

## Orientering om kosmisk stråling

Juni 2012

**Kosmisk stråling dannes i universets stjerner og udgør et strålingsfelt, der hele tiden omgiver Jorden. På grund af atmosfærens skærmende virkning er strålingen ved havets overflade mange gange lavere end i atmosfærens øvre lag. Som følge af Jordens magnetfelt varierer strålingsintensiteten alt efter afstanden til polerne. Begge dele har betydning for stråleudsættelsen af flybesætninger og hyppigt flyvende passagerer. Sundhedsstyrelsen v. Statens Institut for Strålebeskyttelse (SIS) registrerer danske flybesætningers beregnede doser og rådgiver omkring stråleudsættelse i forbindelse med flyrejser. Doser til flybesætninger, der arbejder for danske flyselskaber, er væsentligt under dosisgrænsen for arbejdstagere<sup>1</sup>. Det vurderes at doser til hyppigt flyvende passagerer i meget sjældne tilfælde kan være på samme niveau som flybesætningers.**

### Hvad er kosmisk stråling?

Kosmisk stråling består primært af elektrisk ladede partikler som elektroner, protoner og lette ioner med høj energi, der rammer Jorden fra verdensrummet. Jordens atmosfære svækker den kosmiske stråling. Intensiteten af den kosmiske stråling afhænger derfor af højden over havets overflade. Jo højere oppe i atmosfæren, jo stærkere kosmiske stråling. Den kosmiske stråling afbøjes desuden af Jordens magnetfelt der har en skærmende virkning. Magnetfeltets skærmende effekt er stærkest ved ækvator og svagest ved polerne. Intensiteten af den kosmiske stråling er derfor større ved polerne end ved ækvator.

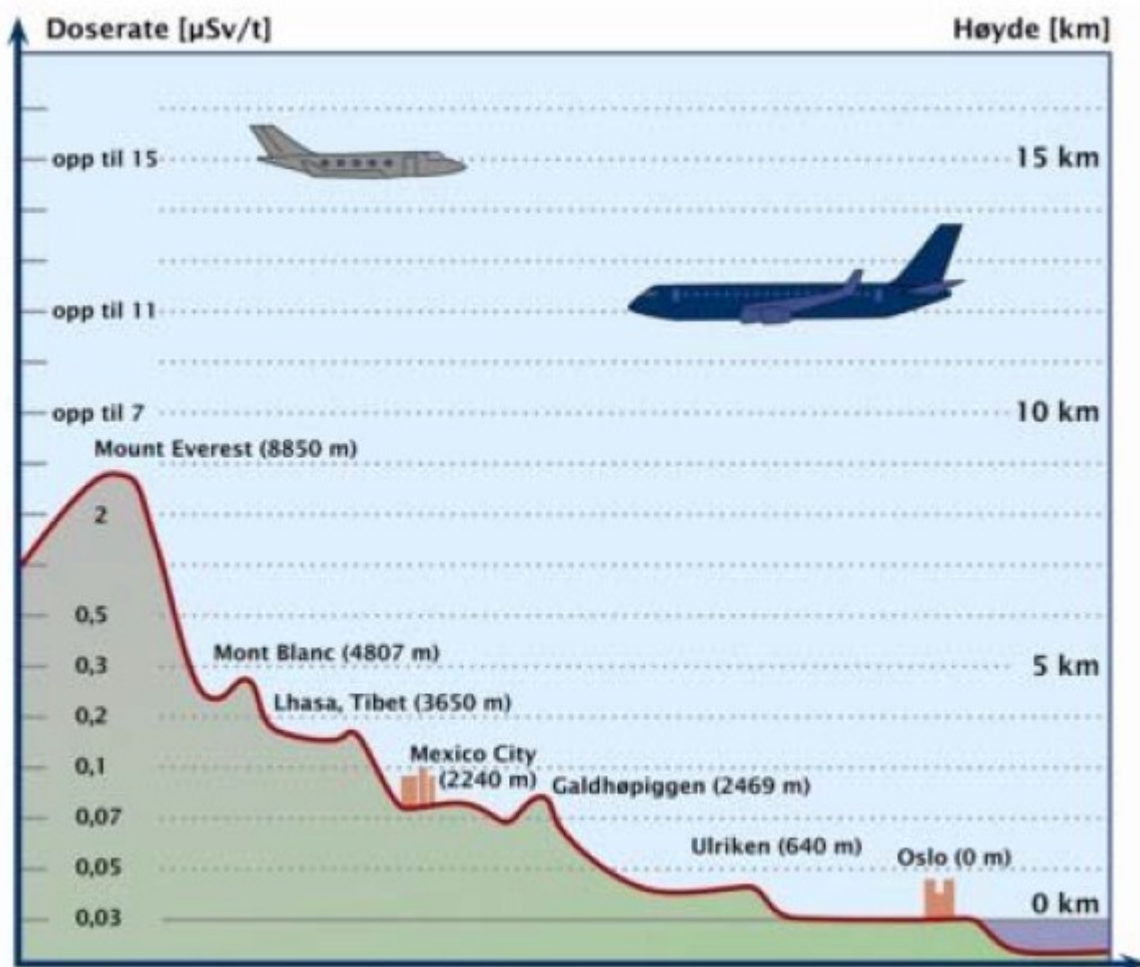
### Udsættelse for kosmisk stråling under flyvning

Under flyvning får man en større dosis fra den kosmiske stråling, end man får, når man opholder sig ved havoverfladen. I flyvehøjder på 10 til 12 km kan intensiteten af den kosmiske stråling være 50-400 gange større end ved havoverfladen. På danske breddegrader modtager en person en dosis på gennemsnitligt 0,3 mSv<sup>2</sup> årligt fra kosmisk stråling. Figur 1

<sup>1</sup> Sundhedsstyrelsens bekendtgørelse nr. 823 af 31. oktober 1997 om dosisgrænser for ioniserende stråling.

<sup>2</sup> Dosis, der er et mål for virkningen af den energi strålingen afsætter i kroppen, angives i enheden millisievert (mSv).

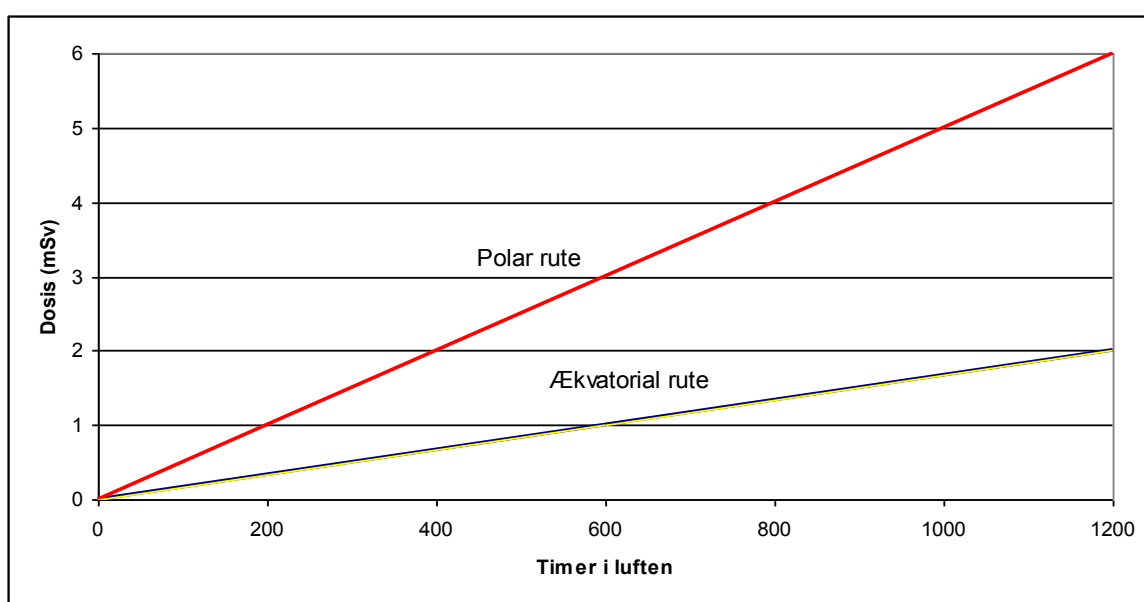
viser de omtrentlige doser, som personer vil få ved ophold i 1 time i forskellige højder over havoverfladen.



Figur 1. Doser ved ophold i 1 time i en given højde. Ved ophold på toppen af Mount Everest modtager man ca. 0,002 mSv i timen (2  $\mu\text{Sv}$  i timen). En person vil ved flyvning i 10 km's højde modtage op til 0,007 mSv i timen (7  $\mu\text{Sv}$  i timen). Figur fra den norske strålebeskyttelsesmyndighed, Strålevernet.

Da dosisbidraget fra den kosmiske stråling øges med stigende breddegrad (afstanden til ækvator), har flyveruten også indflydelse på den samlede dosis, der modtages ved en flyrejse. Hvis ruten passerer over polare egne, vil man modtage en større dosis, end hvis ruten går over områder nær ækvator. På flyvninger af samme varighed giver en rute henover et polarområde (eksempelvis Danmark – Nordamerika) ca. dobbelt så høj dosis som en rute tættere på

ækvator til sydlige breddegrader (for eksempel Danmark – Thailand). Som flypassager eller besætning kan man kun nedsætte bidraget fra den kosmiske stråling ved at reducere antallet af flyvninger og forsøge at undgå flyruter over polerne. Figur 2 viser hvor store doser man kan modtage ved flyvning på ruter nær polerne og ækvator som funktion af tid. Det fremgår, at på flyruter nær ækvator skal man opholde sig i luften i omtrent 600 timer for at få en dosis på 1 mSv, mens den samme dosis opnås i løbet af omkring 200 timer ved flyvninger i polare egne. Det årlige dosisbidrag fra den samlede baggrundsstråling er i Danmark 3 mSv.



Figur 2. Doser på ækvatoriale og polare flyveruter i 9000 m højde som funktion af tid. Efter RP156/, Den Europæiske Kommission.

**Faktaboks:** Hver dansker modtager i gennemsnit en dosis på 4 mSv om året. En fjerdedel heraf (1 mSv) kommer fra menneskeskabt stråling og stammer hovedsagligt fra den medicinske brug af stråling til undersøgelser af patienter. Tre fjerdedele kommer fra naturligt forekommende stråling i form af kosmisk stråling fra verdensrummet, radioaktive stoffer i jord, byggematerialer og fødevarer samt radon i boliger. Sidstnævnte tegner sig for halvdelen af den gennemsnitlige årlige dosis. Det skal fremhæves, at den gennemsnitlige dosis fra radon og medicinske undersøgelser dækker over store individuelle forskelle afhængig af den enkelte persons boligforhold og helbredsmæssige forhold. De øvrige komponenter er meget ensartede for hele befolkningen.

*Doser under flyvning*

Med avancerede computermodeller kan de forventede doser for forskellige flyveruter beregnes. Typiske doser beregnet for flyveruter med udgangspunkt i København fremgår af tabel 1. Beregningsprogrammet EPCARD<sup>3</sup> bag disse udregninger er frit tilgængeligt på internettet og kræver kun viden om udgangspunkt og slutdestination samt flyvetid.

### *Flybesætninger*

Danske flybesætningers udsættelse for kosmisk stråling kontrolleres ved hjælp af dosisberegninger udført med software, som det omtalt ovenfor. Flybesætningernes ruteplaner skal sammensættes på en sådan måde, at doserne bliver så lave som rimeligt opnåeligt. Gravide besætningsmedlemmer skal oplyse om graviditet til arbejdsgiveren så tidligt som muligt, og den gravides arbejdsplaner skal efterfølgende tilpasses, så den samlede årlige stråleudsættelse ikke overskrider 1 mSv. Omkring 4.000 besætningsmedlemmers beregnede doser indberettes årligt til SIS. Den gennemsnitlige dosis er normalt under 2 mSv om året, og doser på mere end 6 mSv om året, svarende til ca. 50 årlige returflyvninger København-Tokyo, er sjældne.

Tabel 1. Doser for flyvninger fra København (2011). Doserne er beregnet med EPCARD ved en antaget flyvehøjde på 10.000m.

Flyverute	Flyvetid (timer)	Dosis (mSv)
København – New York	7	0,050
København – Los Angeles (via New York)	13	0,075
København – Buenos Aires (via Frankfurt)	15	0,040
København - London	2	0,007
København - Rom	3	0,010
København - Cairo	5	0,016
København – Tokyo	12	0,062
København - Bangkok	11	0,040
København – Cape Town (via Frankfurt)	14	0,035

### *Hyppigt flyvende passagerer*

<sup>3</sup> <http://www.helmholtz-muenchen.de/en/epcard-portal/dose-calculation-on-a-journey/index.html>

Flypassagerer modtager samme strålingsdosis som de flybesætningsmedlemmer de rejser sammen med. Hyppigt flyvende passagerer vil derfor på et år kunne modtage doser på størrelse med de doser, som flybesætninger modtager. Der er ikke krav om dosiskontrol af passagerer, ej heller hyppigt flyvende. Det vurderes, at doserne til hyppigt flyvende passagerer kun i ganske få tilfælde vil kunne overstige 6 mSv om året. Der er international enighed om, at den risiko, der er forbundet med det ekstra dosisbidrag fra den kosmiske stråling hyppigt flyvende kan modtage, er så lille, at der ikke er grund til at gennemføre regler for denne gruppe, herunder lovpligtig dosisovervågning af hyppigt flyvende passagerer. Det vurderes derimod væsentligt, at strålebeskyttelsesmyndighederne stiller information til rådighed for denne type passagerer. Spørgsmål i forbindelse med stråleudsættelse under flyvning, herunder specifikke spørgsmål fra hyppigt flyvende, kan i Danmark rettes til SIS, [www.sis.dk](http://www.sis.dk).

#### *Regler vedrørende flybesætninger*

De nordiske strålebeskyttelsesmyndigheder og de nordiske luftfartsmyndigheder for civil flyvning har i fællesskab udarbejdet er regelsæt for flybesætningers udsættelse for kosmisk stråling, der gennemfører EU's strålebeskyttelsesdirektiv<sup>4</sup> og JAR-OPS 1390 hhv.1680<sup>5</sup> (Nu EU-OPS). Trafikstyrelsen (Statens Luftfartsvæsen) implementerede i 2002 regelsættet i AIC B-45/08<sup>6</sup> i samarbejde med SIS. Bestemmelserne har betydning for de luftfartsselskaber, hvor den årlige dosis til besætningsmedlemmer kan overstige 1 mSv. Reglerne foreskriver bl.a., at luftfartsselskaberne efter hvert kalenderår skal estimere dosis til hvert enkelt besætningsmedlem i det foregående år ved hjælp af passende computerprogrammer efter nærmere angivne retningslinjer. Doser for hvert kalenderår skal rapporteres til SIS før 1. marts det efterfølgende år. Estimeres doser til enkelte besætningsmedlemmer at overskride 6 mSv, skal doserne indberettes til SIS med angivelse af entydig identifikation for de pågældende besætningsmedlemmer. Besætningsmedlemmerne skal informeres om de

<sup>4</sup> Rådets Direktiv (96/29/Euratom) af 13. maj 1996 om fastsættelse af grundlæggende sikkerhedsnormer til beskyttelse af befolkningens sundhed mod de farer, som er forbundet med ioniserende stråling.

<sup>5</sup> Europaparlamentets og Rådets forordning Nr. 1899/2006, af 12. december 2006, om ændring af Rådets forordning (EØF) nr. 3922/91 om harmonisering af tekniske krav og administrative procedurer inden for civil luftfart. Se <http://www.slv.dk/Dokumenter/dsweb/Get/Document-10092/1899-2006.pdf>

<sup>6</sup> AIC B 45/08 Control of the Exposure to cosmic radiation of Air Crew in the Nordic Countries

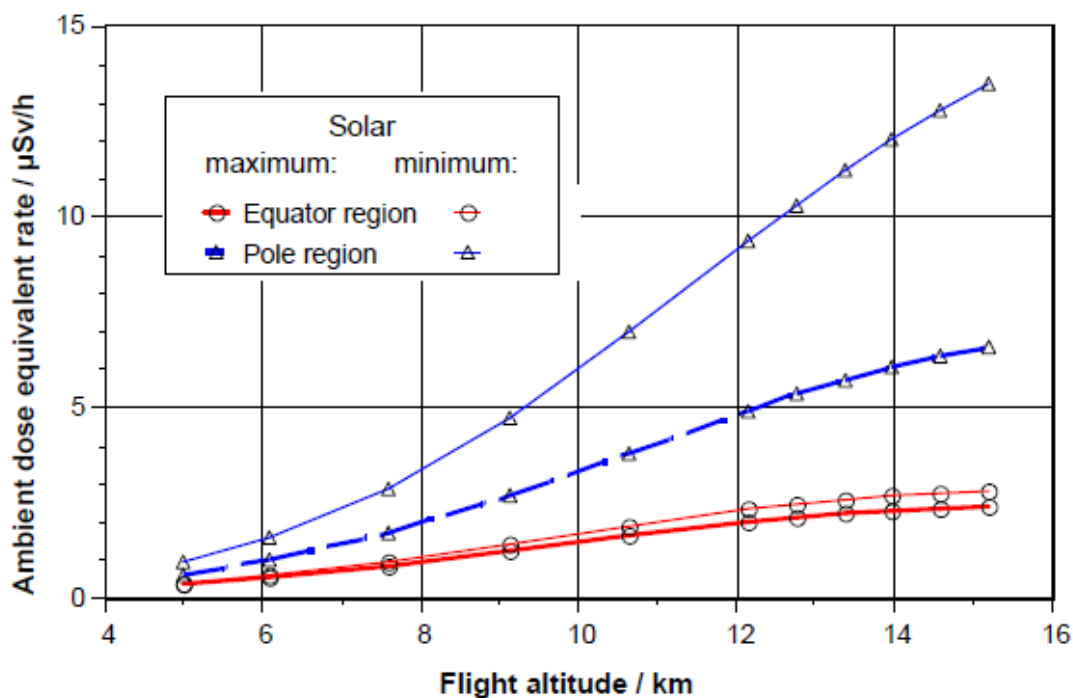
estimerede doser. SIS modtog i 2010 indberetning fra de 15 indberetningspligtige luftfartsselskaber. De rapporterede doser for 2010 er på niveau med tidligere års indberetninger med en middeldosis på omkring 2 mSv pr. besætningsmedlem.

Reglerne foreskriver endvidere, at luftfartsselskaber, der opererer luftfartøjer over 15.000 m, skal udstyre disse med et instrument til fortløbende at måle og vise dosishastigheden af den samlede kosmiske stråling som modtages samt dosis på hver flyvning.

### **Mere om kosmisk stråling**

Den kosmiske stråling har to oprindelser: Den galaktiske stråling som er til stede overalt, hele tiden, og soludbrud, som optræder sporadisk. Langt hovedparten af den kosmiske stråling kommer fra vores galakse, og er dannet som følge af atomare processer i stjernernes indre. Bidraget fra solen er mindre, men sammensat af flere bidrag, og kan derfor variere mere. Strålingens intensitet er kraftigt reguleret af solens cyklus, dvs. om der er stor eller lille solplethypighed. Solplethypigheden varierer med en periode på omtrent 11 år. Ved høj solplethypighed betyder solens udladninger, at der genereres et stærkere magnetfelt omkring solen, og at Jorden dermed afskærms kraftigere end normalt for den galaktiske stråling.

Figur 3 viser hvordan den galaktiske stråling varierer med højden ved ækvator og ved polerne under maksimal og minimal solplethypighed. Ved høje breddegrader fordobles den galaktiske stråling, når solplethypigheden er minimal. På ækvator er effekten meget begrænset.



Figur 3. Galaktisk stråling i forskellige højder over havet, ved ækvator og ved polerne. Figur fra RP156, Den Europæiske Kommission. Det fremgår a) at den galaktiske stråling er højest i polare regioner (blå) og b) at den galaktiske baggrundstråling falder i perioder med høj solplethypighed sk. "solar maximum" (fede streger).

### Soludbrud

I perioder med høj solpletaktivitet kan der forekomme energiudladninger (soludbrud) i solens atmosfære, som forårsager udsendelse af intens stråling. Under flyvning kan soludbrud føre til øgede doser til flypassagerer og besætninger. Soludbrud kan ikke forudsiges, men det er muligt efterfølgende at anslå den resulterende dosis. Soludbrud, der er kraftige nok til at resultere i forhøjede doser, optræder i gennemsnit én gang om året og kan vare fra nogle få timer og op til flere dage. Over de seneste 70 år har man registreret ca. 20 særligt kraftige soludbrud. Den typiske dosis for en transatlantisk flyvning er 0,05 mSv. Et særligt kraftigt soludbrud i 2001 resulterede i en ekstra dosis til passagerer og besætninger på transatlantiske flyvninger under dette soludbrud på omtrent 0,02 mSv.



**Links og referencer:**

Publikationer fra ICRP (International Commission on Radiological Protection) kan erhverves via ICRP's hjemmeside: <http://www.icrp.org>

Publikationer fra Den Europæiske Kommission om strålebeskyttelse kan erhverves via Kommissionens hjemmeside: [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation\\_protection](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection)

Publikationer fra Statens Institut for Strålebeskyttelse kan erhverves fra Sundhedsstyrelsens hjemmeside: <http://www.sst.dk>

- Cosmic Radiation Exposure of Aircraft Crew. Compilation of Measured and Calculated Data. A Report of EURADOS WG 5 to Group of Experts established under Article 31 of the EURATOM Treaty. *Radiation Protection 140 (RP 140)*, 2004.
- Evaluation of the Implementation of Radiation Protection Measures for Aircrew. Final Report on Contract TREN/06/NUCL/S07.66018, *Radiation Protection 156 (RP 156)*, 2009.
- International Commission on Radiological Protection, 1991, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21 (1-3)*.
- International Commission on Radiological Protection, 2007, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4)*.
- Rådet for den Europæiske Union, 1996, Rådets direktiv 96/29/Euratom af 13. maj 1996 om fastsættelse af grundlæggende sikkerhedsnormer til beskyttelse af befolkningens og arbejdstagernes sundhed mod de farer, som er forbundet med ioniserende stråling (*EF-Tidende nr. L 159 af 29/06/1996 s. 0001 – 0114*).
- Europaparlamentets og Rådets forordning Nr. 1899/2006, af 12. december 2006, om ændring af Rådets forordning (EØF) nr. 3922/91 om harmonisering af tekniske krav og administrative procedurer inden for civil luftfart. *Den Europæiske Unions Tidende nr. L 377 af 27/12/2006*. (<http://www.slv.dk/Dokumenter/dsweb/Get/Document-10092/1899-2006.pdf>)
- Statens Institut for Strålebeskyttelse, 2011, *Dosisovervågning af stråleudsatte arbejdstagere, Resultater for 2010*.
- Statens Luftfartsvæsen (nu Trafikstyrelsen), 2006, Kosmisk Stråling, Vejledning om kosmisk stråling, reglerne for beskyttelse af besætningsmedlemmer, samt indrapportering til Statens Institut for Strålehygiejne, *Arbejds miljøvejledning, nr 4, juni 2006*.
- Sundhedsstyrelsen 1997, *Sundhedsstyrelsens bekendtgørelse nr. 823 af 31. oktober 1997 om dosisgrænser for ioniserende stråling*.
- AIC B 45/08. Control of the Exposure to Cosmic Radiation of Air Crew in the Nordic Countries. Kan erhverves hos Trafikstyrelsen.