

Säkra dosgränser, finns det?

➤ **RISKERNA** [KLR 2016]

➤ **ÖVERSIKT ÖVER OLIKA DOSGRÄNSER**

*Lennart Johansson,
Sjukhusfysiker, adj. professor
Inst. f. strålningsvetenskaper, radiofysik
Umeå universitet*

Strålsäkerhetsmyndigheten:

SSMFS 2008:37

5 § Ett slutförvar för använt kärnbränsle eller kärnavfall ska utformas så att den årliga risken för skadeverkningar efter förslutning blir högst 10^{-6} för en representativ individ i den grupp som utsätts för den största risken.

Sannolikheten för skadeverkningar på grund av en stråldos ska beräknas med de sannolikhetskoefficienter som redovisas i Internationella strålskyddskommissionens publikation nr 60, 1990.

*ICRP 60: 0,014 mSv leder till en risk på 1 på 1 miljon
Skadeverkningar: cancer plus ärftliga skador*

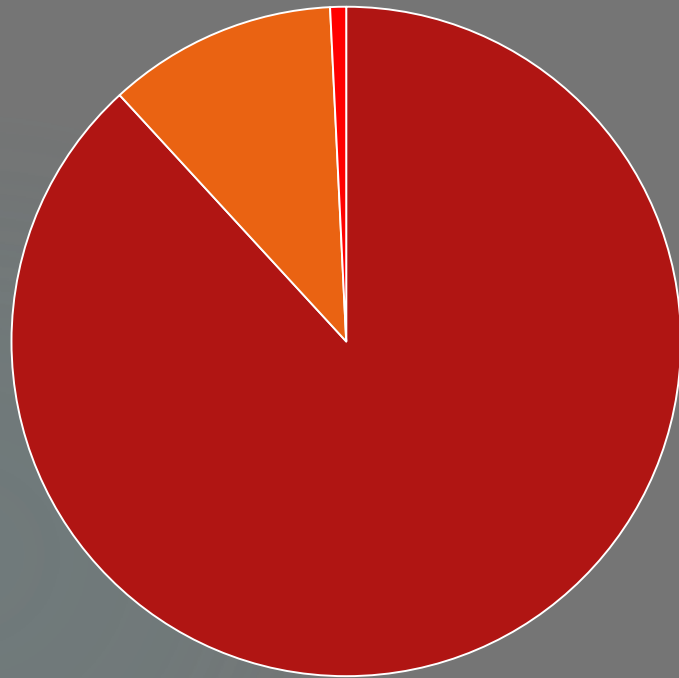
Osäkerhet i riskbedömningen

Uppskattning i KLR 2016

- ▶ 20 – 100 mSv högst en faktor 2
- ▶ 1 – 10 mSv högst en faktor 5
- ▶ Mycket stora individuella variationer av risken! Detta går ej att förutse med dagens kunskaper

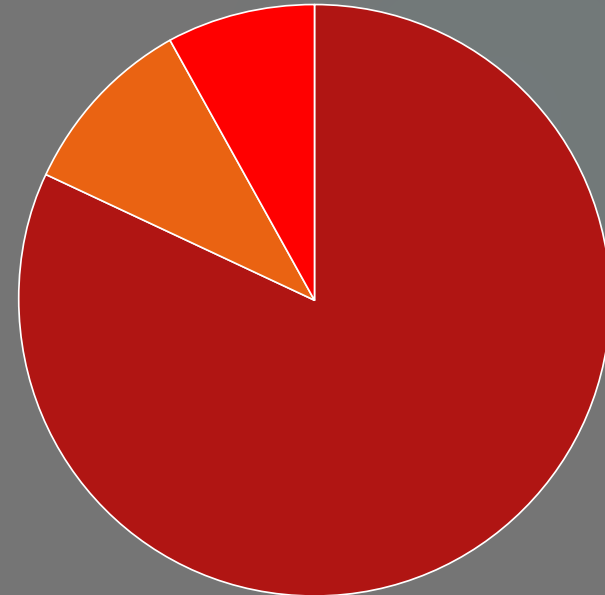
Observationer av överlevarna från Hiroshima och Nagasaki 1945

KLR 2016



0.1 – 0.2 Sv
(n=5732)

- Ingen cancer
- "Naturlig" cancer
- Strålnings-induced cancer



1 – 2 Sv
(n=1613)

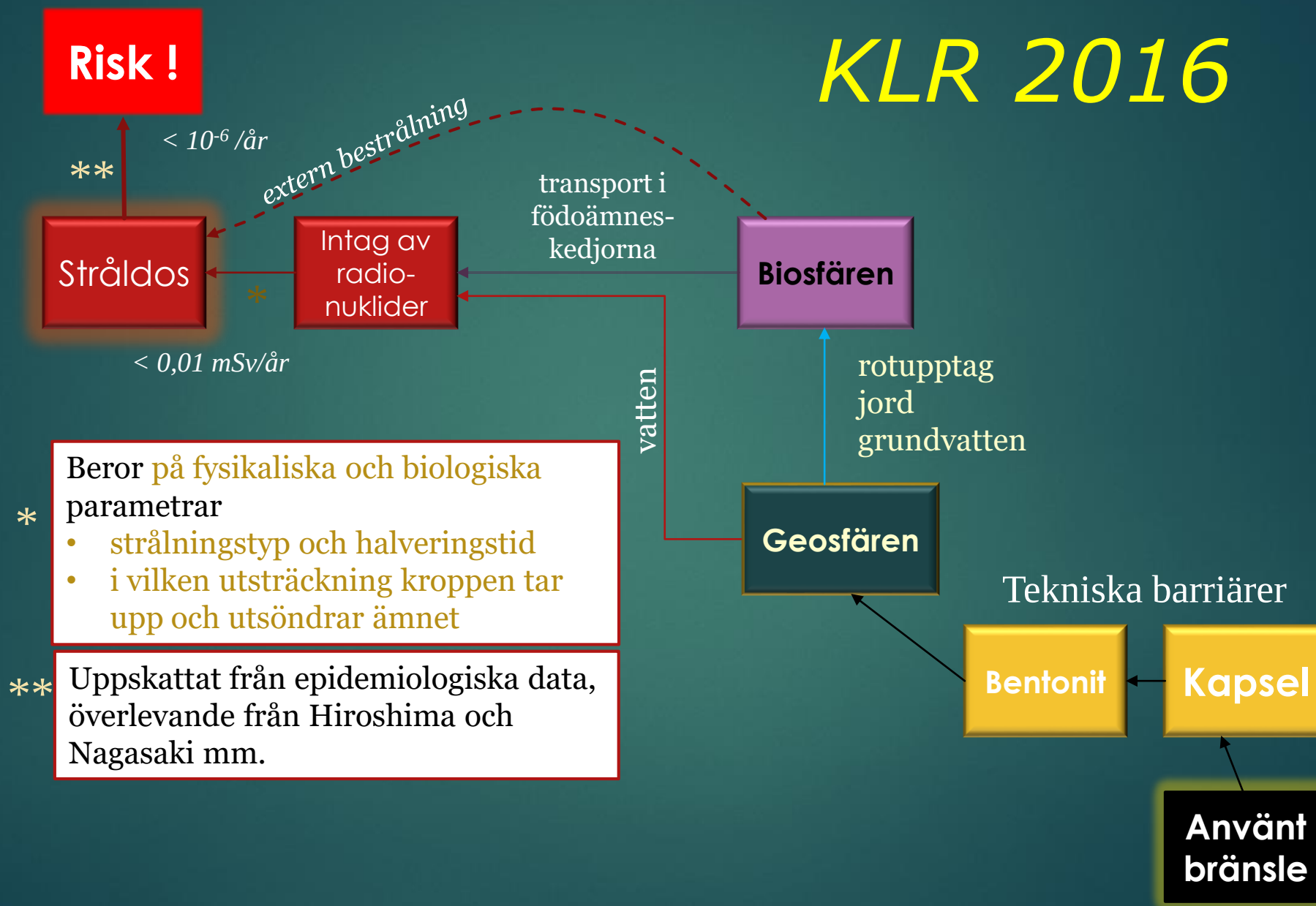
Syfte med föreliggande KLR:

Att belysa hur man kan förhålla sig till givna dosgränser, mot bakgrund av osäkerheterna i de olika parametrarna.

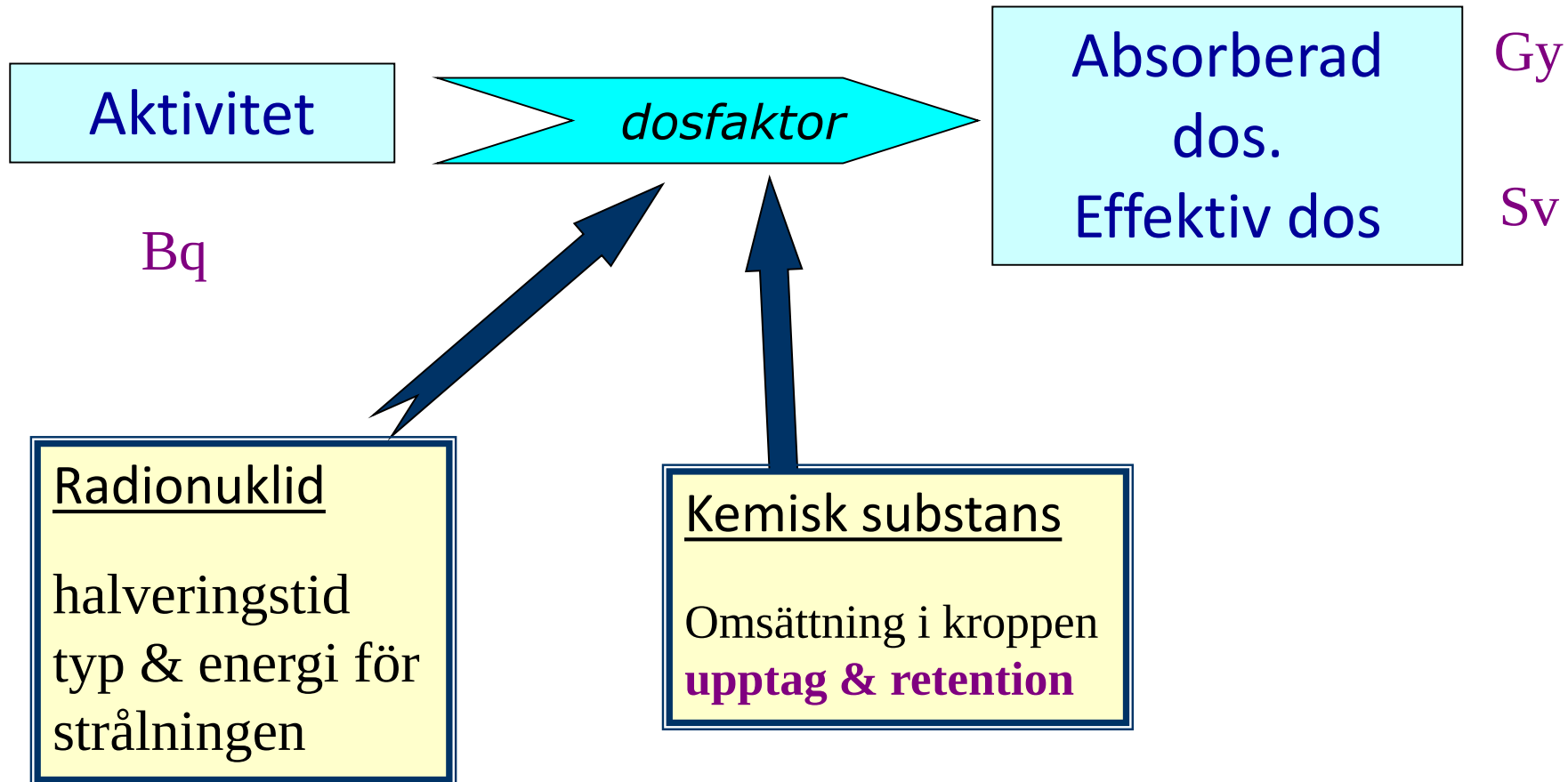
Hur förhåller sig dosgränsen för slutförvaret till gränser för stråldosen i andra sammanhang?
Osäkerheten i omräkningen från risk till stråldos (eller tvärtom).

Från bränsle till risk

KLR 2016

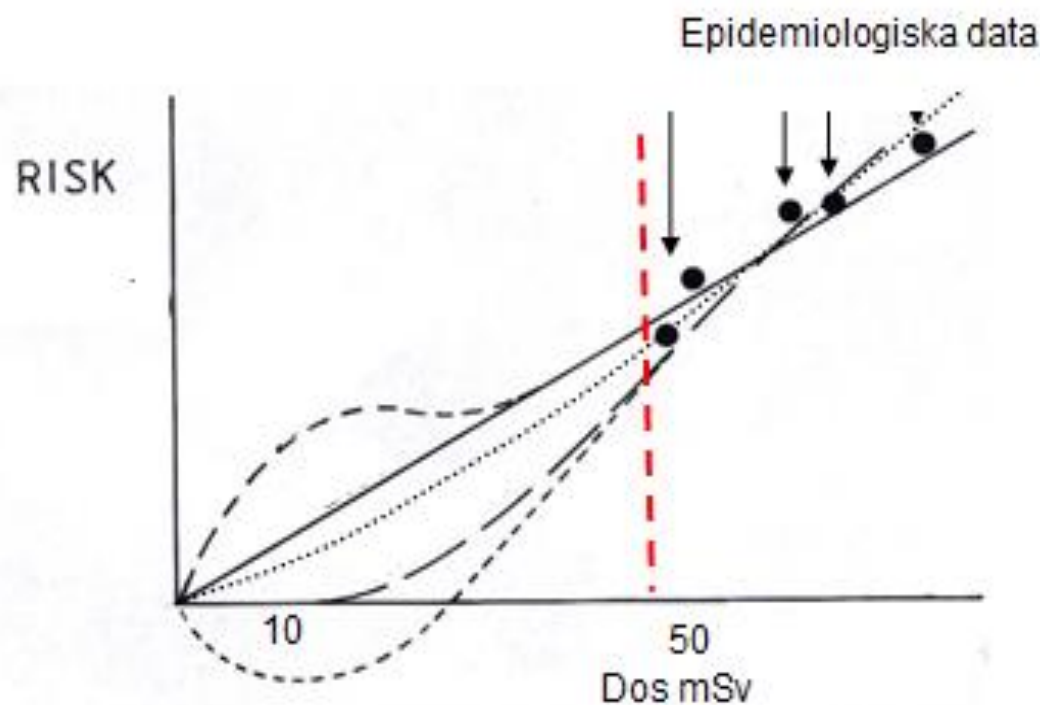


Intag av radionuklid

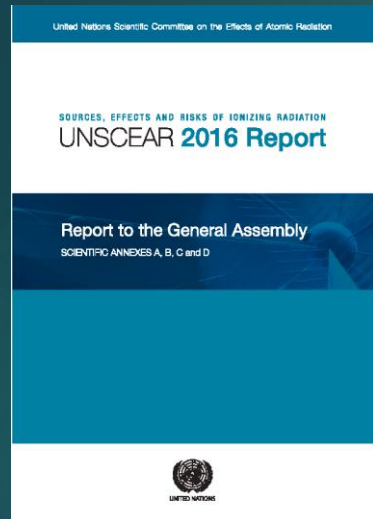


Dos – risk samband för olika modeller

KLR 2016

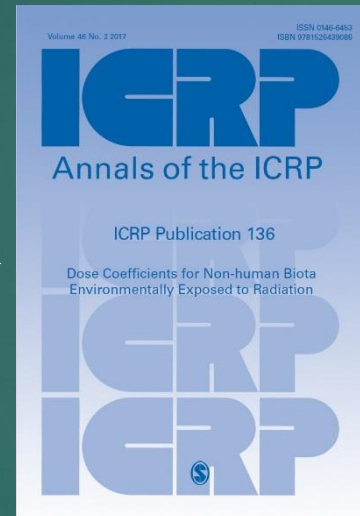


Strålskydd på global nivå



UNSCEAR Rapporterar
doser and effekter

Vetenskap



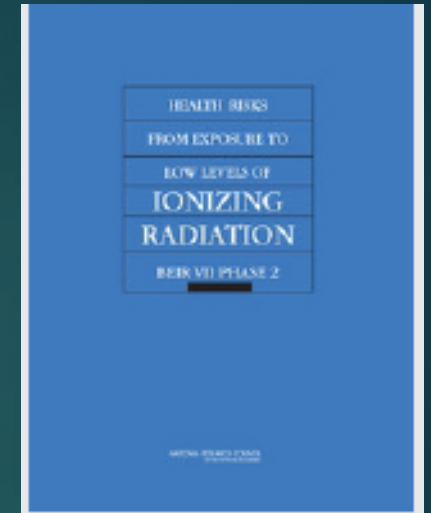
ICRP
Utfärdar
rekommendationer

Policy



IAEA (UN), EU
"Basic Safety Standards"

Regelverk



BEIR



NCRP

UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation)

FN-kommitté som sammanställer och publicerar data om förekomst och effekt av joniserande strålning.

ICRP (International Commission on Radiological Protection)

Internationell organisation som gett rekommendationer om riskhantering inom strålskyddsområdet sedan 1928.
Rekommendationerna följs i stor utsträckning världen över.

SSM (Strålsäkerhetsmyndigheten) (*före 2008: SSI*)

Tillsynsmyndighet. Lämnar tillstånd och ger ut föreskrifter om användning av joniserande strålning i Sverige.

Riskuppskattning, ICRP 103 (2007)

Risk för död i cancer från joniserande strålning.

Baserad på effektiv dos.

- Vuxna (18 – 65 år) 4.1 % Sv⁻¹
- Hela befolkningen 5.5 % Sv⁻¹
- Inklusive ärftliga skador 5.7 % Sv⁻¹ [ICRP 60: 7.3 % Sv⁻¹]

Historiska dosgränser (mSv/år)

International Commission on Radiological Protection

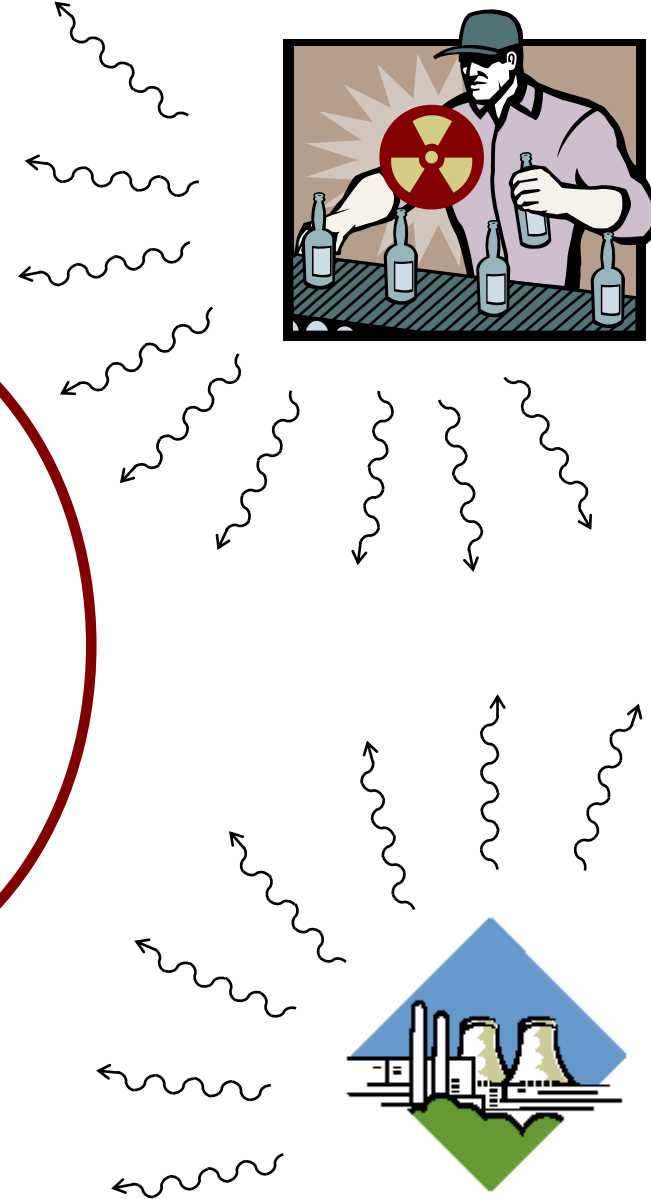
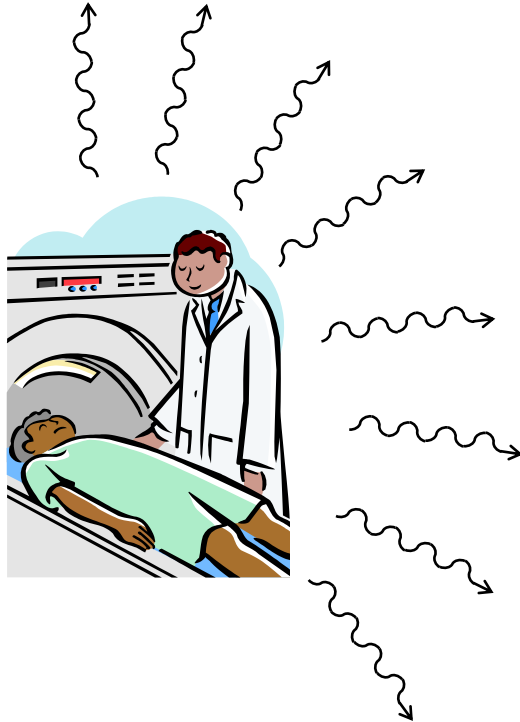
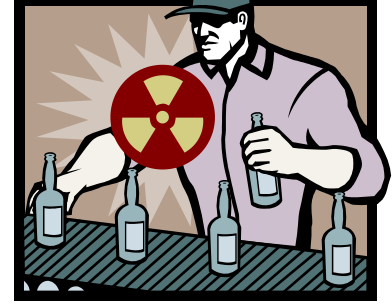
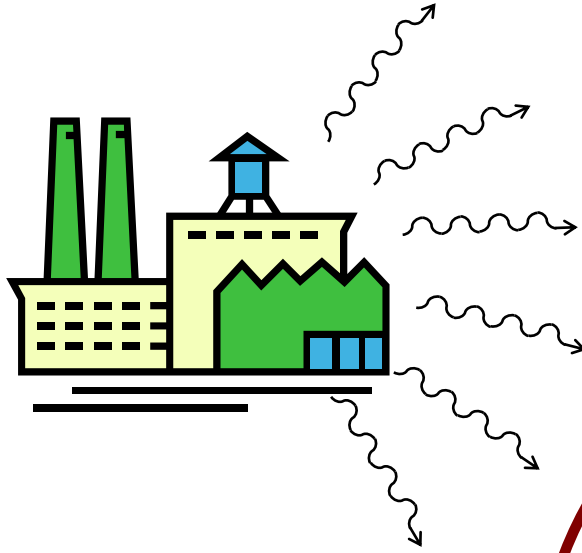
År	Allmänheten	Personal
1928 ICRP (eg. IXRPC) bildas i Stockholm 1928		
1954	15	150
1966	5	50
1979	5	50
1990	1	20*
2007	1	20*

** Egentligen 100 mSv/5 år (enstaka år kan 50 mSv accepteras)*

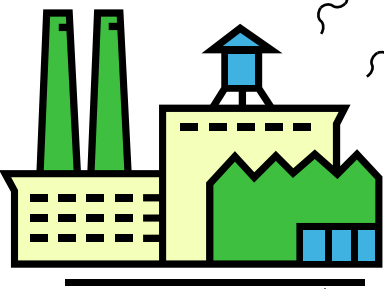
Vilket gränsvärde gäller?

- ▶ Personal – 20 mSv/år
- ▶ Allmänhet – 1 mSv/år
- ▶ Radon i bostäder – 200 Bq/m³ (motsvarar cirka 7 mSv/år)
- ▶ Patienter – *individuell bedömning av berättigande, positiv nettonytta*
- ▶ Försökspersoner – *individuell bedömning, samhällsnytta*
- ▶ Stödjande personer, t.ex anhöriga till patient
- ▶ Räddningsinsatser i samband med olyckor

Dosgräns

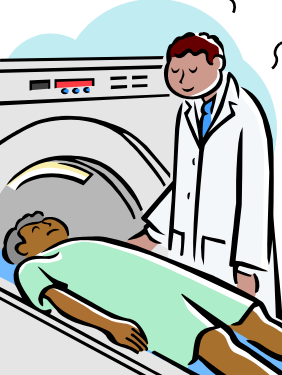


Dosrestriktion



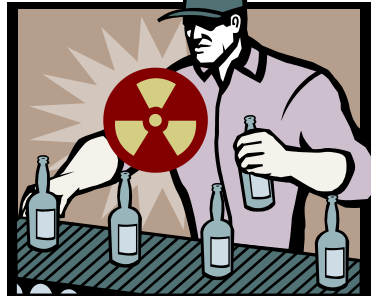
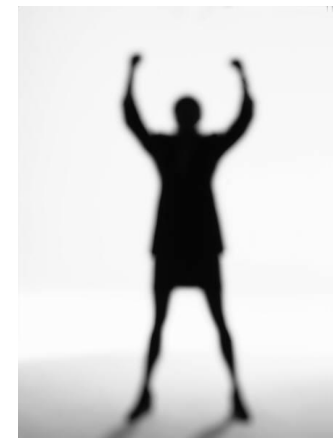
max 0,1 mSv

Diagram showing an industrial facility (factory) emitting radiation (wavy arrows) towards a shielded area (gray rectangle).



max 0,1 mSv

Diagram showing a medical procedure (X-ray) emitting radiation (wavy arrows) towards a shielded area (gray rectangle).



max 0.1 mSv

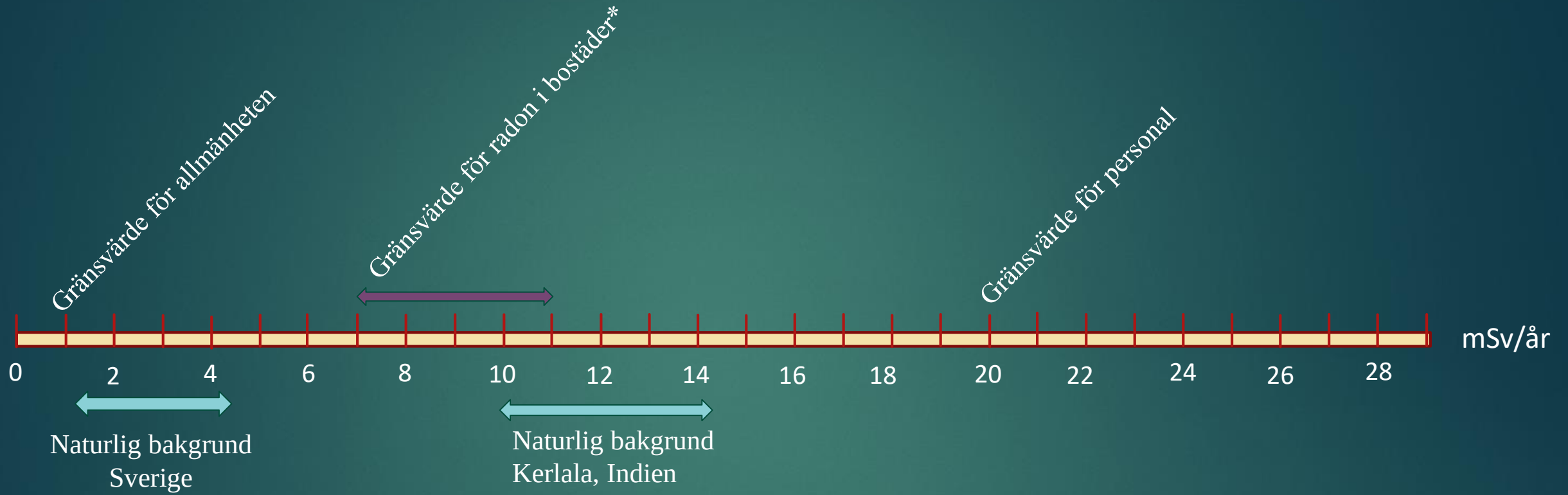
Diagram showing a person holding a bottle, with a radiation symbol (red circle with yellow center) indicating radiation exposure. Radiation (wavy arrows) is shown entering the shielded area (gray rectangle).



max 0,1 mSv

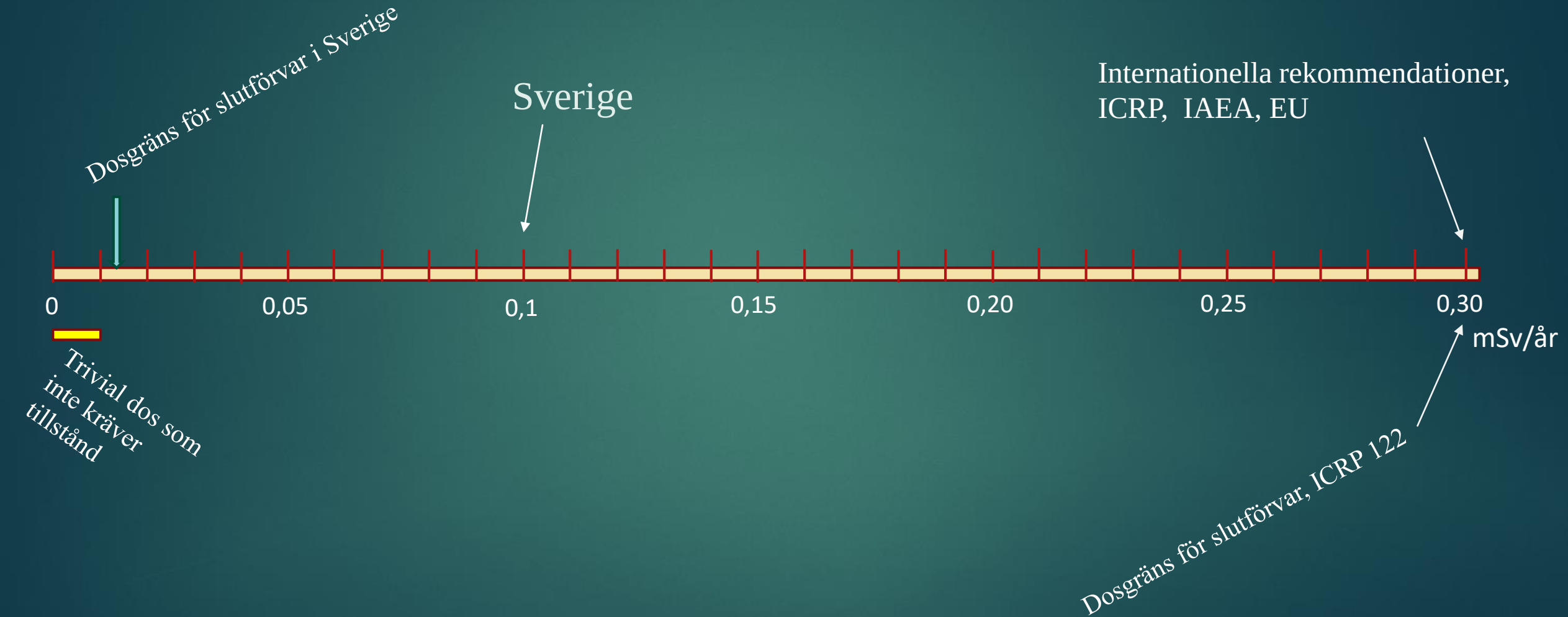
Diagram showing a nuclear power plant emitting radiation (wavy arrows) towards a shielded area (gray rectangle).

Dosgränser



*ICRP 126: 300 Bq/m³ motsvarar 10 mSv/år

Dosrestriktioner för verksamheter med joniserande strålning



Att bedöma risker



Värdering och hantering av risker

Beror på utifrån vilket perspektiv de betraktas:



En **individ** gör
subjektiva
bedömningar



Ett regelverk återspeglar
samhällets perspektiv



Risk för cancer

procent per Sievert, BEIR* VII

	Incidens	Mortalitet
Män	8,6	4,6
Kvinnor	12,8	6,2
Medel	10,8	5,4

*Biological Effects of Ionizing Radiation
National Academy of Sciences, USA

Av 1000 individer i Sverige kommer 180 ± 27 att dö i cancer

Judgement of risk

A risk of:

- ▶ 10^{-7} will almost certainly, and
- ▶ 10^{-6} will probably be ignored.
- ▶ 10^{-3} will probably, and
- ▶ 10^{-2} will certainly be judged as unacceptable.

$$20 \text{ mSv} \times 0.05/1000 = 10^{-3}$$

Royal Society of London

Aktiviteter som innebär en risk på 1 per 10^6

- Effektiv dos på $14 \mu\text{Sv}$
- Normal bakgrund utomhus en vecka
- Tre dagar i ett svenskt hus (pga. radon)
- Flyga 200 mil i ett jetflygplan
- Kanoting i 6 minuter
- 1.5 min bergsklättring
- Arbeta 1 timme i en kolgruva
- Arbeta 1 timme i ett "hot-labb" med maximalt tillåten dos

Att kombinera sannolikhet och konsekvens - IAEA

Sannolikhet för skada		Skadans svårighetsgrad			
		Mycket allvarlig	Allvarlig	Måttlig	Obetydlig
Mycket troligt	> 50 %				
Fullt möjligt	> 1/10				
Ovanligt men möjligt	> 1/100				
Avlägset möjligt	> 1/1 000				
Tänkbart, men högst osannolikt	> 1/10 000				
Praktiskt taget omöjligt	> 1/100 000				
Orimligt	> 1/1 000 000				
Omöjlig	< 1/1 000 000				

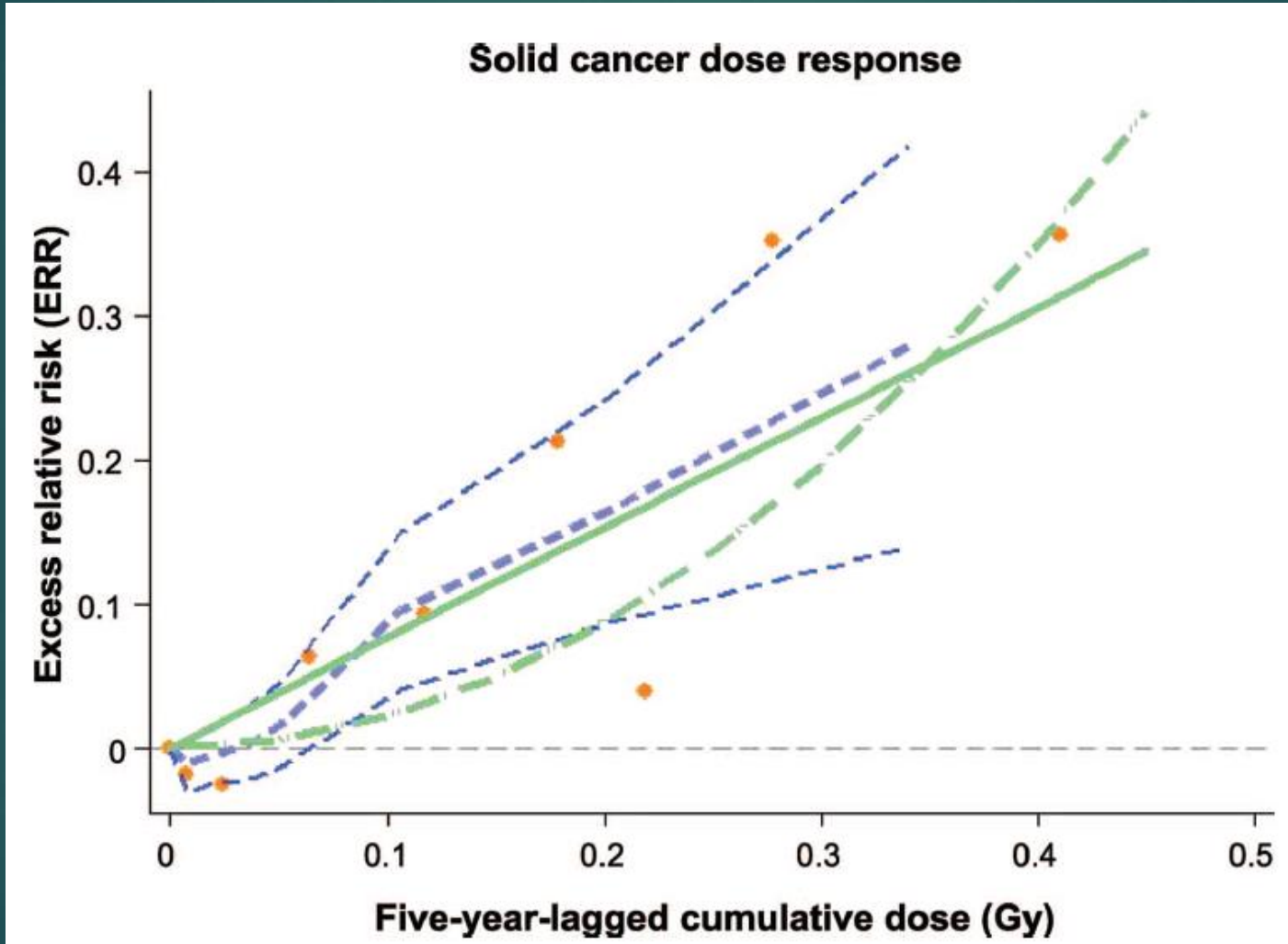
Osäkerhet i riskbedömningen

Uppskattningar KLR 2016

- ▶ 20 – 100 mSv högst en faktor 2
 - ▶ 1 – 10 mSv högst en faktor 5
-

- ▶ Nya studier: McLean AR et al. 2017 *A restatement of the natural science evidence base concerning the health effects of low-level ionizing radiation*. Proc. R. Soc. B 284: 20171070.
- ▶ NCRP: Ny rapport baserad på BEIR VII, föreligger i manuskriptform
- ▶ *Ingen av dessa avviker signifikant från tidigare data.*

Techa river. Nyare epidemiologisk studie



Kedja med osäkra faktorer

BRÄNSLEKUTS → GJUTJÄRNSINSATS → KOPPARKAPSEL → BENTONIT →
LÖSLIGHET I VATTEN → BERG → UPPTAG I BIOSFÄREN →
UPPTAG I MÄNNISKA → STRÅLDOS → **RISK**

Överföringsfaktorer och osäkerheten i denna är radionuklidberoende

Marginal för SSMs "riskrestriktion" för slutförvaret

Marginal till	Faktor
SSM och ICRP dosgräns för allmänheten	70
ICRPs rekommendation för slutförvar	20
Dosgräns för personal	1 400
Gränsvärde för radon i bostäder	500
Observerbara hälsoeffekter (cancer) i en population på 10 000 individer*	15000
Observerbar ökning av leukemi i en population på 10 000 individer.†	2500
"Trivial" dos	0,7

* För att i en grupp på 10000 individer kunna se en signifikant ökning av antalet cancerfall behövs en medeldos på 210 mSv om risken är 5 % per Sv.

† Avser benmärgsdos

Slutsatser

- Osäkerheten i den riskbedömning som ligger bakom dagens gränsvärden är betydligt mindre än för ett par decennier sedan, baserat på större mängd data samt flera, noggrannare och av varandra oberoende analyser.
- SSM:s gränsvärde för en framtida befolkningsgrupp kring platsen för slutförvaret är $1/70$ av dagens gränsvärde för allmänhetens exponering.
- Sammantaget så kan den av SSM givna dosrestriktionen för slutförvaret med god marginal anses säker.

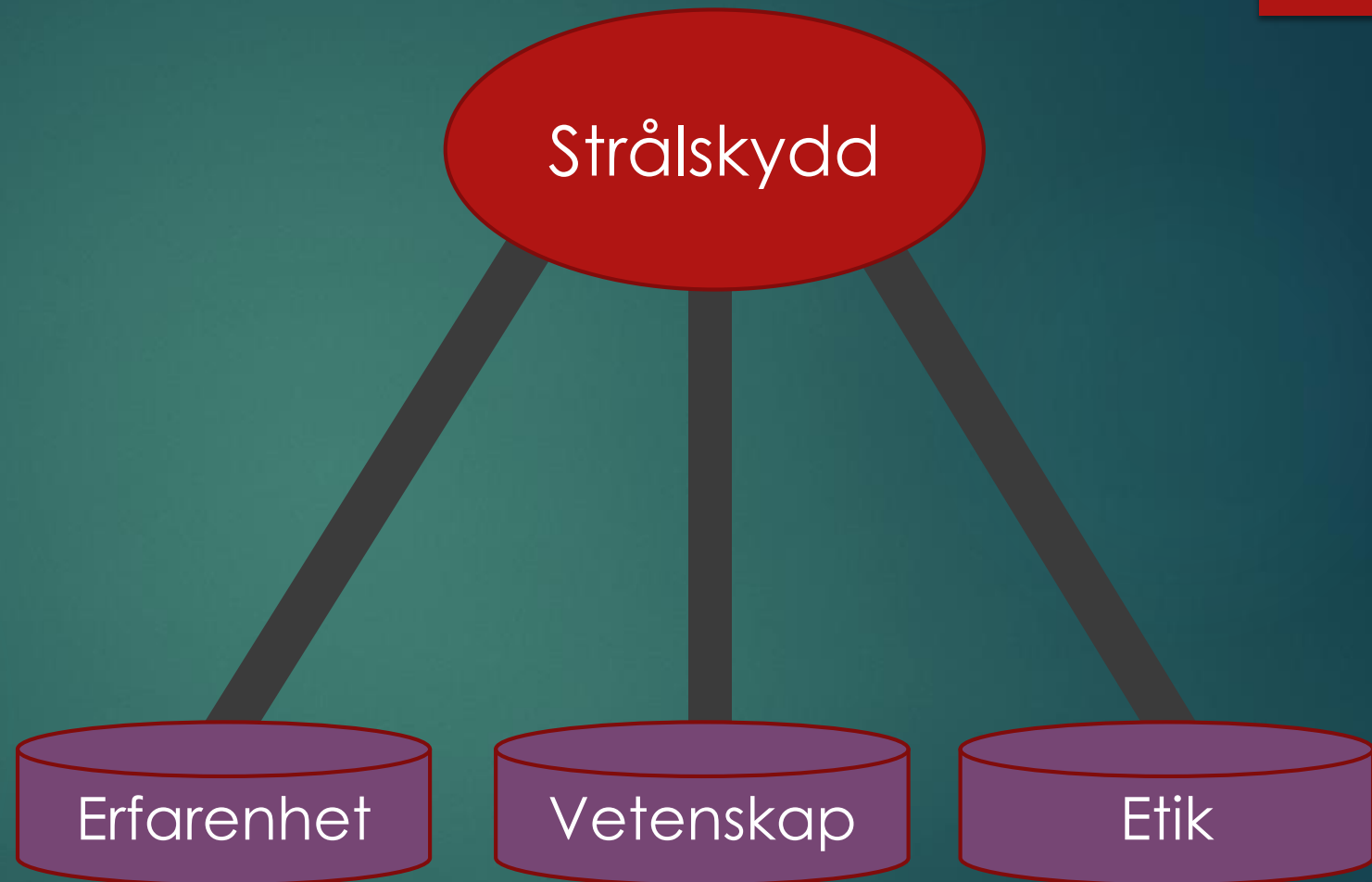


*Bränsleelement i bassäng
Hanford, USA*

Strålskyddets fundament

Syfte

- Inga akuta skador
- Sena hälsoeffekter (cancer) ska hållas så låga som rimligen möjligt



Ärftliga skador

- ▶ Inga unika skador, utan samma typ som förekommer naturligt. Cirka 3 % naturlig risk
- ▶ Risk: cirka 0.2 % Sv⁻¹, medelvärde för hela befolkningen
- ▶ Har inte kunnat observeras bland de >30000 barn vars föräldrar erhöll signifikant dos i Japan 1945
- ▶ Data baserade på djurförsök

Några tankar kring innehållet

- Påpeka skillnaden i individers och myndigheters syn på risker
- Individs beslut under osäkerhet – exempel skylten i Ural-bergen
- Exemplifiera vad som man utan epidemiologiska studier kan upptäcka med historik kring radon i gruvor på 1500-talet. Ev. också solen i Australien
- Gränsvärden av olika typ – ta även med radon – jämför med WHO's luftföroreningsgränser
- Hur har gränsen för arbetstagare (20 mSv/år) tillkommit (kolla ICRP 26 och 90). Är 1/1000
- Vad upplevs av allmänheten som acceptabla gränser? London-studien.
- Radon i vatten.
- Kostnad per räddat liv (se t.ex. radonutredning 2001 – del 1 s. 16 och 145
-