

# Response and actions taken in Sweden and other European countries

Leif Moberg

Workshop: Chernobyl – lessons learnt 30 years after. 25<sup>th</sup> April 2016  
Royal Swedish Academy of Sciences (KVA)

# To be covered

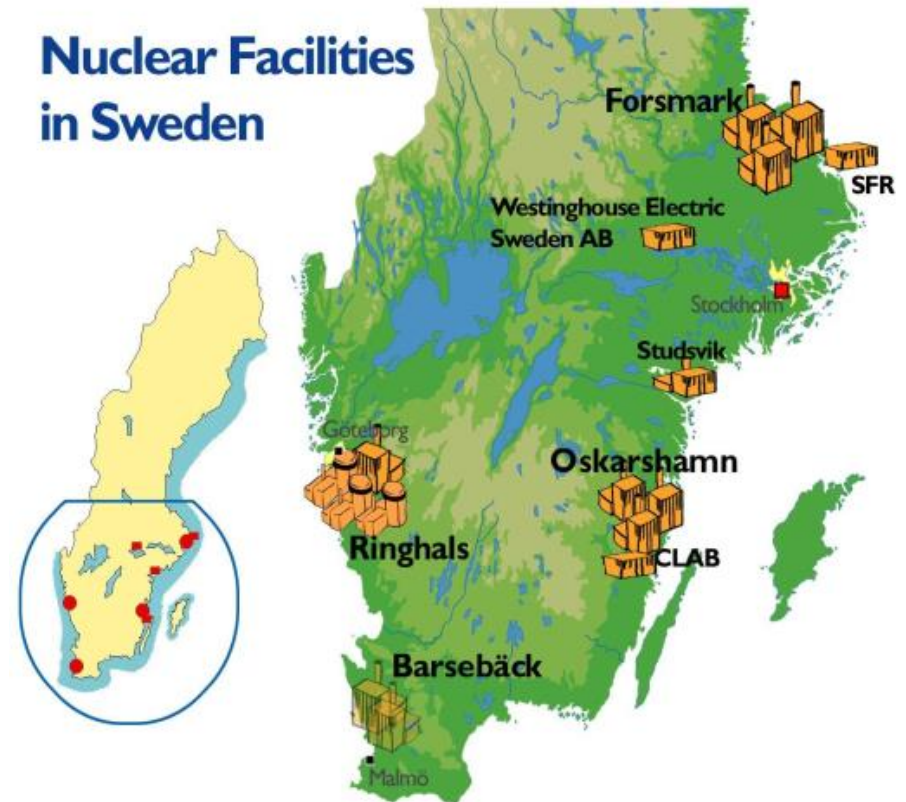
- Radiation emergency preparedness pre April 1986
- Monday 28<sup>th</sup> April and the following days
  - The radioactive cloud and deposition in Sweden
- Some actions and consequences
  - Dose limits for food products
- Communication of decisions and radiation risks
- Experiences, lessons learned, questions

Focus on Sweden and the first weeks and year

Not updated to a give a full picture of preparedness today

# Radiation emergency preparedness 1986

- Swedish reactors
- 5 Counties
  - protection of the public
- SSI and SKI
  - analyze and advice
- Accidents abroad not included



SSI: National Swedish radiation protection institute  
SKI: Nuclear power inspectorate

# 28 April 1986 in the morning Forsmark nuclear power plant





# Evacuated employees 28 April 1986



Norrskedika



But - Forsmark was not the source

# Detected radionuclides

Sr-90

Zr-95

Nb-95

Mo-99

Ru-103

Ru-106

Rh-105

Sb-127

Te-129m

Te-131m

Te-132B

I-131

I-133

Cs-134

Cs-136

Cs-137

Ba-140

La-140

Ce-141

Ce-143

Pu-238

Pu-239+240

Pu-241

Am-241

Cm-242

.....





# Which reactor?

How much radioactive substances in the air and on the ground?

Measurements needed!

Staying indoors?

Evacuation?

Iodine prophylaxis?



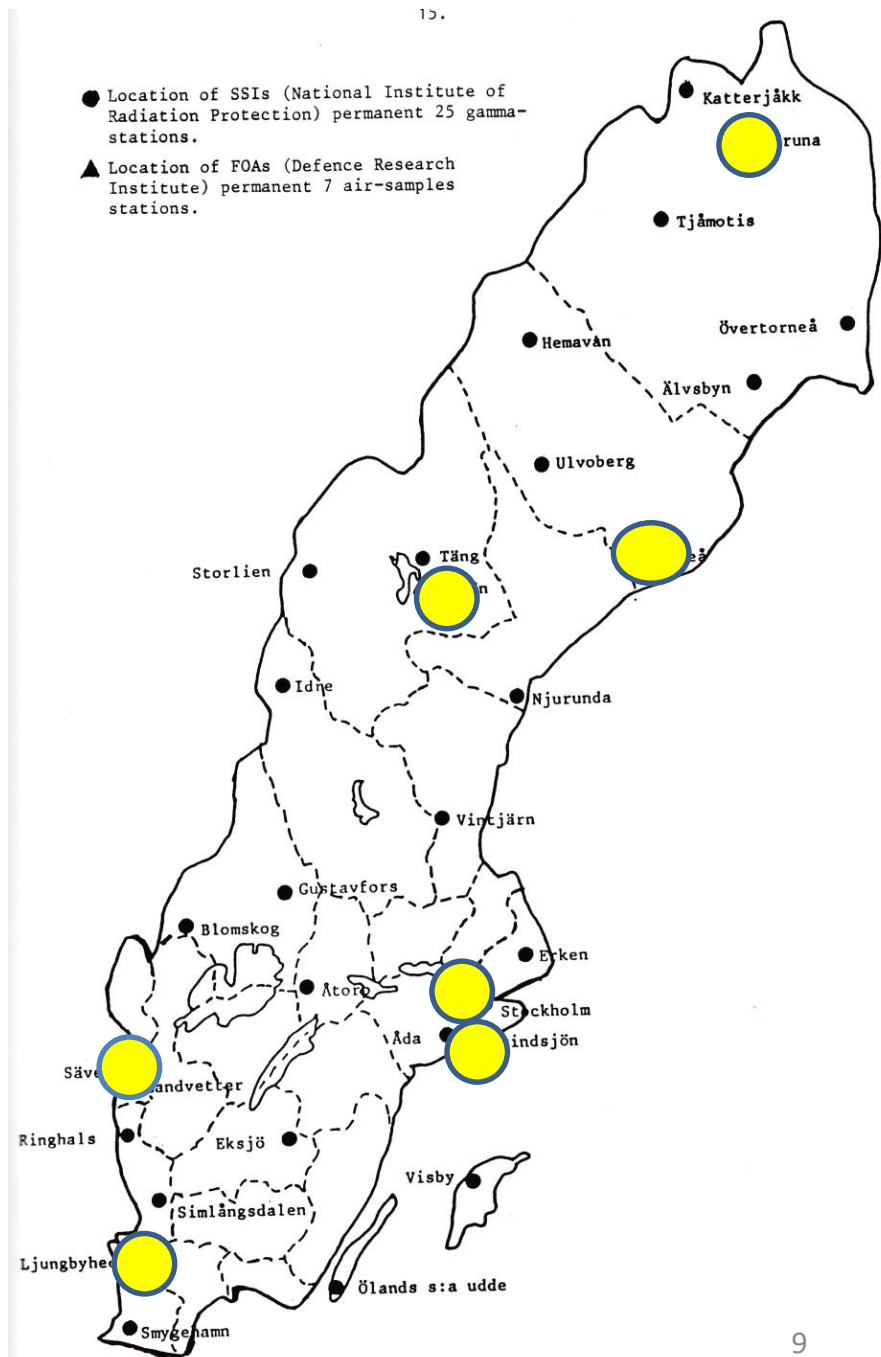


# FOA filter stations

## SSI gamma stations

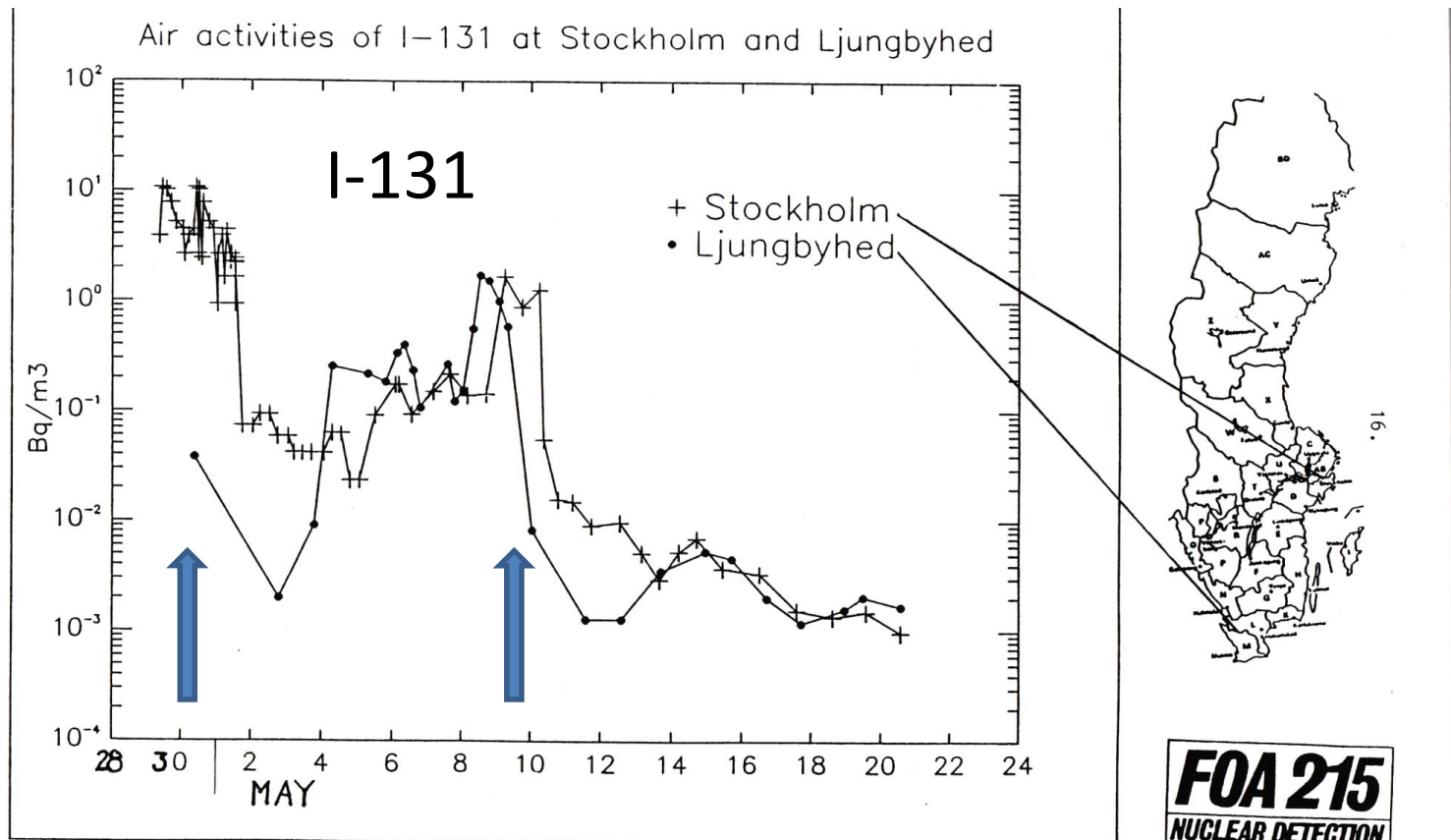
1986

FOA: National Defence Research Institute  
Today FOI: Swedish Defence Research Agency



# Particulate I-131 in air

First measurement at 12.45, origin a nuclear reactor in south-east based on SMHI trajectories (13.05)



SMHI: Swedish Meteorological and Hydrological Institute

Air sampling from a jet fighter aircraft (Lansen) started in the afternoon 28 April and was made daily for 2 weeks



Flying height  
300 m (max 12  
000 m)

First results around 10 o'clock pm:  
About 40 times higher activity over Norrtälje than over Gotland.

## 28 April 1986 in the evening

An accident has occurred at the Chernobyl nuclear power plant, one of the reactors is damaged. Actions are taken to handle the consequences of the accident. Injured people are treated. A governmental commission has been appointed. (TASS)

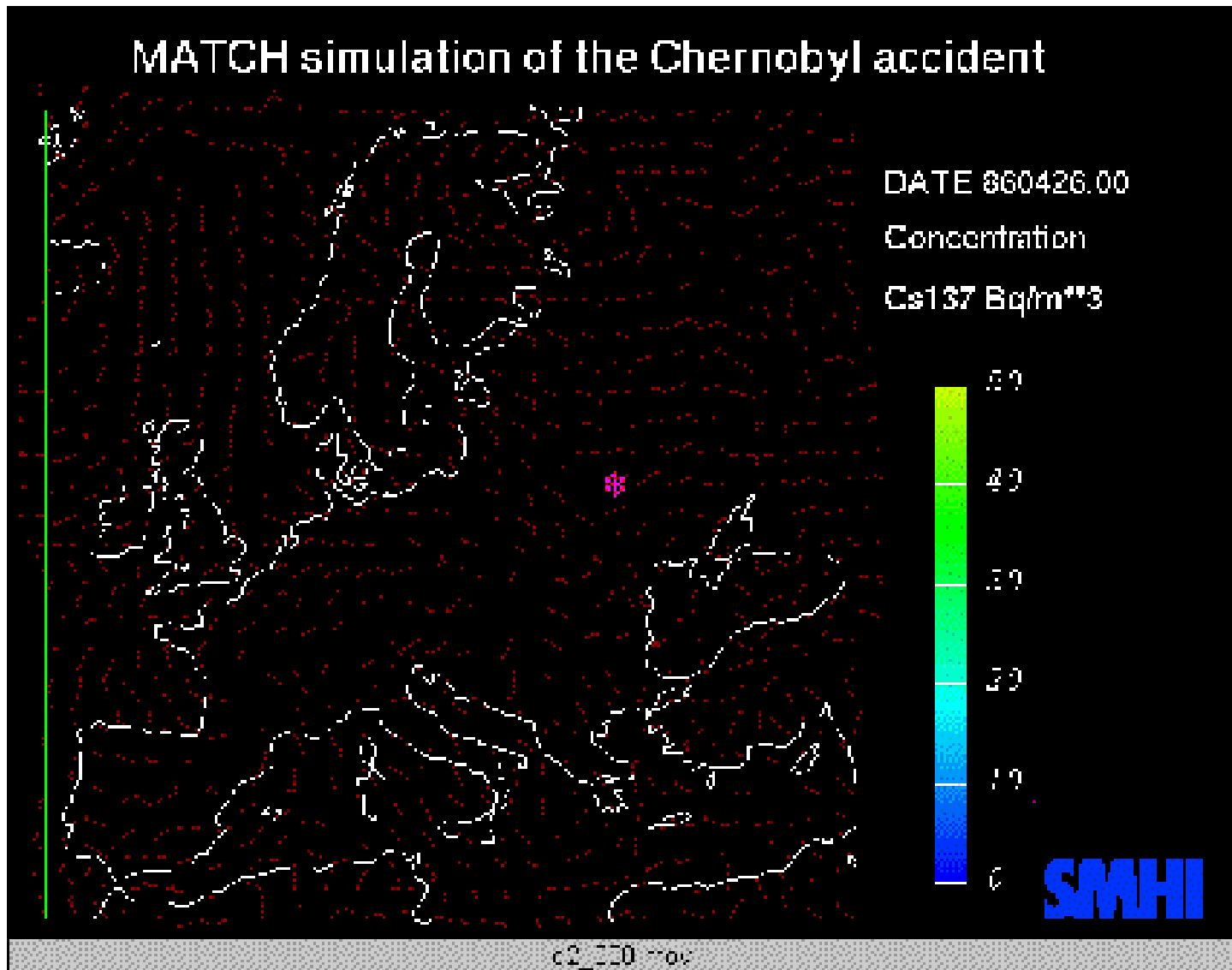




Chernobyl – a catastrophe  
01.23 local time, 26 April 1986



# The radioactive cloud of Cs-137 (Bq/m<sup>3</sup>)



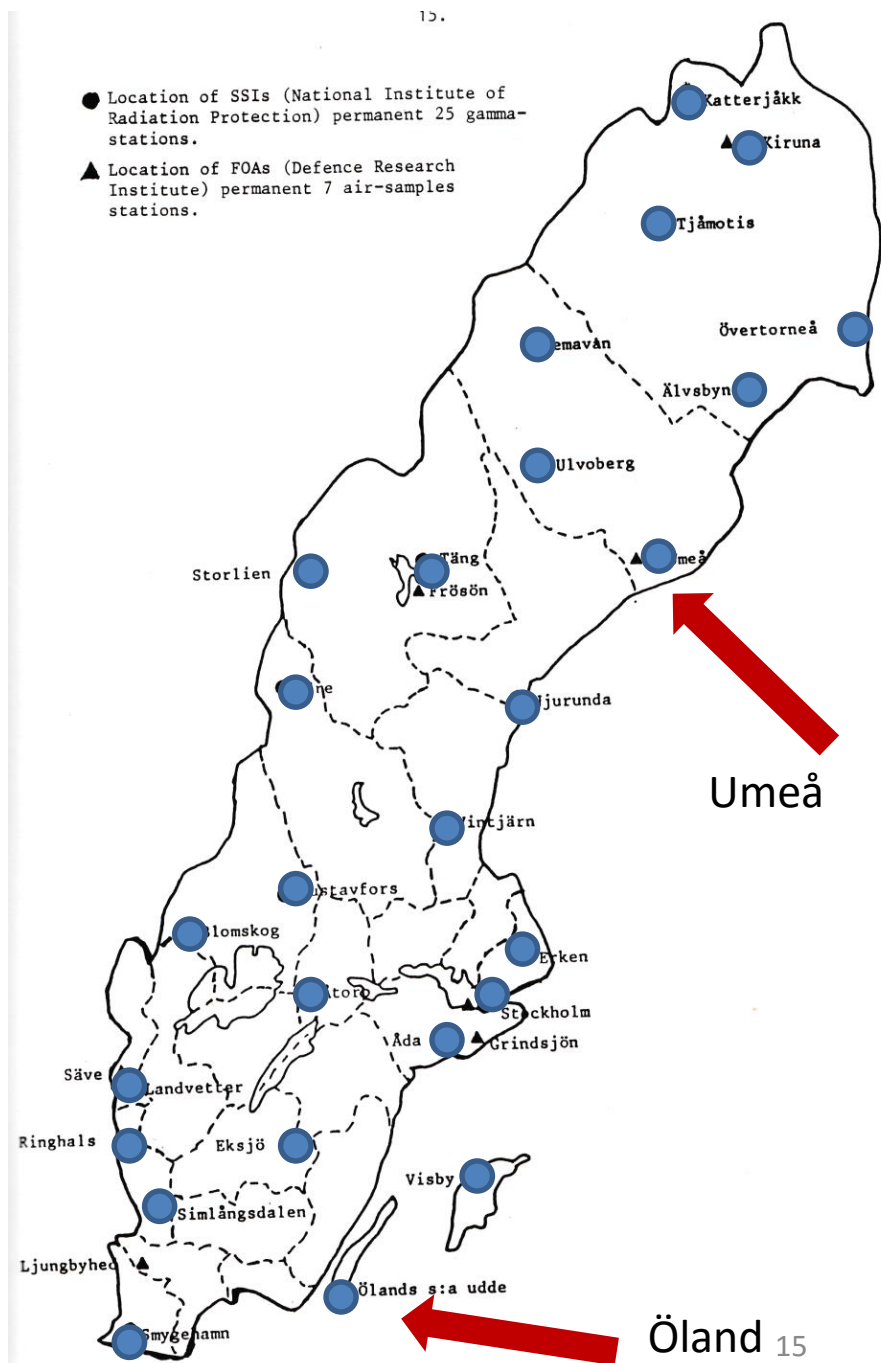
# SSI gamma stations ●

FOA filter stations

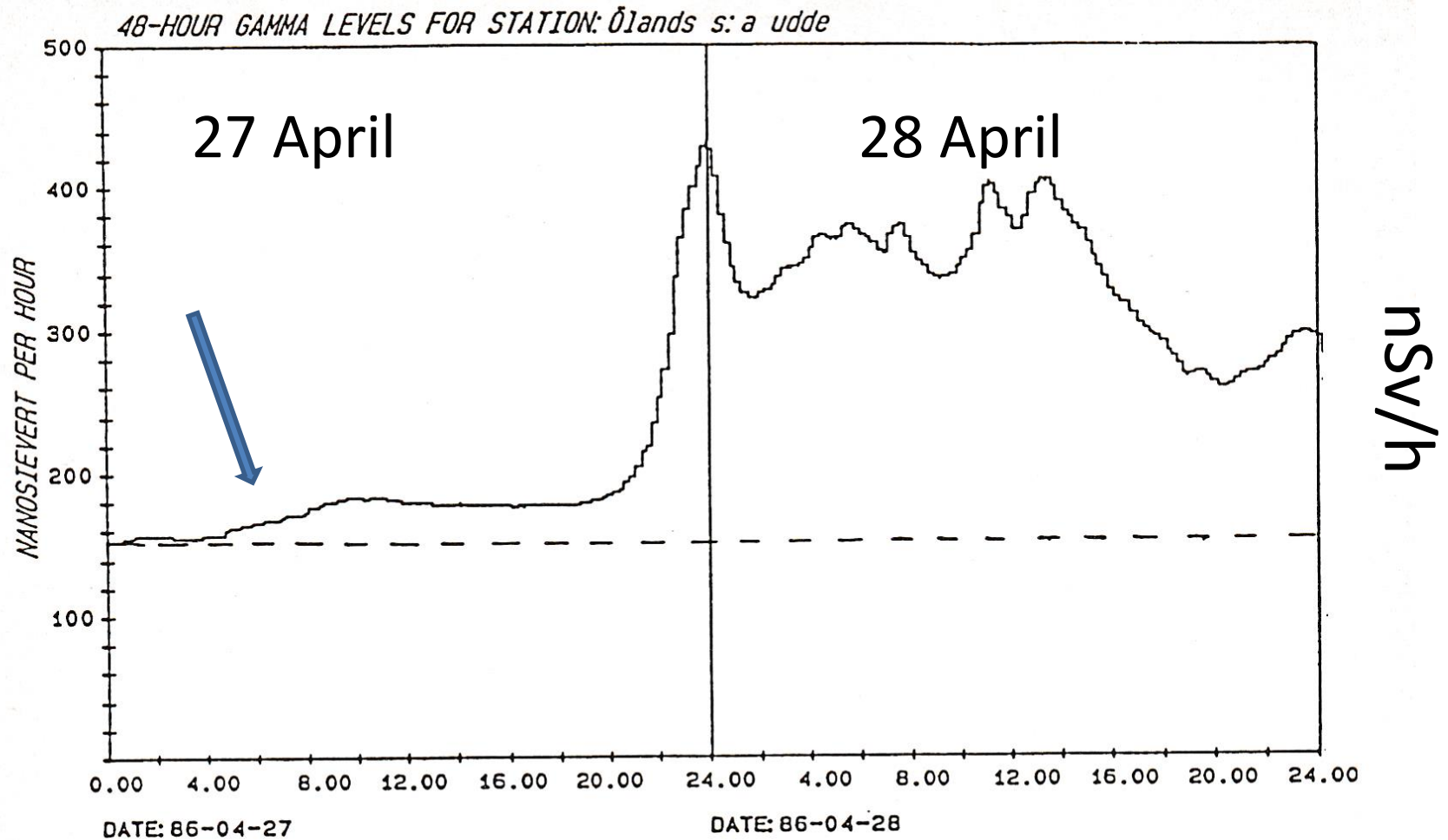
1986

29 April:

- All stations in northern and eastern Sweden showed increased radiation levels
- Stations at SSI and Gotland not in operation
- Not automatic, no alarm

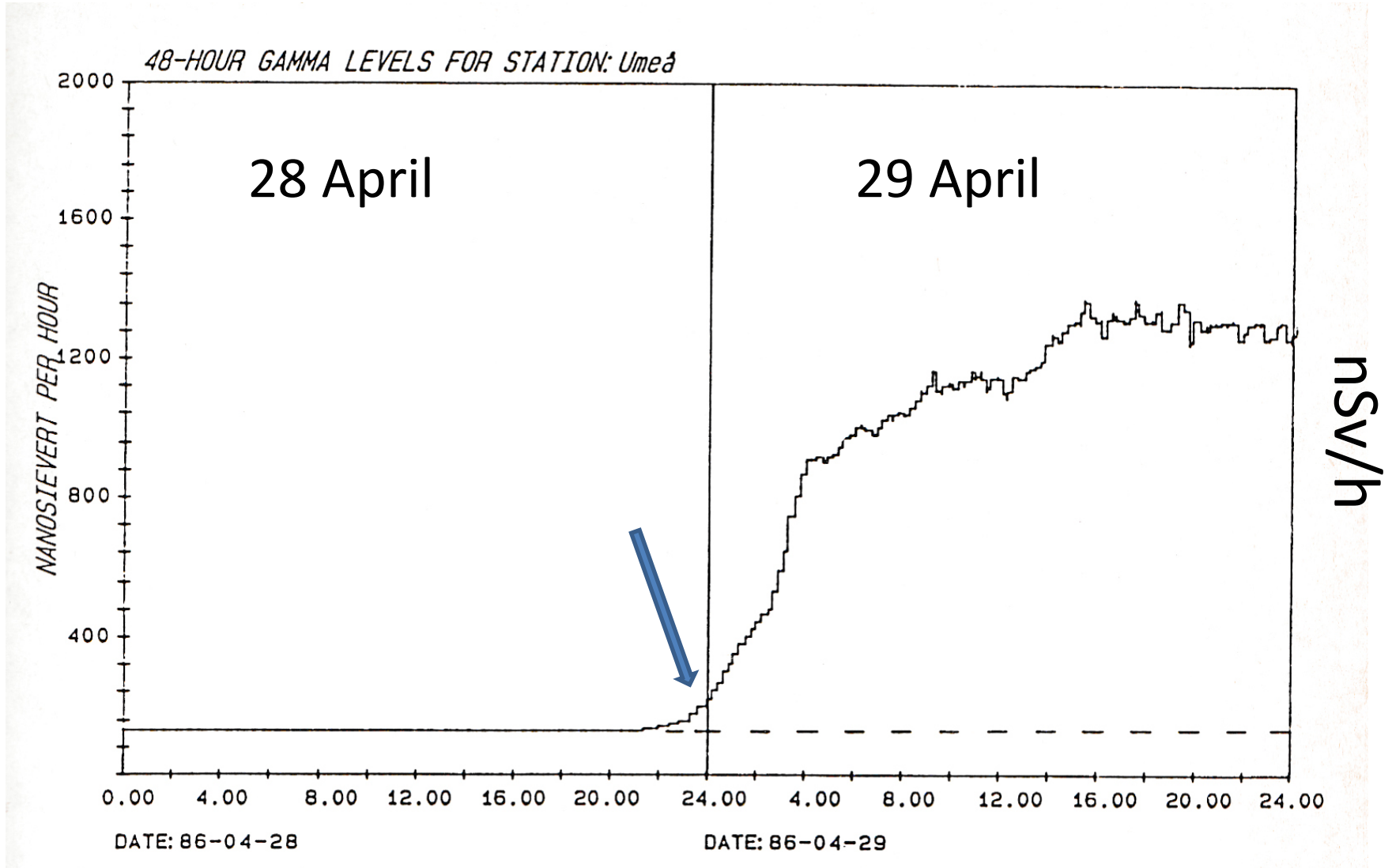


# Gamma levels for station Öland





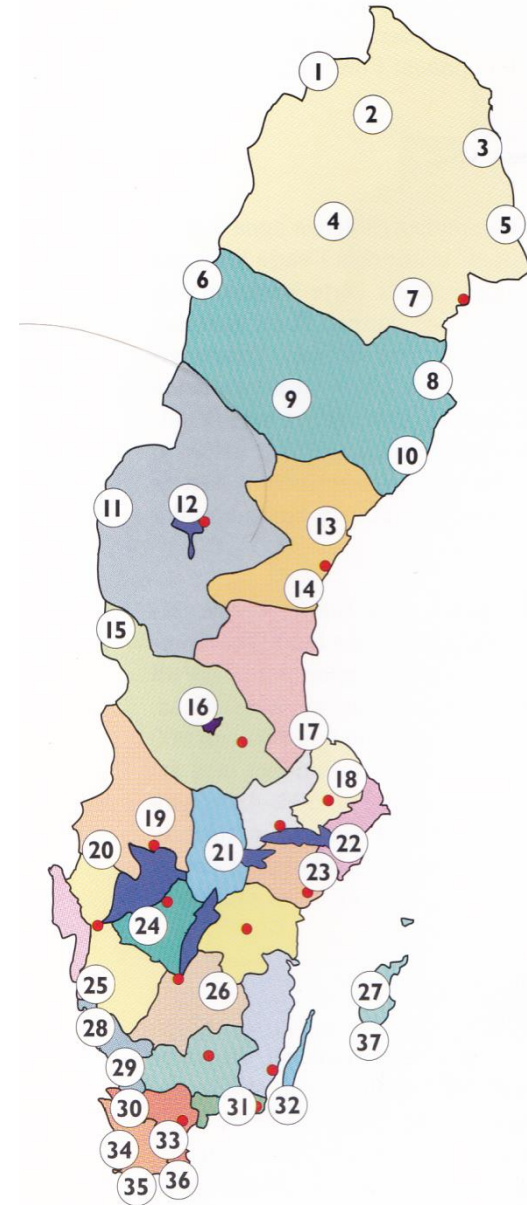
# Gamma levels for station Umeå



**Lesson learned:** the gamma stations ought to be automatic and have an alarm function i.e. A need to upgrade the gamma stations into an early warning system

Two new IAEA conventions:

- Convention on early notification of a nuclear accident
- Convention of assistance in case of a nuclear accident or radiological emergency
- Bilateral agreements



# Situation 29 April

From the combined information from all measurements SSI concluded:

- No need for staying indoors or evacuate
- No need to take iodine pills, which was also confirmed by SoS on 30 April

SoS: Board of Health and Welfare

# 1 May – SGAB started measurements of ground deposition



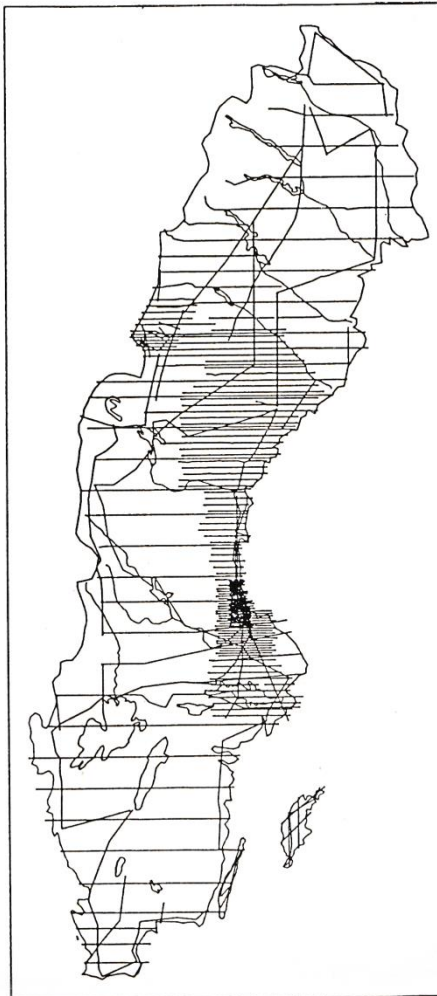
SGAB - Swedish Geological Company  
Today SGU –Geological Survey of Sweden



# Ground deposition from SGAB's air surveys

May – Oct 1986

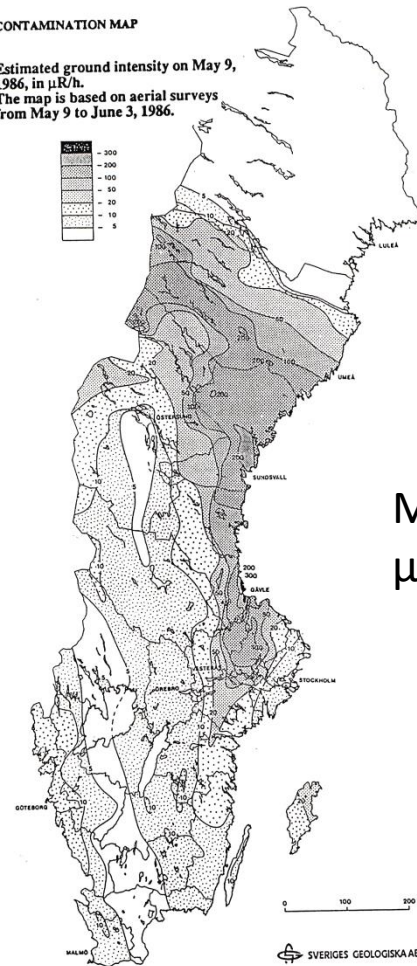
Flying height  
150 m



Karta som visar vilka flyglinjer som använts vid mätningarna maj-oktober 1986

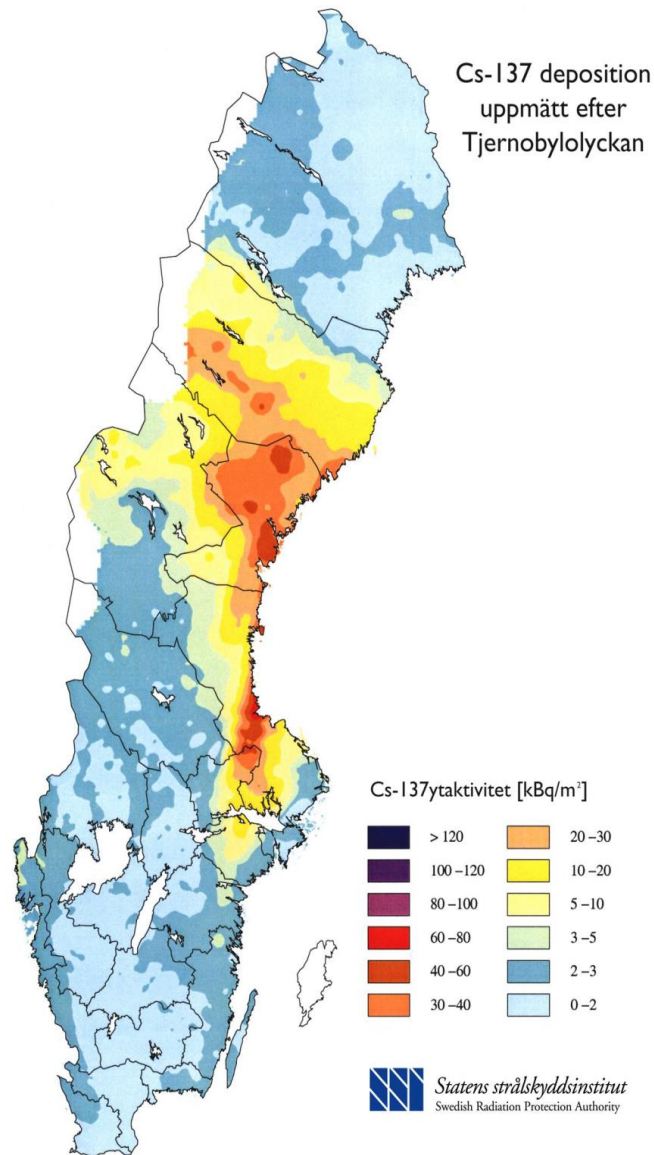
## CONTAMINATION MAP

Estimated ground intensity on May 9, 1986, in  $\mu\text{R}/\text{h}$ .  
The map is based on aerial surveys from May 9 to June 3, 1986.



May 9  
 $\mu\text{R}/\text{h}$

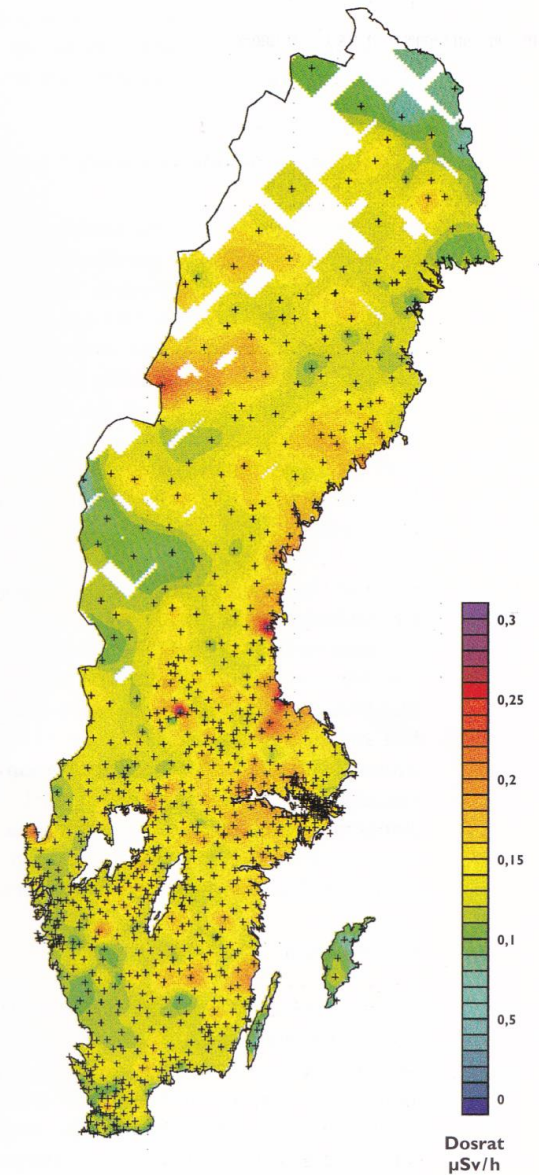
# Deposition of Cs-137 in Sweden



- 4.25 PBq or about 5% of the Cs-137 released from Chernobyl deposited in Sweden
- About 5 % of the released Cs-137 also deposited in the Baltic sea.

**Lesson learned:** Radiation emergency preparedness must include consequences of accidents abroad independent of whether Sweden has nuclear reactors or not - and include all of Sweden.

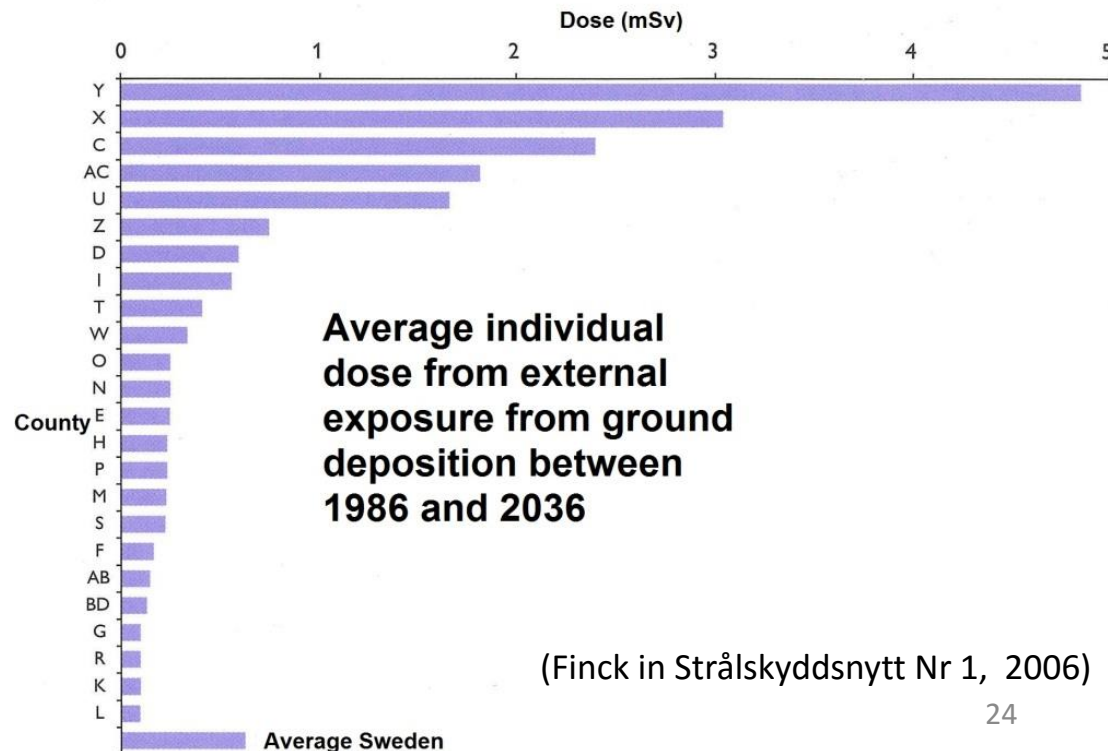
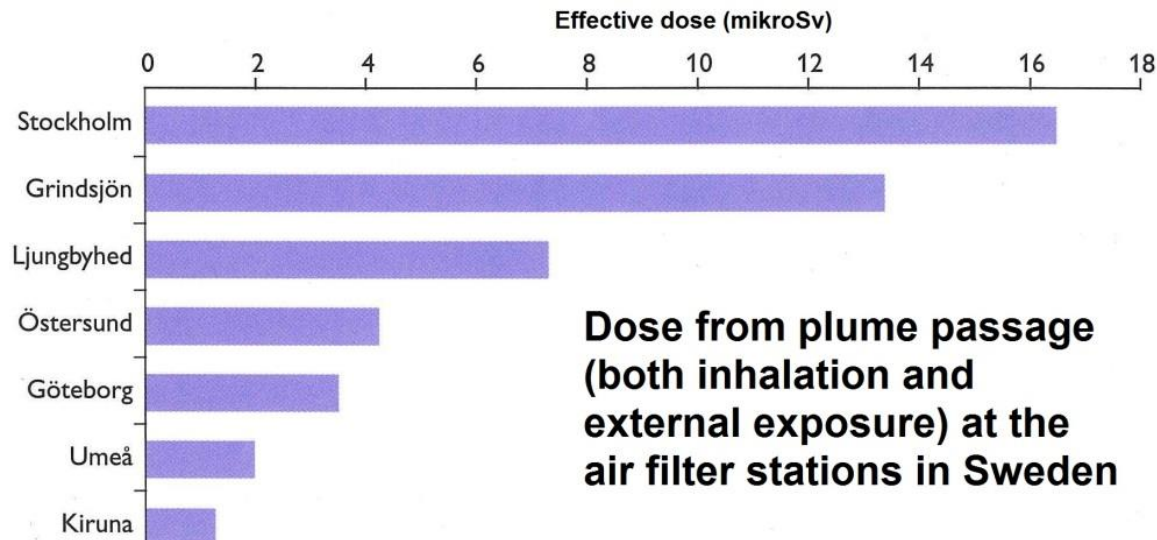
**Observation:** Even though the accident did not agree with the exercise scenarios, there existed an organization that could start immediately and was lucky to have access to a jet fighter aircraft for air sampling, an airplane for measurement of ground deposition, filter and gamma stations and also other instruments for measuring radiation as well as a number of laboratories.





# External dose

- Average dose from plume passage 0.01 mSv.
  - May have been considerably higher in certain areas.
- Average dose from ground deposition 0.6 mSv during 50 years.
- Highest dose from ground deposition 4 mSv first year and 33 mSv during 50 years.



(Finck in Strålskyddsnytt Nr 1, 2006)



**Lesson learned:** Remediation, decontamination was not found necessary, but the possibility (strategy, knowledge, resources) must be included in the emergency preparedness.

- NESAs a national expert group on remediation
- Remediation plans at each county after Chernobyl

# Foodstuffs 30 April:

National Food Agency (SLV) became more involved and decided a temporary import stop on vegetables, potatoes, meat and fish from Soviet and other east European countries.



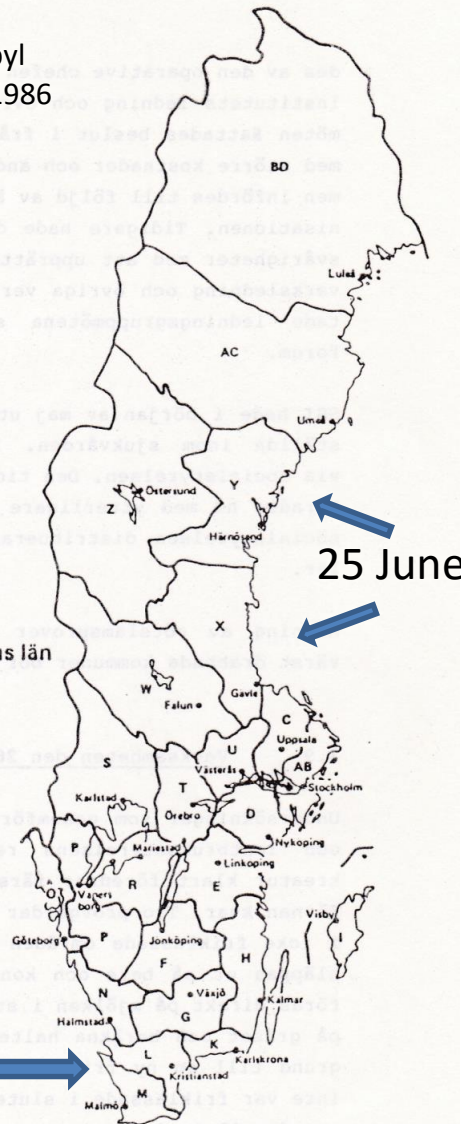
Photo: SLV

# Food chain: grass – cow – milk - man

From: Beredskap efter Tjernoby  
 Utvärderingsrapport oktober 1986

Friklassat den

11 maj	AB	Stockholms län
19 juni	C	Uppsala län
12 maj	D	Södermanlands län
6 maj	E	Östergötlands län
7 maj	F	Jönköpings län
6 maj	G	Kronobergs län
13 maj	H	Kalmar län
16 maj	I	Gotlands län
5 maj	K	Blekinge län
4 maj	L	Kristianstads län
4 maj	M	Malmöhus län
4 maj	N	Hallands län
6 maj	O	Göteborgs och Bohus län
6 maj	P	Älvsborgs län
5 maj	R	Skaraborgs län
17 maj	S	Värmlands län
17 maj	T	Örebro län
19 juni	U	Västmanlands län
17 maj	W	Kopparbergs län
25 juni	X	Gävleborgs län
25 juni	Y	Västernorrlands län
19 juni	Z	Jämtlands län
19 juni	AC	Västerbottens län
23 maj	BD	Norrbottnens län



4 May

25 June

## Recommendation 2 May:

- Cows not to graze outdoors until the area had been cleared based on grass measurements and later by measurements on milk (42 diaries)
- I-131: 2000 Bq/kg (SF, N, WHO from 5 May)
- Cs-137: 1000 Bq/kg

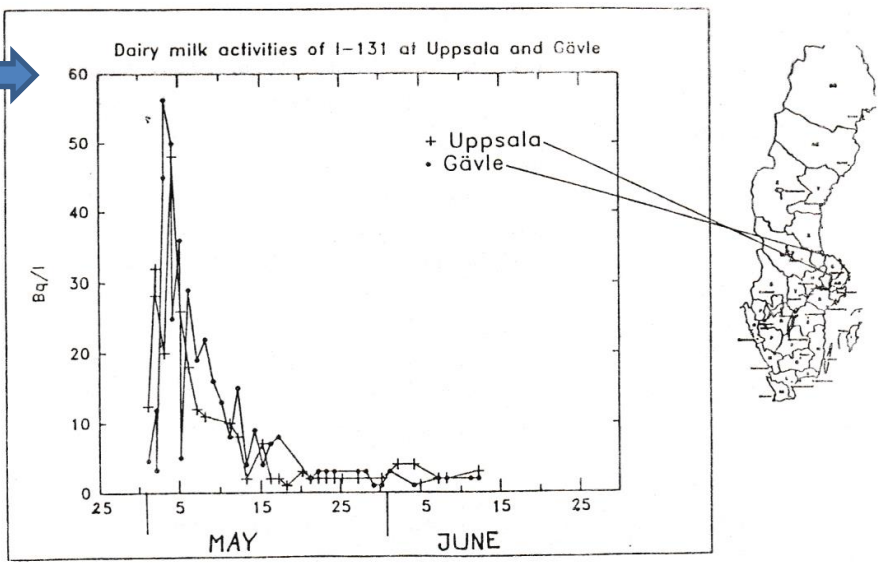
Fig. VIII:4 Datum för friklassningar av länen



60 Bq/l

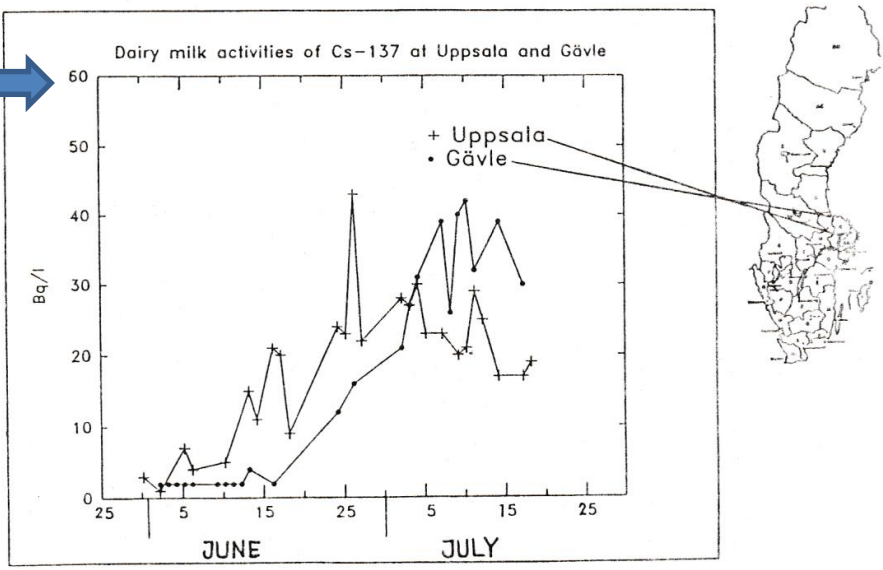
I-131

Dairy milk activities in  
Uppsala and Gävle  
May and June 1986



60 Bq/l

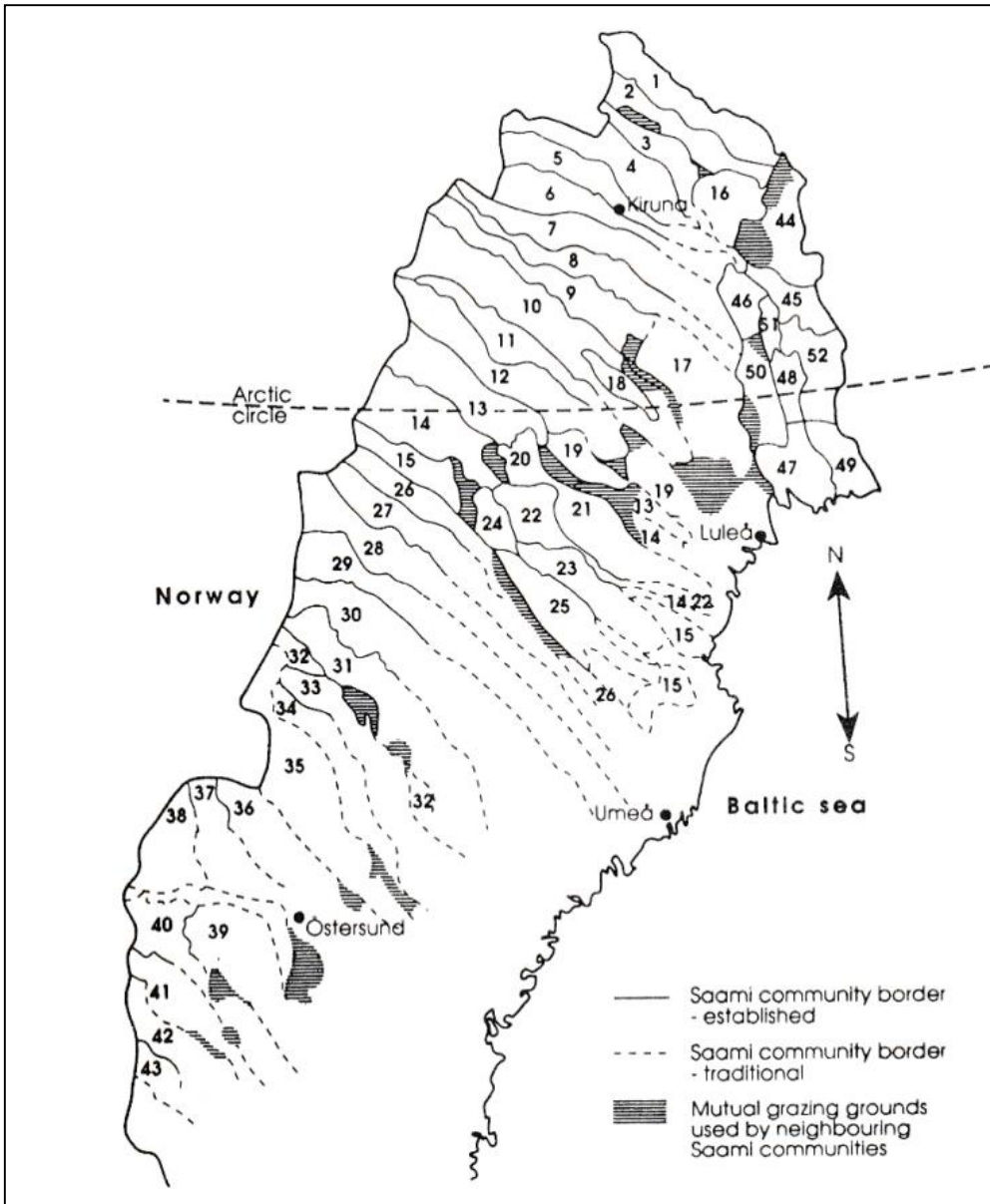
Cs-137



From: Beredskap efter Tjernoby  
Utvärderingsrapport oktober 1986

Fig. VIII:3 Analys av mjölk från ett mejeri i vardera Uppsala och Gävle.

# Foodchain: lichen – reindeer – man



## Reindeer herding districts

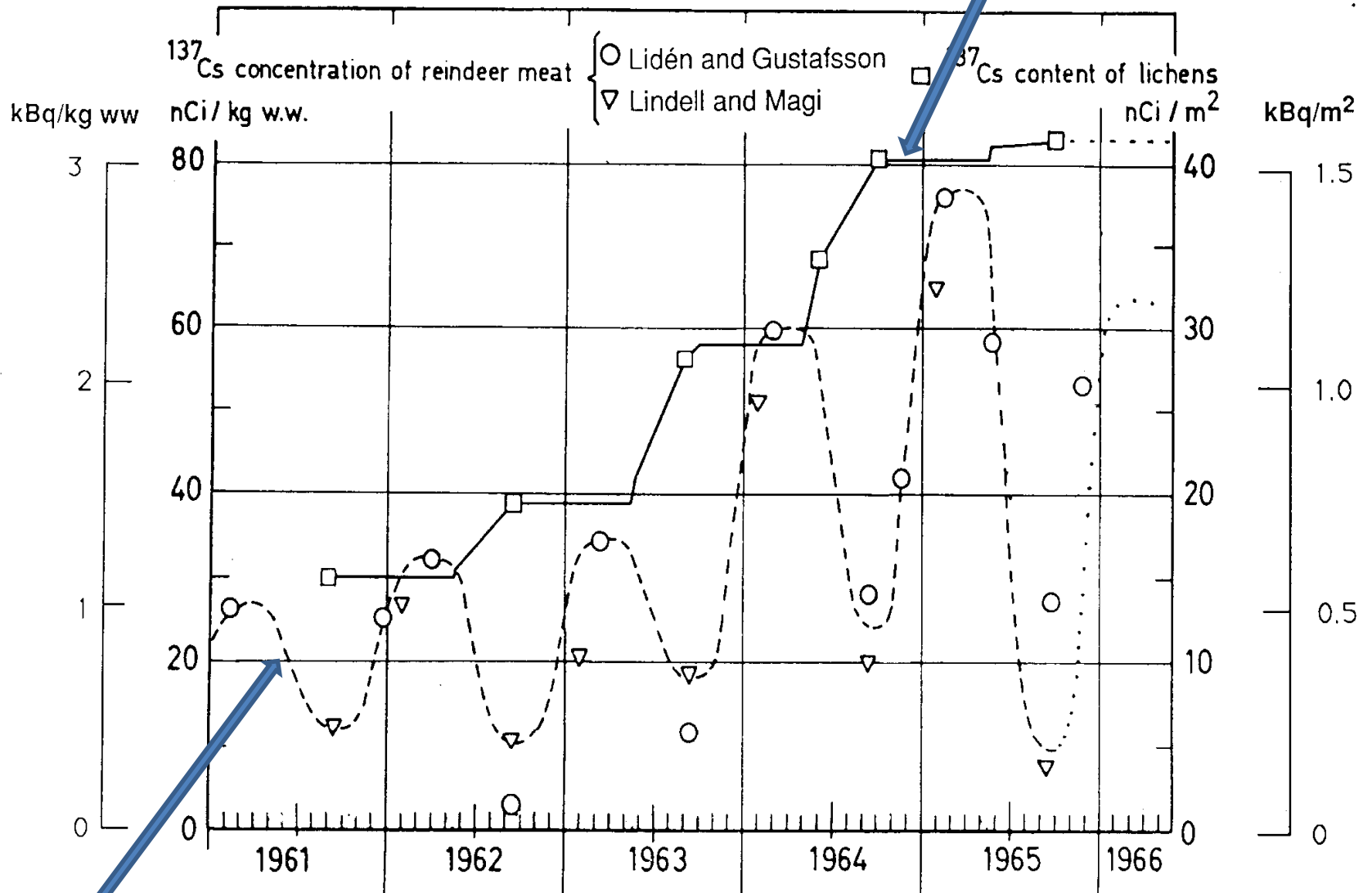
(52 Saami communities)

First meeting with Saami representatives and authorities 30 May



# Reindeer in 1960's

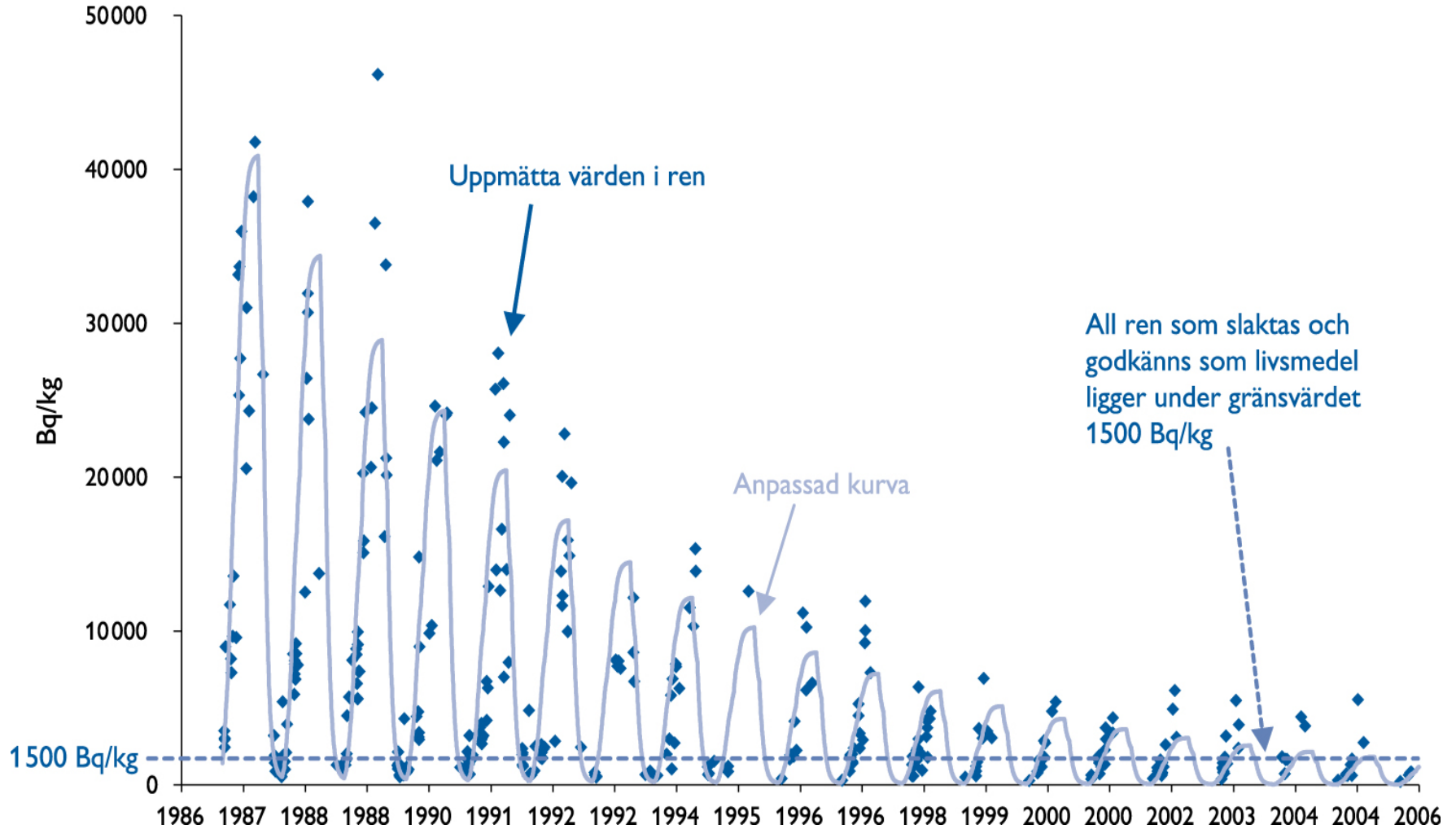
Cs-137 in lichens



Cs-137 in reindeer meat

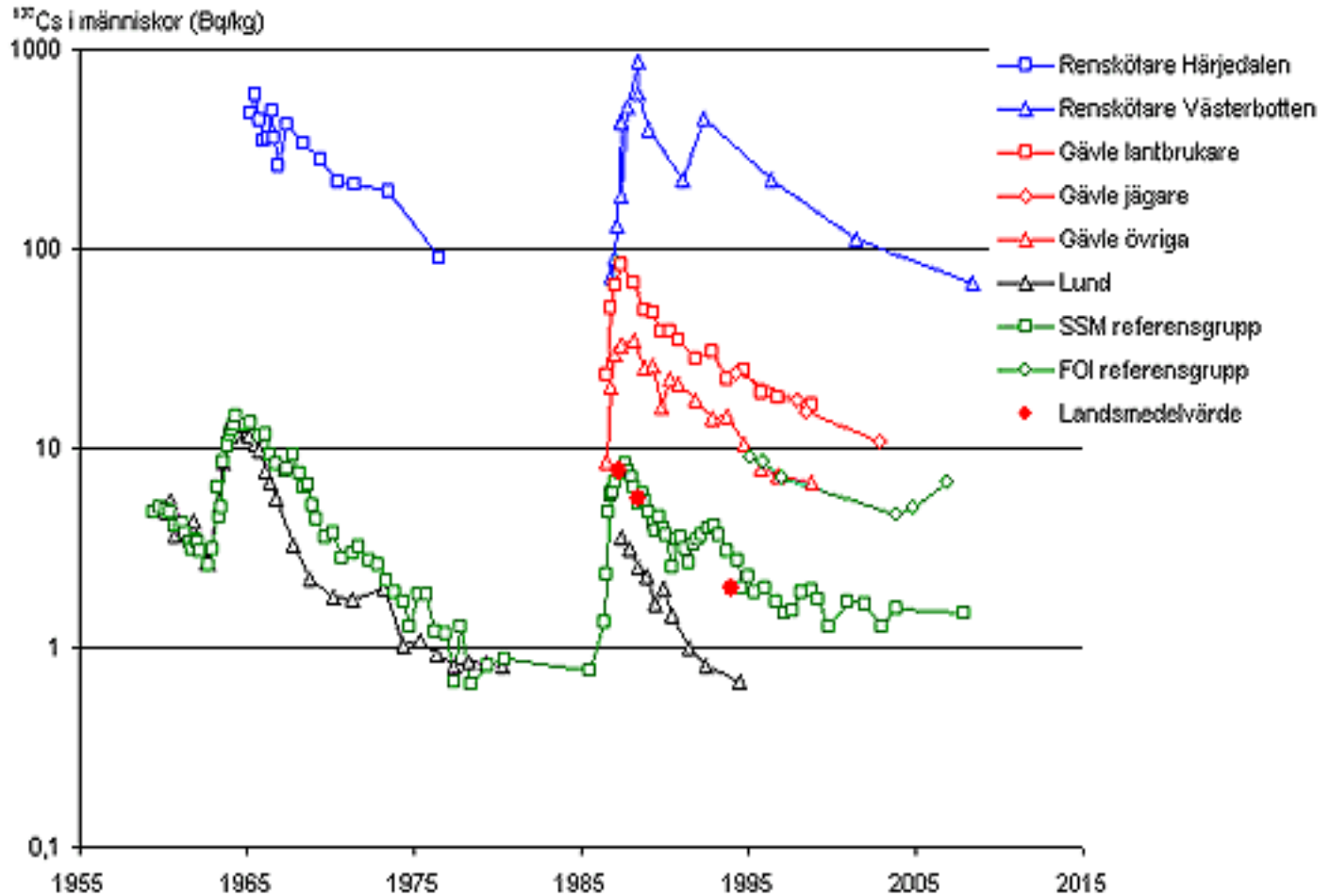
# Reindeer 1986 - 2006

Cs-137 i ren från södra Västerbotten under 20 år efter Tjernobylnedfallet



(B Åhman, in Strålskyddsnytt Nr 1, 2006)

# Cs-137 (Bq/kg) in the body



(Falk, Rääf, Johansson et al)

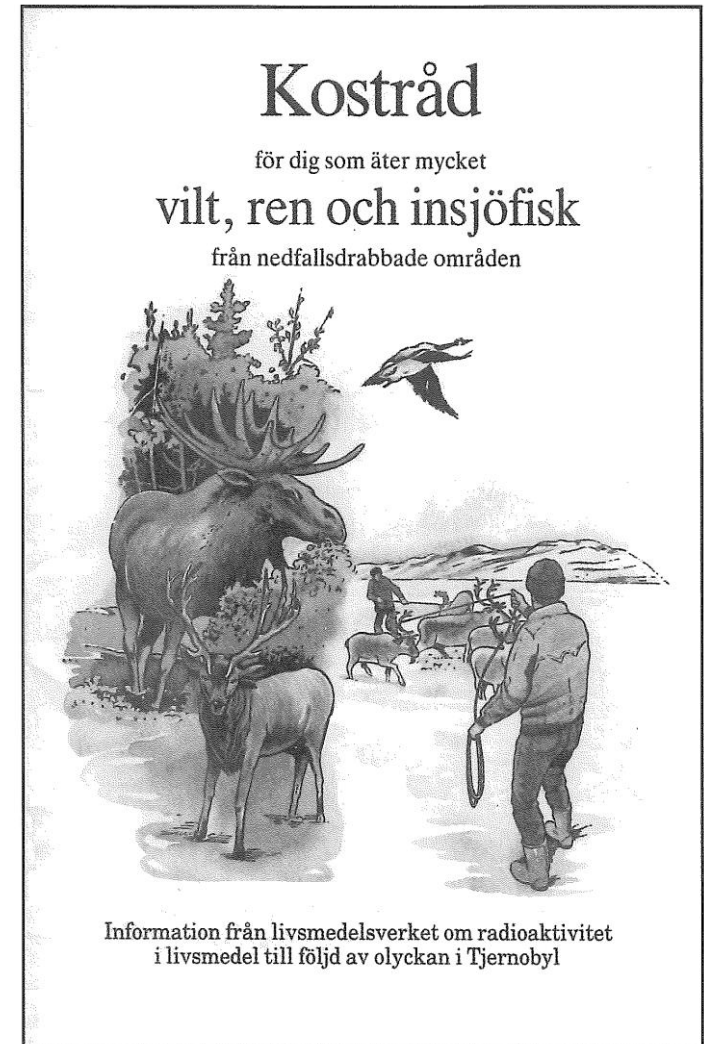
# What is an acceptable radiation dose in an accident situation?

## Nordic agreement:

- Highly justified to avoid long term doses (50 years) above 500 mSv
- Not justified to take measures with great social and economical impact for society or individuals to avoid long term doses less than 50 mSv
- The authority (SSI) chose the lower end of the interval, i.e. 50 mSv in 50 years
  - The dose during the first year should be less than 5 mSv and in the following years less than 1 mSv/y in average

# Food limits in Sweden

- May 1986: 300 Bq/kg of Cs-137 in all foodstuffs sold in shops
- June 1987: the limit for reindeer meat, game meat, fish from lakes, wild berries, mushroom and nuts was increased to 1500 Bq/kg
  - An annual intake of 50000 Bq Cs-137 corresponds to 1 mSv (75 000 Bq after Cs-134 had decayed)
  - For people aware of the risk, 500 000 Bq per year could be acceptable
  - No intake of food containing more than 10000 Bq/kg



Diet recommendations 1987  
(National Food Agency)



# Changes in food consumption

- Changes in particular concerning moose, roe deer, wild berries, fungi and lake fish, i.e. foodstuffs normally not bought in the shops
- February 1987
  - 28 % (350 000 persons) in the 5 most contaminated counties
  - 13 % of the whole Swedish population
- September 1994
  - 17 % (200 000 persons) in the 5 counties
  - 7 % of the population

# Consequences for reindeer industry

- 78% of reindeer meat was destroyed the first year ( $>300$  Bq/kg) = great cost and adverse conditions for reindeer herders
- Second year 29 % destroyed ( $>1500$  Bq/kg); some years later less than 1% destroyed; a result of various countermeasures
- A control program for reindeer meat administered by SLV was initiated in the summer 1986

**DN.**  
ONSDAG 24/4 2002**Statens strålskyddsinstitut erkänner 16 år efter Tjernobylkatastrofen:**

## "Vi dömde ut tonvis med kött i onödan"

**S**exton år har förlutit sedan kärnkraftsolyckan i Tjernobyl. I dag kan vi dra en del slutsatser om hur vi i Sverige, och då särskilt Statens strålskyddsinstitut (SSI), hanterade katastrofen. Skulle vi klara en motsvarande situation bättre i dag?

Frågorna hopades i slutet av april 1986. Vilka radioaktiva ämnen hade kommit till Sverige, vilka delar av landet var berörda, och vilka koncentrationer fanns i luften och på marken? Svaren var väsentliga för myndigheternas bedömning av behovet av omedelbara skyddsåtgärder. Redan inledningsvis bedömde SSI att skäl saknades för drastiska åtgärder som inomhusvistelse, jordmedicinering eller utrymning. Att detta var korrekt bekräftades också senare.

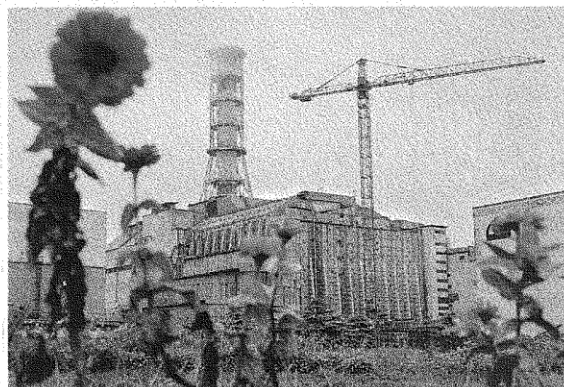
Det enskilt viktigaste beslutet gällde frågan om gränsvärden för radioaktiva ämnen i livsmedel. Nedfallet 1986 kom före växtsäsongen. Ett nedfall under växtsäsongen skulle då liksom i dag fått betydligt mer omfattande ekonomiska konsekvenser. Redan i den relativt gynnsamma situationen med ett nedfall före växtsäsongen visade det sig inte helt trivialt att sätta gränsvärden.

**EFTER EN KORT TID** med högre gränsvärden fastställdes Livsmedelsverket, efter rekommendation från SSI, i maj 1986 gränsvärdet för livsmedel i handeln till 300 becquerel per kilo (Bq/kilo) cesium-137. Detta begränsade den genomsnittliga stråldosen till personer i Sverige till högst 1 millisievert per år på lång sikt. Det motsvarar den dos vi alla årligen får från den naturliga bakgrundsstrålningen. SSI rekommenderade även att livsmedel med högre aktivitet än 10000 Bq/kilo cesium-137 inte skulle konsumeras. Den första juni 1987 höjdes gränsvärdet från 300 till 1500 Bq/kilo för ren, vilt, insjöfisk, vilda bär, svamp och nötter.

Ambitionen att hålla stråldosen under 1 millisievert per år från livsmedel var baserad på myndigheternas avvägning mellan risk och kostnad. En sådan stråldos skulle innebära att om 50000 personer vardera får stråldosen 1 millisievert så kommer statistiskt sett en person att få en dödlig cancersjukdom med den riskbedömning som gällde 1986. Senare uppfölj-

**Tonvis med högkvalitativt ren- och älgkött kasserades i onödan i Sverige efter kärnkraftsolyckan i Tjernobyl den 26 april 1986. Gränsvärdet för cesium i köttet hade satts för lågt av myndigheterna. Vid slakten samma år förstördes 78 procent av renköttet till stora kostnader för samhället och**

**temporär olycka för rennärningen. Syftet med gränsvärdet var att den individuella risken skulle vara så låg att konsumenten inte skulle behöva fundera över vad hon köpte i butiken. Kanske tog vi ett för stort ansvar för den enskilde konsumenten, skriver ledningen för Statens strålskyddsinstitut.**



**Gränstillfall.** Om ett differentierat gränsvärde hade införts redan efter Tjernobylolyckan hade vi sparat många ton bra livsmedel, menar Strålskyddsinstitutets chef Lars-Erik Holm. Den havererade reaktorn göts in i en skyddande "sarkofag" av betong.

ningar har visat att det stora flertalet av den svenska befolkningen fick betydligt lägre stråldoser än så, i snitt någon hundra delar millisievert per år.

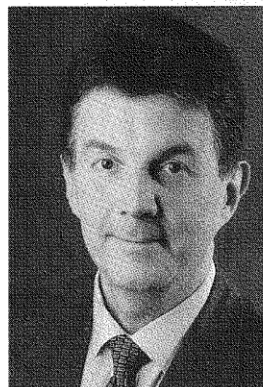
Det är viktigt att betona att 1 millisievert inte är en gräns mellan farligt och ofarligt. Här kan också en jämförelse göras med hastighetsbegränsning: en hastighet som ligger strax under 50 kilometer i timmen är inte "ofarlig" och en strax över är inte "farlig", utan risken ökar förstås med ökande hastighet.

Försommaren 1986 såg vi att cesiumkoncentrationerna i renkött vid kommande slakt i stor grad skulle ligga över gränsvärdet. Resultatet blev att 78 procent av renköttet kas-

serades detta är till stora kostnader för samhället och till åtminstone temporär olycka för rennärningen.

I dag kan vi säga att för renkött var gränsvärdet 300 Bq/kilo alltför lågt slett och att ett stort antal renar kasserades i onödan 1986-87. Gränsvärdet gjorde också att även älgkött kasserades. Detta skedde trots att det fanns goda skäl att äta högkvalitativt ren- eller älgkött - även om det innehöll mer än 300 Bq/kilo av cesium-137 - i stället för vissa andra mindre bra livsmedel.

Om ett differentierat gränsvärde hade införts redan 1986 skulle det ha sparat många ton bra livsmedel. På försommaren 1986 var dock inte myndigheterna mogna för ett så-



dant beslut, även om det diskuterades. Bedömningen var att allmänheten inte skulle klara av att förstå innebörden av flera gränsvärden.

Kanske tog myndigheterna här ett för stort ansvar för den enskilde konsumenten. Ett syfte med gränsvärdet var att den individuella risken skulle vara så låg att konsumenten inte över huvud taget skulle behöva fundera över vad hon inhandlade i butiken.

**DET HÖGRE GRÄNSVÄRDET** som infördes 1987 förbättrade rennärningens situation. Mängden av kasserat renkött 1987 minskade till 29 procent, vilket fortfarande

var en för hög andel. De senaste åren har kassationen varit mindre än 1 procent.

I händelse av en ny olycka har EU-länderna bestämt vilka gränsvärden som ska gälla. Detta innebär differentierade gränsvärden för olika typer av livsmedel och för olika radioaktiva ämnen. Detta kommer att lösa en del problem men kommer säkerligen att skapa andra.

SSI:s policy var att kontinuerligt informera om hur myndigheten bedömde situationen. Innehållet i informationen ändrades allteftersom kunskapen om nedfallet förbättrades. De första dagarna talade vi om mycket små risker uttryckta som förväntade dödsfall i cancer (ett par fall) och efter en tid om större risker (300 fall under en 50-årsperiod). Samtidigt sade SSI att det saknades anledning till oro, något som ledde till kritik i medierna och att SSI:s trovärdighet ifrågasattes.

Men finns det någon bättre informationsstrategi? Att inte berätta allt, eller att avvakta tills bilden klarat med att ge mer definitiv information om konsekvenserna är definitivt sämre. Brist på information från myndigheterna leder till att medierna söker andra källor med sämre information. 1986 hade SSI den information som fanns att tillgå och experter som kunde tolka den, och i en sådan situation måste det vara bättre att myndigheten ger sin bedömning av läget även om den är osäker. Snabb information baserad på för stunden bästa bedömning av läget kommer även fortsättningsvis vara SSI:s strategi.

**INFORMATION VIA** massmedierna är nödvändig, men det är också nödvändigt att andra myndigheter och beslutsfattare får SSI:s information direkt och inte via massmedierna. Detta fungerade dåligt 1986 och medförde kritik från vissa länsstyrelser.

När olyckan inträffade 1986 var den svenska beredskapen enligt politiska beslut helt inriktad på en olycka i ett svenskt kärnkraftverk och en regional planering fanns bara i kärnkraftslänen. Det radioaktiva nedfallet drabbade emellertid andra län utan förberedda kontaktvägar. I dag har alla län någon form av beredskap mot kärnenergiolyckor och mycket resurser har satts på att förbättra informationsberedskapen.

Det visade sig vara svårt att jämföra strålningsriskerna från Tjernobylolyckan med andra risker: Oavsett vilken jämförelse - cigarrettrökning, bilkörning, blixtnedslag, drunkning, bo i radonhus eller röntgenundersökningar - som används kan man göra invändningar: Jämförelser haltar alltid. Vissa risker är frivilliga och andra inte, några risker innebär att en skada kan uppkomma långt senare, medan andra kan orsaka omedelbar död. Dessutom uppfattar vi som individer dessa risker olika. Många undersökningar visar också på stora skillnader mellan hur lekmän och experter uppfattar risker med strålning.

Ett känt problem med joniserande strålning är att ordet i sig för många människor och även för medierna inger en känsla av farlighet. Det har länge varit svårt att inom strålskyddsetablissemangent hävda att småstråldoser är ofarliga, det vill säga ofarliga i en mer vardaglig terminologi och i jämförelse med många andra risker vi utsätter oss för.

Här kan de diskussioner som nu pågår inom internationella strålskyddskommissionen, ICRP, förhoppningsvis hjälpa till att ge en mer nyanserad bild av strålningsrisker vid låga stråldoser. SSI strävar efter att bli tydligare i sitt budskap om risker och så långt möjligt förklara vad som är farligt och vad som är ofarligt.

**I DEN HÄR ARTIKELN** har vi koncentrerat oss på att diskutera risker och information. Kvalificerade mätmöjligheter och expertkompetens är också avgränsande en olycksituation men vi har valt att inte behandla detta här.

Vid en olycka måste samhället garantera en viss lägsta skyddsnivå, men i slutändan är det individen som avgör vilket skydd hon vill ha. Myndigheterna svarar därför både för samhällets skyddsnivå och för att ge individen underlag för egna bedömningar: I detta arbete har både myndigheter och medier ett stort ansvar.

Lars-Erik Holm  
Generaldirektör  
Ulf Bäverstam  
Sitt generaldirektör  
Leif Moberg  
Myndighetschef speciallist

# Comparison with Norway for reindeer

	<b>Sweden</b> (Bq/kg Cs-137)	<b>Norway</b> (Bq/kg Cs-134+Cs-137)
May 1986	300	600
Nov 1986		6000
June 1987	1500	
1994		3000

**Import** from Norway to Sweden:

1986-1994: 300 Bq/kg Cs-137

1987-1994: 1500

1994: 600 (Sweden became member of EU)

**Export** from Sweden to Norway!



# Information/communication pre-internet

## Information channels 1986

- Mass media
- Press conferences
- Reports and brochures
- Public meetings
- Telephone and fax
  - SSI invited members of public to phone SSI to get answers to their questions (29 April; one day 30 000 calls)

## In addition today

- Internet (web pages, social media, e-mails.....)
- Mobile telephones

# Distributed to households in Uppsala, Västmanlands and Gävleborgs counties, 26 May 1986

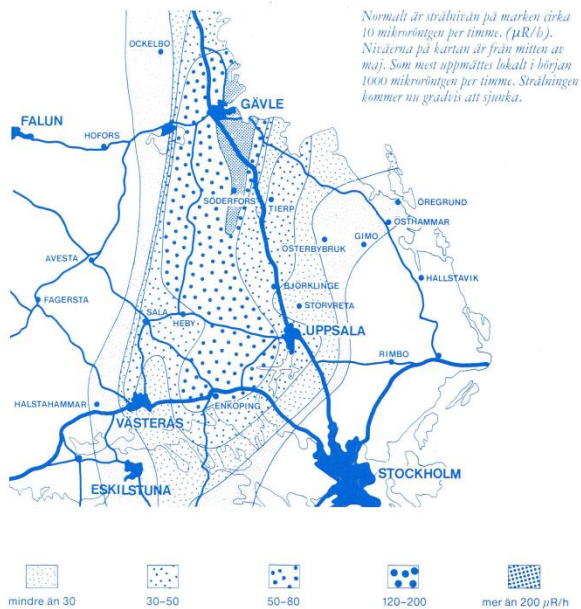
Gruppinformation till hushållen i Uppsala, Västmanlands och Gävleborgs län.

86-03-26



## Statens strålskyddsinstitut informerar om det radioaktiva nedfallet från kärnkraftsolyckan i Tjernobyl

I det område där du bor har mer radioaktiva ämnen från kärnkraftsolyckan i Tjernobyl fallit ner än i övriga Sverige. Orsaken till detta är att det regnade när molnet med de radioaktiva ämnena passerade. Kartan visar hur nedfallet på marken fördelar sig.



# Distributed to households in Västernorrland's, SW Västerbotten's, E Jämtland's and NE Gävleborg's counties, 4 June 1986

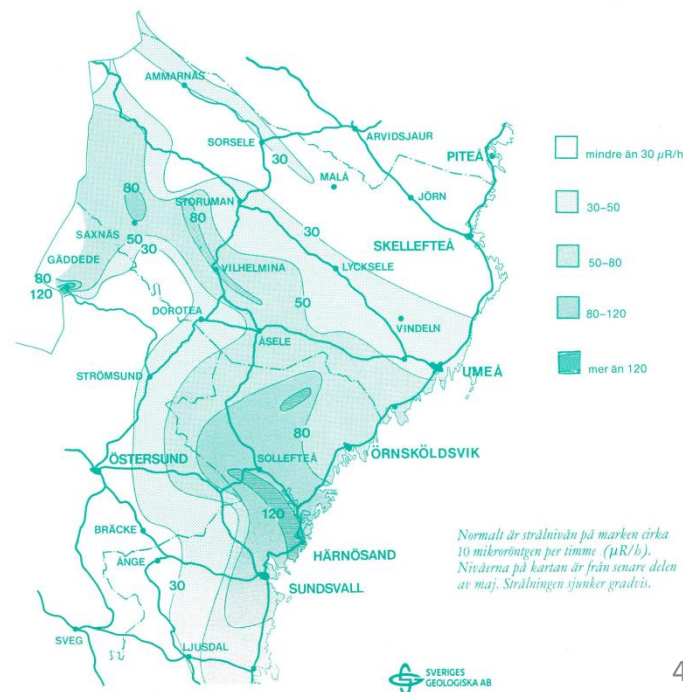
Gruppinformation till hushåll i Västernorrlands, sv Västerbottens, ö Jämtlands och nö Gävleborgs län

86-06-04



## Statens strålskyddsinstitut informerar om det radioaktiva nedfallet från kärnkraftsolyckan i Tjernobyl

I det område där du bor har mer radioaktiva ämnen från kärnkraftsolyckan i Tjernobyl fallit ner än i större delen av Sverige i övrigt. Orsaken till detta är att det regnade eller snöade när molnet med de radioaktiva ämnena passerade. Kartan visar hur nedfallet på marken fördelar sig.



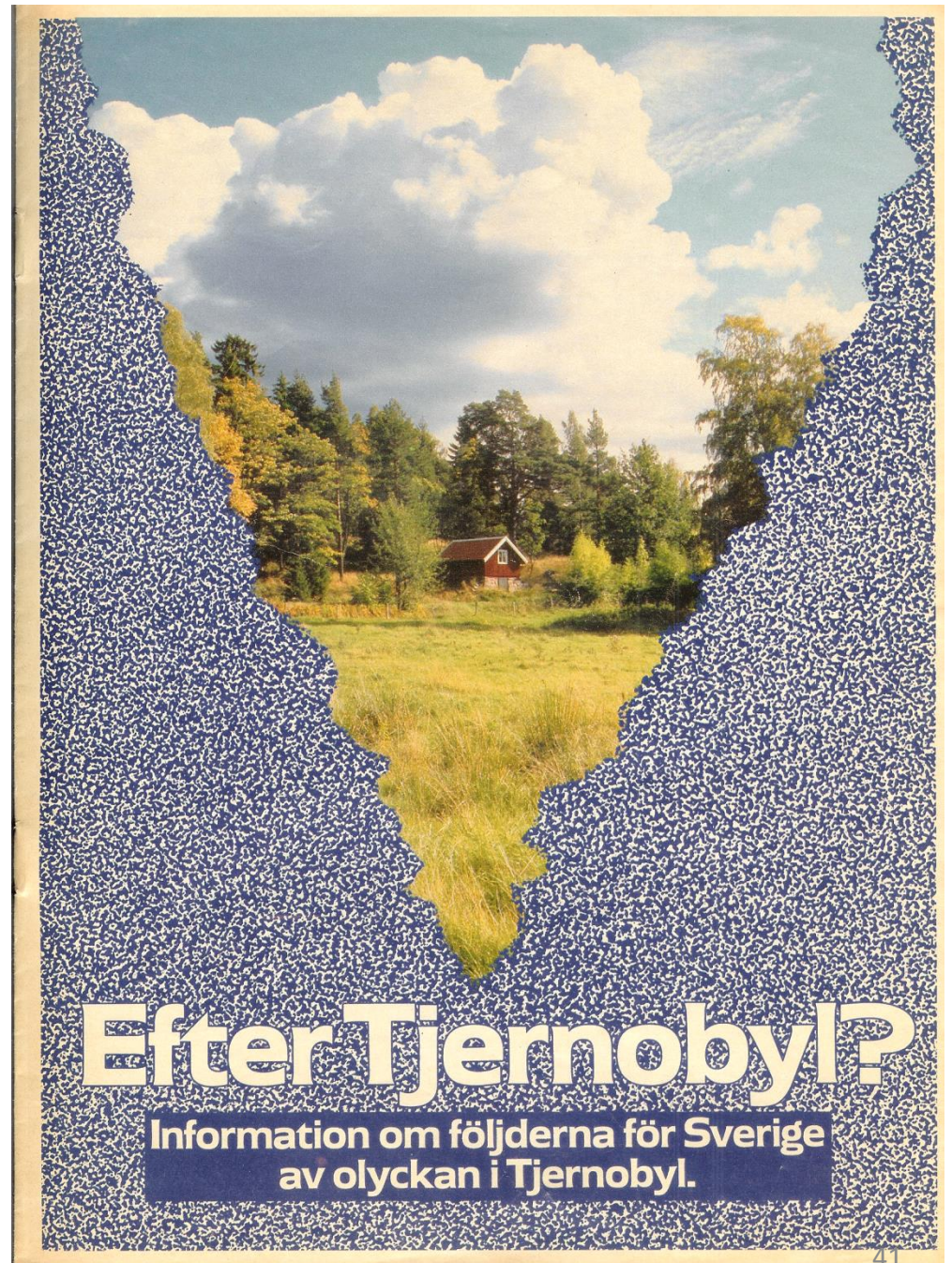


Distributed to all  
households in Sweden  
(autumn 1986)

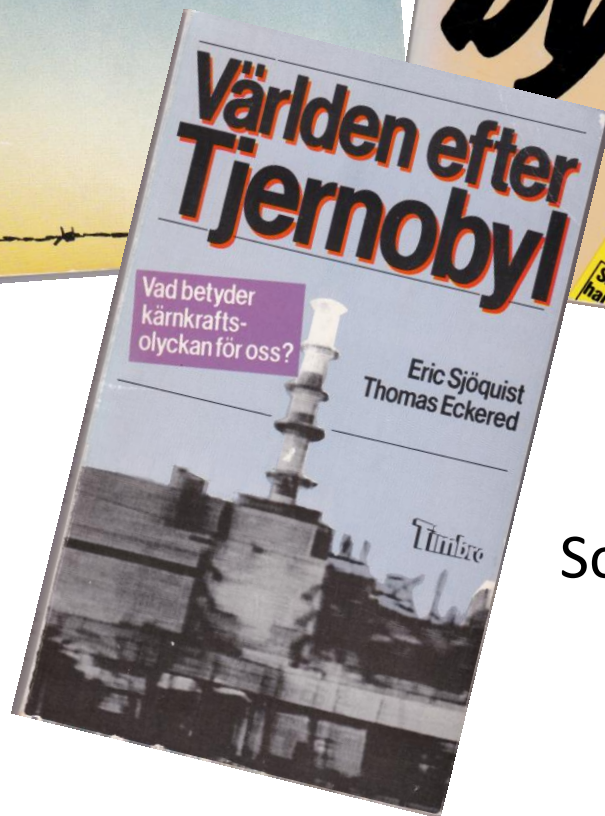
- 4.3 million copies
- 0.4 million copies in 11 languages + easy Swedish
- shortened version in 7 languages
- braille

After Chernobyl?

Information about the consequences  
in Sweden of the accident in  
Chernobyl







Some 1986 books



**Lesson learned:** major information burden must be laid on regional and local authorities which need competence about radiation risks as well as resources.

**Observation:** The communication between central and regional/local authorities often failed due to lack of appropriate equipment or too few technical equipments.

# Experiences and lessons learned 1

- Comparing risks is difficult
  - Cigarette smoking, driving a car, being struck by lightning, drowning, x-ray examinations, radon in houses
- Some risks are taken voluntarily others not, some risks (may) cause health effects later in life, other can cause serious health effects (death) instantaneously
  - Individuals interpret similar risks in different ways
- Differences in how laymen and experts interpret risks associated with radiation
  - "small radiation doses are harmless", i.e. harmless in a more everyday terminology and in comparison with many other risks we subject ourselves to on a daily basis
- "Ionising radiation" itself evokes a sense of danger

# Experiences and lessons learned 2

- **Worry and concern**
  - Unfamiliarity with radiation risks was (and is) a problem
  - Assurance that individual risk was small (or negligible) appeared to be in contradiction to stipulated countermeasures
  - Critics of generally accepted risk factors received relatively great publicity questioning SSI recommendations and decisions
  - Theoretical estimates of possible cancer deaths difficult to understand
  - Different limits for food in various countries

# Experiences and lessons learned 3

- Confidence
  - Complete openness in providing information and assessment of the situation as it becomes available
- Measurements of radiation levels (in the air, on the ground, foodstuffs)
  - Important to communicate rapidly
  - Estimates of levels, doses and consequences had to be revised as more data became available
  - Data were reported in different quantities (activity, dose rate,...) and different units (gray, sievert, rem...)

# Experiences and lessons learned 4

One conclusion:

- Society must guarantee a certain minimum protection level but in the end it is the individual who decides what protection he/she wants
- Therefore, authorities are responsible for both the societal protection level and for providing the individual with adequate information for making his/her own assessments.



# SSI financed research

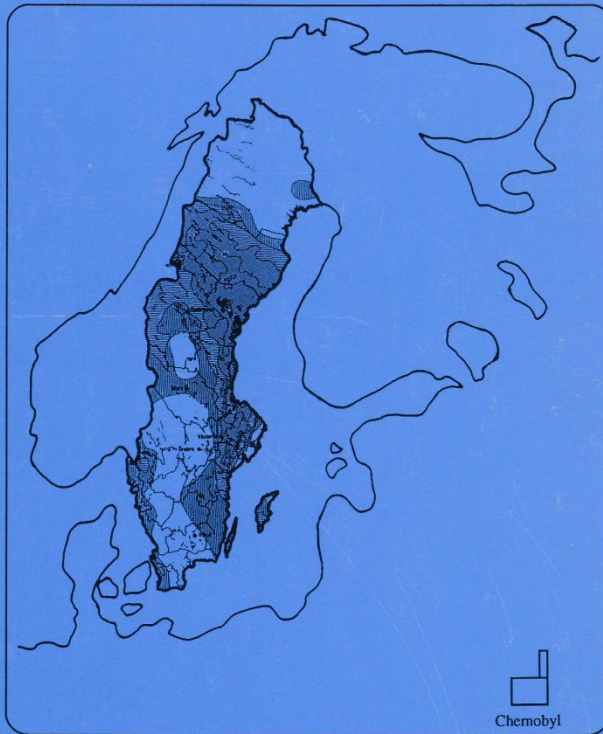
- Characterization of the fallout
- Aquatic radioecology
- Terrestrial radioecology
- Radiation doses
- Chernobyl in perspective

15 doctor's dissertations

(Published 1991, 31 articles, 633 pages) <sup>48</sup>

## THE CHERNOBYL FALLOUT IN SWEDEN

Results from a research programme on environmental radiology



Edited by L Moberg

The Swedish Radiation Protection Institute

# If a next time – will we have ...

- the variety and quality of measurement resources needed and the people to handle them and to interpret the results?
- the radiation protection experts including scientist needed at various positions in society?
- the communication channels, material prepared, flexibility to adjust and all the people needed to inform/communicate?
- the resources for remediation and for supporting individuals to improve their situation?
- a well functioning cooperation between all parties involved?

and perhaps more difficult:

- Are we prepared for the unexpected?
- How do we communicate radiation risks?
- Which preparations and costs are reasonable taking probability for a major nuclear event into account?