

Bilag 5 Skema til rapportering til SIS

For rapportering af OSPAR data, som nævnt i kapitel 6.1 fra de enkelte havanlæg kan nedenstående tabel for udledning af naturligt forekommende radionuklider og tritium (H-3) til Nordsøen anvendes. Tabellen bruges på følgende måde:

- Indsæt for hvert kvartal analyseresultater som »Akt. konc.« i Bq/l for Ra-226, Ra-228 og Pb-210 samt »Udledt volumen« i liter.
- Udregn samlet aktivitet, »Akt.«, i Bq for hver af de tre radionuklider for hvert kvartal som »Akt. konc.« gange »Udledt volumen«.
- Udregn »Total aktivitet« i Bq for hele året som summen af alle »Akt.« for hver radionuklid.

	1. kvartal		2. kvartal		3. kvartal		4. kvartal		Total Akt.(Bq)
	Akt. konc. (Bq/l)	Akt. (Bq)	Akt. konc. (Bq/l)	Akt. (Bq)	Akt. konc. (Bq/l)	Akt. (Bq)	Akt. konc. (Bq/l)	Akt. (Bq)	
Ra-226									
Ra-228									
Pb-210									
H-3									
Udledt volumen (l)									

For rapportering af data, der er nævnt i kapitel 6.2 er der ikke udarbejdet et rapporteringsformat.

Statens Institut for Strålehygiejne (SIS) er gennem de seneste år blevet opmærksom på, at tilstedeværelsen af materialer indeholdende naturligt forekommende radioaktive stoffer i forbindelse med produktion af olie og gas i Nordsøen er større og mere udbredt end tidligere antaget. SIS har derfor fundet det nødvendigt at udarbejde et regelsæt for håndtering af NORM fra olie- og gasindustrien.

www.sis.dk

**Statens Institut for Strålehygiejne
Sundhedsstyrelsen**

Knapholm 7
2730 Herlev

Telefon 44 54 34 54

Telefax 44 54 34 50

sis@sis.dk