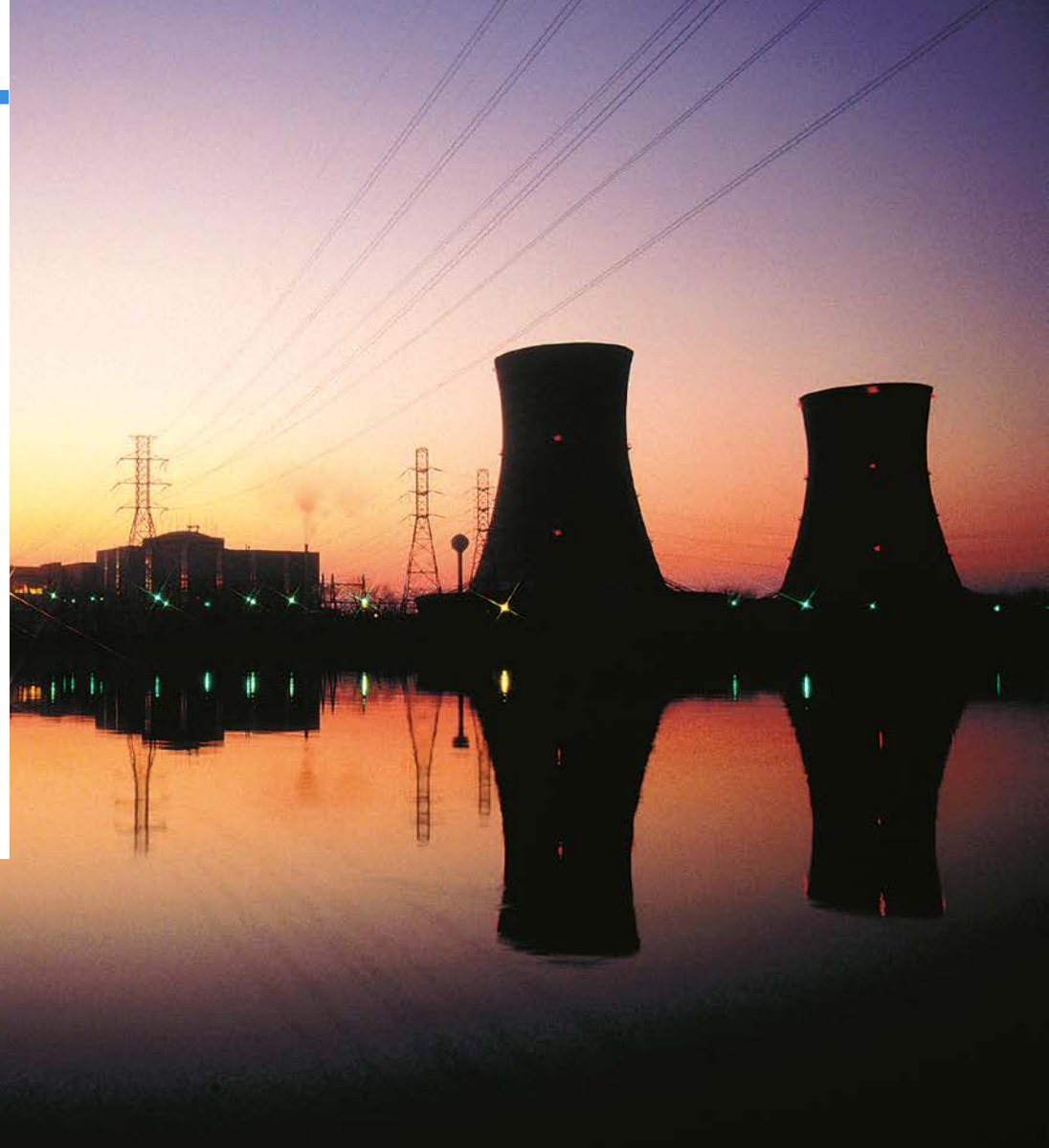


# **RASTEP – Nuläge samt sammanfattning av erfarenheter från Horizon 2020-projektet FASTNET**

**Anders Riber Marklund - LR**

Nationella strålsäkerhetsdagarna 2019  
6-7 November, Stockholm



# Kontext

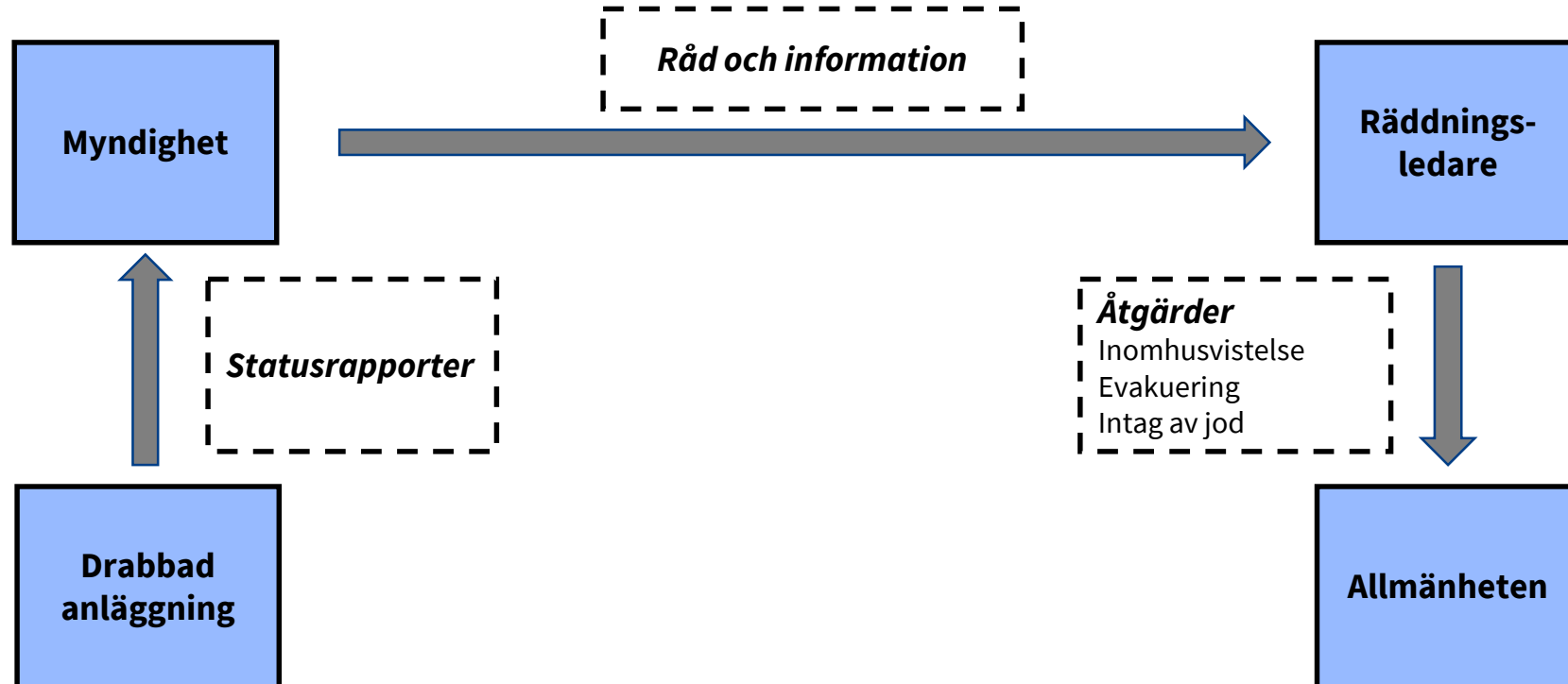
---

## Beredskap och insatser för skydd av allmänheten vid svåra haverier



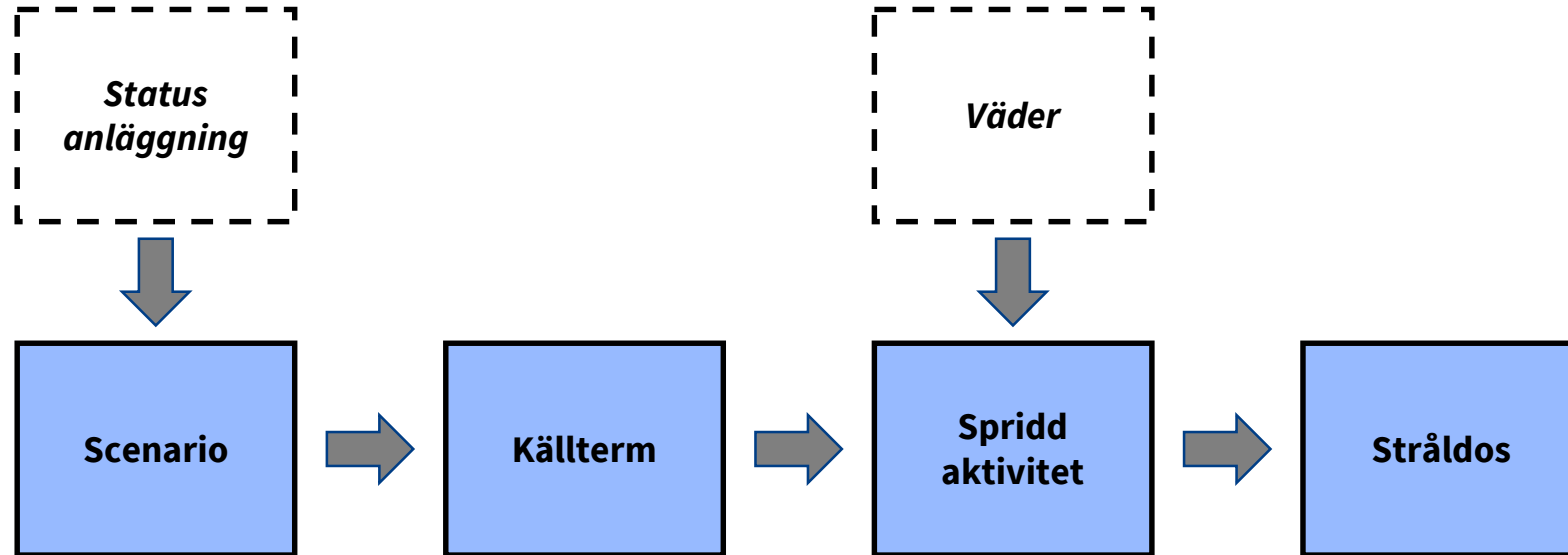
*För att i tid ta rimliga beslut om åtgärder offsite krävs prediktion av kommande konsekvenser under pågående händelse.*

# Kontext

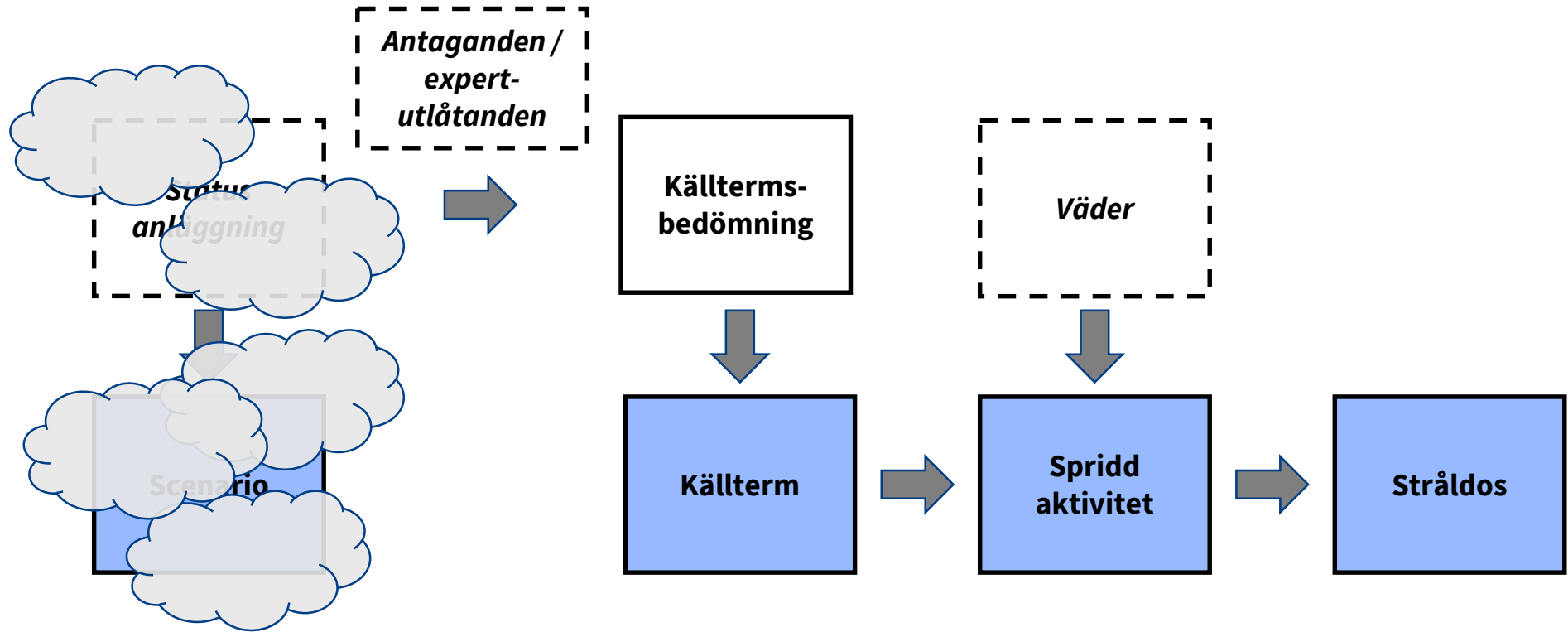


# Underlag för råd och information - Idealfallet

---



# Underlag för råd och information - Verkligheten



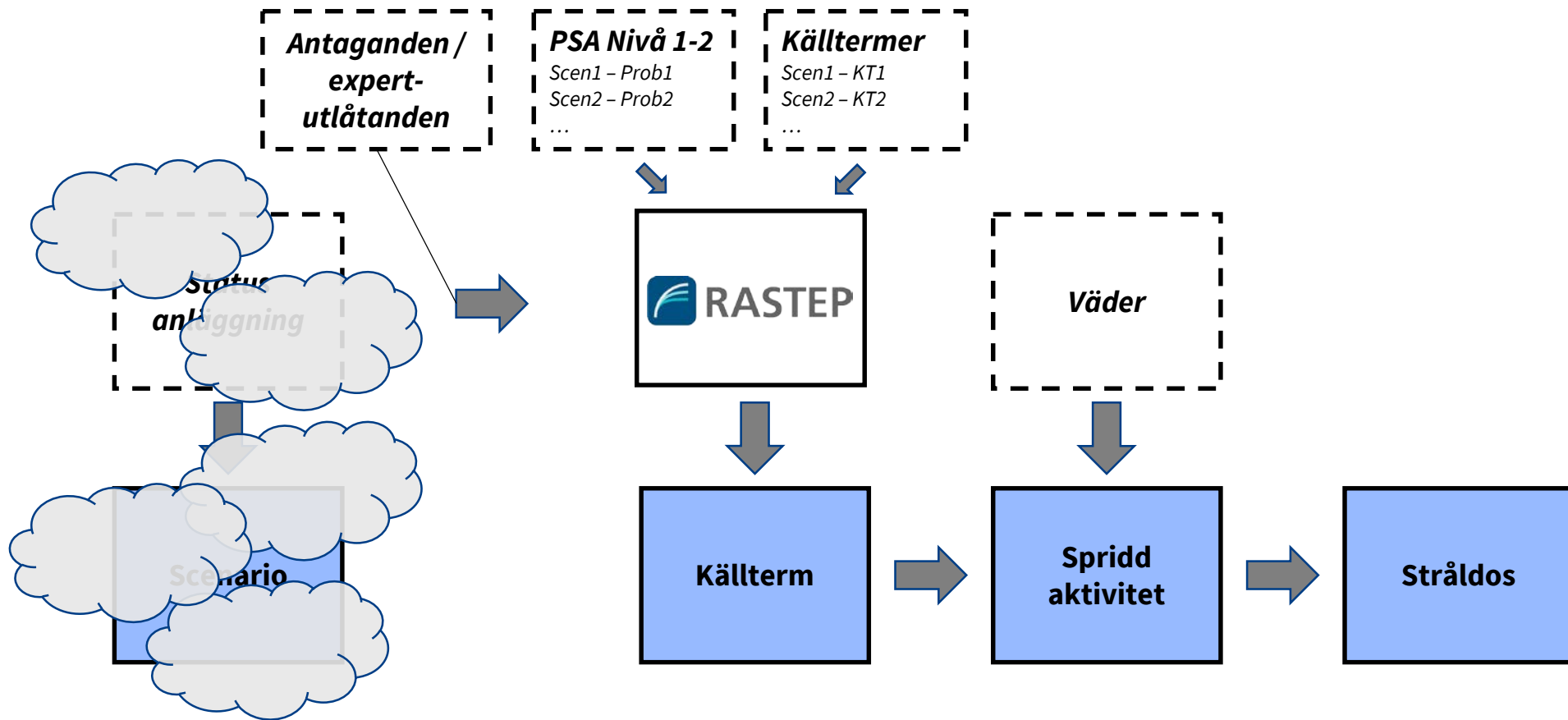
# Underlag för råd och information



Tidpunkter och mängder för radioaktiva utsläpp (*källtermen*) är av stor vikt. Denna kan bedömas utifrån tre principiellt skilda metoder:

- **Deterministisk – realtid**  
Simulera det pågående scenariot för att beräkna källtermen.
- **Deterministisk – förberäknad**  
Använd förberäknade scenarier med tillhörande källtermer. Välj det som passar bäst baserat på tillgänglig information.
- **Probabilistisk – förberäknad**  
Använd förberäknade scenarier med tillhörande källtermer. Välj det som passar bäst baserat på tillgänglig information med stöd av sannolikhetsdata.

# Underlag för råd och information – RASTEP-metodiken



# RASTEP-metodiken

---

## RApid Source TErm Prediction



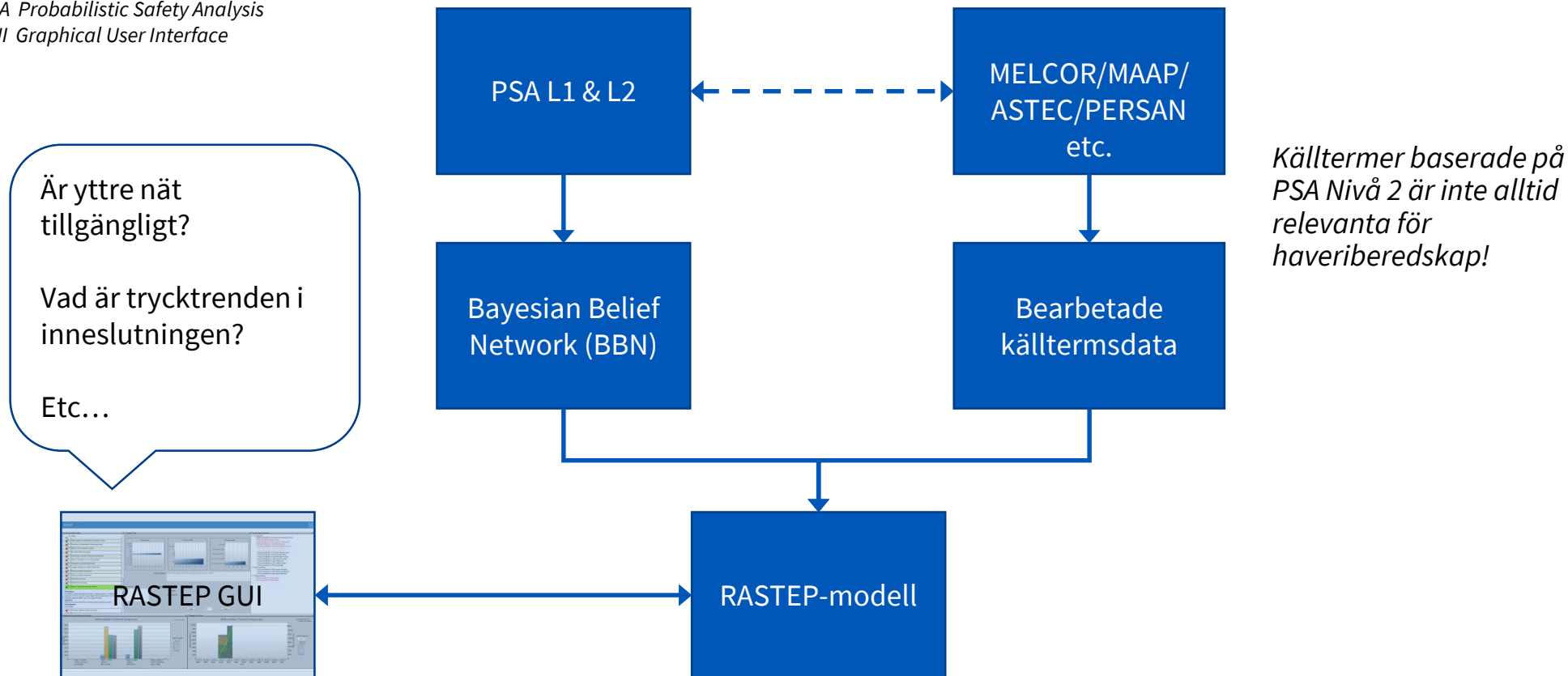
- Utvecklingen av RASTEP påbörjades 2009 som ett samarbete mellan SSM och LR.
- Stärker beredskapsorganisationers möjlighet att göra oberoende källtermsuppskattningar, särskilt vid situationer med bristande information.
- Ett enkelt användargränssnitt ställer frågor om observationer av anläggningens status
- Källtermsuppskattning**ar** ges med tillhörande sannolikheter**er**

# RASTEP-metodiken

## Förkortningar

PSA Probabilistic Safety Analysis

GUI Graphical User Interface



# RASTEP-metodiken

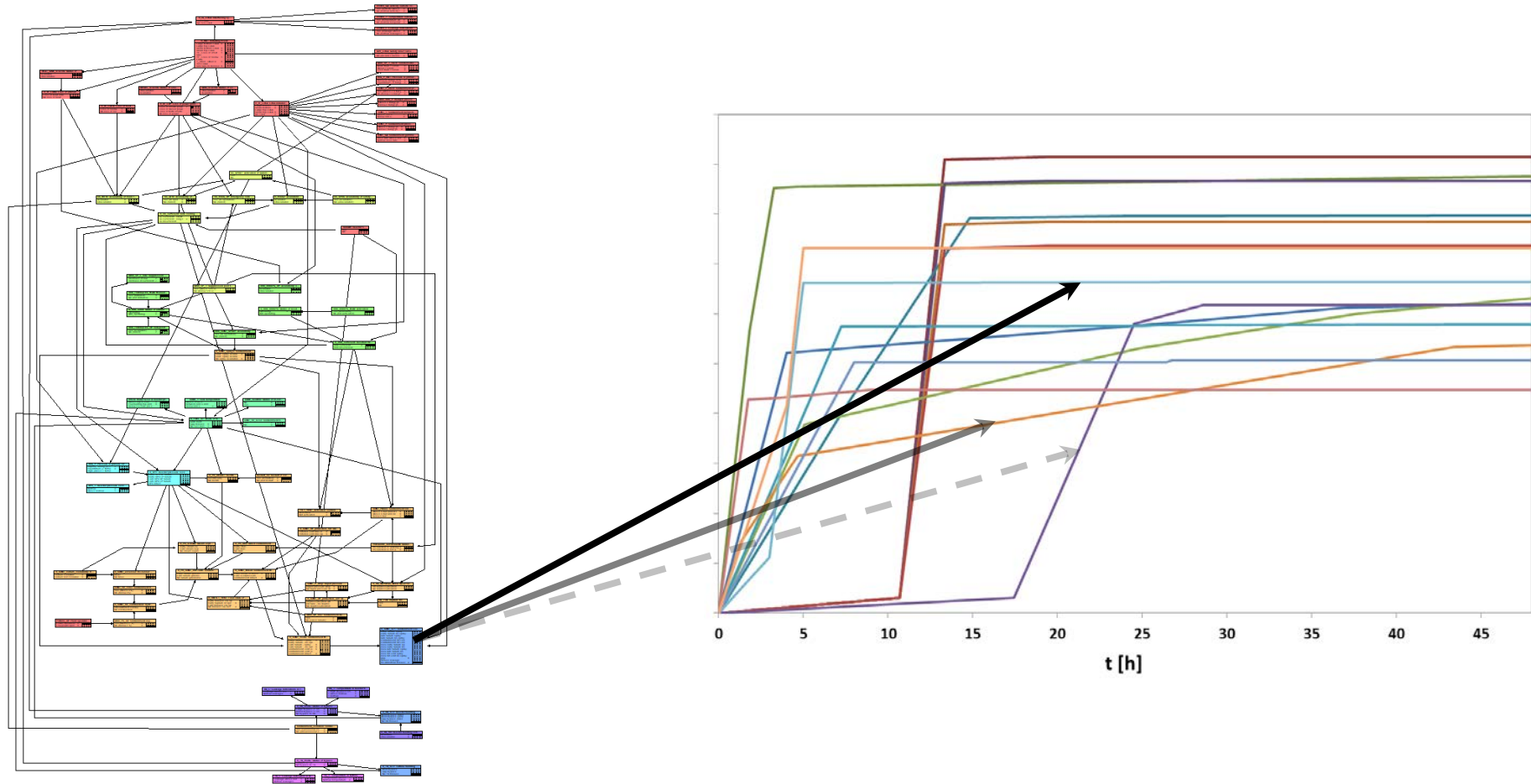
---

Med hjälp av Bayes sats kan a priori-sannolikheten för ett tillstånd uppdateras givet ytterligare bevisning/observationer:

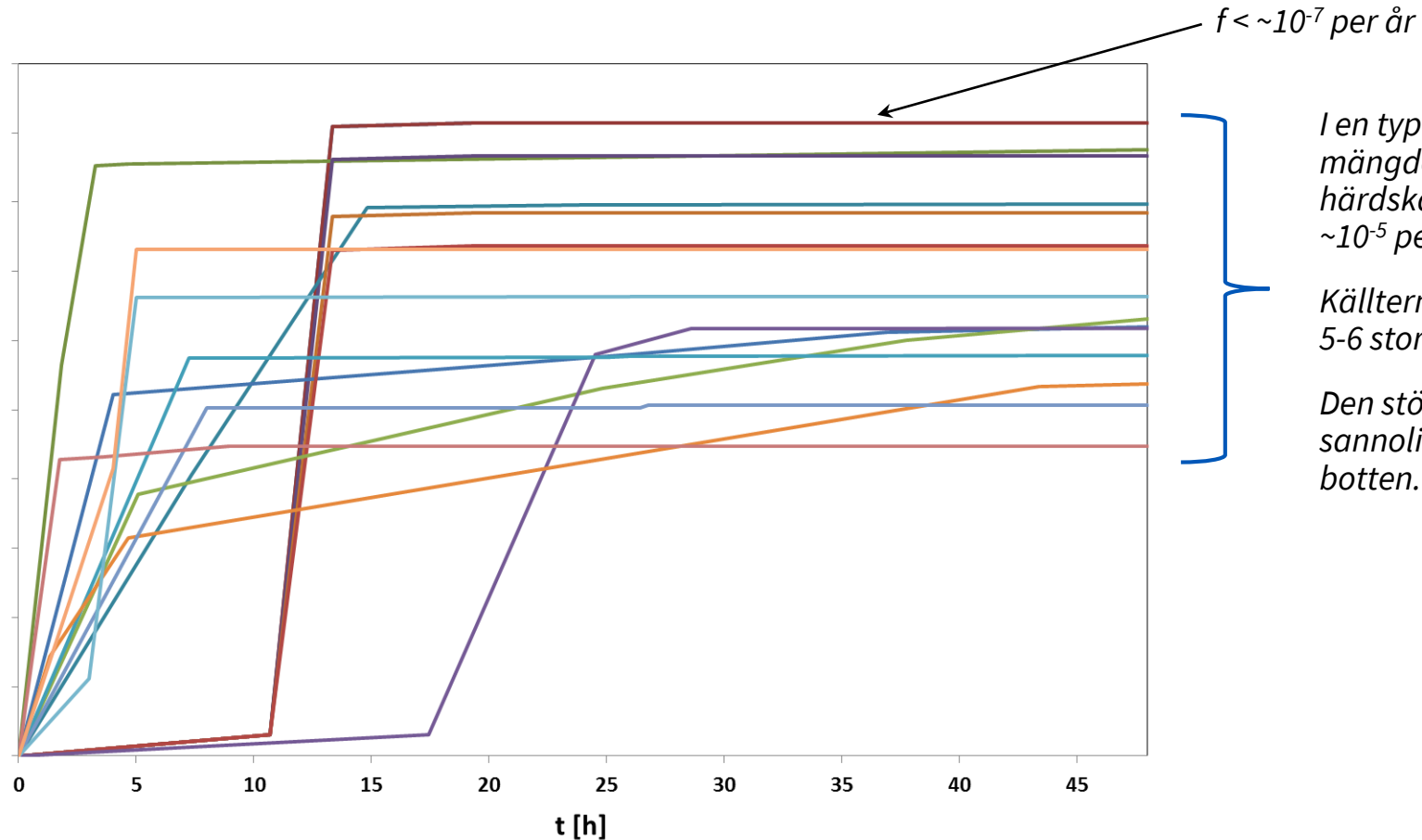
$$P(\text{Tillstånd}|\text{Observation}) = \frac{P(\text{Observation}|\text{Tillstånd}) \cdot P(\text{Tillstånd})}{P(\text{Observation})}$$

Utifrån ovanstående kan ett nätverk av a-priori-sannolikheter, observationer, logiska relationer och slutsatser skapas.

# RASTEP-metodiken



# RASTEP-metodiken



*I en typisk PSA representerar mängden av scenarier med härdskada en frekvens på  $\sim 10^{-5}$  per år.*

*Källtermerna kan spänna över 5-6 storleksordningar.*

*Den största sannolikhetsmassan ligger i botten.*

# FASTNET (Fast Nuclear Emergency Tools)



Med stöd från Europeiska unionens  
program Horisont 2020

## Ett projekt inom EU:s ramverk för forskning och innovation, Horizon 2020

- Det övergripande målet med FASTNET har varit att utveckla och harmonisera metoder för nukleär haveriberedskap inom EU.
- Deltagande organisationer har varit myndigheter och tekniska supportorganisationer från EU samt Norge, Kanada och Ryssland.
- RASTEP (LR) och PERSAN (IRSN) valdes ut för att representera de två angreppssätten “Probabilistisk – Förberäknad” respektive “Deterministisk – Realtid”.
- Fem arbetspaket
  - WP1 – Framtagande av en databas över deterministiskt förberäknade scenarios med källtermer.
  - WP2 – Anpassning av modeller för RASTEP och PERSAN för de anläggningstyper som finns inom EU.
  - WP3 – Anpassning av metodik för RASTEP och PERSAN.
  - WP4 – Övningar
  - WP5 – Informationsspridning



# FASTNET – Övningar med RASTEP



Med stöd från Europeiska unionens  
program Horisont 2020

## Resultat från FASTNET WP4 övning 1

18 deltagare med varierande erfarenhet av svåra haverier och RASTEP  
Övningen innefattade endast källtermsbedömning

### PWR

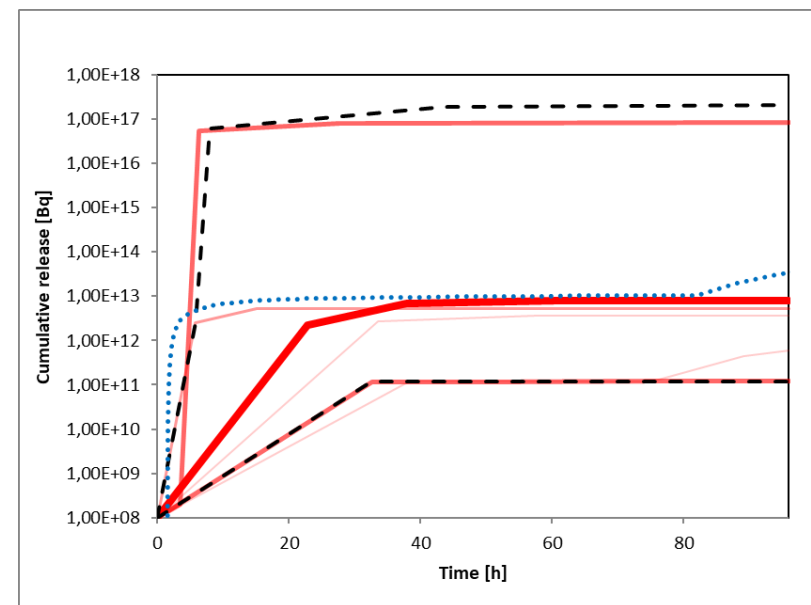
Scenario: LOCA med felande [spädmattning och  
inneslutningssprinkling]

Utsläppskategori: Filtrerat utsläpp

Erhållna svar: 15

Representativt scenario: 50-60 % av svaren

Korrekt scenario: 33 % av svaren



# FASTNET – Övningar med RASTEP



Med stöd från Europeiska unionens  
program Horisont 2020

## Resultat från FASTNET WP4 övning 1

18 deltagare med varierande erfarenhet av svåra haverier och RASTEP  
Övningen innefattade endast källtermsbedömning

### BWR

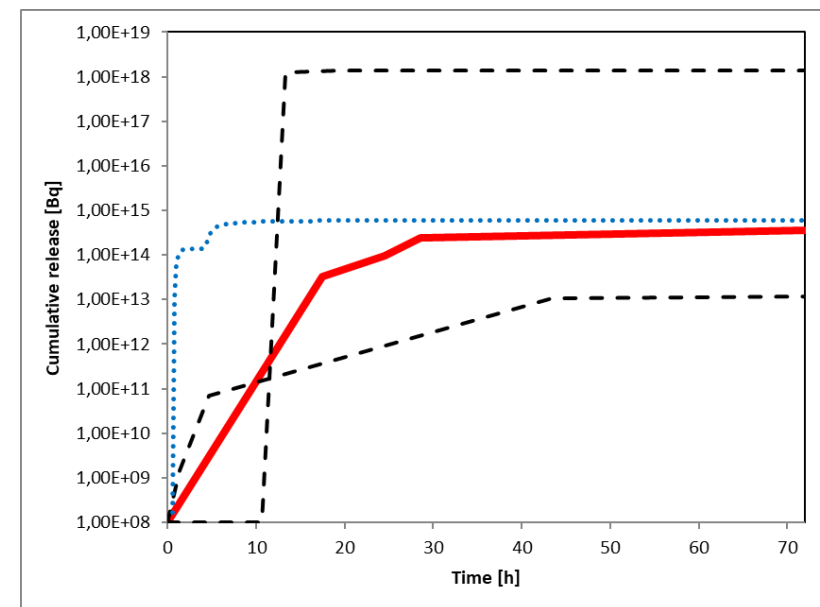
Scenario: LOCA med felande [spädmattning och  
inneslutningssprinkling]

Utsläppskategori: Filtrerat utsläpp

Erhållna svar: 14

Representativt scenario: 100 % av svaren

Korrekt scenario: 85 % av svaren



## Resultat från FASTNET WP4 övning 2

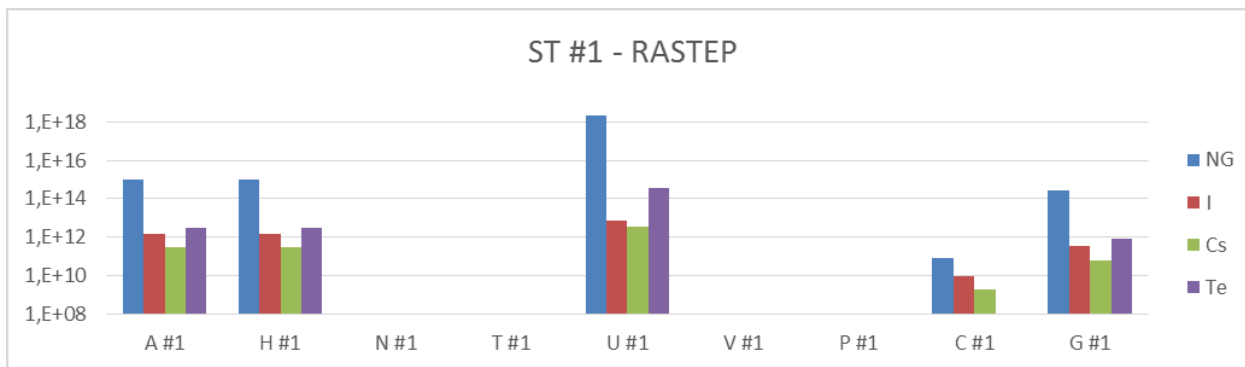
11 organisationer med varierande erfarenhet av svåra haverier och RASTEP

Övningen innefattade även spridnings- och dosberäkning.

### PWR (Gravelines, FR)

Händelse: Brand följt av LOCA med felande spädmatning och inneslutningssprinkling

Utsläppskategori: Initialt diffust läckage, därefter filtrerat utsläpp och eventuellt genomsmältning av bottenplattan.



## Resultat från FASTNET WP4 övning 2

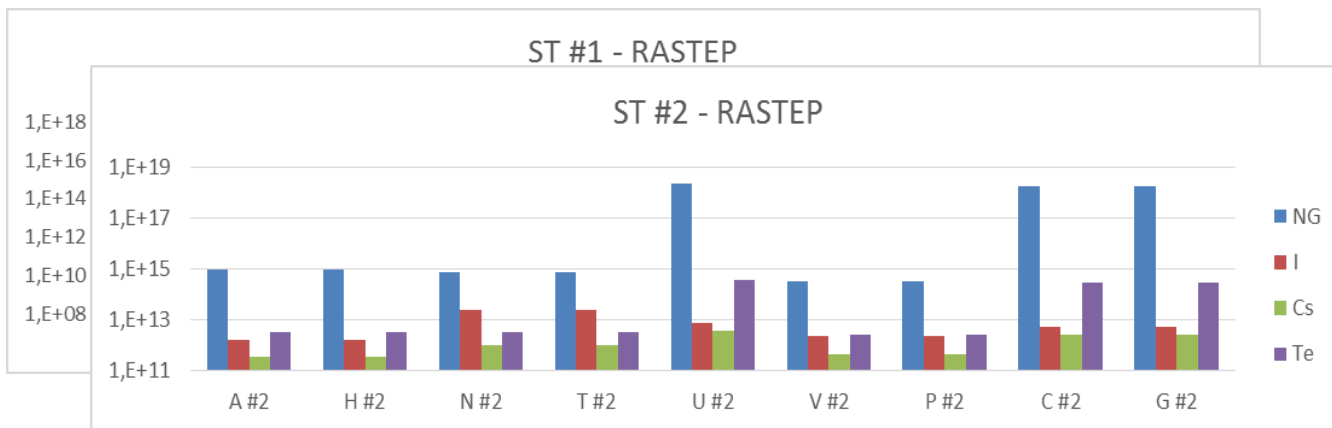
11 organisationer med varierande erfarenhet av svåra haverier och RASTEP

Övningen innefattade även spridnings- och dosberäkning.

### PWR (Gravelines, FR)

Händelse: Brand följt av LOCA med felande spädmatning och inneslutningssprinkling

Utsläppskategori: Initialt diffust läckage, därefter filtrerat utsläpp och eventuellt genomsmältning av bottenplattan.



## Resultat från FASTNET WP4 övning 2

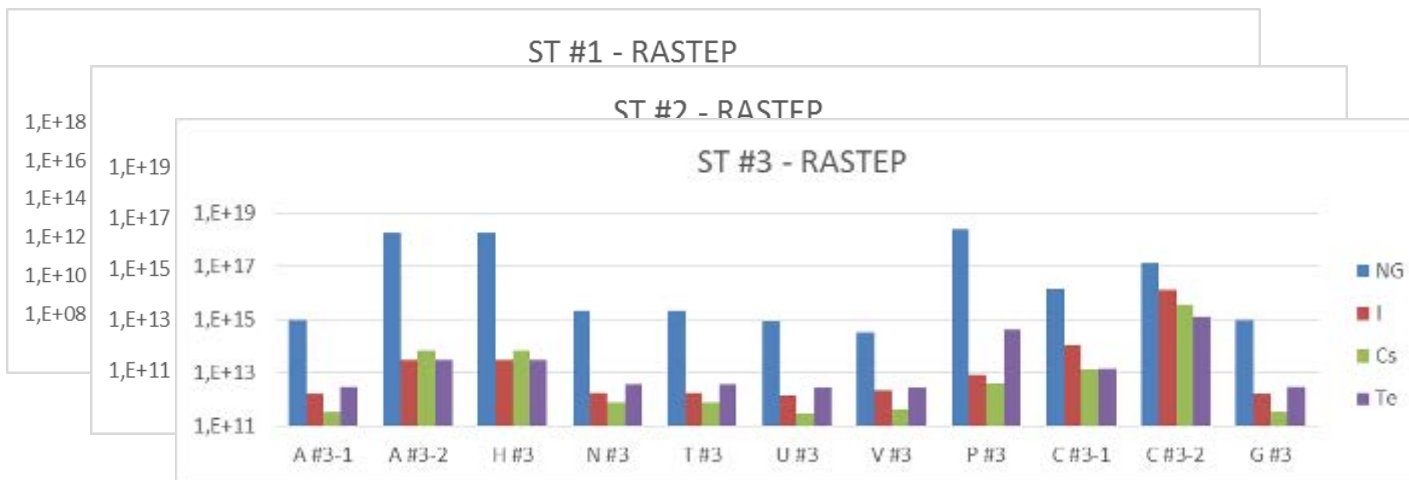
11 organisationer med varierande erfarenhet av svåra haverier och RASTEP

Övningen innefattade även spridnings- och dosberäkning.

### PWR (Gravelines, FR)

Händelse: Brand följt av LOCA med felande spädmatning och inneslutningssprinkling

Utsläppskategori: Initialt diffust läckage, därefter filtrerat utsläpp och eventuellt genomsmältning av bottenplattan.



## Lärdomar / Utvärdering

- Eftersom RASTEP-modeller kräver förberäknade fall var de generiska RASTEP-modellerna som utvecklades i WP2 beroende av bidrag från projektpartners, d.v.s. källtermsdatabasen i WP1.
- Generellt är det dock stor skillnad i “täckningsgrad” av rummet av möjliga konsekvenser i olika projektpartners databasbidrag.
- LOCA och SBO är inte särskilt sannolika enligt PSA men är överrepresenterade i WP1-databasen.
- Insatser relaterade till robusthet / validering gavs litet eller inget utrymme i WP3.
- Osäkerheter i källtermsbedömning behandlades kortfattat eller inte alls.

**Möjligtvis finns kulturskillnader i synen på i vilka sammanhang mest sannolika respektive *värsta* konsekvens skall användas?**

# En jämförelse

## Inträffade händelser i större reaktoranläggningar

| Händelse           | INES | Driftläge                 | Inledande händelsetyp     |
|--------------------|------|---------------------------|---------------------------|
| Chernobyl          | 7    | Effektdrift (Prov)        | Inre (Operatörsingrepp)   |
| Fukushima          | 7    | Effektdrift / avställning | Yttre (SBO & LUHS)        |
| Windscale          | 5    | Effektdrift               | Inre (Brand i härden)     |
| Three Mile Island  | 5    | Effektdrift               | Inre (PRZ LOCA)           |
| Chalk River (NRX)  | 5    | Effektdrift (Prov)        | Inre (Operatörsingrepp)   |
| SL-1               | 4    | Avställning               | Inre (Operatörsingrepp)   |
| Saint Laurent      | 4    | Effektdrift               | Inre (Blockerad kylkanal) |
| Jaslovské Bohunice | 4    | Effektdrift (Bränslebyte) | Inre (Operatörsingrepp)   |
| Vandellos          | 3    | Effektdrift               | Rum (Brand)               |
| Blayais            | 2    | Effektdrift / avställning | Yttre (Översvämning)      |
| Forsmark           | 2    | Effektdrift               | Inre (Operatörsingrepp)   |
| Gundremmingen      | 2    | Effektdrift               | Yttre (Väder)             |
| Hunterson          | 2    | Effektdrift               | Yttre (Väder)             |
| Shika              | 2    | Avställning (Prov)        | Inre (Operatörsingrepp)   |

Härdskada

*Urval och IH-klassificeringar delvis mina egna.*

## Lärdomar / Utvärdering

- Till RASTEP-verktyget och tillhörande anläggningsmodeller har FASTNET bidragit med:
  - Relativt gott om utvecklingstid
  - Nyttig återkoppling från potentiella användare
  - I viss mån, en “tredjepartsgranskning” av modellerna
  - Funktionalitet för export av resultat på IAEAs IRIX-format
- Eftersom dagens RASTEP-modeller täcker in ett stort spann av möjliga scenarios, med relativt få förberäknade fall och frågor, får flera frågor (observationer i BBN) mycket stor inverkan på prediktionen. Detta gör att det är mycket viktigt att dessa frågor formuleras på ett lätt-tolkat sätt eller kan tolkas automatiskt från mätningar i anläggningen.
- Känslighetsstudier av BBN och formulering av frågor har därför identifierats som viktiga uppgifter under pågående fas i utvecklingen av SSM:s RASTEP-modeller.

## Lärdomar / Utvärdering

- “... att utveckla och harmonisera metoder för nukleär haveriberedskap inom EU ...”

- **Utveckla**



- **Harmonisera**



- **Validera**



- **Utvärdera**



# Nuvarande RASTEP-modellbibliotek



Med stöd från Europeiska unionens  
program Horisont 2020

| Typ                   | Anläggning                                                                                 |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PWR</b>            | Ringhals 3 & (4) (SSM)<br>Generisk PWR (FASTNET)                                           |
| <b>BWR</b>            | Oskarshamn 3 (SSM)<br>Forsmark 3 (SSM)<br>Forsmark (1) & 2 (SSM)<br>Generisk BWR (FASTNET) |
| <b>CANDU</b>          | Generisk single-unit CANDU6 (FASTNET) – Litet antal källtermer                             |
| <b>VVER</b>           | Generisk VVER 440-213 (FASTNET) – Litet antal källtermer                                   |
| <b>Bränslebassäng</b> | Generisk SFP (FASTNET) – Litet antal källtermer                                            |



# Tack!

---

Anders Riber Marklund, PhD  
Deterministic safety analysis & licensing  
Lloyd's Register Consulting – Energy AB

[anders.ribermarklund@lr.org](mailto:anders.ribermarklund@lr.org)

+46 70 230 41 14