

EVU-kurs:
Optimalt vedlikehold av vannkraftverk II
NTNU, 20-23 okt./17-21 nov. 2003



Optimalt vedlikehold

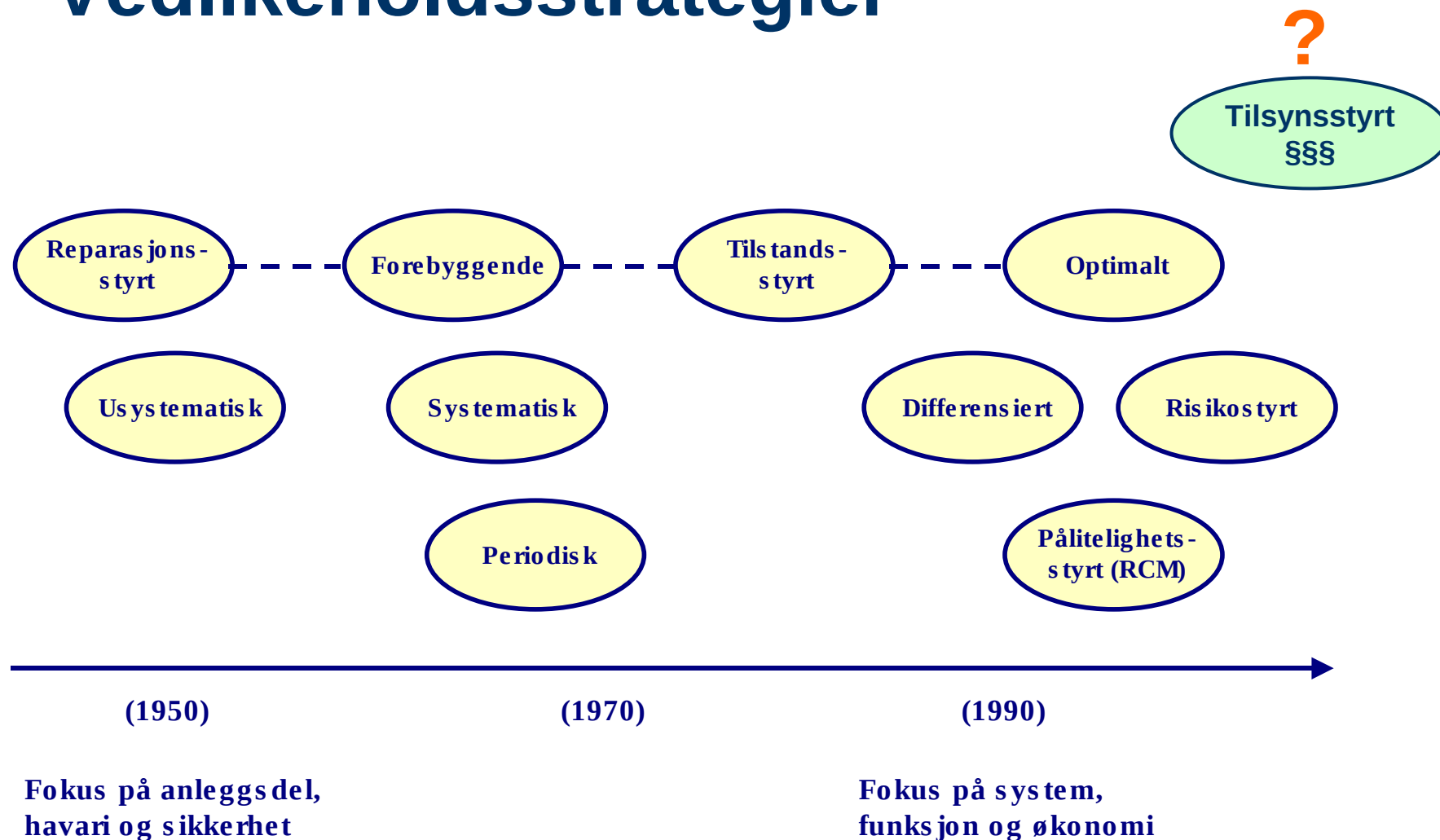
Eivind Solvang
SINTEF Energiforskning AS
NTNU Institutt for elkraftteknikk



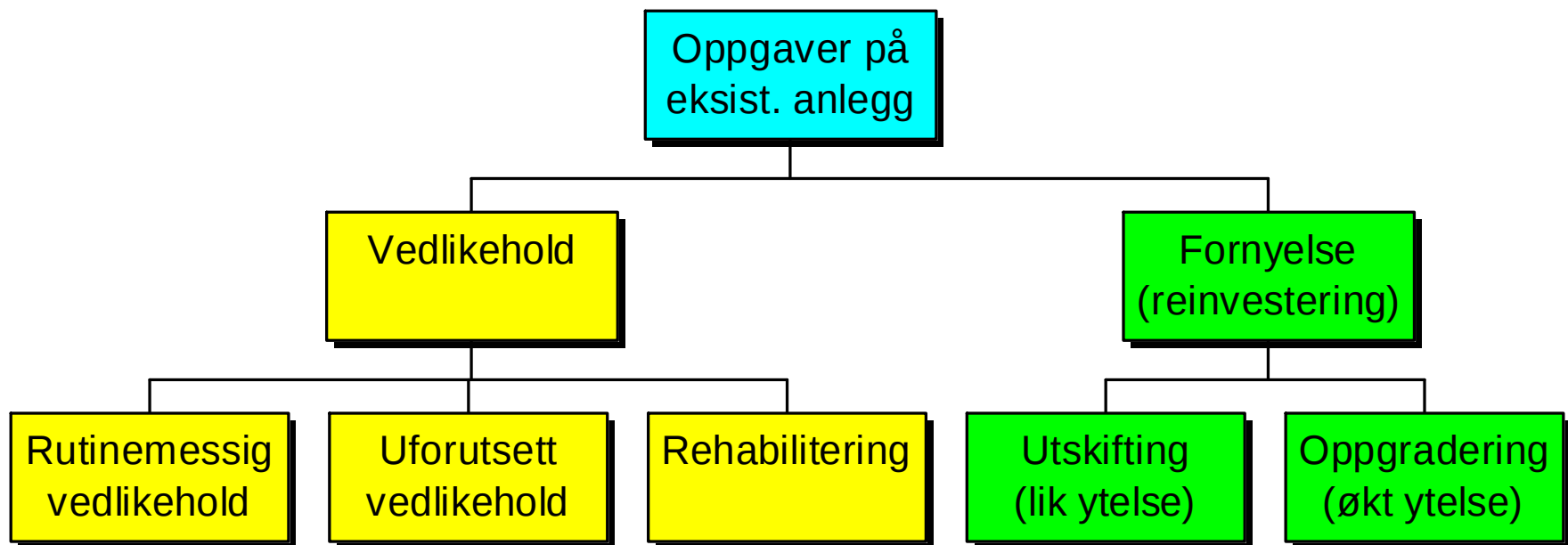
Optimalt vedlikehold

- Begreper
- Målsetting for vedlikehold og fornyelse, kriterier
- Optimalt vedlikehold
- Optimal tilgjengelighet
- Lønnsomhet
- Sviktmodell
- Beslutningsstøtte
- Eksempler på analyser
- Metoder, verktøy

Vedlikeholdsstrategier



Vedlikehold og fornyelse

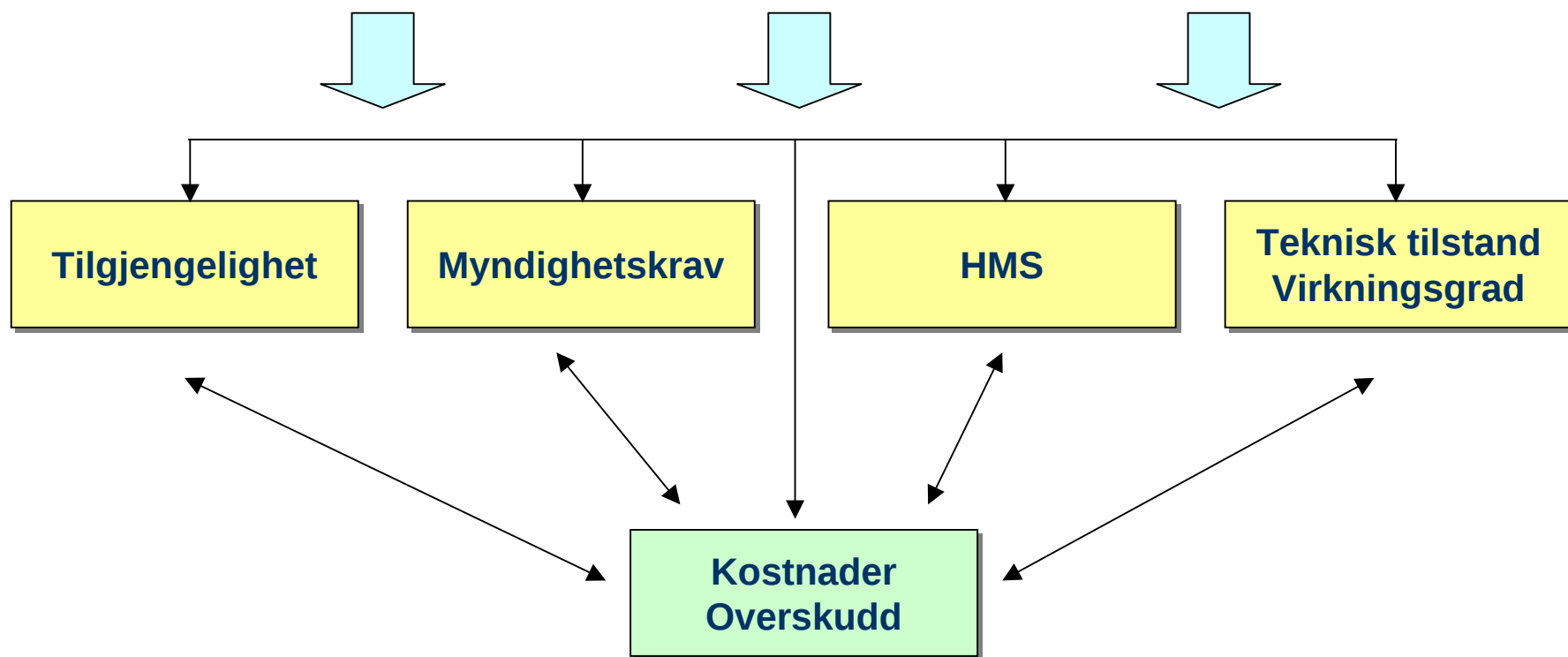


Planlagt

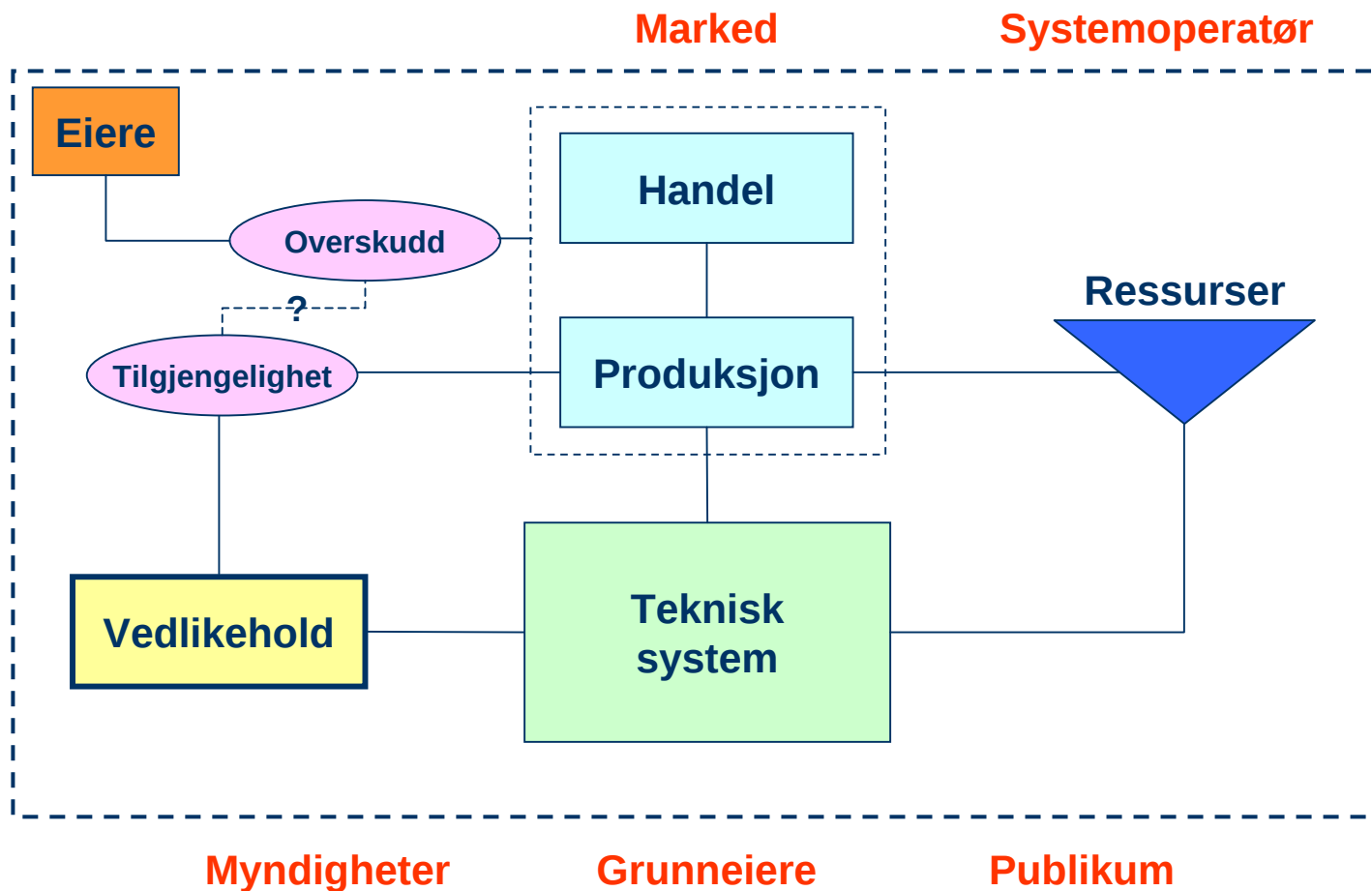


En aktivitet som har som målsetning å bringe en enhet eller et system tilbake til en slik tilstand at den er i stand til å imøtekomme opprinnelig funksjonskrav. Funksjonskrav omfatter blant annet krav til ytelse, virkningsgrad, levetid, vedlikehold, miljø osv.

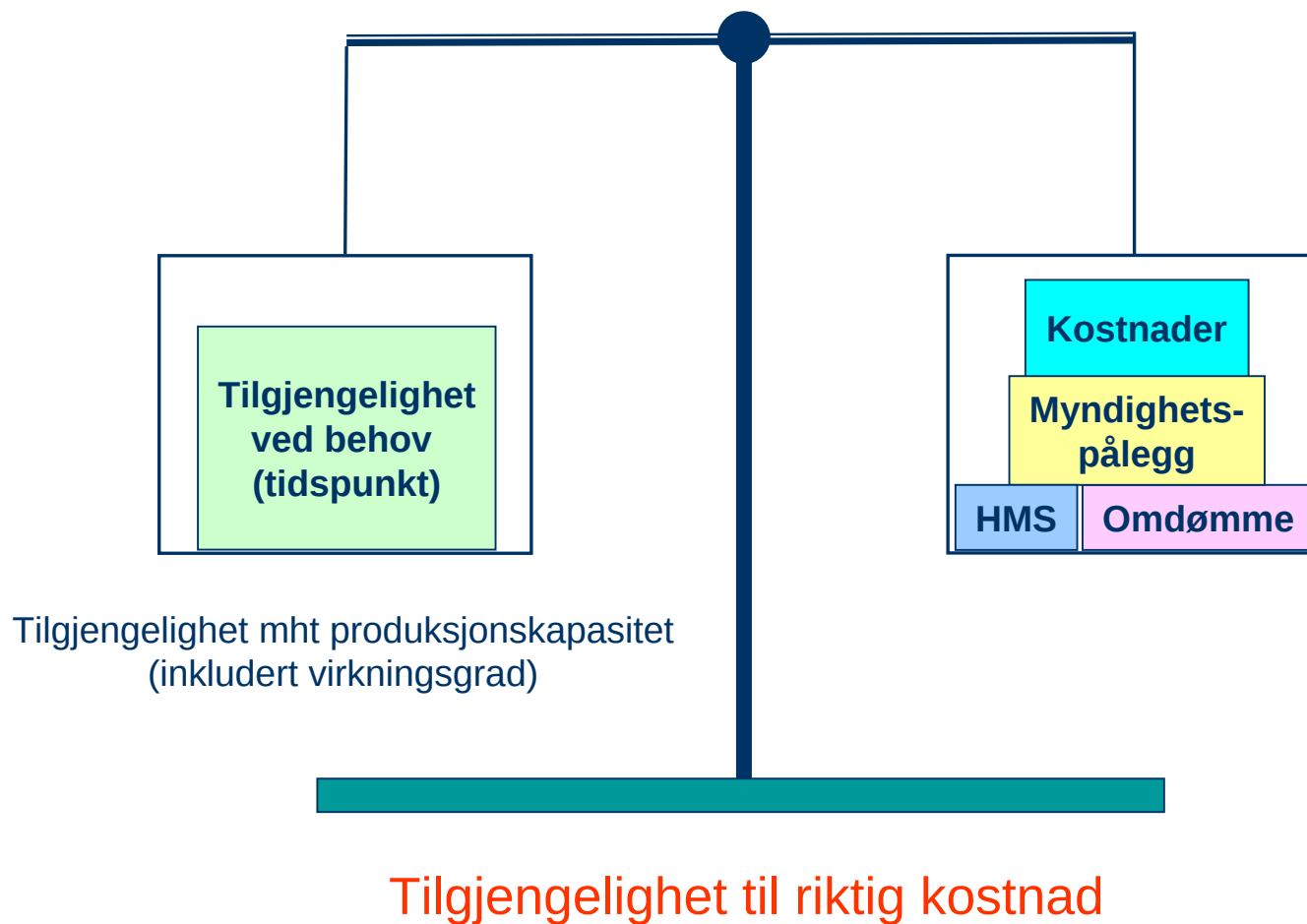
Målsetting for vedlikehold og fornyelse



Optimalt vedlikehold



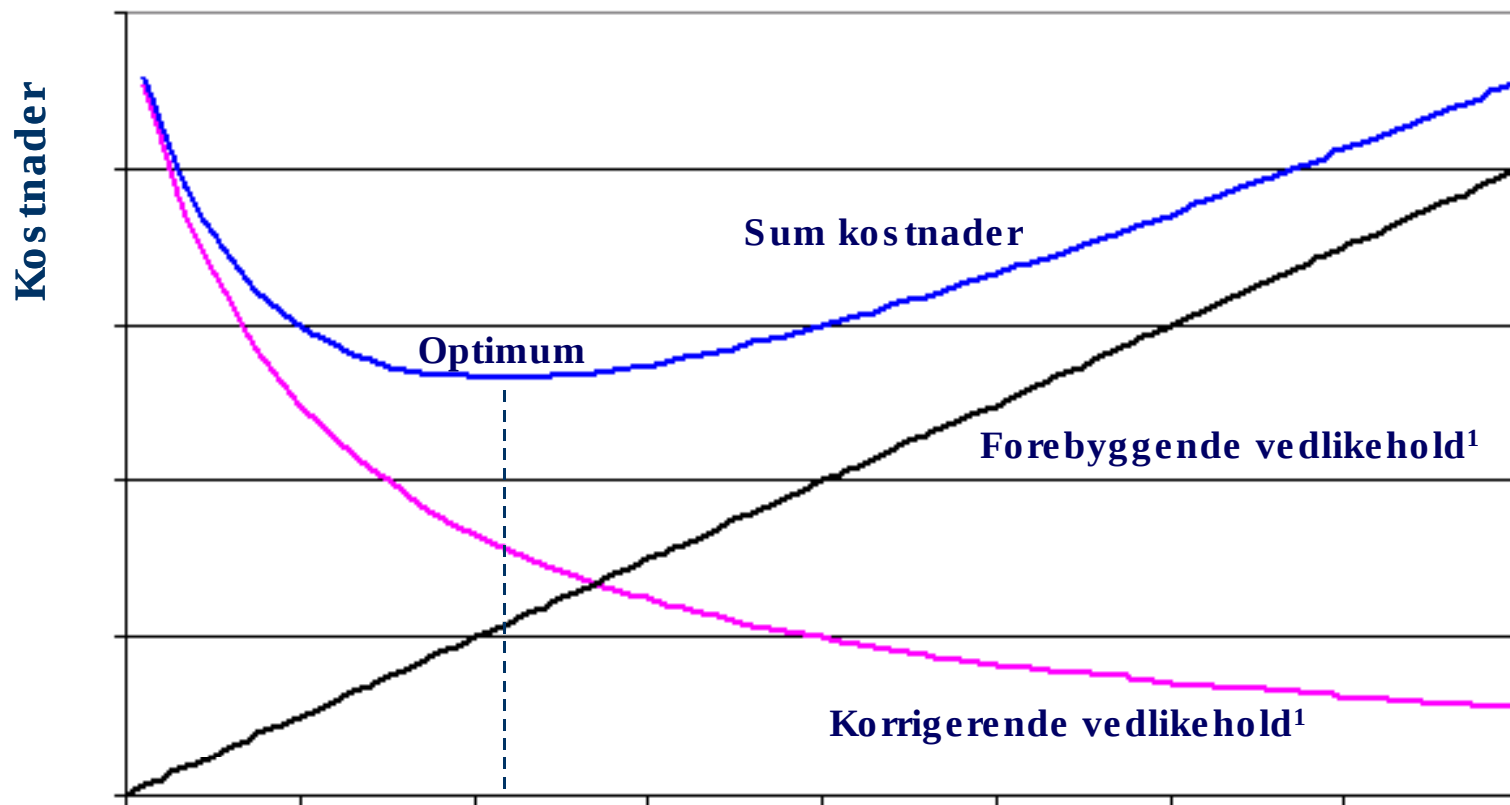
Optimal tilgjengelighet



Optimalt vedlikehold

- Formålet med vedlikeholdet/fornyelsen er å levere en tilgjengelighet i produksjonssystemet som:
 - bidrar til å maksimere overskuddet for selskapet, eventuelt
 - minimerer totale vedlikeholdsrelaterte kostnader
 - forebyggende vedlikehold
 - korrigerende vedlikehold (utbedring av feil og etter havari)
 - tapt produksjon pga vedlikehold
 - samtidig som myndighetspålegg og HMS-krav overholdes (og et dårlig omdømme unngås)
- Optimalt vedlikehold for et anlegg er det vedlikeholdet som oppfyller dette formålet

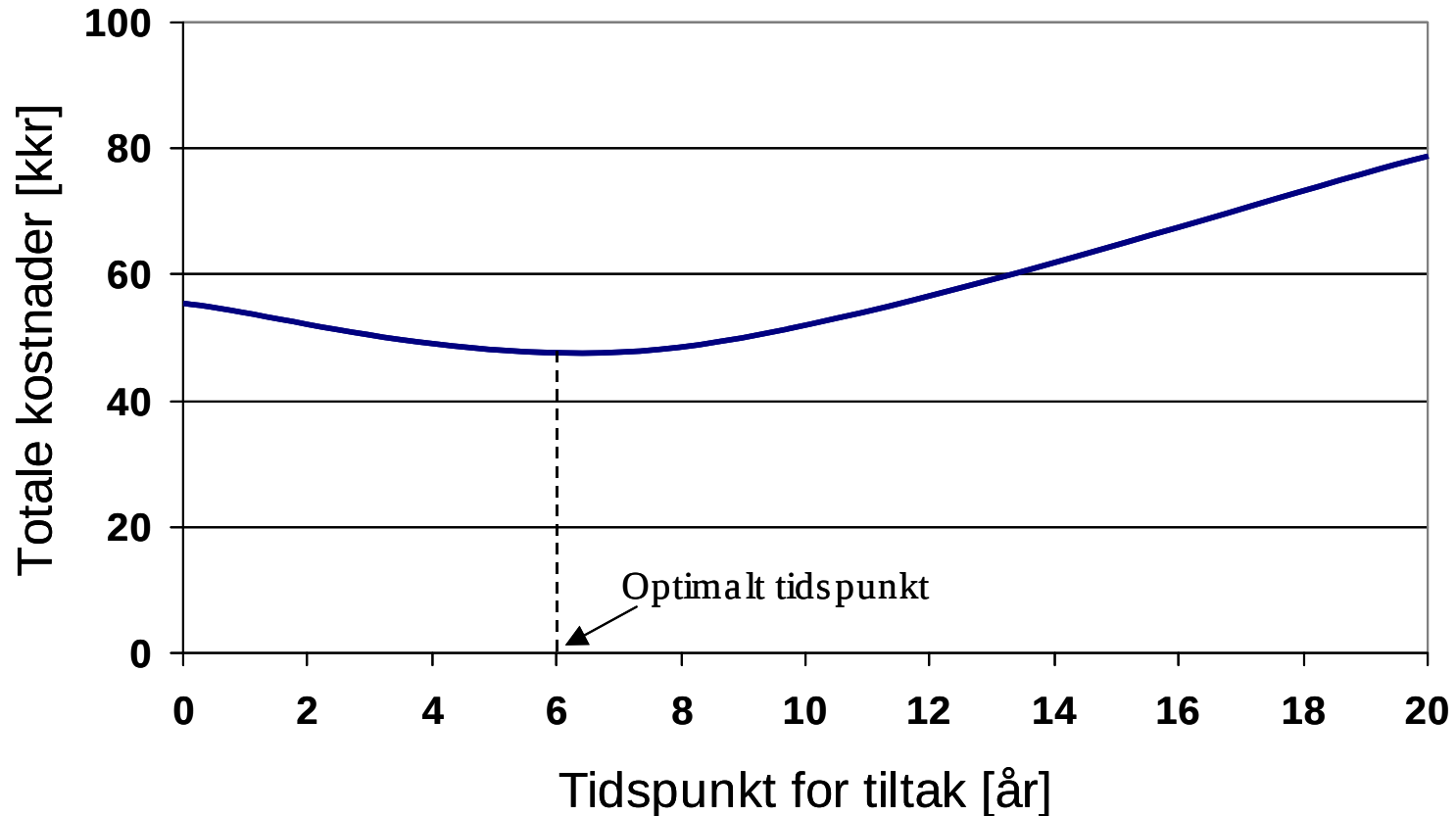
Optimalt vedlikehold (min. kostnader)



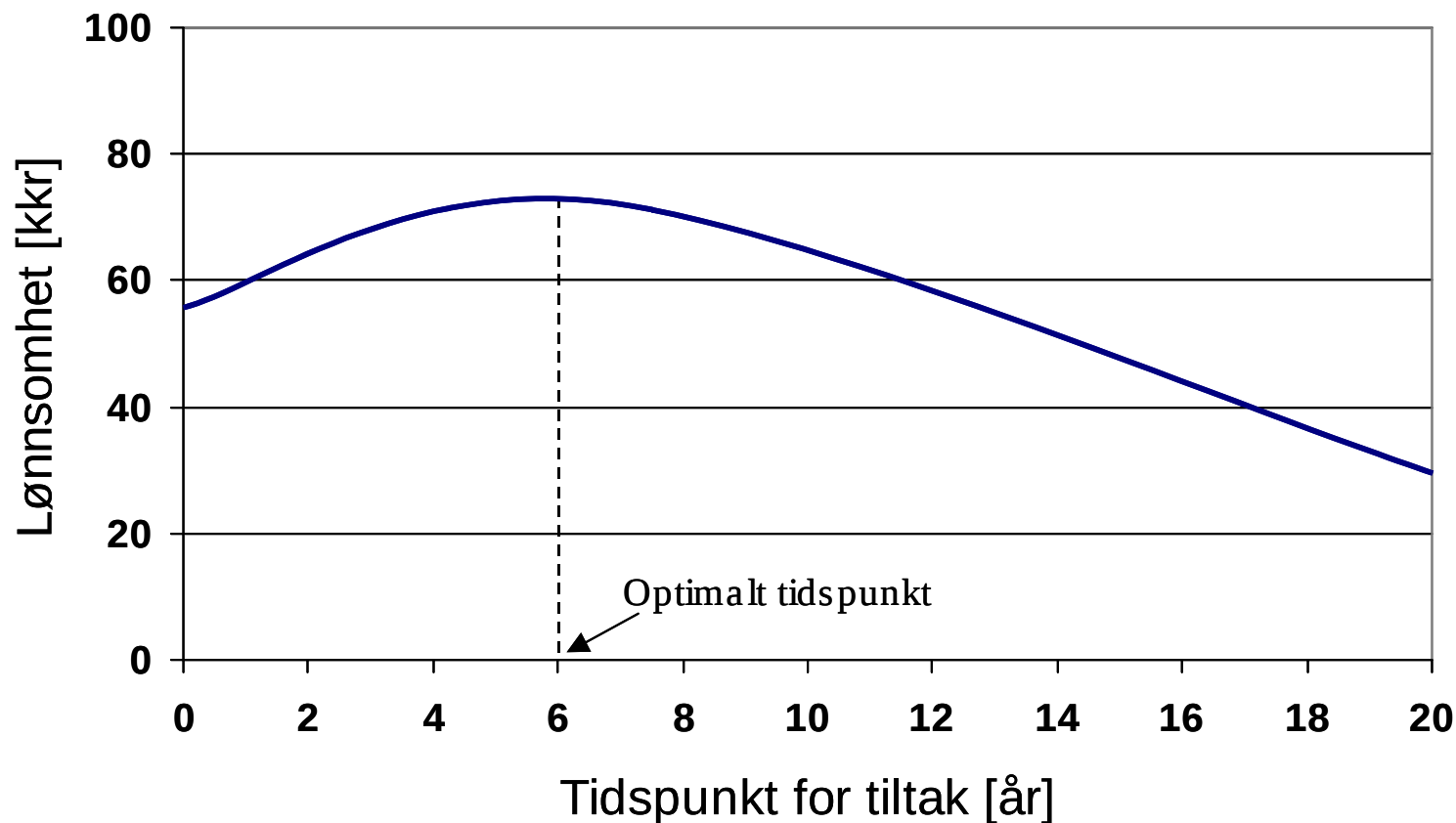
Økende andel forebyggende vedlikehold ➔

¹ Inkludert tilhørende produksjonstap (LCC+LCL)

Optimalt tidspunkt mht kostnader



Optimalt tidspunkt mht lønnsomhet

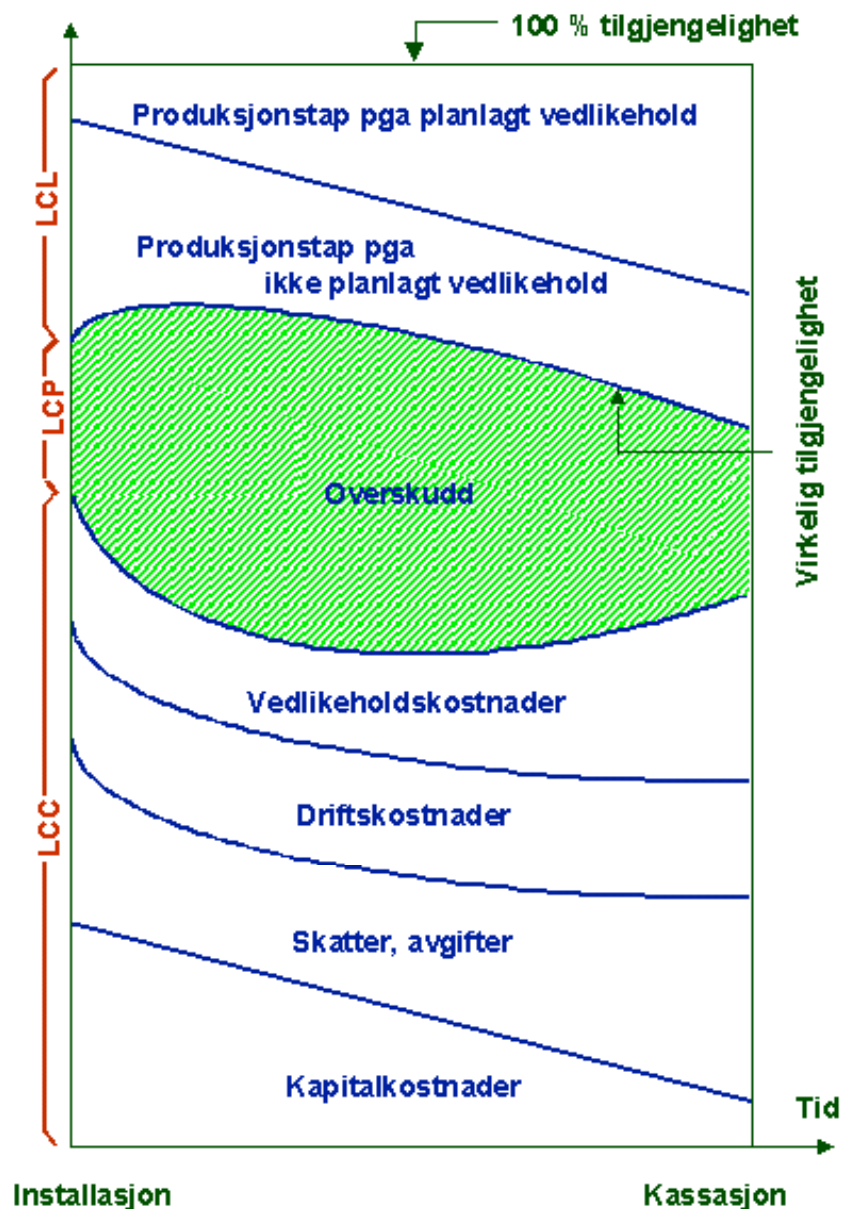


Lønnsomhet for et tiltak

- Et tiltak er lønnsomt hvis nåverdien av alle inn- og utbetalinger (kontantstrømmen) er positiv ($NV > 0$), dvs positivt nettooverskudd
- Kontantstrømmen omfatter kun kostnader:
 - Et tiltak på en enhet er lønnsomt hvis tiltaket reduserer de totale kostnadene knyttet til enheten innenfor analyseperioden
- Lønnsomhet er knyttet til en sammenligning av to alternativer:
 - Totale kostnader hvis tiltaket ikke gjennomføres
 - Totale kostnader hvis tiltaket gjennomføres
- Hvis man skal undersøke lønnsomheten for flere alternativer (tiltak) sammenlignes totalkostnaden for hvert alternativ med et referansealternativ, f.eks. "ingen tiltak"
- For at alternativene skal være sammenlignbare må man ta med alle relevante kostnader innenfor en realistisk analyseperiode (20-30 år)
 - Kostnader for aktuelle tiltak, vedlikeholdskostnader, utilgjengelighetskostnader, osv

Lønnsomhet planlagt vedlikehold

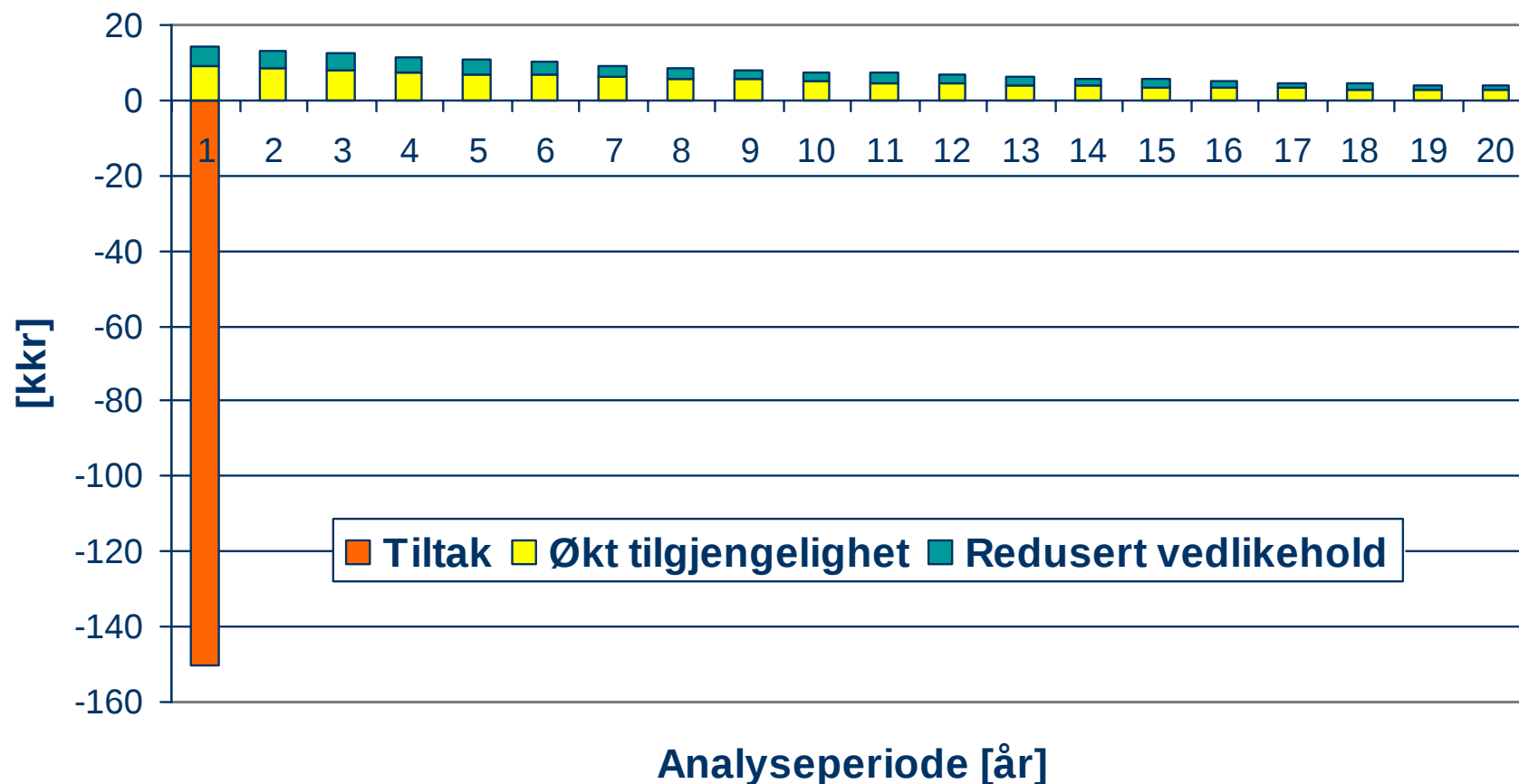
- Produksjonstap pga planlagt vedlikehold
 - Perioder med lav kraftpris (produksjonsplanlegging)
- Produksjonstap pga ikke planlagt vedlikehold
 - Unngå havari
- Vedlikeholdskostnader
 - Unngå havari
 - Unngå unødvendig vedlikehold
- Produksjonstap pga dårlig virkningsgrad



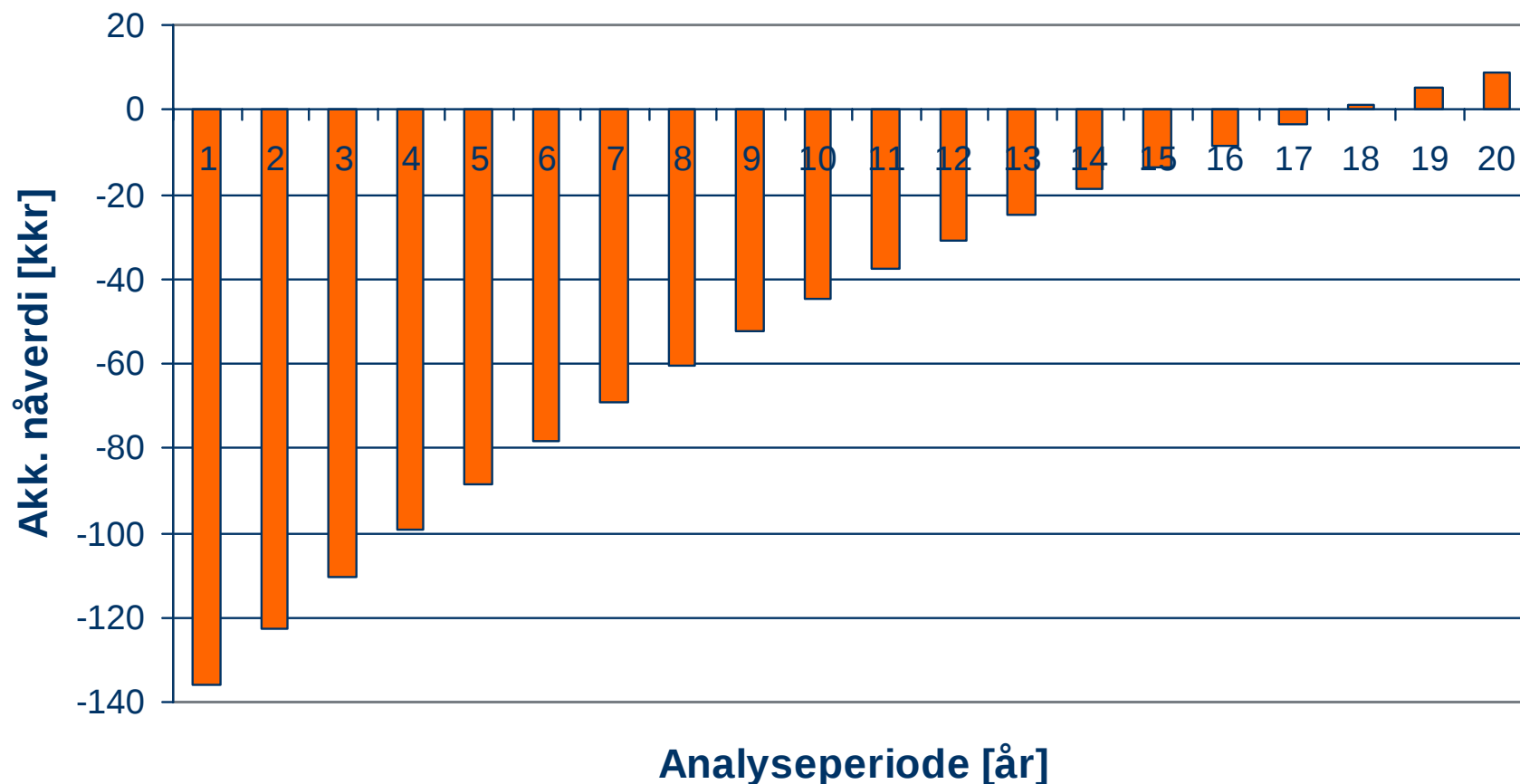
Lønnsomhetsanalyse for et tiltak

- Tiltak A: Rehabilitering i år 1
- Inntekter pga tiltaket (reduuerte kostnader)
 - Økt tilgjengelighet (færre feil): $\Delta UT(A) = 15 \text{ kkr/år}$
 - Redusert korrigerende vedlikehold: $\Delta KV(A) = 5 \text{ kkr/år}$
- Kostnader pga tiltaket
 - Selve tiltaket koster: $I(A) = 150 \text{ kkr}$
- Generelle parametere
 - Analyseperiode: 20 år
 - Kalkulasjonsrente: 7 % pa

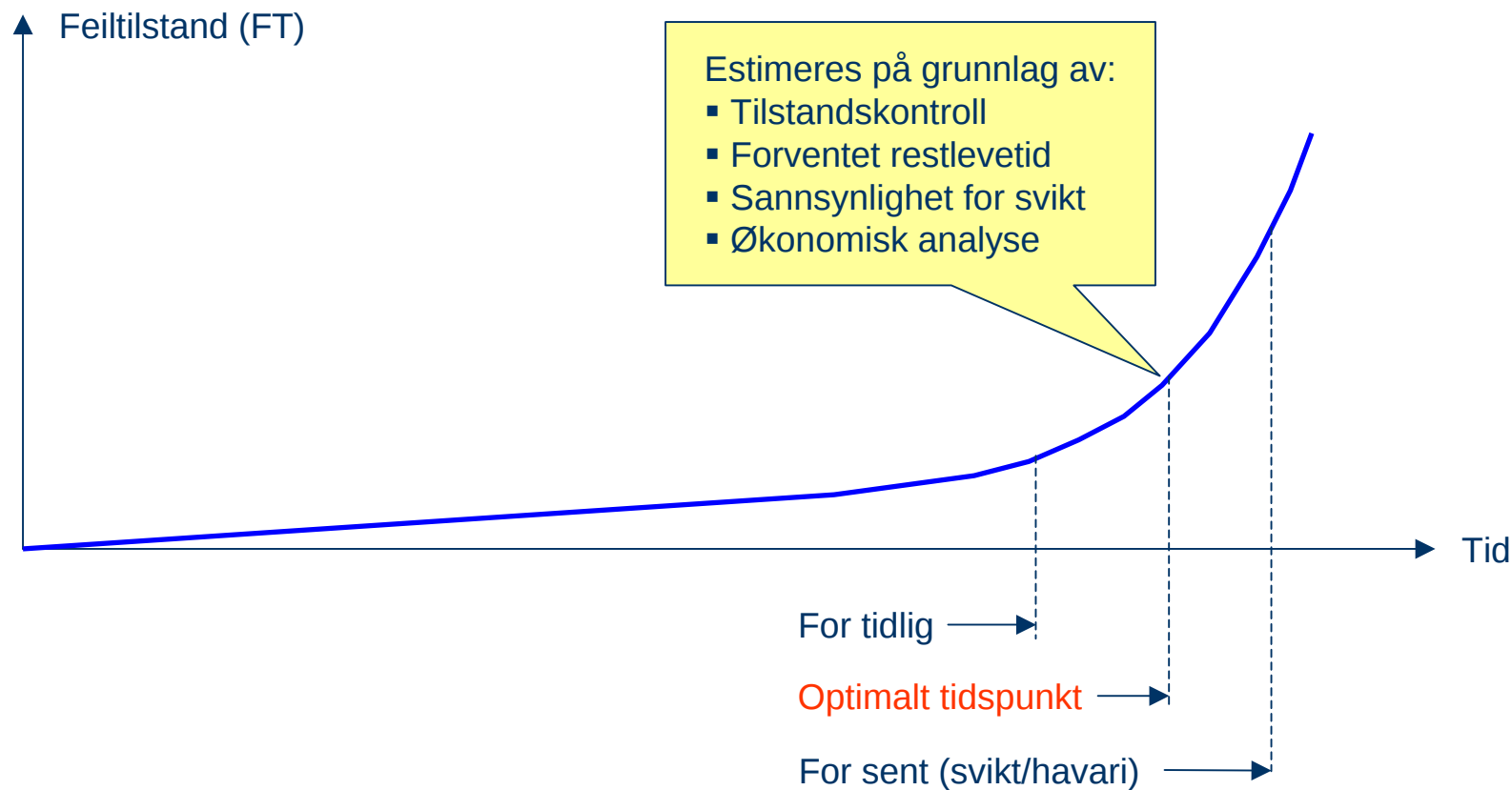
Inntekter og utgifter



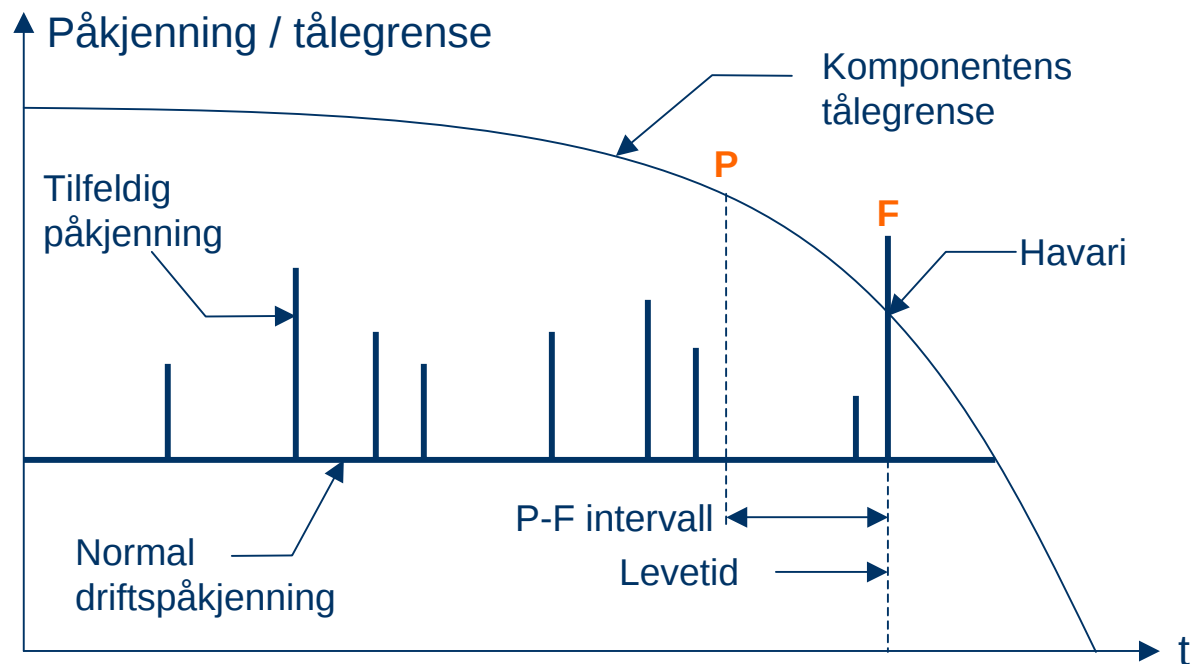
Akkumulert nåverdi



Optimalt tidspunkt for planlagt vedlikehold

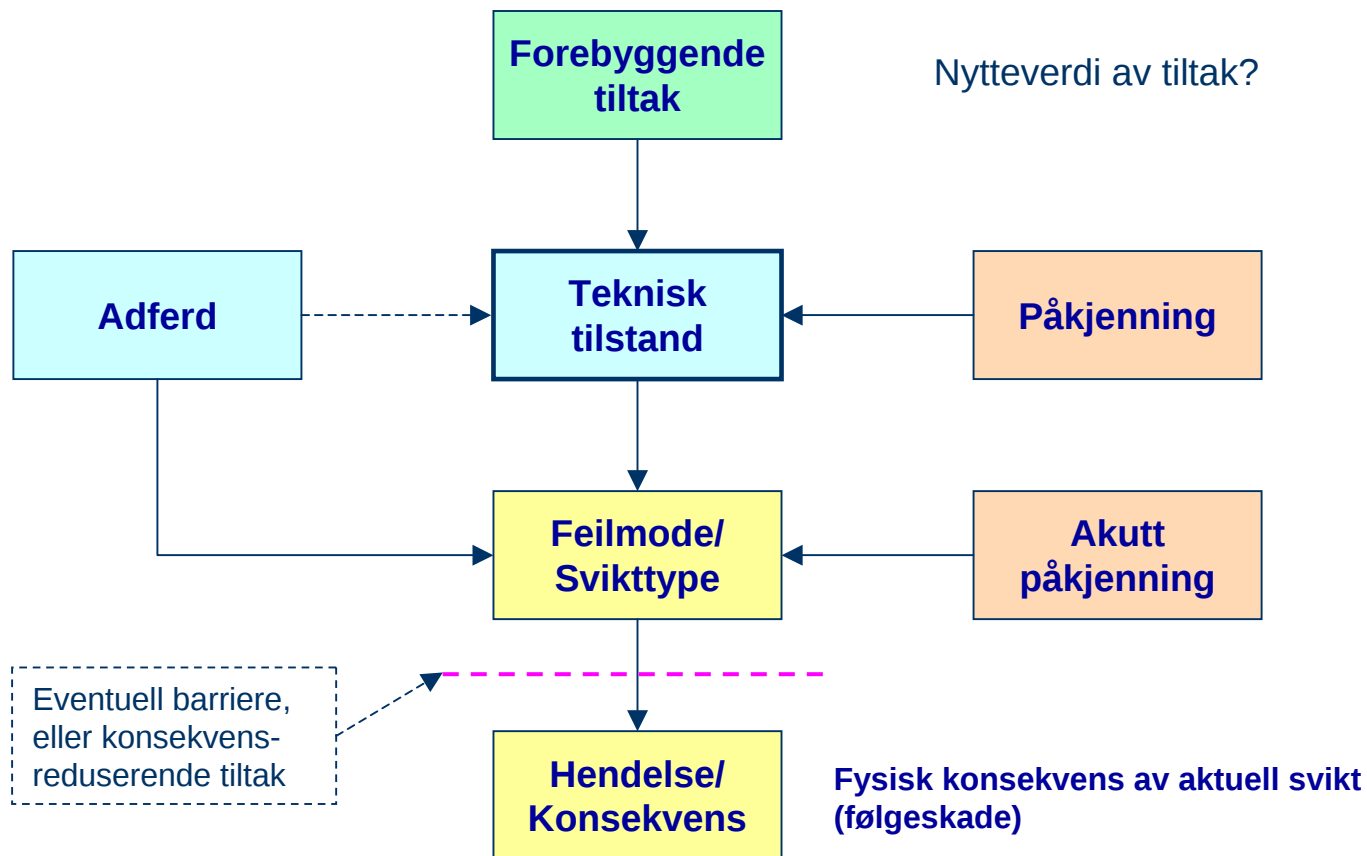


Påkjenninger i forhold til en komponents tålegrense

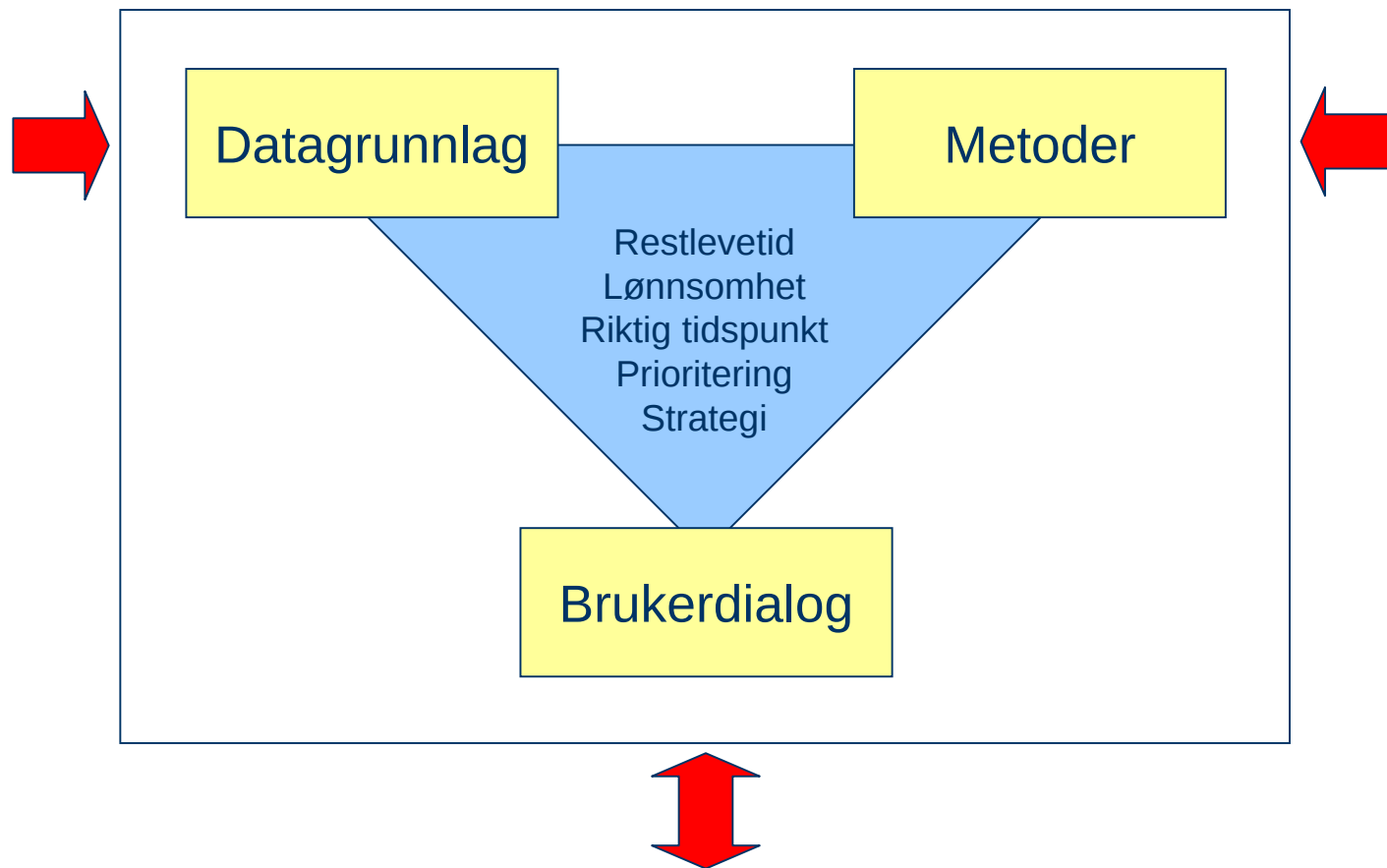


Tilstandsindikatorer?

Sviktmodell



Beslutningsstøtte vedlikehold



Eksempler på analyser (status?)

- Teknisk analyse
 - Sannsynlighet for svikt
 - Restlevetid
 - Virkningsgradsutvikling
- Konsekvensanalyse
 - Utilgjengelighetstap ved ulike hendelser (svikt)
 - Virkningsgradstap
 - Sikkerhet
- Risikoanalyse (sannsynlighet • konsekvens)
 - Kvalitativ analyse
 - Kvantitativ analyse
- Økonomisk analyse (nåverdi)
 - Kostnader for tiltak, inkl. sum kostnader
 - Lønnsomhet av tiltak

Metoder, verktøy

- Vedlikeholdskalkyler
 - Regnearkmal i Excel
- Vansimtap
 - Verktøy for bl.a. analyse av tapte produksjonsinntekter ved havari og inntekter/kostnader ved rehabilitering
- VTGRevision
 - Verktøy for analyse av optimale revisjons- og oppgraderingsbeslutninger i Vannvei, Turbin og Generator
- Flermåls beslutningsanalyse (FMBA)
- Risiko, kritikalitet
- RCM