

# Presentasjon av FoU-prosjekt

- *Beslutningsstøtte for vedlikehold og rehabilitering innen vannkraft*

Jørn Heggset, SINTEF Energiforskning AS (prosjektleder)

# Nøkkelopplysninger om prosjektet

## ■ Mål:

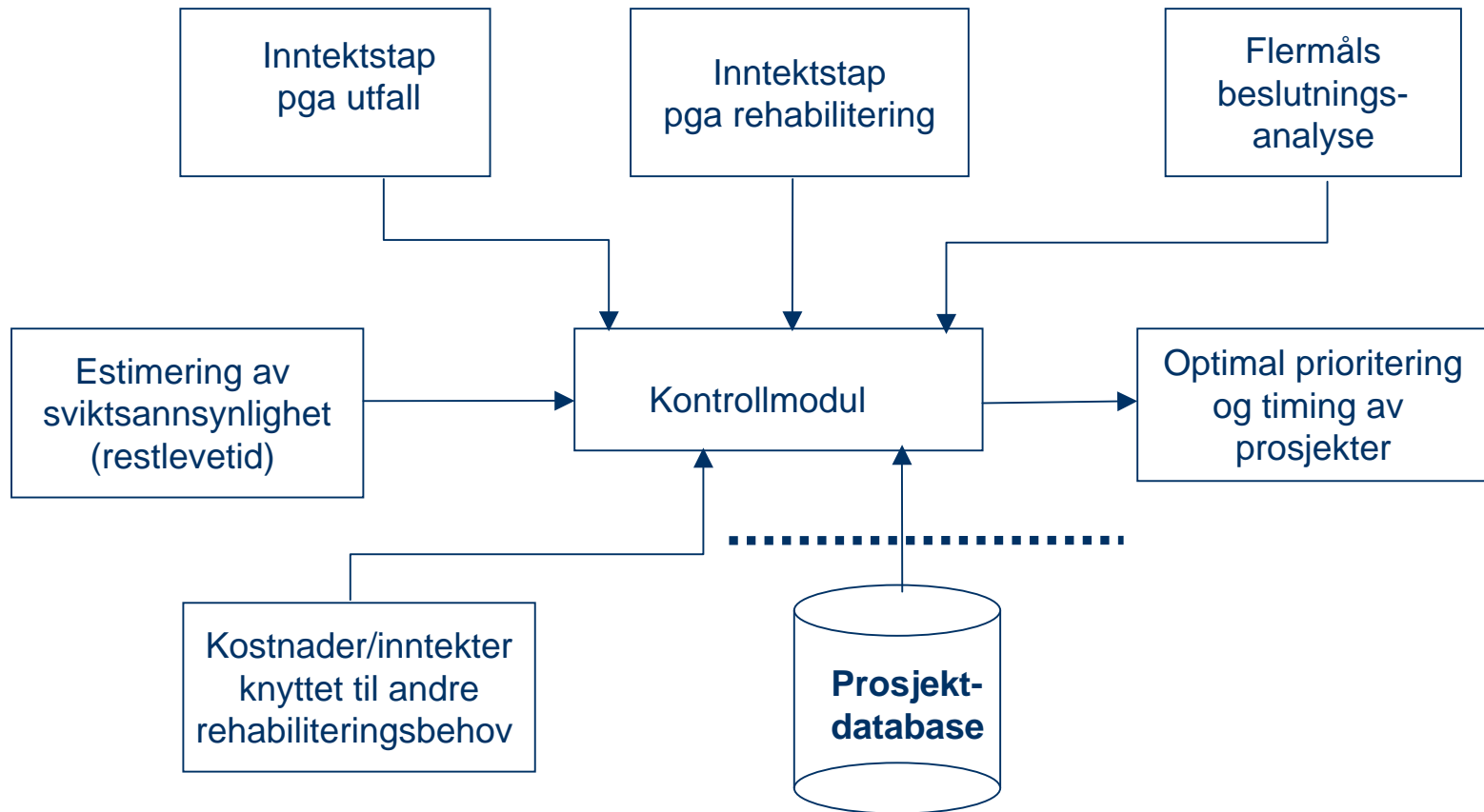
- Utarbeide analyseopplegg og beslutningsstøtteverktøy for prioritering av vedlikeholds- og rehabiliteringsprosjekter
- Formidle ny kompetanse i bransjen på dette området

## ■ Prosjektperiode: 2001-2005

## ■ Budsjett: 11 mill kr

## ■ Prosjektet utføres ved SINTEF Energiforskning i samarbeid med flere kraftselskap og EBL Kompetanse

# Modellkonsept



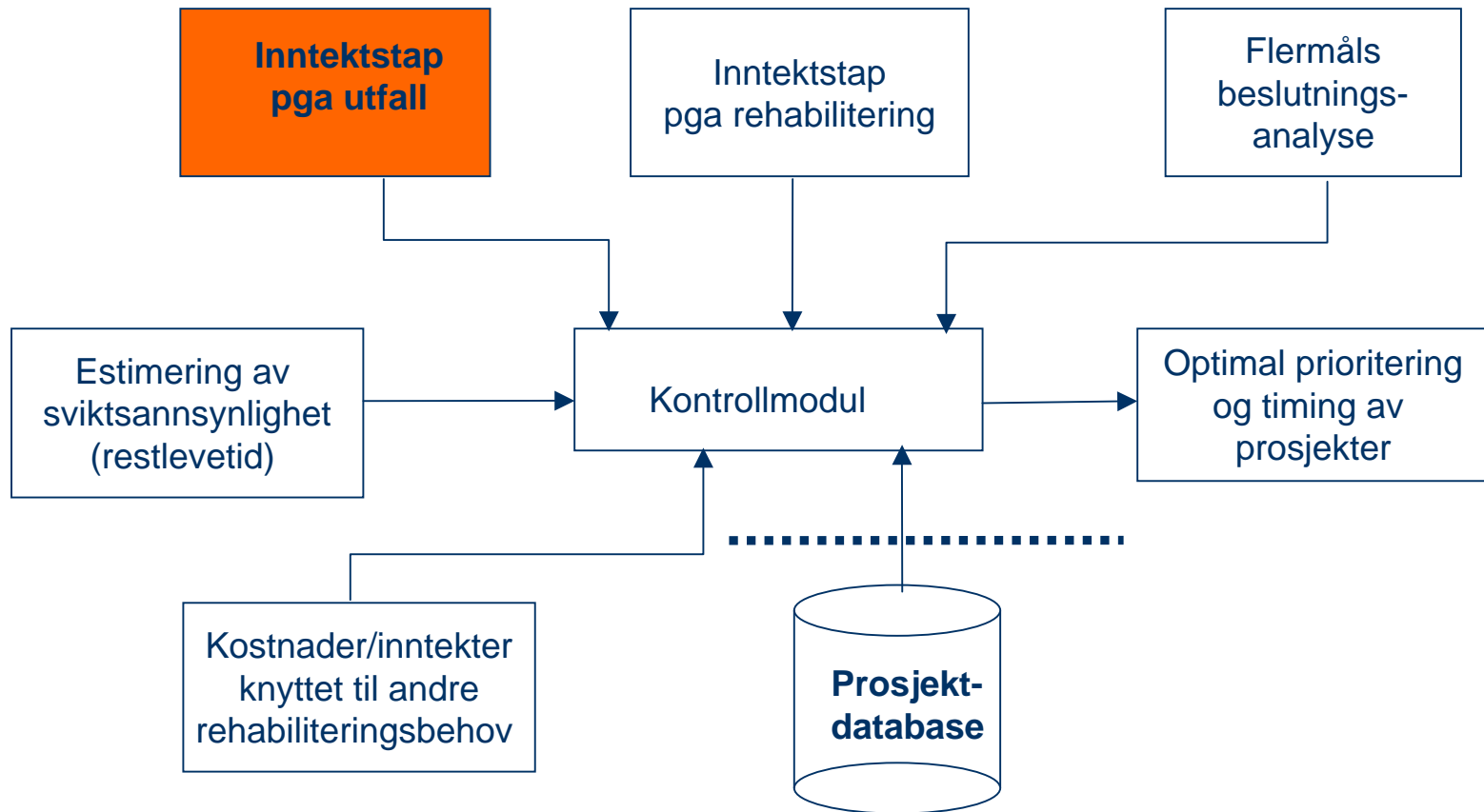
# Vansimtap

- Programsystem for optimalisering og simulering av vannkraftproduksjon
- Benyttes av de fleste produsenter i Norden
- Lang historie (20-30 år)
- Planleggingsperioden inntil 10 år frem i tid
- Tidsoppløsning uke eller prisavsnitt innenfor uken
- Usikkerhet i tilsig, markedspriser og eventuelt forbruk pga. temperatur

# Vansimtap, bruksområder

- Marginalverdi av lagret vann (vannverdi), produksjon første uke etc.
- Prognoser for produksjon, magasininnhold, flom etc for mulige pris- og tilsigsscenarioer
- Input til risikoanalyser, produksjonsprognoser
- Investeringsanalyser
- Revisjonsplanlegging
- Konsekvenser av utfall
- Byggestein for Samkjøringsmodellen
  - Prisprognosering
  - Investeringsanalyser, nye kabler, nye nett, gasskraft

# Modellkonsept



# Inntektstap pga utfall

- Vansimtap beregner tapte produksjonsinntekter pga utfall
- Forbedret beskrivelse av virkningsgradskurver ved utfall i stasjoner med flere aggregat
- Håndtering av utfall av pumper og pumpekraftverk
- Automatisering av beregninger
  - Uten utfall, flere utfallstidspunkt, forbedring av metodikk
- Dette er nå implementert i Vansimtap

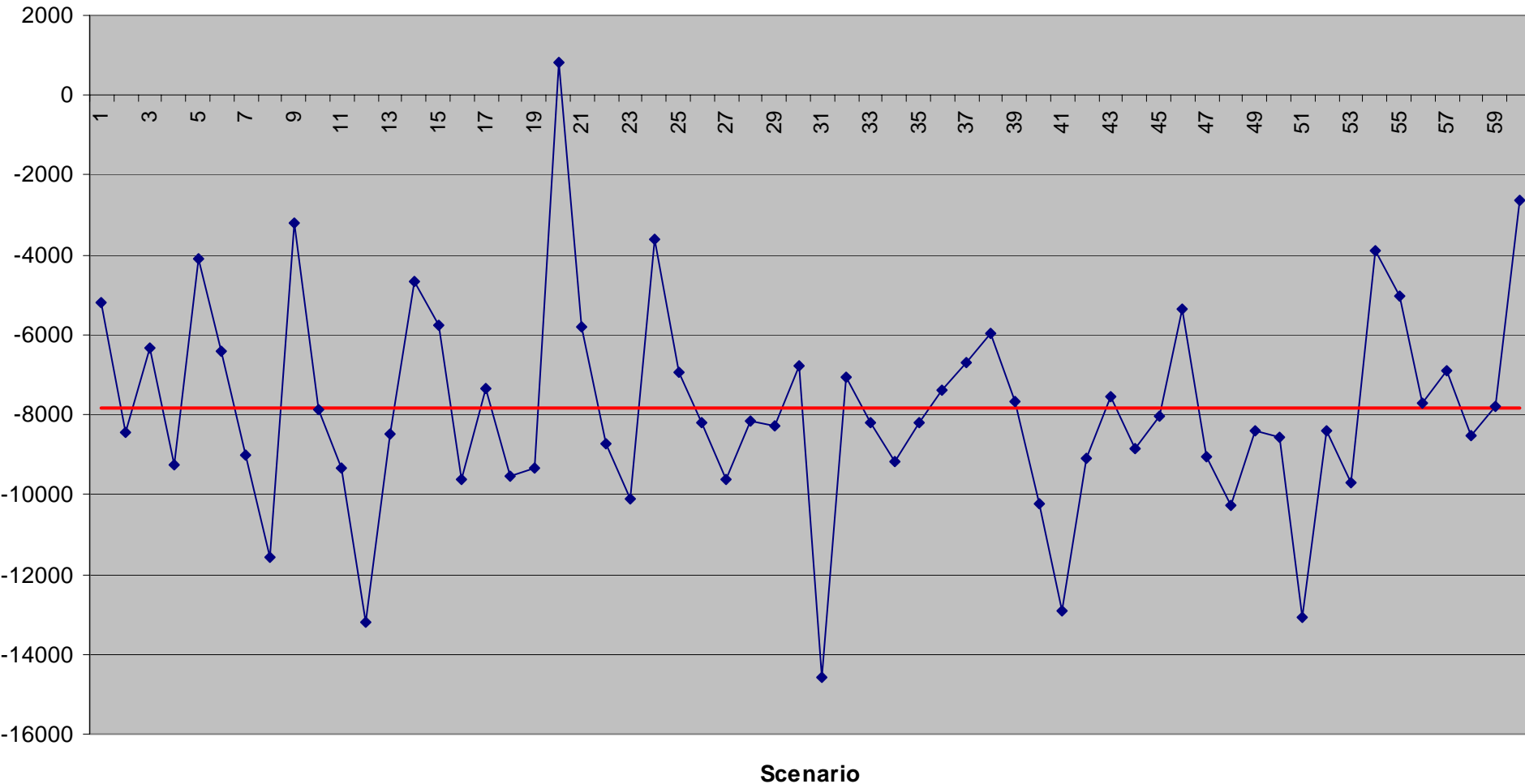
# Spesifikasjon av utfall

- Tidspunkt og varighet av utfall
- Antall MW ute
- Eventuelt:
  - Alternative utfallstidspunkter
  - Egen virkningsgradskurve ved utfall



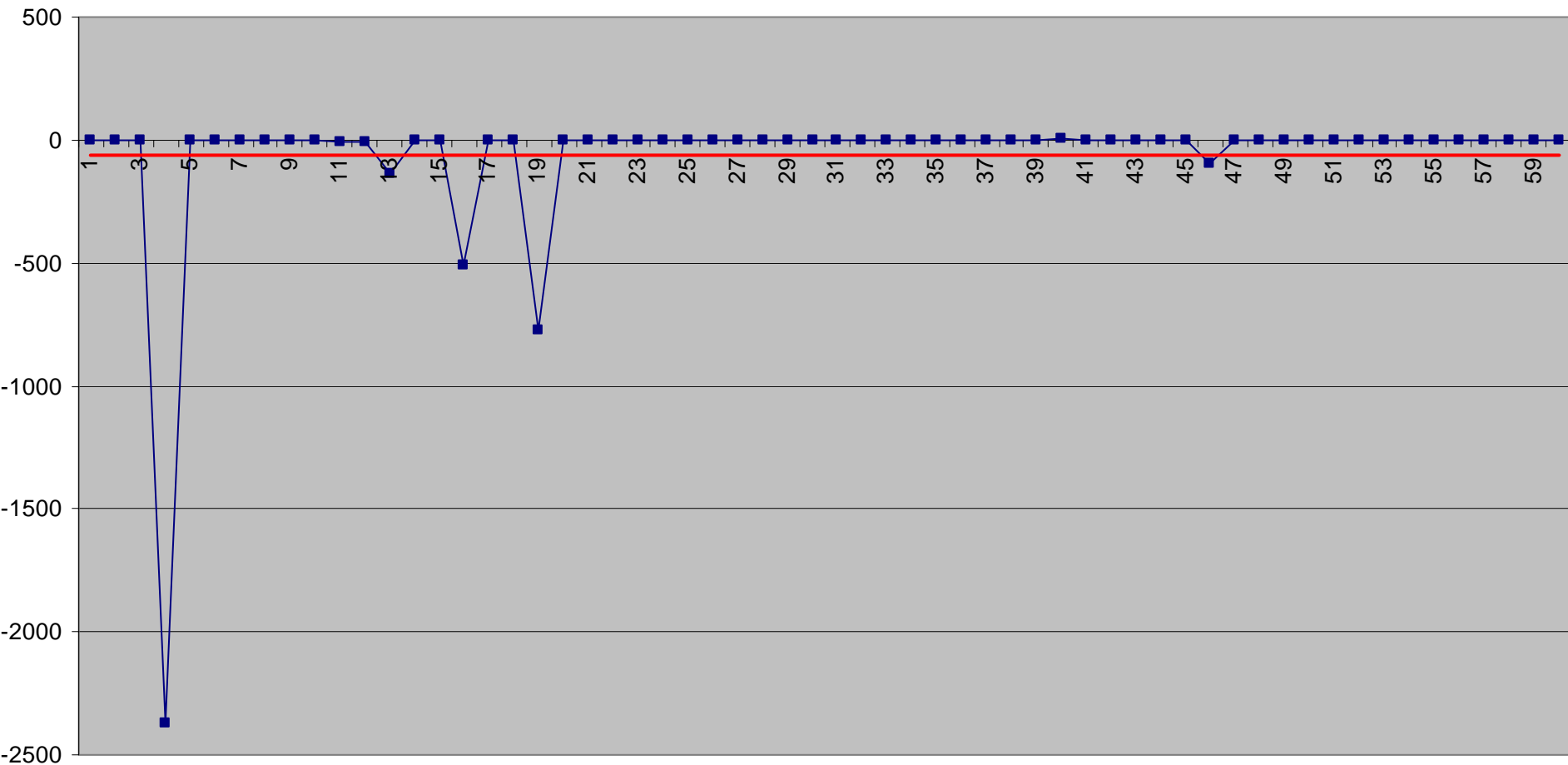
# Tapte produksjonsinntekter for hvert tilsigsår

Havari uke 6-14 (KR4)



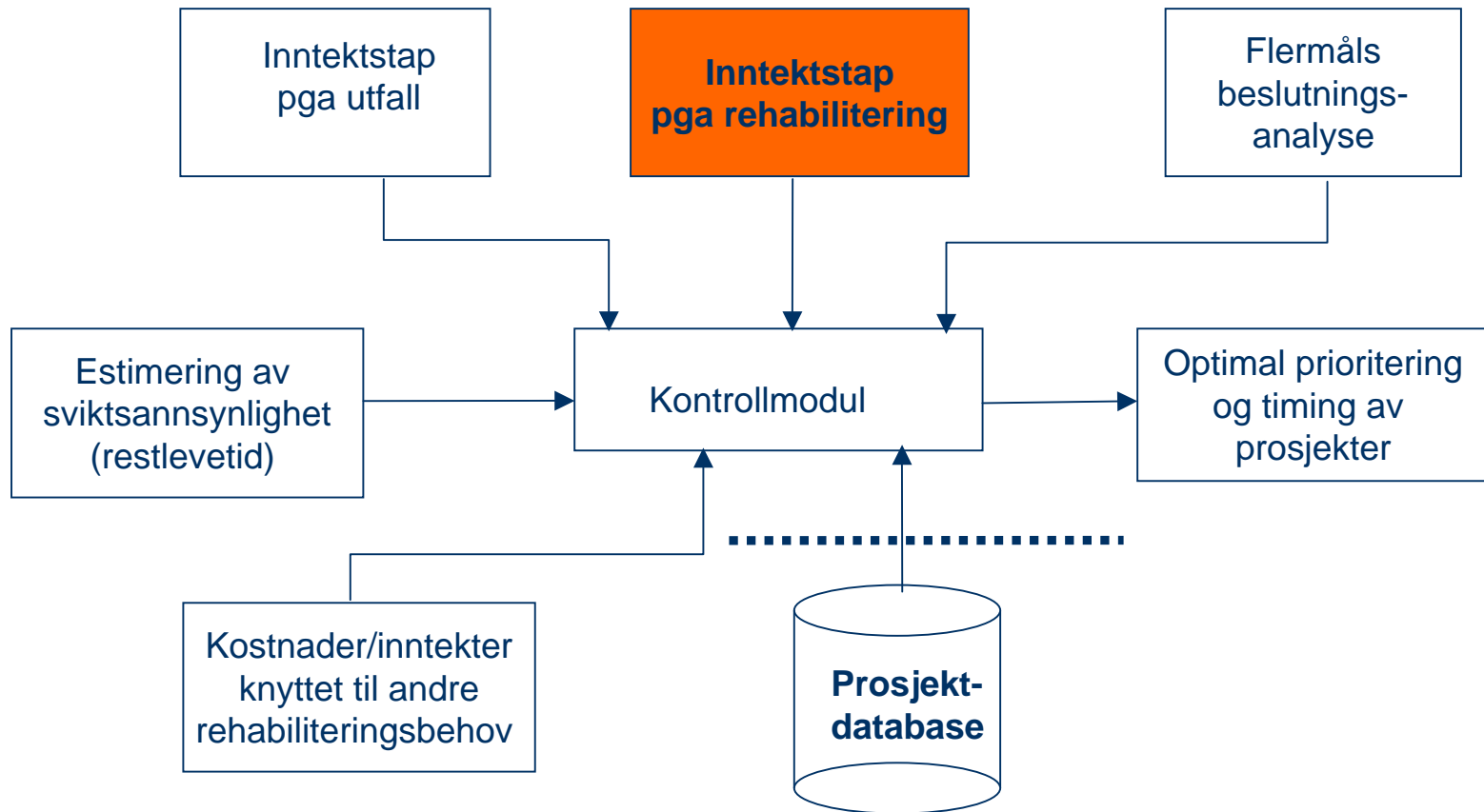
# Tapte produksjonsinntekter for hvert tilsigsår

Havari uke 21-29 (KR4)



Scenario

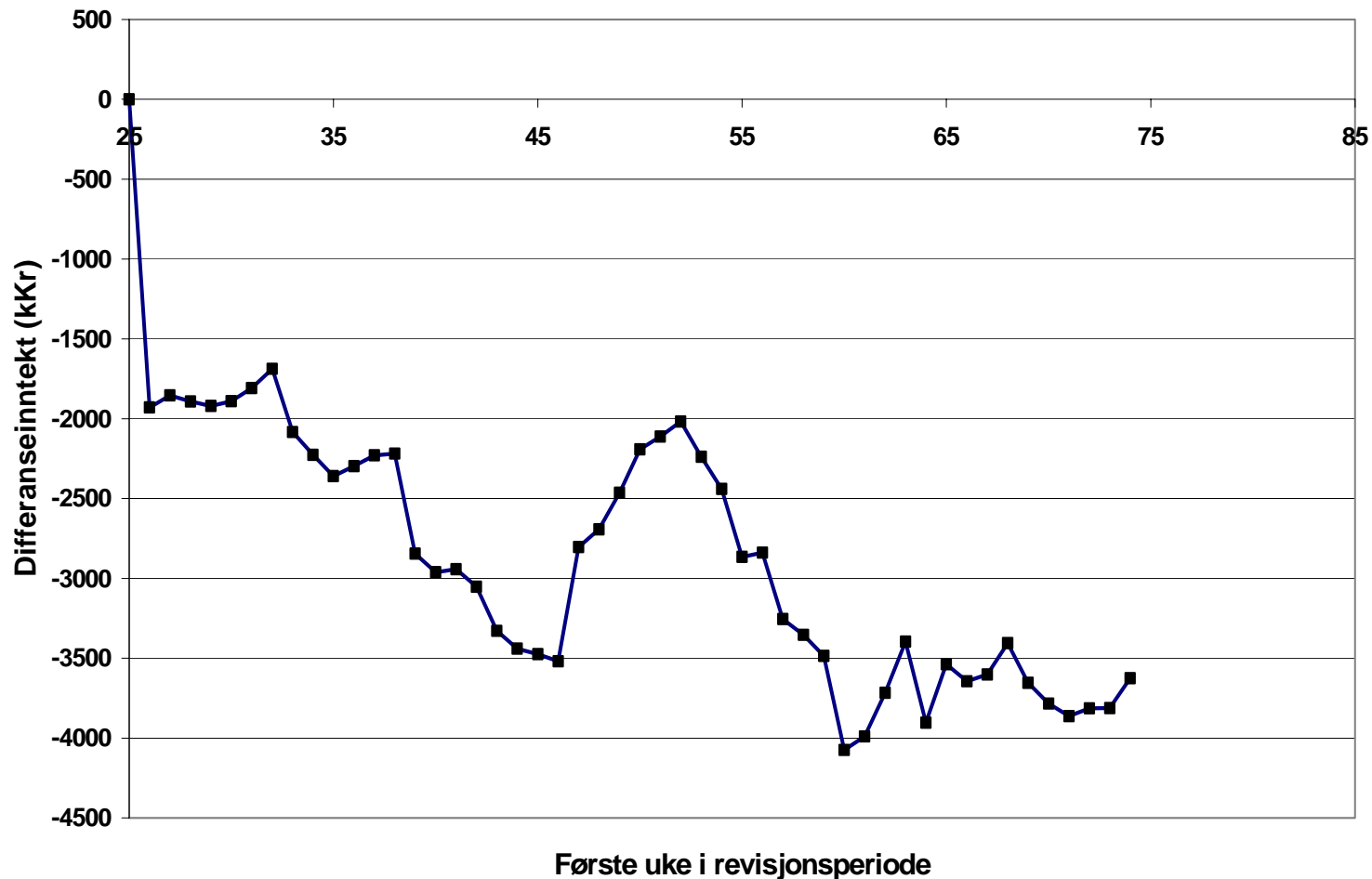
# Modellkonsept



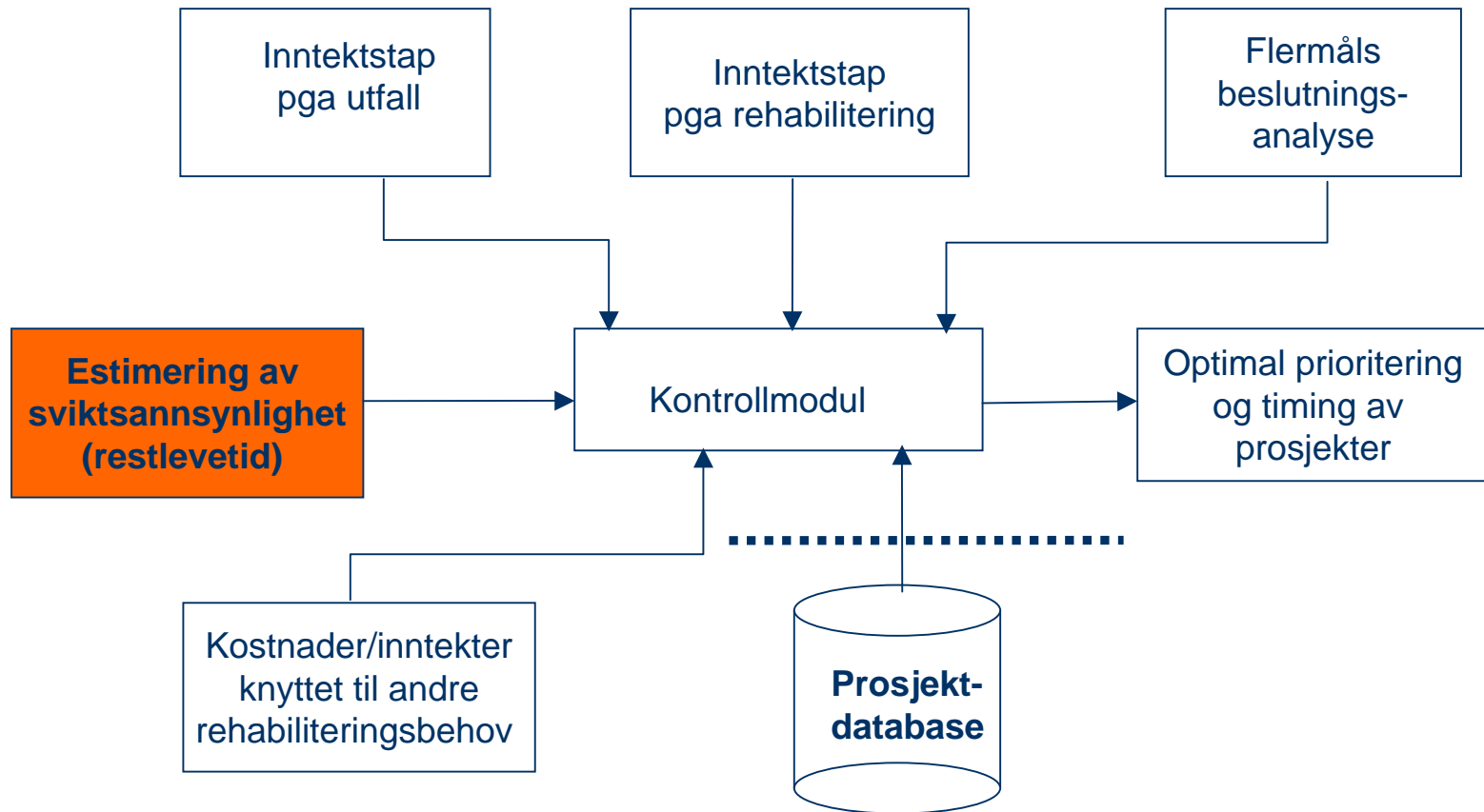
# Inntektstap pga rehabilitering

- Vansimtap beregner tapte produksjonsinntekter pga en rehabilitering
- Finner det tidspunktet som gir minst økonomisk tap for en rehabilitering av gitt lengde
- Utarbeider liste med kostnader for ulike tidspunkt
- Optimaliserer kjørestrategien for hvert rehabiliteringstidspunkt
- Tar utgangspunkt i en referansesimulering (uten rehabilitering)
- Presentasjon av økonomiske resultater
  
- Dette er nå implementert i Vansimtap

# Tapte inntekter for ulike rehabiliteringstidspunkt



# Modellkonsept



# Estimering av sviktsannsynlighet, restlevetid, m.m.

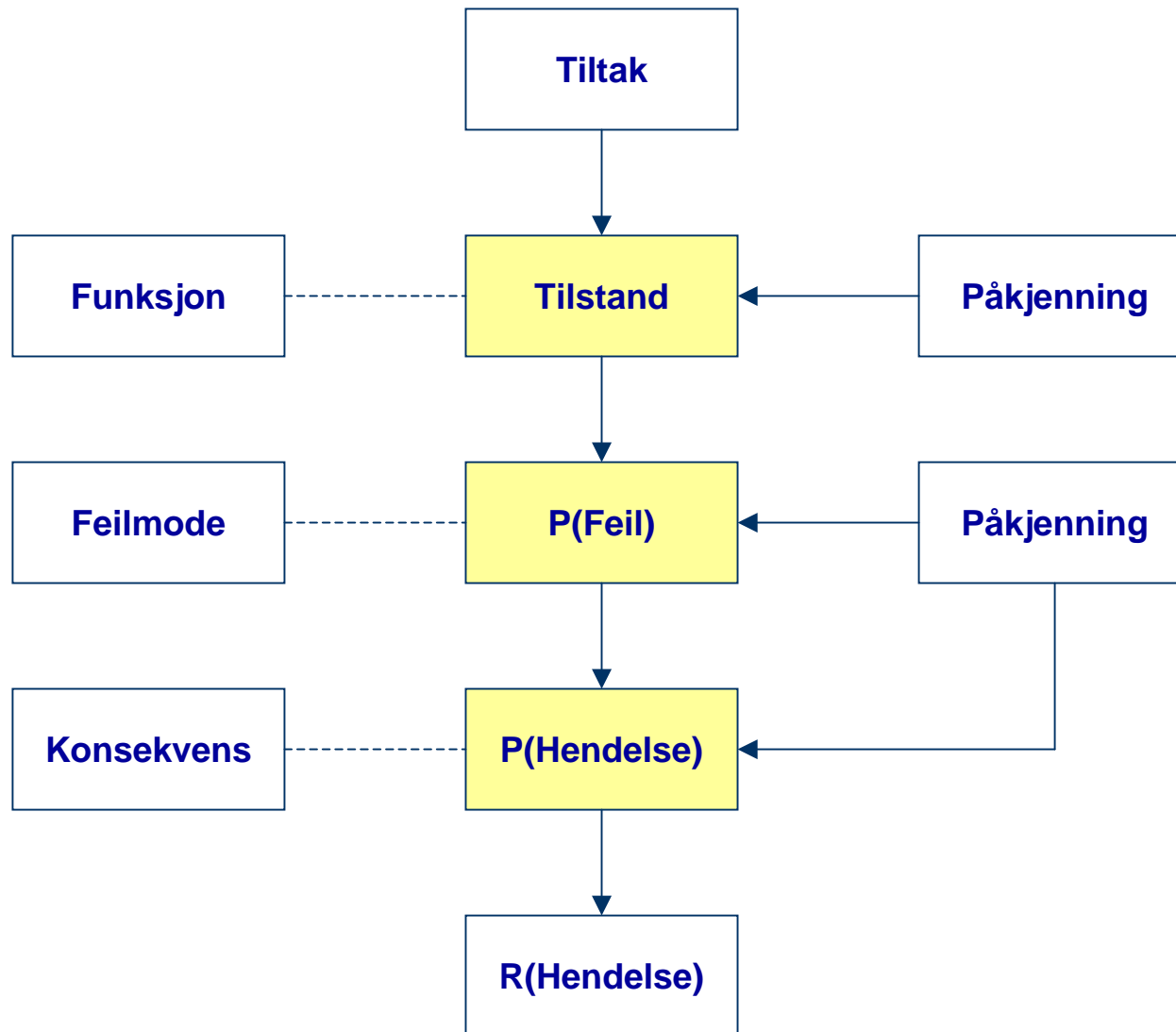
- Spesifikasjon av prosedyre/modell for estimering av sviktsannsynlighet m.m. (på kritiske enheter)
- Implementering av prosedyre/modell (PC-verktøy)
- Implementering av nasjonal driftsstatistikk
  - Gjennomføre pilotprosjekt med noen kraftselskap og leverandører av FDV-systemer med siktemål å teste ut både registrerings- og rapporteringssystem (mot en tenkt nasjonal database)
  - Bidra til at administrativ organisering og rollefordeling blir avklart

# Bruksområder

- Estimering av sannsynlighet for feil/havari med tanke på analyse av:
  - risiko
  - lønnsomhet av tiltak
  - optimalt tidspunkt for tiltak
- RCM-analyser
- Flermålsplanlegging (rangering mht risiko)



# Grunnleggende modell



# Spesifisere enkel prosedyre/modell

- Velge ut (viktige) enheter (anleggsdeler)
- Velge ut (viktige) feilmoder for valgte enheter
- Spesifisere (viktige) tilstandsparametre og påkjenninger for valgte feilmoder
- Innhente info om feilfrekvens for valgte enheter
- Spesifisere generell modell, samt konkrete modeller for valgte enheter
  - Feilforløp (profil)
  - Skalering (nivå)
  - Faktorer for vekting av påkjenninger, hendelser, o.l.
  - Faktorer for vekting av informasjon om målt/observert tilstand
  - etc.

# Normalkurve for en gitt type enhet/gruppe

## ■ Nivå (a)

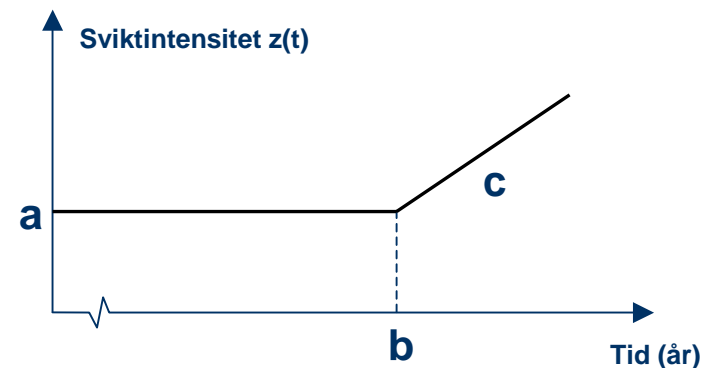
- Driftshistorikk (har dette skjedd, hvor ofte har det skjedd, sist det skjedde?)
- Feilstatistikk
- Tilfeldige feil?
- Feil som det er vanskelig å forbygge mot (inkl. vanskelig å observere)?

## ■ Stigningstidspunkt (b)

- Design/dimensjonerende levetid (ev. minus x %)
- Driftspåkjenninger/-miljø
- Vedlikeholdstiltak (anbefalt, minimum, etc.)

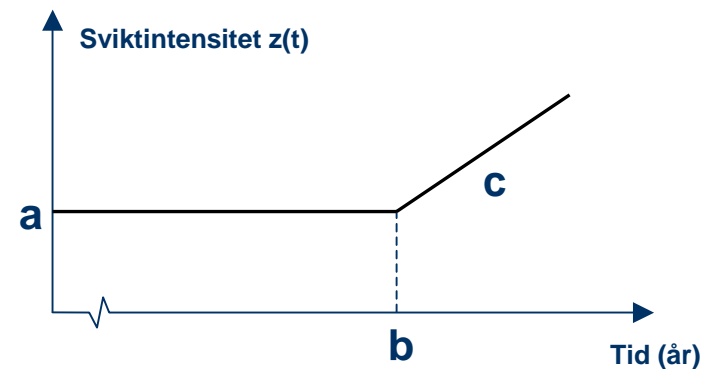
## ■ Stigning (c)

- Design
- Driftspåkjenninger/-miljø



# Plassere aktuell enhet langs tidsaksen

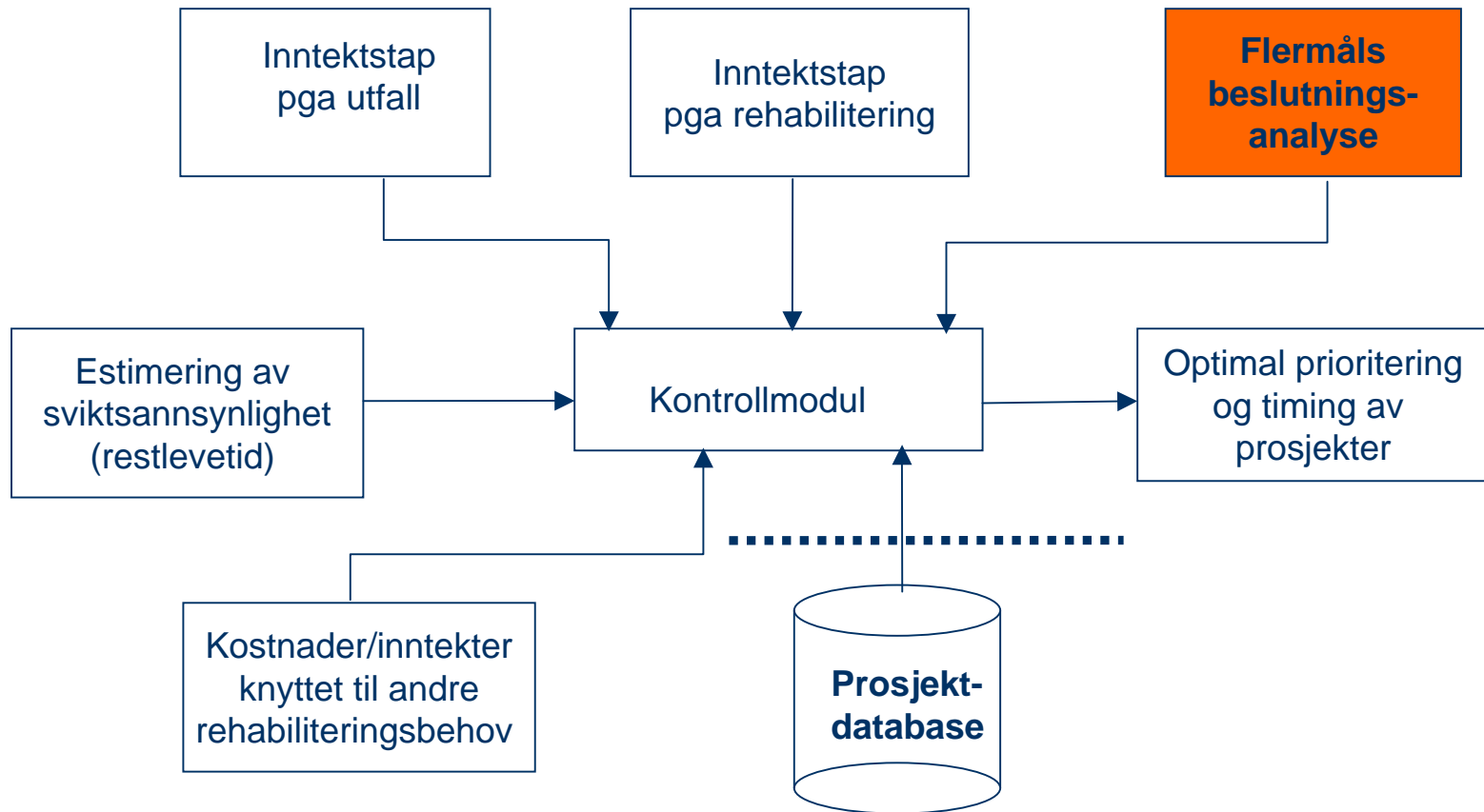
- Teknisk tilstand (observert/målt tilstand)
  - Resttid til  $t=b$  (restlevetid?)
  - Har enheten passert  $t=b$ , og med hvor mye?
- Driftshistorikk
  - Type feil
  - Tidspunkt for siste feil
  - Antall feil av gitt type innenfor en periode
- Vedlikeholdstiltak
  - Good-as-old ( $t=b?$ )
  - Worse-than-old ( $t>b?$ )
  - Better-than-old ( $t<b?$ )
  - Good-as-new



# Spesifisere statistisk metode

- Velge metode(r)
- Innhente og bearbeide driftshistorikk for valgte enheter
- Kalibrere og verifisere metoden basert på innhentet driftshistorikk
- Dr.ing.-oppgave
- Denne aktiviteten blir et viktig grunnlag for videre arbeid med "Implementering av nasjonal driftsstatistikk"
  - Spesiell oppfølging av enheter knyttet til spesielle driftsmønstre, o.l. (f.eks. hyppige start/stopp)

# Modellkonsept



# Flermåls beslutningsanalyse (FMBA)

- *Multi Criteria Decision Making (MCDM)*

- *Hvorfor:*

- Et hjelpemiddel for å "kvantifisere det ukvantifiserbare".
- For mange prosjekt vil man måtte ta hensyn til også andre aspekter enn økonomi.
- Flermåls beslutningsanalyse er et egnet verktøy for mer objektivt å ta hensyn til slike faktorer, og sikre en vurdering basert på de samme kriterier og med lik vektlegging for alle prosjekt.

# Kvalitative kriterier

- Vurderingskriterier som er vanskelig å kvantifisere
  - Eksempler:
    - Sikkerhet for eget personell
    - Miljøpåvirkning
    - Omtale av selskapet
    - ...
- ..men som (implisitt eller eksplisitt) spiller en rolle ved utvelgelse av prosjekt



# Beslutningsprosessen (1)

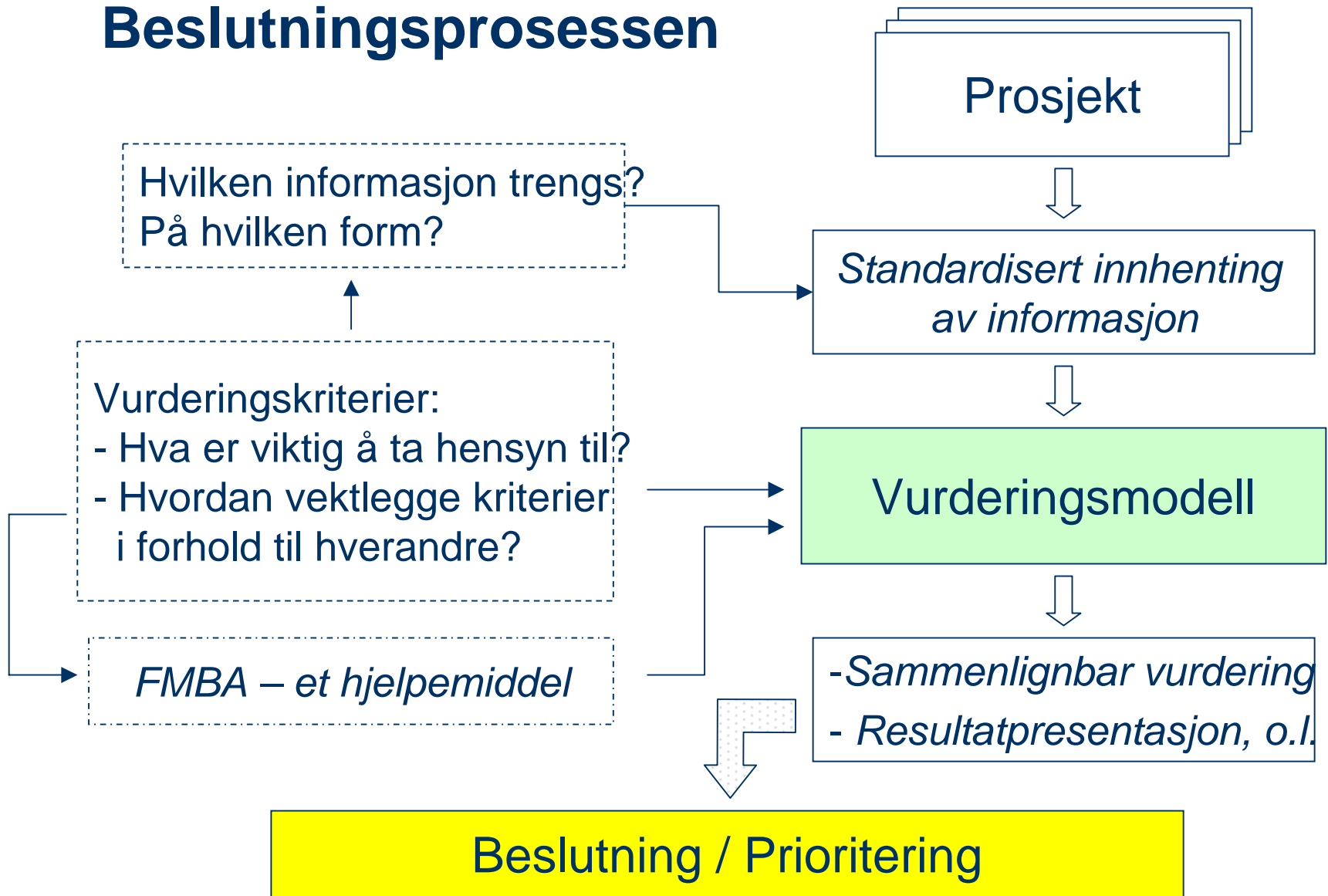
## ■ *Basis:*

Det er et behov for å håndtere kvalitativ informasjon på en strukturert måte

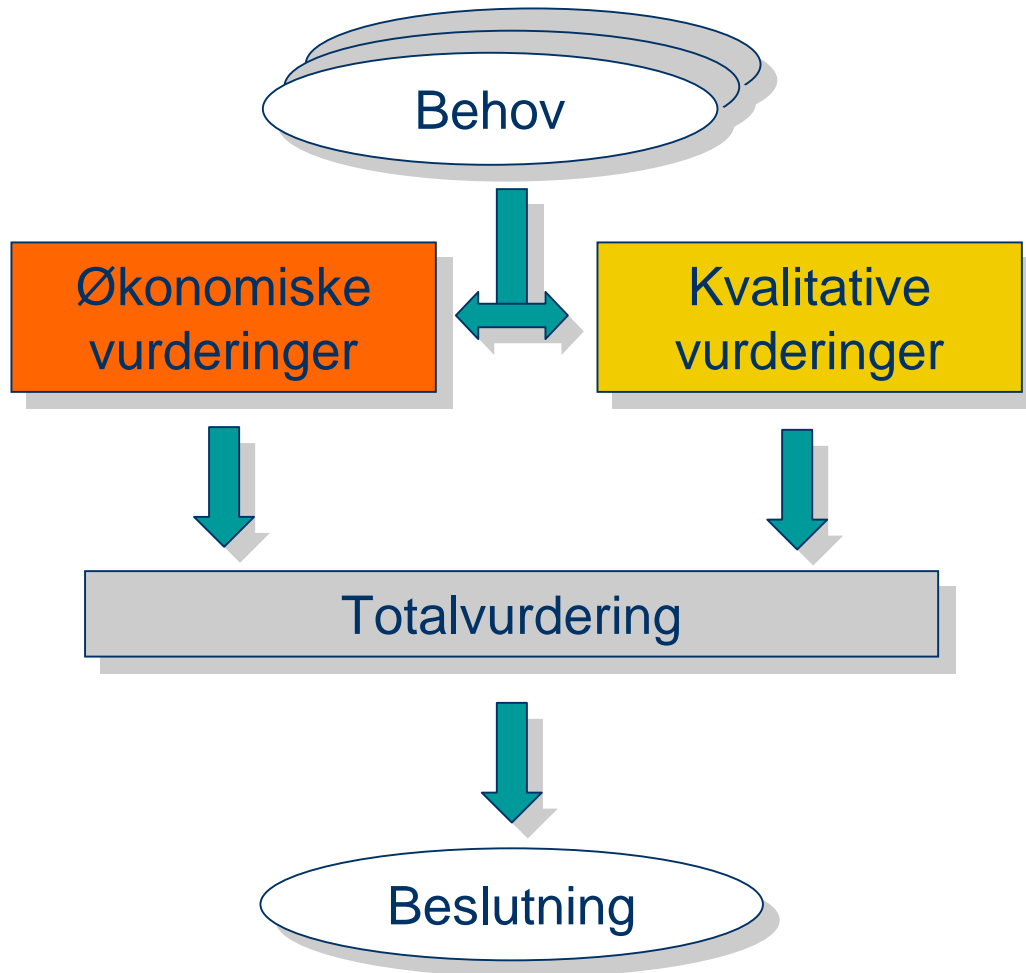


Beslutning / Prioritering

# Beslutningsprosessen



# Beslutningsstruktur

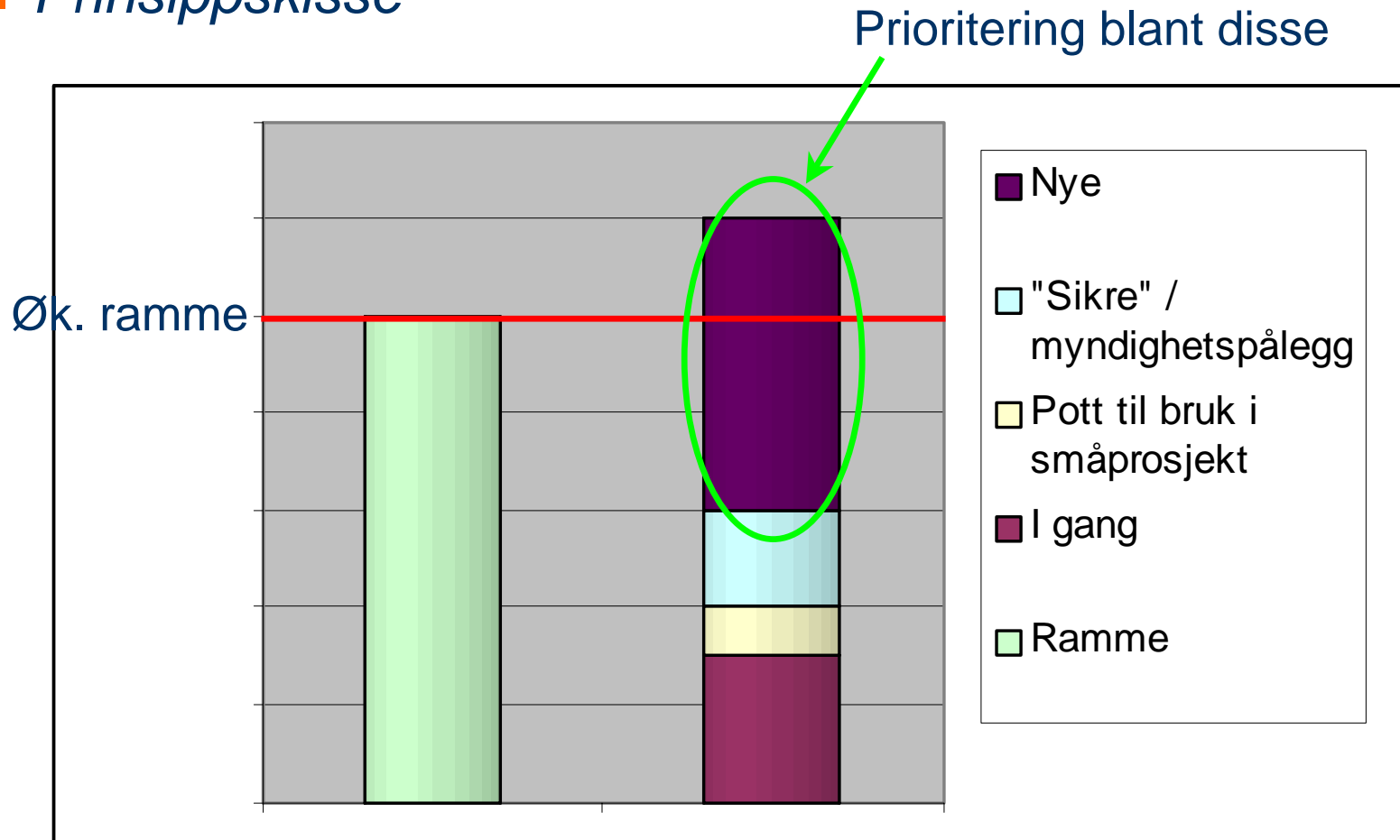


# Motivasjon

- Gjennom bruk av Flermåls beslutningsanalyse oppnås:
  - Standardiserte prosedyrer for prioritering av tiltak
  - Systematisering av informasjon
  - Bevisstgjøring rundt selve beslutningsprosessen
  - Klargjøring av årsakssammenhenger
  - Rasjonalisering av beslutningsprosessen
  - Større grad av personuavhengighet og objektivitet i prioritering
  - Dokumentasjon av beslutningsprosessen (etterprøvbarhet)
  - Bidrar til konsistens over tid i prioriteringen mellom prosjekter

# Anvendelse

## ■ Prinsippskisse



# Bruksområder

- Budsjetteringsarbeid, og ved prioritering mellom ulike prosjekter.
- Analyser av ulike alternativer for løsning av den samme oppgave.
- Dokumentasjon av kvalitativ nytteverdi for de prosjekter som blir valgt.  
(F.eks prosjekter som ikke er økonomisk lønnsomme, men som likevel kan ha store positive effekter.)

# Hvordan?

- Flere metoder er utvikla for å håndtere slike problemstillinger.
- I tidligere prosjektaktiviteter er AHP-metoden blitt benyttet ( A nalytic Hierarchy Process)

”Intuitiv metode” basert på parvise sammenligninger mellom ulike elementer.

# Prototyp utviklet i prosjektet

## Modell- etablering

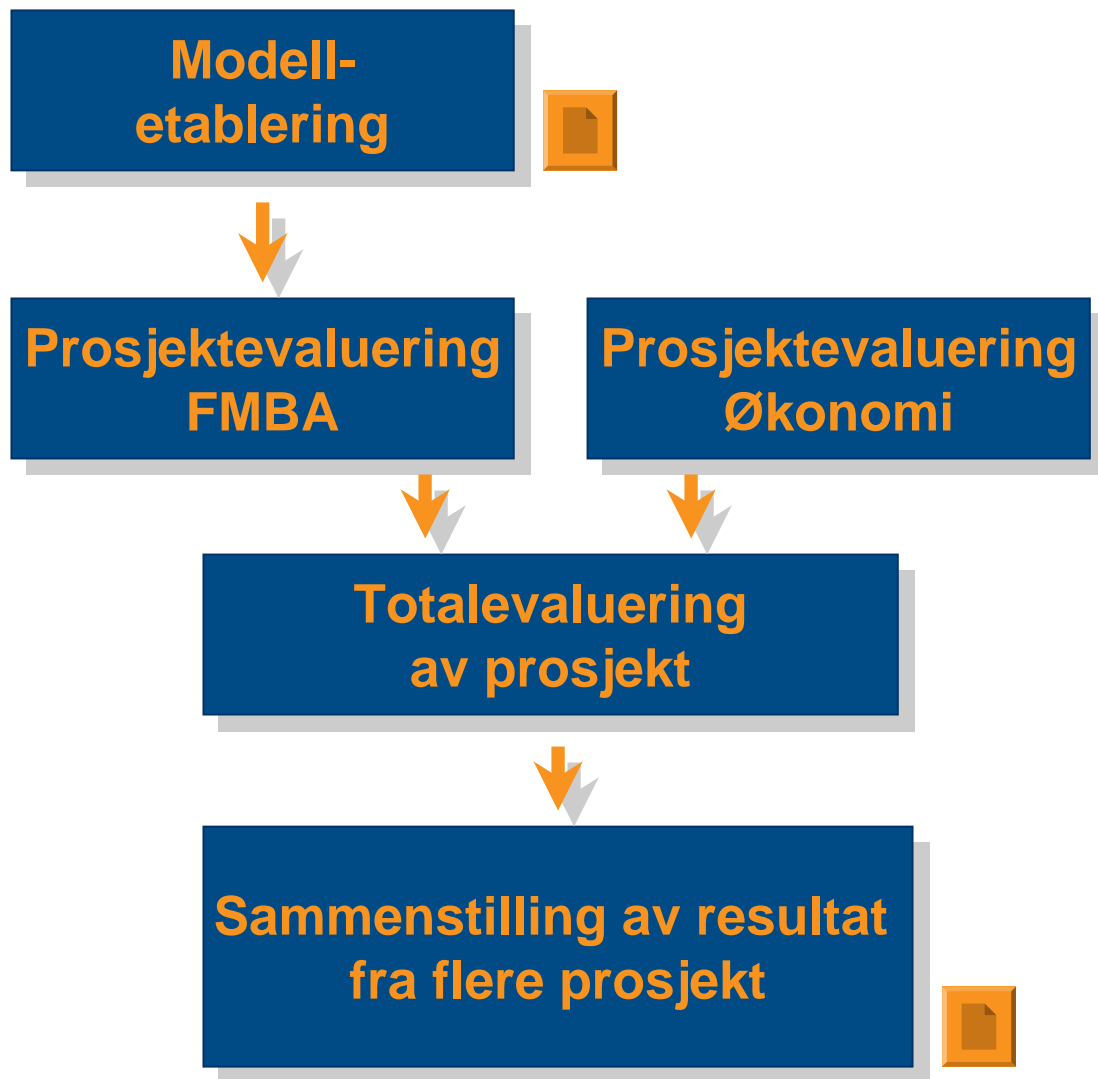


## Prosjekt- evaluering

- Identifisering av kriterier
  - Vekting mellom kriterier v.hj.a. teknikk fra parvise sammenligninger
  - Generering av "prosjekt-evaluerings"-grensesnitt
- 
- Henter resultatene fra modell-etableringen (kriterier og vekting)
  - Nedtrekksmenyer som skal brukes for vurdering av enkeltprosjekt



# Sammenstilling



# Arbeidsgruppe etablert

- Oppgave/utfordring
  - Få prøvd kombinasjonen FMBA/økonomi i uttesting hos verkene!
- Medlemmer
  - Statkraft
  - BKK
  - E-CO Vannkraft
  - Hydro Energi
  - Sira-Kvina Kraftselskap
- Gjennomføres før sommerferien

# Mer info om prosjektet

- [www.energy.sintef.no/prosjekt](http://www.energy.sintef.no/prosjekt)
- [jorn.heggset@energy.sintef.no](mailto:jorn.heggset@energy.sintef.no)
- 73 59 71 83