

Statens strålevern  
Norwegian Radiation Protection Authority



STRÅLEVERN RAPPORT 2015:12



## Stråledoser til befolkningen

Oppsummering av stråledoser fra planlagt strålebruk og miljøet i Norge

---

**Referanse:**

Komperød M, Friberg EG, Rudjord AL. Stråledoser til befolkningen. Oppsummering av stråledoser fra planlagt strålebruk og miljøet i Norge.  
StrålevernRapport 2015:12. Østerås: Statens strålevern, 2015.

**Emneord:**

Stråledoser. Stråling. Doser. Stråleeksponering. Radioaktivitet. Miljø. Mat. Strålebruk. Medisinsk stråling.

**Resymé:**

Rapporten presenterer gjennomsnittlige stråledoser til befolkningen i Norge fra ulike kilder innen medisinsk strålebruk, kosmisk stråling og fra naturlig og menneskeskapt radioaktivitet i miljøet og næringsmidler. Det er også gitt eksempler på befolkningsgrupper som får høyere doser enn gjennomsnittet.

---

**Reference:**

Komperød M, Friberg EG, Rudjord AL. Radiation Doses to the Norwegian Population. Summary of radiation doses from planned exposure and the environment.

StrålevernRapport 2015:12. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2015.

Language: Norwegian.

**Key words:**

Radiation doses. Radiation. Doses. Radiation exposure. Radioactivity. Environment. Food. Planned exposure. Medical radiation.

**Abstract:**

This report presents average radiation doses received by the Norwegian population from different sources of medical radiation, cosmic radiation, and from naturally occurring and artificial radioactivity in the environment and food. Examples of population groups with elevated exposure are also presented.

---

Prosjektleder: Mari Komperød

Godkjent:



Unn Hilde Refseth, avdelingsdirektør, Avdeling overvåkning og forskning.

---

19 sider.

Utgitt 2015-10-28.

Opplag 50 (15-10).

Form, omslag: 07 Media.

Forsideillustrasjon: Mari Komperød/Statens strålevern

Statens strålevern, Postboks 55, No-1332 Østerås, Norge.

Telefon 67 16 25 00, faks 67 14 74 07.

E-post: nrpa@nrpa.no

www.nrpa.no

ISSN 1891-5205 (online)

ISSN 0804-4910 (print)

---

StrålevernRapport 2015:12

# Stråledoser til befolkningen

Oppsummering av stråledoser fra planlagt strålebruk og miljøet i Norge

Mari Komperød  
Eva Godske Friberg  
Anne Liv Rudjord

Statens strålevern  
Norwegian Radiation  
Protection Authority  
Østerås, 2015



# Innhold

---

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>5</b>
1.1	Hva er stråling, og hvorfor kan det være skadelig?	5
1.2	Hvordan blir kroppen eksponert for stråling?	5
1.3	Hvor kommer strålingen fra?	6
	1.3.1 <i>Stråling fra menneskelige aktiviteter</i>	6
	1.3.2 <i>Stråling med naturlig opphav</i>	7
<b>2</b>	<b>Planlagt strålebruk</b>	<b>8</b>
2.1	Doser til pasienter fra medisinsk bildediagnostikk	8
<b>3</b>	<b>Stråling fra miljøet</b>	<b>10</b>
3.1	Radioaktive stoffer i luft	10
	3.1.1 <i>Radon i luft</i>	10
	3.1.2 <i>Thoron i luft</i>	11
	3.1.3 <i>Andre radioaktive stoffer i luft</i>	11
3.2	Radioaktive stoffer i mat og drikke	12
3.3	Ekstern bestråling fra miljøet	13
	3.3.1 <i>Kosmisk stråling</i>	13
	3.3.2 <i>Stråling fra bakken og bygningsmaterialer</i>	13
<b>4</b>	<b>Samlet stråledose til befolkningen</b>	<b>15</b>
4.1	Gjennomsnittlig stråledose	15
4.2	Utvikling av stråledoser over tid	16
	4.2.1 <i>Medisinsk strålebruk</i>	16
	4.2.2 <i>Naturlig forekommende radioaktivitet</i>	16
	4.2.3 <i>Radioaktiv forurensning</i>	16
4.3	Spesielt utsatte grupper	17
	<b>Referanser</b>	<b>19</b>



# 1 Innledning

Stråling finnes overalt i miljøet rundt oss. Naturlig forekommende radioaktive stoffer har alltid vært til stede i maten vi spiser, luften vi puster og i bakken vi står på – og selv i kroppen vår. I tillegg har menneskelige aktiviteter ført til radioaktiv forurensning i norske områder.

Det utføres også i dag en rekke former for planlagt strålebruk, som medisinske undersøkelser og anvendelser innen forskning og industri. Stråledosene fra planlagt strålebruk varierer mye fra person til person, men bidrar vesentlig til den gjennomsnittlige stråledosen.

Denne rapporten oppsummerer hva vi vet om stråledosene til befolkningen i Norge. Vi presenterer *effektive* stråledoser, som tar hensyn til hvor skadelig strålingen er for kroppen. De beregnede stråledosene er hentet fra StrålevernRapport 2014:2 *Strålebruk i Norge (1)* og StrålevernRapport 2015:11 *Stråledoser fra miljøet (2)*.

Enkelte yrkesgrupper er spesielt utsatt for stråling gjennom arbeidet, for eksempel personer som jobber med røntgenstråling. Stråledoser til yrkeseksponerte arbeidstakere er ikke tatt med i beregningen av doser til befolkningen, men enkelte eksempler er gitt i kapittel 4.3.

Definisjoner av viktige strålingsrelaterte uttrykk som brukes i denne rapporten finner du i faktaboksen på side 8.

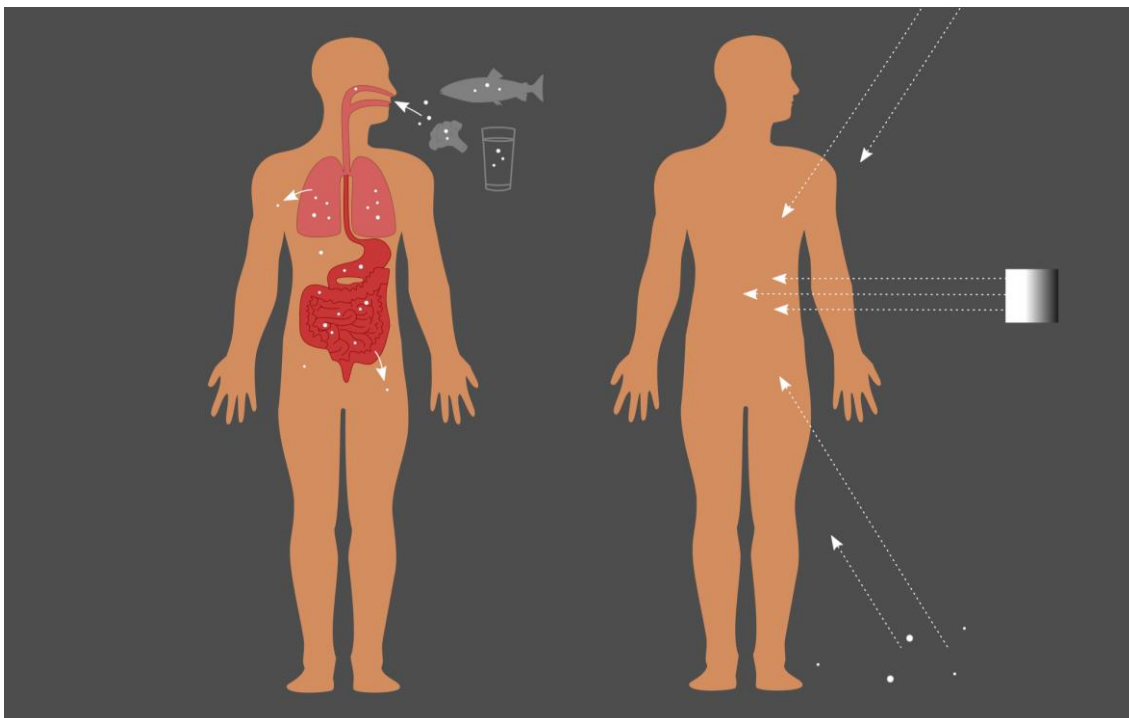
## 1.1 Hva er stråling, og hvorfor kan det være skadelig?

Forenklet sagt er stråling transport av energi i form av partikler eller elektromagnetiske bølger. Vi kan dele stråling inn i ioniserende og ikke-ioniserende stråling. Ioniserende stråling har så høy energi at den kan slå løs elektroner fra atomer og molekyler i cellene den treffer, slik at det dannes ioner. Dette kan føre til biologiske skader i celler og DNA. Ved lave stråledoser, som er det vi diskuterer i denne rapporten, er det hovedsakelig en økning i risikoen for kreft som utgjør den mulige helseeffekten. Ioniserende stråling omfatter røntgenstråling og stråling fra radioaktive stoffer.

For ikke-ioniserende stråling er energien lavere, og dermed kan ikke elektronene bli slått løs på samme måte. Eksempler på ikke-ioniserende stråling er UV-stråling, synlig lys og elektriske og magnetiske felt. Denne rapporten tar kun for seg ioniserende stråling.

## 1.2 Hvordan blir kroppen eksponert for stråling?

Eksponeringen for stråling kan skje enten ved intern bestråling gjennom inntak av radioaktive stoffer i mat og drikke eller inhalering i lungene, eller ved ekstern bestråling fra kilder utenfor kroppen (Figur 1). Alfa- og betastråling har kort gjennomtrengingsevne og gir i hovedsak bare stråledoser hvis det radioaktive stoffet finner veien inn i kroppen gjennom fordøyelsessystemet eller lungene. Gamma- og røntgenstråling har derimot høy gjennomtrengingsevne. Disse strålene har lang rekkevidde i luft og avsetter energi på sin vei igjennom kroppen og kan på denne måten også eksponere indre organer.



Figur 1. Forskjellige eksponeringsveier for ioniserende stråling. Ved inntak gjennom mat og drikke kan radioaktive stoffer gi stråledose direkte til fordøyelsessystemet, og noen stoffer kan tas opp og transporteres til andre deler av kroppen og avgi doser der. På samme måte kan inhalering av radioaktive stoffer gi doser direkte til lungene, eller tas opp og gi doser til andre organer. Ved ekstern bestråling av kroppen befinner strålekilden seg utenfor kroppen. Dette er tilfelle ved f.eks. røntgenapparater, radioaktive stoffer i bakken og kosmisk stråling. Strålingen går gjennom hud og vev og kan gi doser hvor som helst i kroppen. Stråler kan også gå tvers gjennom kroppen uten å gjøre skade. (Illustrasjon: Mari Komperød)

### 1.3 Hvor kommer strålingen fra?

#### 1.3.1 Stråling fra menneskelige aktiviteter

Ioniserende stråling brukes for medisinske formål til både behandling av sykdom og til diagnostiske undersøkelser, for eksempel vanlige røntgenbilder og CT. Eksponering fra medisinsk stråling viser en stadig økende trend, hovedsakelig fordi den teknologiske utviklingen muliggjør nye typer undersøkelser og behandlinger.

Naturen blir også tilført menneskeskapt radioaktive stoffer som stammer fra blant annet kjernekraftindustrien, atomprøvesprengninger og radioaktive utslipp fra sykehus og forskning. Det er de langlivede radioaktive stoffene som utgjør et problem på lang sikt. Radioaktiv forurensning fra Tsjernobyl-ulykken i 1986 tas fortsatt opp i planter og dyr i Norge. Norske hav- og kystområder blir stadig tilført radioaktiv forurensning fra utenlandske kilder, for eksempel Sellafield-anlegget i Storbritannia.

Begrepet *radioaktiv forurensning* omfatter både utslipp av menneskeskapt radioaktive stoffer i miljøet og tilfeller der menneskelig aktivitet fører til en oppkonsentrering av naturlig forekommende radioaktive stoffer i miljøet. Dette skjer blant annet i olje- og gassindustrien, hvor vann med forhøyede konsentrasjoner av naturlig radioaktive stoffer i reservoarene (såkalt *produsert vann*) pumpes opp sammen med oljen.



Du kan lese mer om kildene til radioaktiv forurensning og medisinsk strålebruk i Norge i Strålevernets rapporter<sup>1</sup> eller på våre nettsider, [nrpa.no](http://nrpa.no).

### 1.3.2 Stråling med naturlig opphav

Det meste av radioaktiviteten i miljøet forekommer naturlig. De aller fleste av de naturlig radioaktive stoffene har sin opprinnelse i bakken, men mange av disse blir også transportert til andre deler av miljøet. Eksempler på dette er radongass i luft og kalium-40 i mat.

Jorden blir også kontinuerlig bombardert med kosmisk stråling fra verdensrommet. Atmosfæren vår stopper mesteparten av denne strålingen, men en liten andel når jordoverflaten. I tillegg blir enkelte stabile stoffer i atmosfæren omdannet til radioaktive stoffer under påvirkning av kosmisk stråling. Slike såkalte kosmogeniske radioaktive stoffer utgjør en svært liten del av den naturlige radioaktiviteten i miljøet.

#### Definisjoner av viktige strålingsrelaterte begreper

**Stråling** er forenklet sagt transport av energi i form av partikler (partikkelstråling) eller bølger (elektromagnetisk stråling). Ioniserende stråling er stråling som har nok energi til å slå løs elektroner fra atomer og molekyler (inkludert i DNA-molekyler) i celler som blir truffet, og dermed føre til biologiske skader i kroppen. Ioniserende stråling omfatter røntgenstråling og stråling fra radioaktive stoffer. (Ikke-ioniserende stråling omfatter UV-stråling, synlig lys, infrarød stråling og elektriske og magnetiske felt.)

**Stråledose** er et mål på hvor mye strålingsenergi som absorberes i et vev. I denne rapporten snakker vi om den effektive stråledosen, som tar hensyn til hvor skadelig strålingen er for kroppen avhengig av hvilken type ioniserende stråling det er snakk om (alfa-, beta- eller gamma-/røntgenstråling), og hvilke organer og hvor stor del av kroppen som er eksponert. Enheten for effektiv stråledose er sievert (Sv).

**Radioaktive stoffer** består av atomer med ustabile atomkjerner. Disse ustabile atomkjernene vil før eller senere spontant omdannes til andre grunnstoffer eller varianter (isotoper), samtidig som de sender ut energi i form av ioniserende stråling (alfa-, beta- og/eller gammastråling). Noen radioaktive stoffer finnes naturlig til stede i naturen, men andre er menneskeskapt.

Aktiviteten til radioaktive stoffer måles i **becquerel (Bq)**. 1 Bq tilsvarer 1 omdannelse per sekund. Det nye stoffet som oppstår etter omdannelsen er i mange tilfeller et annet radioaktivt stoff, som kan ha helt andre egenskaper.

**Røntgenstråling** er menneskeskapt og genereres i et røntgenapparat når man påfører en spenning over røntgenrøret (dvs. trykker på eksponeringsknappen). Man kan variere energien til røntgenstrålingen ved å endre på spenningen over røntgenrøret og på denne måten skape den strålekvaliteten man ønsker for formålet. Røntgenstråling med lav energi brukes ofte til å lage røntgenbilder for diagnostiske formål, mens stråling med høy energi brukes i stråleterapi for å drepe kreftceller.

<sup>1</sup> Du kan lese mer om kilder innen medisinsk strålebruk i StrålevernRapport 2014:2 *Strålebruk i Norge* og kilder til radioaktiv forurensning i bl.a. StrålevernRapport 2014:9 *Radioaktivt cesium i norske landområder og ferskvannssystemer* og StrålevernRapport 2015:3 *Radioactivity in the Marine Environment 2011*.

## 2 Planlagt strålebruk

Stråling brukes til forskjellige formål innen medisin, industri, forskning og nukleære anlegg. Planlagt strålebruk fører først og fremst til doser til pasienter og arbeidere innen spesielle yrkesgrupper. I tilfellene der planlagt strålebruk fører til radioaktiv forurensning og derfor medfører stråledoser til befolkningen generelt, er disse bidragene inkludert i stråledosene fra miljøet i kapittel 3.

I denne rapporten er det kun stråledoser fra medisinsk diagnostikk som er tatt med som en kilde til den gjennomsnittlige befolkningsdosen fra planlagt strålebruk. Årsaken til dette er at diagnostisk utredning angår befolkningen generelt. Dette er ikke tilfellet for stråleterapi, der strålingen gis som et ledd i behandlingen av en sykdom.

Den ekstra stråledosen som yrkeseksponerte utsettes for, er heller ikke inkludert i beregningen av gjennomsnittsdoser til befolkningen siden bestrålingen er relatert til et yrke, og ikke befolkningen som helhet. Yrkeseksponerte personer er kort omtalt i kapittel 4.3, og en mer detaljert beskrivelse er gitt i StrålevernRapport 2011:11 *Persondosimetritenesta ved Statens strålevern* (3).

En mer utfyllende beskrivelse av de ulike strålekildene som benyttes i forbindelse med planlagt strålebruk og en oppsummering av dosebidrag til pasienter, personell og befolkning fra slik aktivitet er gitt i StrålevernRapport 2014:2 *Strålebruk i Norge* (1).

### 2.1 Doser til pasienter fra medisinsk bildediagnostikk



1,1 mSv/år  
21 %

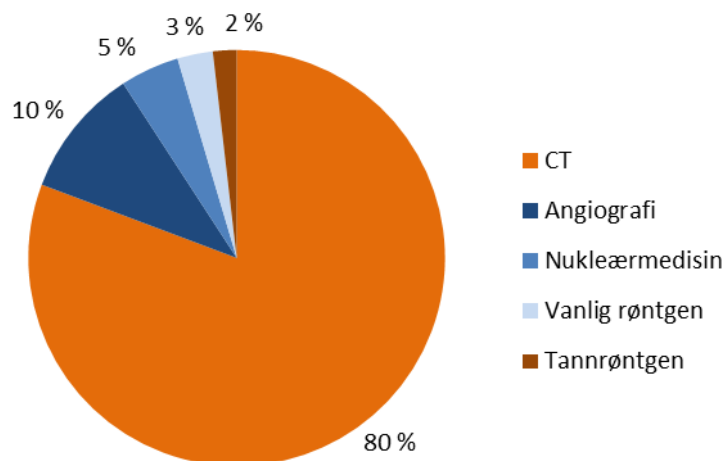
Medisinsk strålebruk utgjør det største bidraget til befolkningsdosen fra menneskeskapte strålekilder. Bruk av stråling for medisinske formål skiller seg en del fra andre eksponeringer, ettersom strålingen her påføres med vilje til pasientens fordel, og man har kontroll over eksponeringen.

Den effektive stråledosen som pasienten mottar ved hver undersøkelse varierer mye avhengig av typen undersøkelse og hvilke organer som er eksponert, men også utfra typen utstyr og lokale prosedyrer. CT og røntgenveiledet intervensjon gir generelt høyere stråledoser enn vanlige røntgenundersøkelser.

Den gjennomsnittlige totale stråledosen fra diagnostiske undersøkelser er beregnet til 1,1 mSv/år (1, 4). De årlige bidragene fra de ulike typene undersøkelser er:

- 0,88 mSv fra CT-røntgen
- 0,11 mSv fra angiografi
- 0,05 mSv fra nukleærmedisin
- 0,03 mSv fra konvensjonell røntgen
- 0,02 mSv fra tannrøntgen

Dosene fra medisinske undersøkelser er imidlertid svært ujevnt fordelt i befolkningen: De fleste har ingen eller bare lave doser fra medisinske undersøkelser hvert år (f.eks. fra tannrøntgen), mens noen pasienter kan få doser på opptil flere titalls mSv i løpet av et år. Det er derfor få personer som får en dose tilsvarende gjennomsnittsdosen.



Figur 2. Grafen viser fordelingen av beregnede stråledoser fra diagnostiske medisinske undersøkelser i Norge. Dosene er angitt i mSv/år. Den totale gjennomsnittlige dosen fra alle undersøkelsene er beregnet til 1,1 mSv/år.

CT-undersøkelser står for hele 80 % av stråledosen fra medisinske undersøkelser (Figur 2), og antallet slike undersøkelser øker stadig. Henvisning til medisinske undersøkelser skal være berettiget, og så lenge dette kravet er oppfylt, vil nytten ved diagnostisk strålebruk oppveie helserisikoen i de aller fleste tilfellene.

For en mer detaljert gjennomgang av doseestimatene fra radiologiske og nukleærmedisinske undersøkelser henviser vi til StrålevernRapport 2010:12 *Radiologiske undersøkelser i Norge per 2008* (5) og StrålevernInfo 2012:2 *Nukleærmedisinske undersøkingar og behandlingar* (6).

## 3 Stråling fra miljøet

Dette kapitlet tar for seg stråledosene som stammer fra kilder overalt i miljøet rundt oss. Dette er både naturlig forekommende og menneskeskapt radioaktive stoffer som alle mennesker eksponeres for daglig, både gjennom inhalasjon, inntak av mat og drikke, og ekstern bestråling fra omgivelsene. Beregningene av stråledosene som vises på de neste sidene er fremstilt i detalj i StrålevernRapport 2015:11 *Stråledoser fra miljøet* (2).

### 3.1 Radioaktive stoffer i luft

De fleste radioaktive stoffer vi finner i luften, stammer opprinnelig fra bakken. Radioaktive stoffer i luft gir for det meste doser til lungene, men noen stoffer kan også tas opp gjennom lungevevet og føres videre til andre organer og avgi stråling der. Radon står for den klart største stråledosen fra luft. Fra både radon og thoron er det de kortlivede datterproduktene som står for mesteparten av den faktiske stråledosen.

#### 3.1.1 Radon i luft



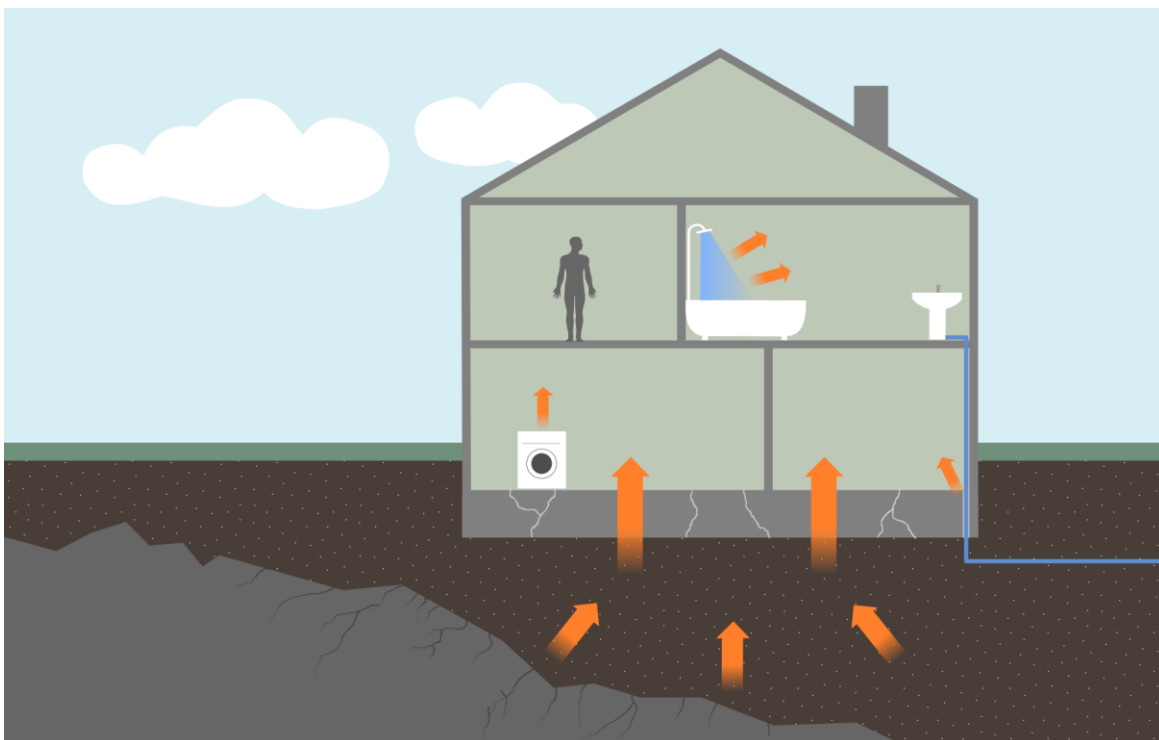
2,5 mSv/år  
48 %

Radon (radon-222) er en gass som dannes kontinuerlig i bakken. Utendørs er radonkonsentrasjonene normalt lave, og vanligvis vil radon kunne gi betydelige stråledoser først når den oppkonsentreres i inneluften. Radongassen fra bakken trenger inn gjennom sprekker og utettheter i bygningen. Spesielt ved oppvarming av bygningene i vinterhalvåret får man et undertrykk innendørs, slik at luft og radongass fra bakken nærmest suges inn dersom bygningen ikke er helt tett mot byggegrunnen (Figur 3). Dersom det er radon i husholdningsvannet – noe som særlig kan være et problem i borebrønner i fjell – frigjøres mye av radongassen når vannet tappes i huset, og kan gi et

betydelig bidrag til inneluften<sup>2</sup>.

Områder med uranrike bergarter (som alunskifer, granitt og pegmatitt), eller med permeable løsmasser, er spesielt utsatt for høye radonnivåer. En kartlegging fra 2000–2001 viser en gjennomsnittlig radonkonsentrasjon i norske boliger på 88 Bq/m<sup>3</sup>, som med vår beregningsmetode tilsvarer en stråledose på 2,5 mSv/år. Dette er noe høyere enn det tidligere estimatet på 2,2 mSv/år. Økningen skyldes at det tidligere estimatet brukte verdensgjennomsnittet for innendørs oppholdstid på 80 %, mens vi i den nye beregningen har oppdatert doseberegningen med en innendørs oppholdstid på 90 % for befolkningen i Norge, slik statistikken viser (7).

<sup>2</sup> Stråledosen man får ved å drikke radonholdig vann er tatt med i beregning av stråledoser fra mat og drikke, kapittel 3.2. Dosen fra radongass som går fra vann til inneluft, og dermed inhaleres, er inkludert i denne beregningen.



Figur 3. Radon siver inn i bygningen fra bakken gjennom sprekker i byggegrunnen og bygningen. Dersom man har radon i husholdningsvannet, frigjøres en del av radongassen til inneluften når man blant annet dusjer og bruker vaskemaskinen. (Illustrasjon: Mari Komperød)

### 3.1.2 Thoron i luft



**0,22 mSv/år**  
4,3 %

Thoron (radon-220) er en mindre omtalt radon-isotop, som deler mange egenskaper med radon-222. I de fleste tilfeller er dosene fra thoron vesentlig lavere enn fra radon, men thorondosene er ikke ubetydelige. Vanligvis stammer mesteparten av thorongassen innendørs fra bygningsflater inne i huset som inneholder stein. En begrenset forskningsstudie har funnet et gjennomsnittlig thoronnivå i inneluft som tilsvarer en gjennomsnittsdose på 0,22 mSv/år, med enkeltverdier fra 0,02–0,35 mSv/år (8).

### 3.1.3 Andre radioaktive stoffer i luft



**0,006 mSv/år**  
0,12 %

Det finnes også andre naturlig radioaktive stoffer i luft, men i svært lave konsentrasjoner. Internasjonale gjennomsnittlige stråledoser av naturlig radioaktive stoffer andre enn radon og thoron er 0,006 mSv/år, der bly-210 utgjør det største bidraget, etterfulgt av polonium-210 (9). Dosen fra inhalasjon av menneskeskapt stoffer er tilnærmet lik 0 mSv/år.

Den samlede stråledosen fra andre radioaktive stoffer enn radon og thoron i luft er derfor beregnet til 0,006 mSv/år.

### 3.2 Radioaktive stoffer i mat og drikke



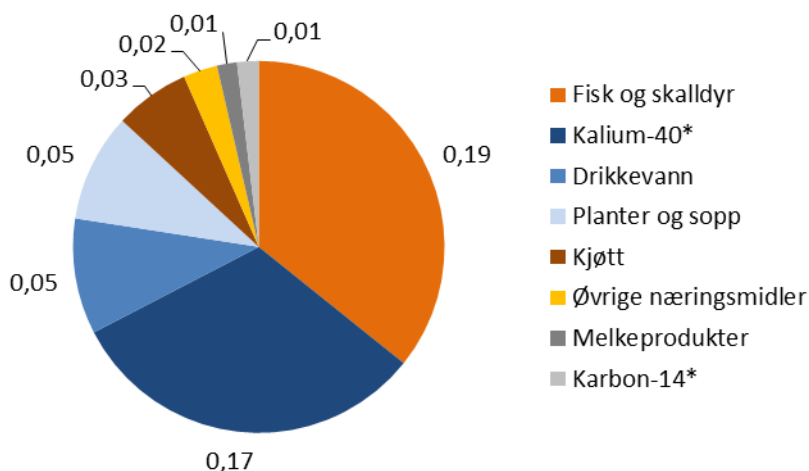
0,53 mSv/år  
10 %

Radioaktive stoffer i mat og drikke kan avgi stråling til fordøyelsessystemet. Noen radioaktive stoffer tas også aktivt opp i kroppen og fraktes til andre organer (for eksempel muskler eller skjelettet) og gir doser der, mens andre stoffer skilles raskt ut igjen.

Den gjennomsnittlige stråledosen fra radioaktive stoffer i næringsmidler er ved hjelp av konverteringsfaktorer fra Den internasjonale strålevernkommissjonen, ICRP (10), beregnet til 0,53 mSv/år, fordelt på 0,52 mSv fra naturlig radioaktivitet og 0,01 mSv fra radioaktiv forurensning<sup>3</sup>.

Kalium-40 finnes i de fleste næringsmidler, men innholdet av kalium reguleres nøye av kroppen. Uavhengig av hva man spiser gir kalium-40 en konstant stråledose på ca. 0,17 mSv/år.

Fisk og skalldyr er den næringsmiddelgruppen som bidrar klart mest til den gjennomsnittlige stråledosen i befolkningen (Figur 4). Dette er hovedsakelig fordi sjømat, og spesielt skalldyr, inneholder mer polonium-210 og radium enn annen mat. I drikkevann er det radon i grunnvannskilder som drar opp gjennomsnittsdosen betydelig.



Figur 4. Diagrammet viser den årlige beregnede gjennomsnittsdosen (mSv/år) fra både naturlige og menneskeskapt radioaktive stoffer fordelt på ulike næringsmiddelgrupper. \*Dosene fra kalium-40 og karbon-14 vises separat fordi de finnes i så godt som alle matvarer, og dosene anses som relativt konstante uavhengig av kostholdet.

Det er det langlivede radioaktive stoffet cesium-137 som gir de største stråledosene fra radioaktiv forurensning i dag. Det meste av cesium-137 som finnes i matvarer i Norge, stammer fra Tsjernobyl-ulykken. Vi ser generelt mye lavere nivåer av radioaktiv forurensning i sjømat enn i mat fra land og ferskvann.

<sup>3</sup> De beregnede dosene fra kostholdet er konservativt estimert. Dette henger både sammen med at ICRPs dosekonverteringsfaktorer er noe konservativt estimert og at radioaktivitetsnivået i maten går noe ned når maten lagres og tilberedes. Vi har likevel valgt denne beregningsmetoden fordi dette er normen innen strålevern, og fordi vi vil ikke risikere å underestimere dosene fra mat og drikke.

### 3.3 Ekstern bestråling fra miljøet

Alle blir hver dag utsatt for ekstern ioniserende stråling fra overalt i omgivelsene. De største kildene til ekstern bestråling er kosmisk stråling fra verdensrommet og stråling fra radioaktive stoffer i bakken og bygninger.

#### 3.3.1 Kosmisk stråling



**0,35 mSv/år**  
6,9 %

Jorden blir kontinuerlig bombardert med stråling fra verdensrommet. Dosen fra kosmisk stråling øker jo høyere opp og jo nærmere polene man befinner seg. Når vi tar hensyn til oppholdstiden innendørs, kommer vi frem til en total gjennomsnittlig årlig dose ved bakkenivå på 0,31 mSv, som varierer fra 0,30–0,45 mSv avhengig av bostedet (Figur 5).

Fordi den kosmiske strålingen er mye sterkere høyere oppe i atmosfæren, får en stor andel av befolkningen hvert år en liten ekstra stråledose fra flyreiser. Gjennomsnittsdosen fra kosmisk stråling ved flyreiser er estimert til 0,04 mSv/år, men her er det store variasjoner utfra hvor ofte og hvor langt man flyr.

Den beregnede totale gjennomsnittsdosen til befolkningen fra kosmisk stråling er 0,35 mSv/år.

#### 3.3.2 Stråling fra bakken og bygningsmaterialer

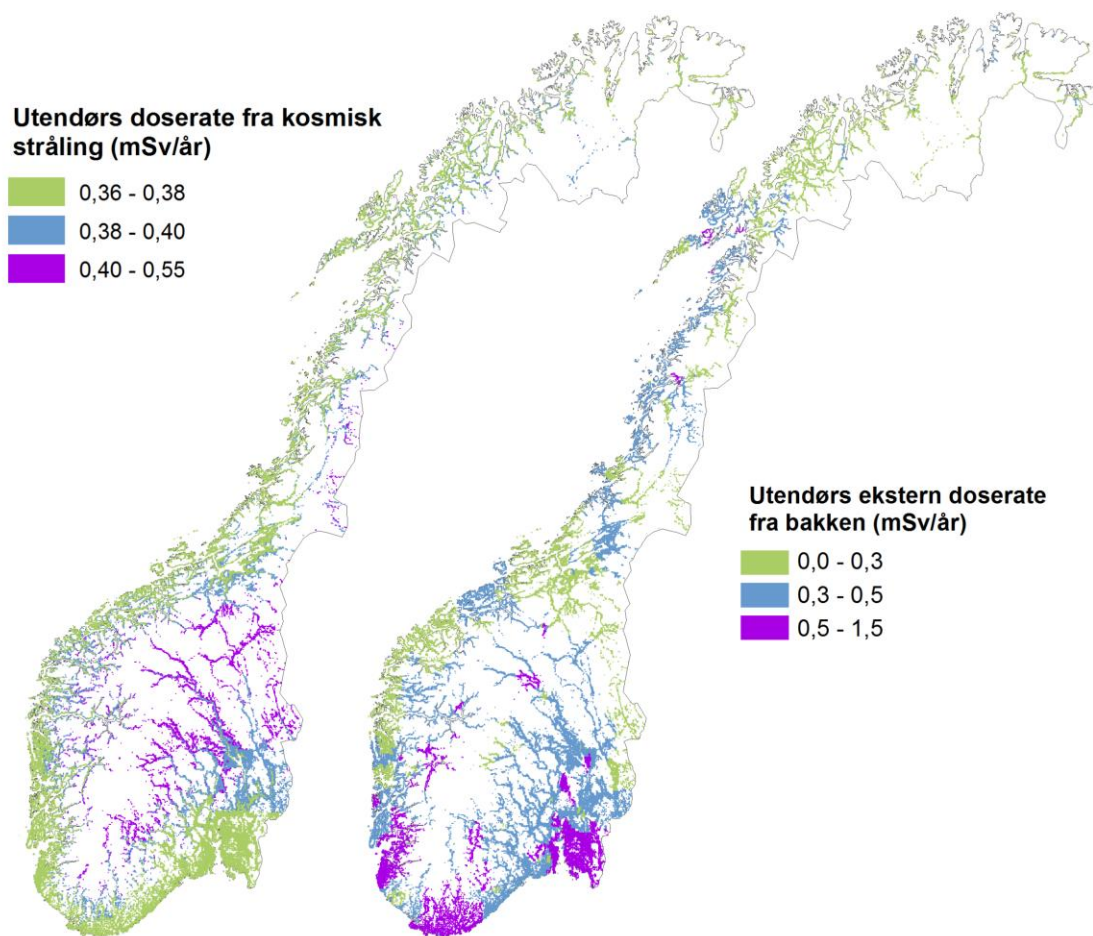


**0,47 mSv/år**  
9,1 %

Mange av de radioaktive stoffene som finnes i naturen og bygningene rundt oss, avgir gammastråling. Gulv og vegger skjermer for en del av strålingen fra bakken utenfor, men bygningsmaterialer laget av stein, som betong og mur, inneholder også naturlige radioaktive stoffer som avgir stråling.

Det er ikke stor forskjell på selve doseraten inne og ute, men siden befolkningen i Norge oppholder seg innendørs i gjennomsnitt 90 % av tiden (7) er eksponeringen innendørs også den klart mest avgjørende for det årlige dosen. Den gjennomsnittlige eksterne stråledosen er beregnet til 0,43 mSv/år fra opphold innendørs og 0,04 mSv/år fra opphold utendørs. Totalt blir da den gjennomsnittlige dosen fra bakken og bygninger 0,47 mSv/år.

Nedfallet av cesium-137 på bakken ga et forholdsvis høyt bidrag til den eksterne stråledosen i de mest forurensede områdene i tiden rett etter Tsjernobyl-ulykken, men utgjør nå kun en liten andel av den eksterne stråledosen. Det er de naturlige radioaktive stoffene som står for mesteparten av stråledosen vi får fra bakken og ellers i naturen når vi er utendørs. Mengden naturlig radioaktive stoffer varierer mye mellom bergarter, og doseraten utendørs er derfor sterkt avhengig av typen berggrunn (Figur 5).



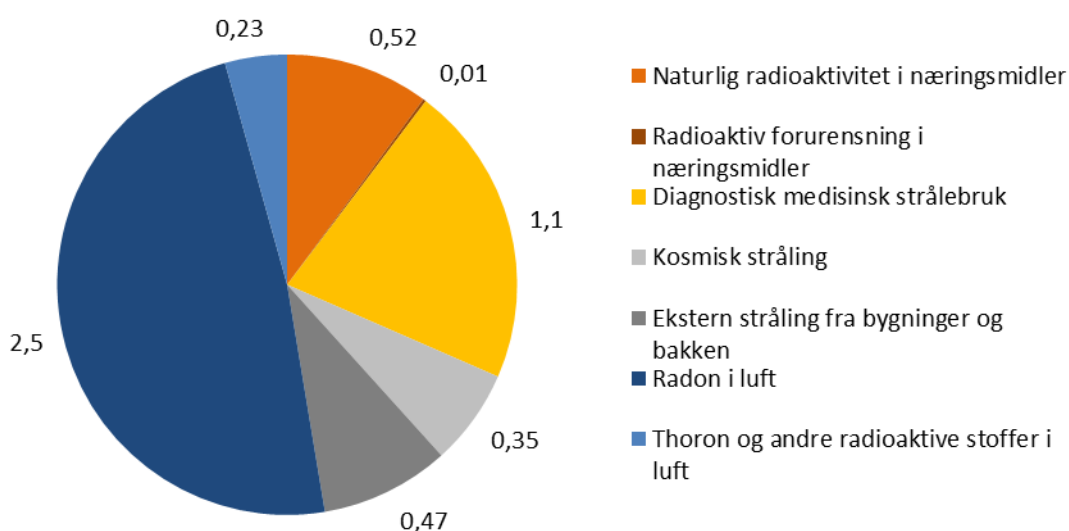
Figur 5. Gjennomsnittlige doserater (mSv/år) utendørs fra kosmisk stråling (venstre) og fra radioaktive stoffer i bakken (høyre). Figuren viser kun befolkede områder. Doseraten er høyere enn den faktiske stråledosen, som også tar hensyn til skjermingseffekten når man oppholder seg innendørs.



## 4 Samlet stråledose til befolkningen

### 4.1 Gjennomsnittlig stråledose

Den totale gjennomsnittlige stråledosen fra ioniserende stråling til befolkningen i Norge er beregnet til 5,2 mSv/år. Den klart største dosen kommer fra radon i inneluft. Medisinsk strålebruk står for det absolutt største dosebidraget fra menneskeskapte kilder. Stråledosen fra radioaktiv forurensning er jevnt over veldig lav sammenlignet med andre kilder, men bidraget kan likevel være vesentlig for utsatte enkeltpersoner (se kapittel 4.3). En oversikt over den gjennomsnittlige stråledosen til befolkningen fra forskjellige typer eksponering vises i Figur 6.



Figur 6. Samlet oversikt over bidragene til den gjennomsnittlige stråledosen (mSv/år) til befolkningen fra ulike kilder.

Dette doseestimatet er noe høyere enn Strålevernets tidligere estimat på 4,6 mSv/år. Økningen henger sammen med at vi har inkludert doser fra thoron i beregningen og at gjennomsnittsdosen fra radon i inneluft justert noe opp fordi vi har tatt høyde for at befolkningen i Norge oppholder seg mer innendørs enn verdensgjennomsnittet. Samtidig viser de nye og mer grundige beregningene av doser fra næringsmidler en noe høyere dose fra naturlig radioaktivitet enn tidligere anslått.

Til sammenligning anslår UNSCEAR (11) en gjennomsnittlig stråledose til hele verdens befolkning på ca. 3,0 mSv. Årsaken til at Norge ligger høyere enn verdensgjennomsnittet skyldes i hovedsak høyere doser fra radon pga. de geologiske forholdene og byggeskikken i Norge og høyere doser fra diagnostisk medisinsk strålebruk, noe som har sammenheng med bedre helsevesen i industriland enn verden for øvrig<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Verdensgjennomsnittet for inhalering av radon og diagnostisk medisinsk strålebruk er anslått til hhv. 1,26 og 0,6 mSv/år i UNSCEAR (11).

## 4.2 Utvikling av stråledoser over tid

Den gjennomsnittlige stråledosen kan variere over tid. Vi ser at dosene fra enkelte kilder øker, mens doser fra andre kilder går noe ned.

### 4.2.1 Medisinsk strålebruk

Rask teknologisk utvikling innen medisinsk utstyr, i kombinasjon med at stadig flere yrkesgrupper og avdelinger utfører røntgenveiledede prosedyrer og intervensjoner, fører til at medisinsk strålebruk er i kraftig vekst. Dosen per undersøkelse har jevnt over blitt lavere, hovedsakelig pga. teknologiske nyvinninger og strengere krav i strålevernforskriften til optimalisering. Vi ser også store endringer i bruksmønsteret av de forskjellige radiologiske modalitetene, og bruk av CT doblet seg i perioden fra 2002 til 2008. Innen nukleærmedisin har PET og PET/CT blitt mer vanlig, og det er forventet at dosebidraget fra PET vil øke i tiden fremover (5).

I et europeisk perspektiv ligger Norge noe under gjennomsnittet i antall radiologiske undersøkelser samlet sett, men nesten på topp i antall CT-undersøkelser. Som et resultat av det høye CT-forbruket, ligger Norge også i toppen når det gjelder stråledoser fra radiologiske undersøkelser sammenlignet med resten av Europa (12, 13).

### 4.2.2 Naturlig forekommende radioaktivitet

Naturlig radioaktivitet vil alltid finnes i omgivelsene, men strålingseksponering avhenger blant annet av hvor man oppholder seg, byggeteknikk, kosthold og drikkevannskvalitet. Radon i inneluft og i drikkevann kan effektivt reduseres med ganske enkle og rimelige tiltak. Slik kan man begrense stråledosene til enkeltpersoner, og på sikt også gjøre det mulig å redusere gjennomsnittsdosene. Stadig mer flytrafikk vil samtidig føre til noe økte stråledoser fra kosmisk stråling.

### 4.2.3 Radioaktiv forurensning

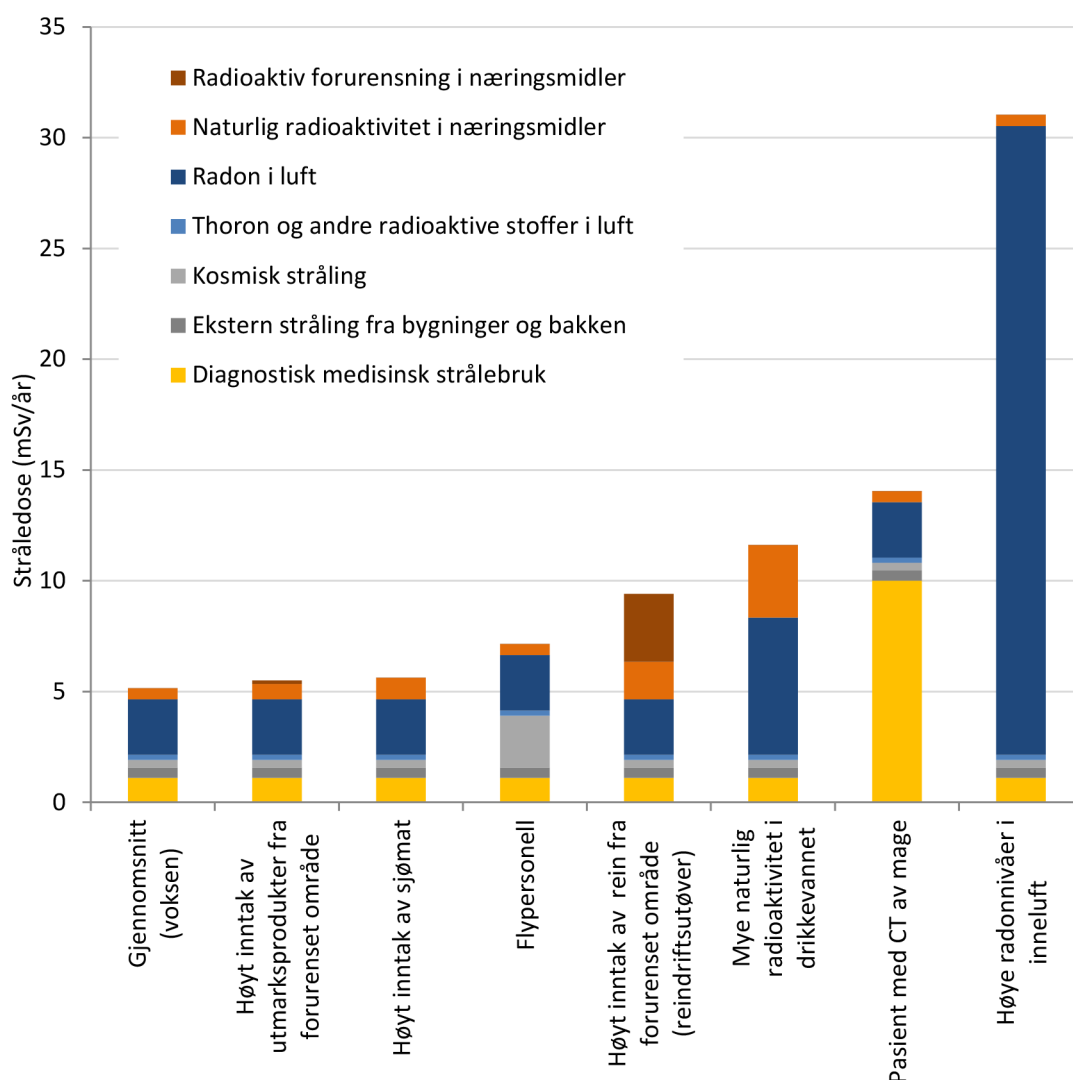
Den radioaktive forurensningen på fastlandet stammer nesten utelukkende fra tidligere hendelser og går nå langsomt nedover etter hvert som de radioaktive stoffene vaskes ut og brytes ned. I norske havområder har kontinuerlige utslipp til havet fra norske og utenlandske kilder også bidratt til forurensningen, men også disse utslippene har jevnt over blitt redusert siden begynnelsen av 2000-tallet, og nivåene i havet går nå også langsomt ned.

Det må fortsatt gjøres tiltak for å redusere nivåene av cesium-137 fra Tsjernobyl-ulykken i sau- og tamreinsnæringen. Den enkelte kan redusere stråledoser ved å begrense inntaket av mat med høye cesium-137-nivåer, men dette har først og fremst betydning for reindriftsutøvere og andre grupper som spiser store mengder tamrein, vilt og andre utmarksprodukter fra de mest forurensete områdene.

### 4.3 Spesielt utsatte grupper

Noen befolkningsgrupper er spesielt utsatt for å få høyere stråledoser enn gjennomsnittet. Dette kan ha sammenheng med for eksempel hva de spiser, hvor de bor eller hva de jobber med. Vi har estimert stråledoser til seks fiktive personer som representerer noen få spesielt utsatte grupper:

- En person med høyt inntak av utmarksprodukter (vilt og selvplukket sopp og bær) i et spesielt forurenset område
- En person som spiser mye sjømat
- Gjennomsnittlig flypersonell
- En person med høyt inntak av forurenset reinkjøtt (reindriftsutøver)
- En person med høyt nivå av naturlig radioaktivitet i drikkevannet
- En pasient som pga. sykdomsoppfølging får én årlig CT-undersøkelse av mage<sup>5</sup>
- En person som bor i bolig med høyt radonnivå i inneluften (basert på 1000 Bq/m<sup>3</sup>)



Figur 7. Sammenligning av dosene til en gjennomsnittlig voksen person og forskjellige spesielt utsatte grupper, basert på antakelsene gjort i StrålevernRapport 2015:11 (2). Denne sammenligningen er kun ment å illustrere at forskjellige grupper får ulike doser avhengig av blant annet kosthold, bosted/boforhold og yrke. Det vil finnes mange enkeltpersoner med både høyere og lavere doser enn dette innenfor hver av disse utsatte gruppene.

<sup>5</sup> Estimert dose av én CT-undersøkelse av abdomen er 10 mSv (5)

Dette er kun eksempler på hvordan ulike faktorer kan påvirke stråledosen, og det vil finnes personer fra disse utsatte gruppene med både høyere og lavere doser. Det finnes også personer som får høyere doser enn gjennomsnittet på grunn av andre faktorer enn de som vi har valgt ut.

Naturlig radioaktivitet i berggrunnen står for noen av de høyeste samlede dosene: personer med bolig med høyt radonnivå i inneluften og forhøyet naturlig radioaktivitet i drikkevann (hvorav radon også står for mesteparten av dosen). Reindriftsutøvere i de mest forurensede områdene er også utsatt for en betydelig tilleggsdose fra radioaktiv forurensning<sup>6</sup>.

Figuren viser at strålebruk i forbindelse med medisinske undersøkelser har stor betydning for stråledosen til de enkeltmenneskene det gjelder. For eksempel vil personer som tar én eller flere CT-undersøkelser i året pga. sykdomsoppfølging, få en høyere stråleeksponering sammenlignet med gjennomsnittet i befolkningen.

### *Yrkeseksponerte grupper*

Enkelte yrkesgrupper kan få en betydelig høyere dose enn gjennomsnittet. Noen yrkesgrupper får ekstra stråledoser fra naturlig radioaktivitet, som økt eksponering for kosmisk stråling hos flypersonell (vist i figur 7) eller høye radonnivåer i luften ved arbeidsplasser i bergrom.

For andre yrkesgrupper er eksponeringen relatert til planlagt strålebruk (kapittel 2). Personer som arbeider med medisinsk strålebruk er de som mottar de høyeste personelldosene. Spesielt gjelder dette personer som utfører tunge intervensjonsprosedyrer, som intervensjonsradiologer og kardiologer. I tillegg til risikoen forbundet med stråledoser til hele kroppen hos intervensjonspersonell, vil høye stråledoser til øyelinsen kunne føre til utvikling av grå stær. Les mer om yrkeseksponerte innen planlagt strålebruk i StrålevernRapport 2011:11 *Persondosimetritenesta ved Statens strålevern* (3).

Alle yrkesbestrålte arbeidstakere skal få fastsatt sin dose, og den årlige dosen skal ikke overskride grensen på 20 mSv fra den strålekilden som er forbundet med arbeidet.

---

<sup>6</sup> Stråledosene fra matinntak er estimert ved bruk av ICRPs dosekonverteringsfaktorer og er noe konservativt estimert. Den beregnede dosen til en person med høyt inntak av forurenset reinkjøtt er ca. 3 mSv/år, men målinger av cesium-137 i kroppen til reindriftsutøvere tyder imidlertid på at de reelle dosene fra deres inntak av reinsdyrkjøtt mest sannsynlig ligger lavere enn vår beregning viser. Basert på de direkte målingene av cesium-137 i reindriftsutøvere, finnes det trolig fortsatt enkeltpersoner som overskrider 1 mSv/år fra radioaktiv forurensning.

## Referanser

1. Saxebøl G, Olerud HM. Strålebruk i Norge. Nyttig bruk og godt strålevern for samfunn, menneske og miljø. StrålevernRapport 2014:2. Østerås: Statens strålevern, 2014.
2. Komperød M, Rudjord AL, Skuterud L, Dyve JE. Stråledoser fra miljøet. Beregninger av befolkningens eksponering for stråling fra omgivelsene. StrålevernRapport 2015:11. Østerås: Statens strålevern 2015.
3. Paulsen GU. Persondosimetritenesta ved Statens strålevern. Årsrapport 2010. StrålevernRapport 2011:11. Østerås: Statens strålevern, 2011
4. Statens strålevern. Nukleærmedisinske undersøkingar og behandlingar. StrålevernInfo 2-12. Østerås: Statens strålevern, 2012.
5. Almén A, Friberg EG, Widmark A, Olerud HM. Radiologiske undersøkelser i Norge per 2008. Trender i undersøkelsesfrekvens og stråledoser til befolkningen. StrålevernRapport 2010:12. Østerås: Statens strålevern, 2010.
6. Statens strålevern. Nukleærmedisinske undersøkingar og behandlingar. StrålevernInfo 2012-2.
7. Vaage OF. Tidsbruk 2010. Utendørs 2 ½ time – menn mer enn kvinner [Internett]. Samfunnsspeilet 2012/4. Statistisk sentralbyrå, [oppdatert 09.10.2012; sitert 03.06.2015] Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/kultur-og-fritid/artikler-og-publikasjoner/utendørs-2-time-menn-mer-enn-kvinner>
8. Stranden E. Thoron and Radon Daughters in Different Atmospheres. Health Physics, 1980;38, 777-785.
9. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Energy. Sources and Effects of Ionizing Radiation. 2008 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. Volume I. Annex B: Exposures of the public and workers from various sources of radiation. New York: United Nations, 2010. Tilgjengelig fra: [http://www.unscear.org/docs/reports/2008/09-86753\\_Report\\_2008\\_Annex\\_B.pdf](http://www.unscear.org/docs/reports/2008/09-86753_Report_2008_Annex_B.pdf)
10. Den internasjonale strålevernkommissjonen (ICRP). Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60. ICRP Publication 112. 2012; Ann. ICRP 41. (Suppl.)
11. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Energy. Sources and Effects of Ionizing Radiation. 2008 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. Volume I. New York: United Nations, 2010. Tilgjengelig fra: [http://www.unscear.org/docs/reports/2008/09-86753\\_Report\\_2008\\_GA\\_Report\\_corr2.pdf](http://www.unscear.org/docs/reports/2008/09-86753_Report_2008_GA_Report_corr2.pdf)
12. European Commission. Radiation Protection N° 180. Medical Radiation Exposure of the European Population. Part 1/2. Contract ENER/2010/NUCL/SI2.581237. Luxembourg: European Union, 2014. Tilgjengelig fra: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/RP180.pdf>
13. Statens strålevern. CT-bruken i Norge gir høye stråledoser til befolkningen. StrålevernInfo 7-13. Østerås: Statens strålevern, 2013.





Statens strålevern  
Norwegian Radiation Protection Authority

2015

**StrålevernRapport 2015:1**

Strategisk plan 2015–2017

**StrålevernRapport 2015:2**

Årsrapport 2014

**StrålevernRapport 2015:3**

Radioactivity in the Marine Environment 2011

**StrålevernRapport 2015:4**

Effekt av KVIST-arbeidet

**StrålevernRapport 2015:5**

Radon National Action Plan

**StrålevernRapport 2015:6**

Inventory and source term evaluation of the dumped nuclear submarine K-27

**StrålevernRapport 2015:7**

UV-eksponering av den norske befolkningen

**StrålevernRapport 2015:8**

Comparison of Safety and Environmental Impact Assessments for Disposal of Radioactive Waste and Hazardous Waste

**StrålevernRapport 2015:9**

Geographical Categorisation of the Environmental Radio-sensitivity of the Northern Marine Environment

**StrålevernRapport 2015:10**

Overvaking av radioaktivitet i omgivnadene 2014

**StrålevernRapport 2015:11**

Stråledoser fra miljøet

**StrålevernRapport 2015:12**

Stråledoser til befolkningen

ISSN 1891-5191 (online)

ISSN 0804-4910 (print)