

Hvilke kritiske hendelser i strømforsyningen kan medføre at en eller flere bydeler får avbrudd? – Case Oslo

DECRIS Seminar 12. Februar 2009

Gerd Kjølle, SINTEF Energiforskning

DECRIIS: Detaljanalyse – oversikt

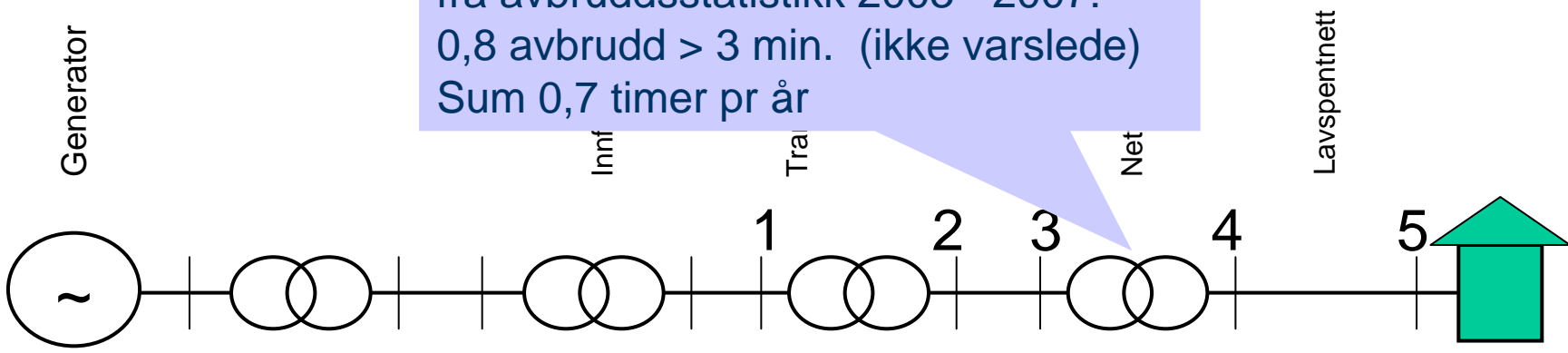
- Case utfall i strømforsyning: Hvilke kritiske hendelser kan medføre at en eller flere bydeler får avbrudd?
- Eksempler på tidligere hendelser
- Hendelser og årsaker
- Avhengigheter
- Konsekvenser
- Eksisterende barrierer
- Analysemetodikk, databehov, eksempler på resultater
- Metodiske utfordringer

DECRIIS: Case utfall i strømforsyning

- Utgangspunkt: Kritiske hendelser i kraftforsyningen som får konsekvenser for **leveransen til andre infrastrukturer**:
 - Dvs utfall av anlegg som medfører at **en eller flere bydeler** får avbrudd i strømforsyningen av en viss varighet
- Kritiske hendelser – fra grovanalysen:
 - Utfall av innføringsstasjoner / transformatorstasjoner
 - Utfall av kraftledninger/kabler i sentralnettet mellom innføringsstasjoner
 - Utfall av kraftledninger/kabler i regionalnettet

DECRIIS: Status for avbrudd pga feil/driftsforst. ≥ 11 kV

Gj. snitt for Oslo pr rapporteringspkt
 fra avbruddsstatistikk 2003 - 2007:
 0,8 avbrudd > 3 min. (ikke varslede)
 Sum 0,7 timer pr år



Prod.anlegg	Sentralnett	Regionalnett	Distribusjonsnett	Kunde
-------------	-------------	--------------	-------------------	-------



Planlagte utkoplinger/ varslede avbrudd kommer i tillegg



Strømbrydd i Oslo 1. august 2005



Overvåker døgnet rundt

Olav Homme (bak) leder kampen mot strømbrydd i driftssentralen til Hafslund Nett. Foran Arild Haugen og Ragnhild Marie Bakkevig.

FOTO: ARASH NEJAD

Denne driftssentralen til Hafslund Nett jobber døgnet rundt for å hindre strømbrydd i Oslo, Akershus og Østfold. Men mandag ble ekstra vanskelig. Strømmen gikk ut for ca. 360 000 personer i Oslo og Bærum rammet.

[ARASH A. NEJAD \(foto\)](#)

HONG PHAM

- Strømbryddet er et av de verste vi har opplevd i Oslo, forteller avdelingsleder Olav Homme med over 20 års erfaring fra bransjen. T-banen sto stille, trafikklysene sluknet og minibankene streiket.

Ca 360 000 mennesker berørt i inntil 49 minutter

Homme forklarer at strømbryddet skyldtes en kortslutning i en bryter i et 300 000 volts høyspent-anlegg på Sogn. Han regner med at den 49 minutter lange strømbryddet vil koste selskapet 10 millioner kroner i kompensasjon til Norges vassdrags- og energidirektorat (NEVE).

www.aftenposten.no ons 2005-08-03

<http://www.aftenposten.no/nyheter/iriks/article1090197.ece>

Strømbrudd lammet Oslo sentrum



Informasjonstavlene på Oslo S var helt blanke i formiddag. HANS O. TORGERSEN

Strømbrudd skapte store problemer i hovedstaden i formiddag.

TALE LIND NINA LØDEMEI

Etter at strømmen gikk i store deler av Oslo fikk flere store problemer i formiddag.

Hafslund fikk melding om strømbruddet klokken 10.22.

På T-banen var det fullt kaos.

T-banene har mulighet til å kjøre på batteri i rundt 20 minutter, så vognene ble instruert til å kjøre fram til nærmeste stasjon og stanse der.

I grevens tid

- Klokken 11.07 kom strømmen tilbake, i grevens tid, sier informasjonssjef for T-banedrift i Oslo Sporveier, Bjørn Rydmark, til Aftenposten.no.

Nå går samtlige linjer igjen, men det tar fortsatt noen timer før alt går i rute.

- Men det skal komme en bane hvert 15 minutt og alle skal komme seg frem, sier Rydmark.

Politiet sier at strømbruddet ikke gir noen konsekvenser for nødnummeret.

- Vi trodde først det fikk konsekvenser for nødnummeret vårt, 112, men vi har fått igjennom nødanrop, så dette virker til å være i orden, sier operasjonsleder Heidi Bønham Grundstad til Aftenposten.no.

Trafikklys nede

Byporten shopping og andre bygg i sentrum ble mørklagt da strømmen gikk, men rundt klokken 11 kom strømmen tilbake hos flere.

Minibankterminaler i sentrum var også nede under strømbruddet og trafikklysene virket ikke.

NSB hadde også store problemer med togene fordi det ikke var strøm på Oslo S.

Strømbruddet i hovedstaden skyldes en ødelagt transformatorstasjon.

Ødelagt av kran

- Vi fikk melding om at en kran, formodentlig en byggekran, har svingt borti en høyspentledning. Dette har satt hele transformatorstasjonen på Ulven ut av spill, sier Morten Schau, informasjonssjef i Hafslund til Aftenposten.no.

Omlag en fjerdedel av Oslo ble utenfor strømmest, i Oslo øst og ned mot sentrum. Også en del av Smestad ble rammet av strømbruddet.

Nå er imidlertid alt i orden igjen.

- En del steder fikk de strømmen tilbake ganske kjøpt, og klokken 11.15 hadde alle våre kunder fått strømmen tilbake, sier Schau.

Oppdatert: 20.08.07 kl. 12:06

Tips oss (TLF: 02288)

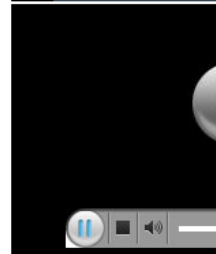
Del på Facebook

Del på Nettby

Tips en venn om den

Skriv ut Annonse: BI

TV: Strømbrudd i Oslo s



Se videoen i større for

annonse

HJELP GATEBA

- BLI RØDE I



Ja, jeg vil bli R

Været hos Aftenposten

Olav i en av de største

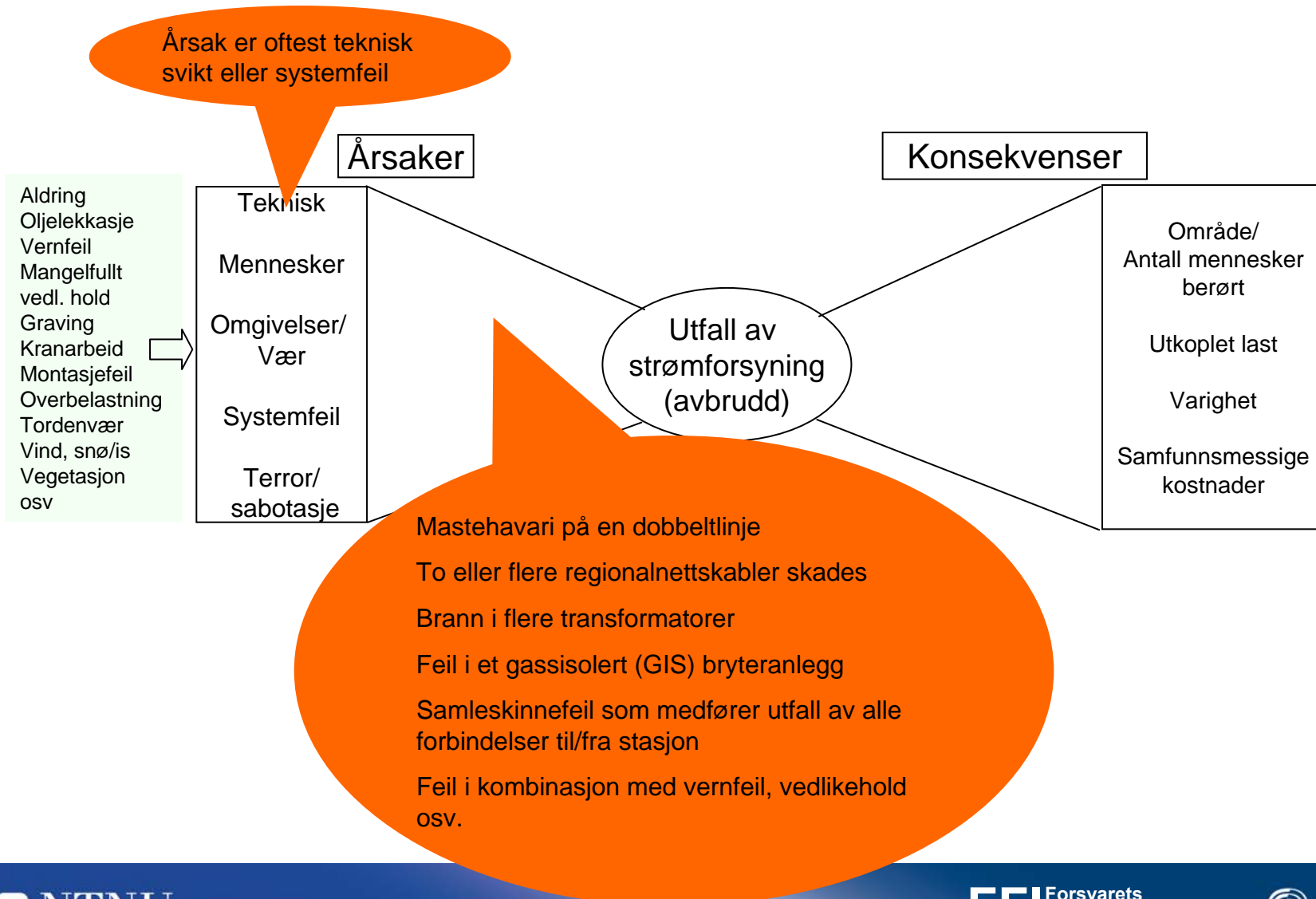
Avbrudd Oslo vest, deler av sentrum, Oslo syd-øst samt Oppegård.

Ca 216 000 mennesker berørt i inntil 55 minutter

20. August 2007

[http://www.aftenpo sten.no/nyheter/osl o/article1947250.e ce](http://www.aftenposten.no/nyheter/osl o/article1947250.e ce)

DECRIS: Hendelser og årsaker – typisk (Oslo)

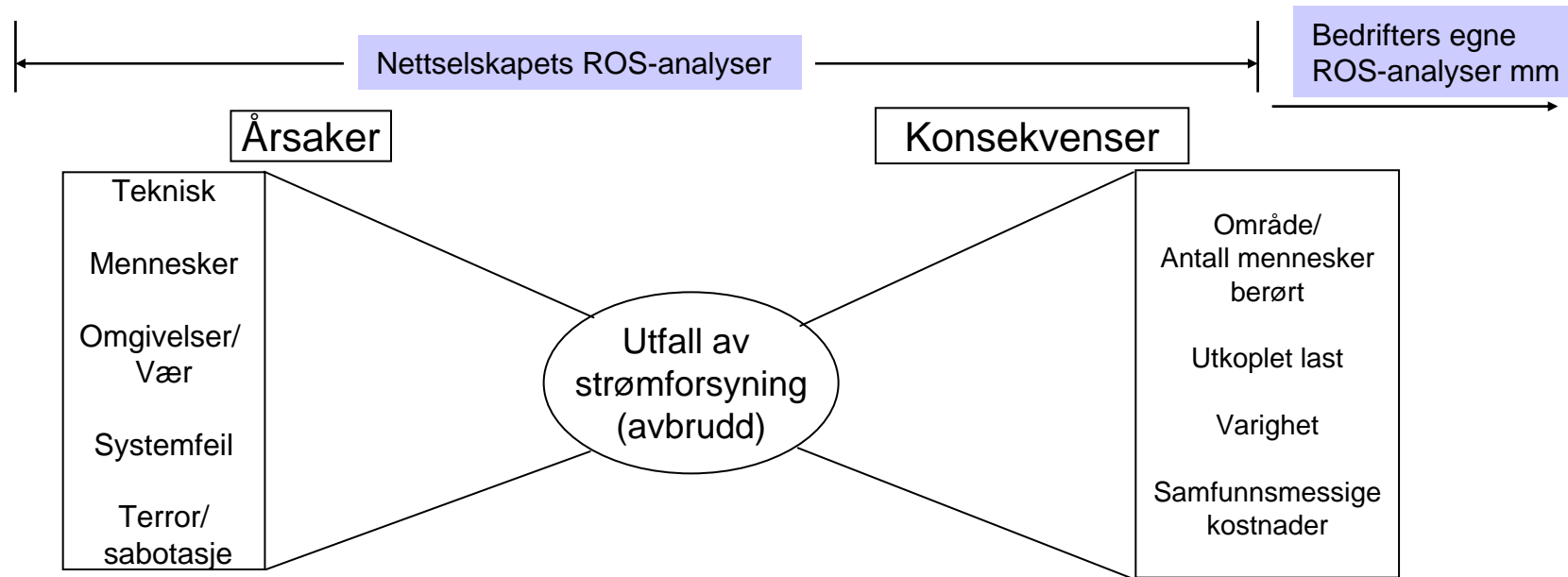


DECRIIS: Avhengigheter (i eget system og andre)

- To kraftledninger i sentral- eller regionalnettet på samme mastepunkt
- Flere kabler i regionalnettet i samme grøft, kulvert, bro
- Doble samleskinner med felles vern

- Avhengigheter med andre infrastrukturer
 - Kabler i samme grøft som tele/IKT-kabler, fjernvarmerør mm.
 - IKT: Driftssentral, samband/kommunikasjon, vern, automatisering...
 - Forsyning til andre infrastrukturer: Fjernvarme, vann & avløp, transport, IKT mm.

DECRIIS: Konsekvenser – typisk ved ”storfeil” (Oslo)

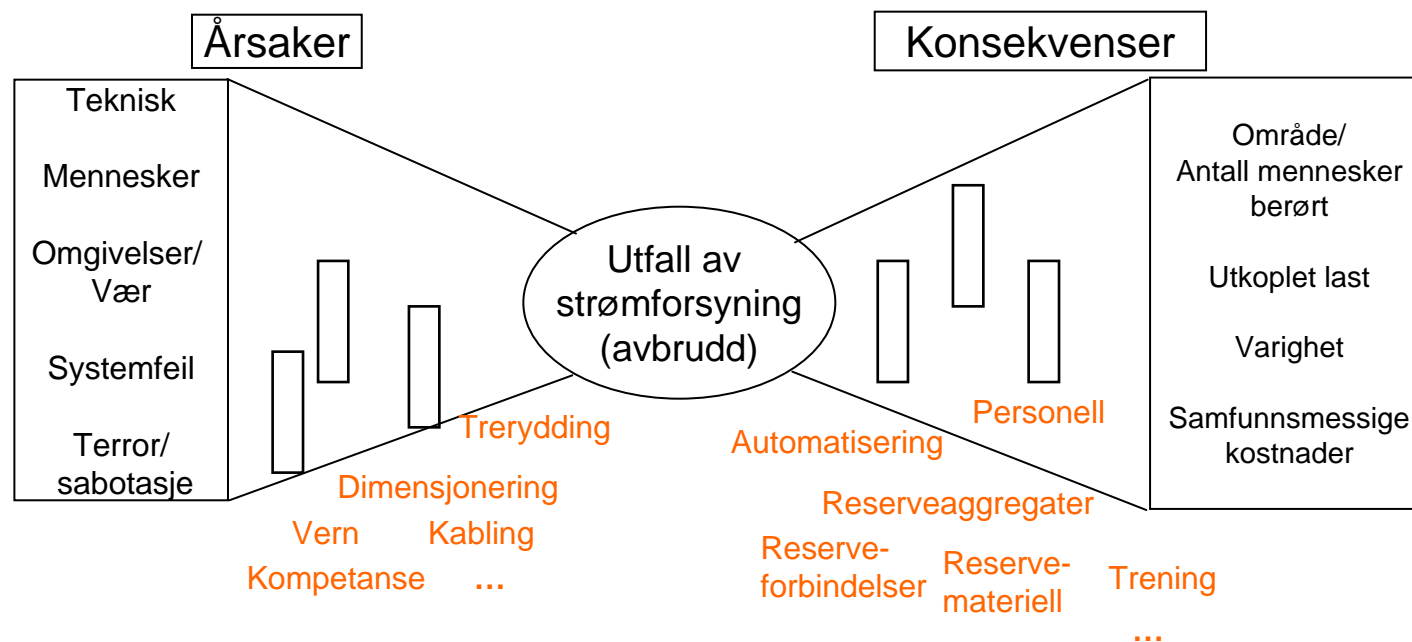


Utetiden kortvarig, oftest 0,5 – 1 time
Driften gjenopprettes ved omkobling
Mange mennesker berørt, i store områder
Stor medieinteresse
Høy KILE

DECRIIS: Konsekvenser for øvrige infrastrukturer

- Må kartlegges separat:
- Fjernvarme
 - Varmepumper, elkjeler mm
- Vann og avløp
 - Pumpestasjoner, ventiler mm
- Transport
 - Kjørestrøm, styrestrøm, signalanlegg, trafikklys, tunnellys, vifter mm
- IKT
 - Basestasjoner for mobiltelefoni, strømforsyning mm

DECRIS: Barrierer – eksempler



Forskrift om beredskap i kraftforsyningen
Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet

DECRIIS: Barrierer (Oslo, konsekvens)

- Regionalnettet dimensjonert for N-1 etter omkobling for gjenoppretting etter utfall av en hovedkomponent
- Transformorkapasitet mot distribusjonsnettet
 - Hurtig reserve
 - kan kobles om fra driftssentral
 - Treg reserve
 - manuelle koblinger
- Noen sterke forbindelser i distribusjonsnettet mellom forsyningsområdene
- Andre beredskapstiltak
 - Provisoriske løsninger, bruk av reserveaggregater, flytting av transformatorer, utkobling av elkjeler, sonevis utkobling mm.

Hvilke årsakssammenhenger kan gi de kritiske utfallskombinasjonene?

Konsekvenser for leveringspunkter

Ekspertvurderinger
Feilstatistikk
Klimainformasjon
Tidligere hendelser

Utfall i strøm-
forsyning

Simuleringer
(lastflyt, **leverings-
pålitelighetsanalyse**)
Ekspertvurderinger
Tidligere hendelser

Utfallsanalyse
Simuleringer
Ekspertvurderinger
Klimainformasjon

OPAL

1. Definer nett, analysedybde og driftstilstander

For hver driftstilstand:

2. Generer liste med potensielt kritiske utfallskombinasjoner

- Alle enkeltutfall
- Alle avhengige dobbeltutfall
 - Fellesfeil (f.eks. 2 kraftledninger i samme trasé)
 - Vern- og bryterfeil medfører utfall av naboenheter
- Brukerspesifiserte høyere ordens utfall

3. Konsekvensanalyse for hver utfallskombinasjon

- Beregn tilgjengelig kapasitet for hvert leveringspunkt for alle driftstilstander

4. Beregn leveringspålitelighetsindekser for aktuelle leveringspunkt

Neste driftstilstand

5. Presenter resultater

Type data:

Kraftsystemets oppbygning (topologi, plassering av produksjon, plassering av vern mm)

Anleggs-/komponentdata (type, lengde, ytelse/kapasitet, impedans mm)

Belastningsdata (effekt, energi, type belastninger mm)

Demografiske data (befolkningstetthet, type sluttbrukere mm)

Feildata (feilårsaker, sannsynligheter og dels konsekvenser på anleggs-/komponentnivå)

Avbruddskostnadsdata

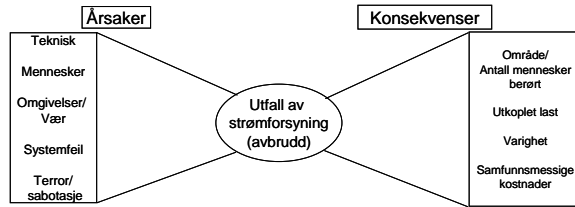
Klimadata (vindstyrker, temperaturer mm)

Noen data er "enkle" å etablere, andre er vanskelige/kompliserte

Det må gjøres forutsetninger/antakelser

Avhengigheter med andre infrastrukturer – en spesiell utfordring

DECRIS: Leveringspålitelighetsindekser



Indekser pr leveringspunkt

λ	antall/år
U	timer/år
r	timer/avbrudd
P_{avbr}	kW eller MW/år
ILE	kWh eller MWh/år
IC (KILE)	kr/år

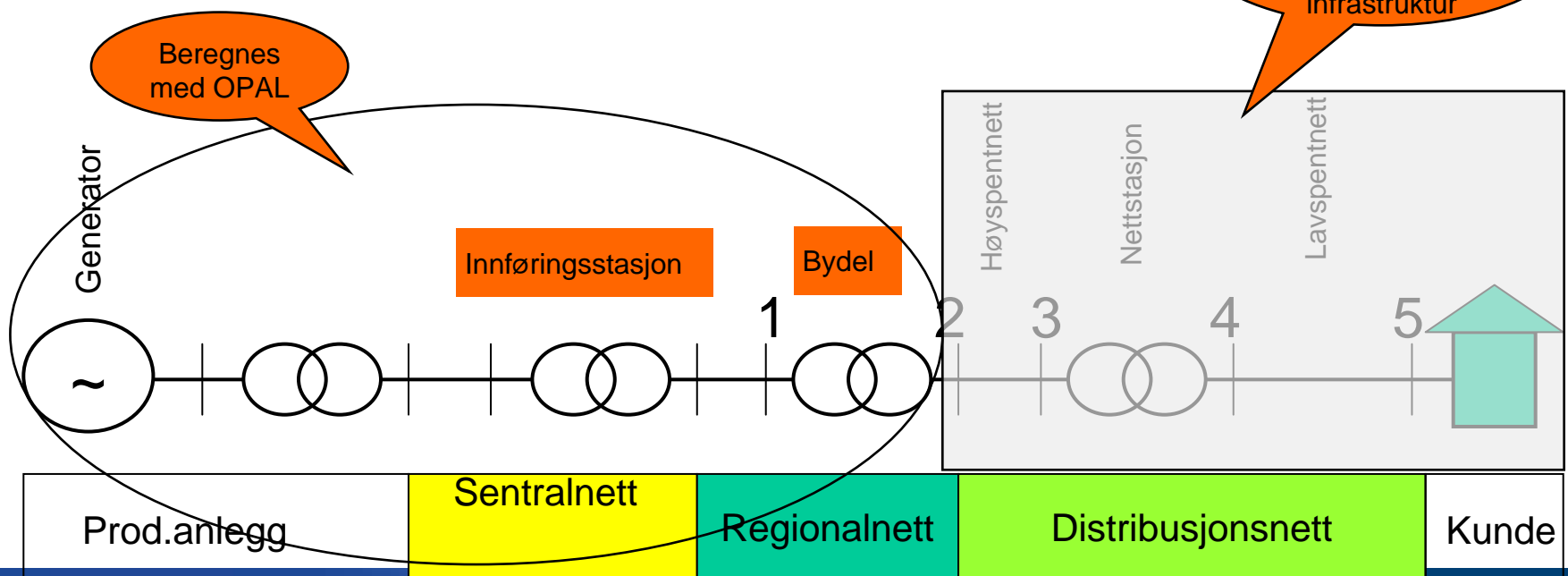
Kan beregnes for ulike driftstilstander

I tillegg:

- Tilgjengelig kapasitet til å forsyne leveringspunktet, for hver utfallskombinasjon og hver driftstilstand
- Hvilke utfallskombinasjoner som er kritiske for et gitt leveringspunkt og hvor mye disse bidrar til indeksene

DECRIIS: Oslo-case

- Valgt case:
 - Avbrudd for **Bydel** (regionalnetts-/ transformator-stasjon)
 - Kartlegger elektrisk konsekvens og avbrudd for sluttbrukere (**Bydel**) vha **metodikk for beregning av leveringspålidelighet i kraftnett (OPAL)**
- Konsekvenser for øvrige infrastrukturer (vann og avløp, transport, IKT mm): Hva/hvilke punkter og funksjoner blir berørt?



DECRIIS: Oslo-case – eksempler på resultater

Tabell 1 Avbruddsforhold beregnet for leveringspunkt i 33 kV nett. Alt. a) Enkeltutfall linjer. NB! Ikke hensyntatt reserve/ omkoblingsmuligheter.

Leveringspunkt	Antall avbrudd pr år	Varighet pr år (timer/år)	Varighet pr avbrudd (timer/avbrudd)	Ikke levert energi (MWh/år)
Regionalnettstasjon A	0,12	13	101	46
Regionalnettstasjon B	0,07	7	101	69

Omkoblingsmuligheter og reserver i underliggende nett ikke representert

Tabell 2 Avbruddsforhold beregnet for leveringspunkt i 33 kV nett. Alt. f) Enkeltutfall linjer og transformatorer samt dobbeltutfall nabolinjer. Alle utetider lik 1 time

Leveringspunkt	Antall avbrudd pr år	Varighet pr år (timer/år)	Varighet pr avbrudd (timer/avbrudd)	Ikke levert energi (MWh/år)
Regionalnettstasjon A	0,15	0,15	1	0,7
Regionalnettstasjon B	0,11	0,11	1	1,0

Alle utetider lik 1 time

Tabell 3 Avbruddsforhold beregnet for leveringspunkt i 33 kV nett. Alt. e) Enkeltutfall linjer og transformatorer samt avhengige feil (common mode/ fellesføringer). NB! Ikke hensyntatt reserve/ omkoblingsmuligheter

Leveringspunkt	Antall avbrudd pr år	Varighet pr år (timer/år)	Varighet pr avbrudd (timer/avbrudd)	Ikke levert energi (MWh/år)
Regionalnettstasjon A	3,0	214	71	2340
Regionalnettstasjon B	0,12	45	360	292

Omkoblingsmuligheter og reserver i underliggende nett ikke representert

DECRIS: Kritiske utfall for leveringspunkter

- Regionalnettstasjon A:
 - Enkeltutfall av fem ulike transformatorer (i sentral- og regionalnettsstasjoner)
 - Enkeltutfall av fire ulike kabler fra innføringsstasjoner
 - Common mode: Utfall av flere kabler i samme grøft
- Regionalnettstasjon B:
 - Enkeltutfall av tre forskjellige kabler fra innføringsstasjoner
 - Common mode: Utfall av flere kabler i samme bro

DECRIIS: Eks. konsekvenser for vannforsyning

Tabell 1 Avbruddsforhold beregnet for leveringspunkt i 33 kV nett. *Alt. f) Enkeltutfall linjer og transformatorer samt dobbeltutfall nabolinjer.* Alle utetider lik 1 time. Årlige indekser.

Ulike
forsynings-
punkter i
Oslo

Delivery point	Lambda (No/yr)	U (h/yr)	r (h/interr)
1	0,28736	0,287346	0,999953
2	0,267497	0,267488	0,999969
3	0,154827	0,15482	0,999956
4	0,080588	0,080585	0,999961
5	0,351001	0,350989	0,999966
6	4,04E-06	2,02E-06	0,5
7	0,11404	0,114035	0,999957
8	0,327721	0,327708	0,999961

Komponenter i vannforsyning som vil kunne påvirkes:

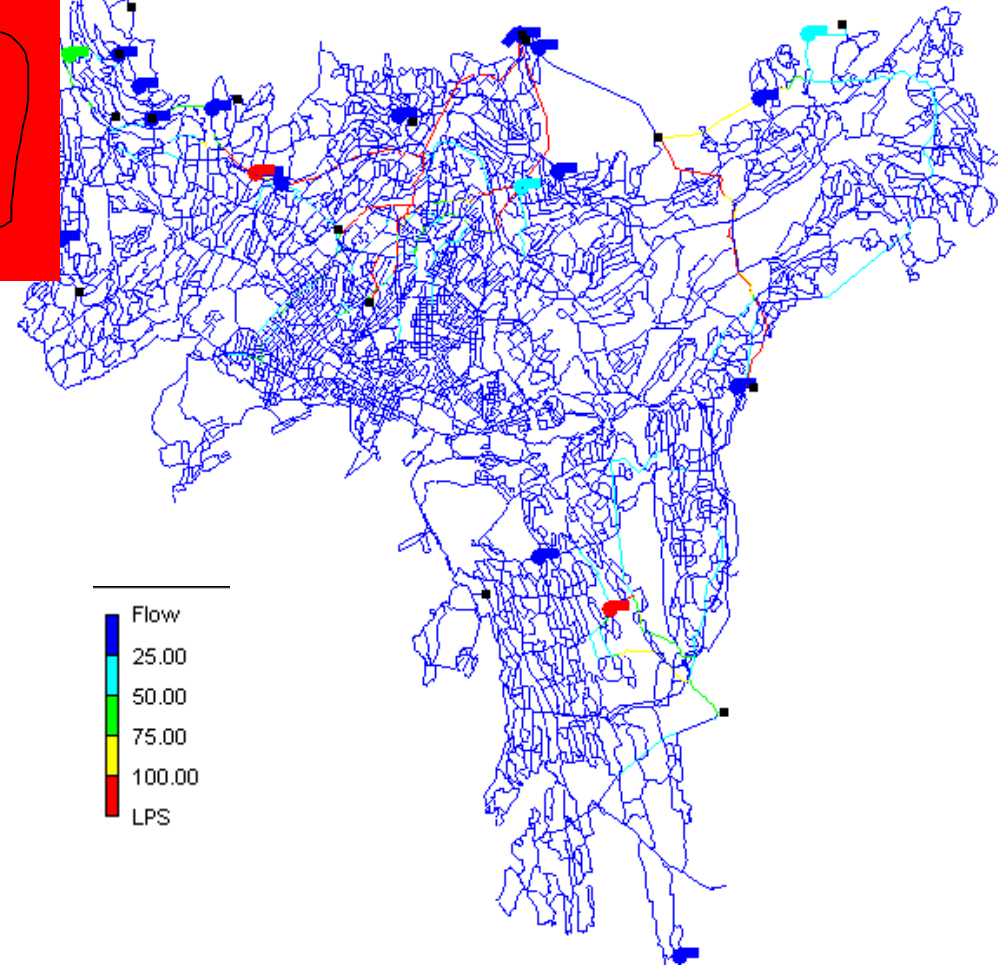
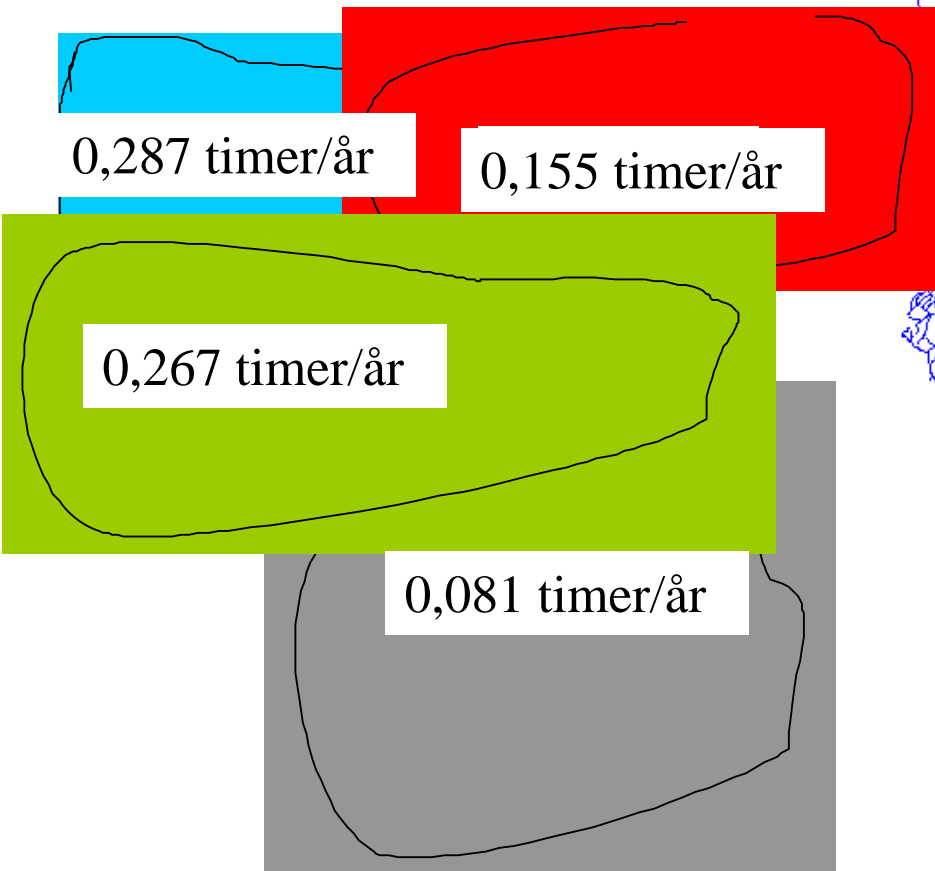
- Pumpestasjoner (nødstrøm?)
- Vannbehandling (nødstrøm)
- Fjernstyring av utstyr/ventiler

NB: Mange viktige forbrukere/"Sårbare abonnenter".

DECRIS: GIS analyser for å koble informasjon

Utfall i strømforsyning (t/år)

Vannpumpestasjoner



NB: Polygon og verdier ikke geografisk korrekt (anonymisert)

DECRIIS: Metodiske utfordringer

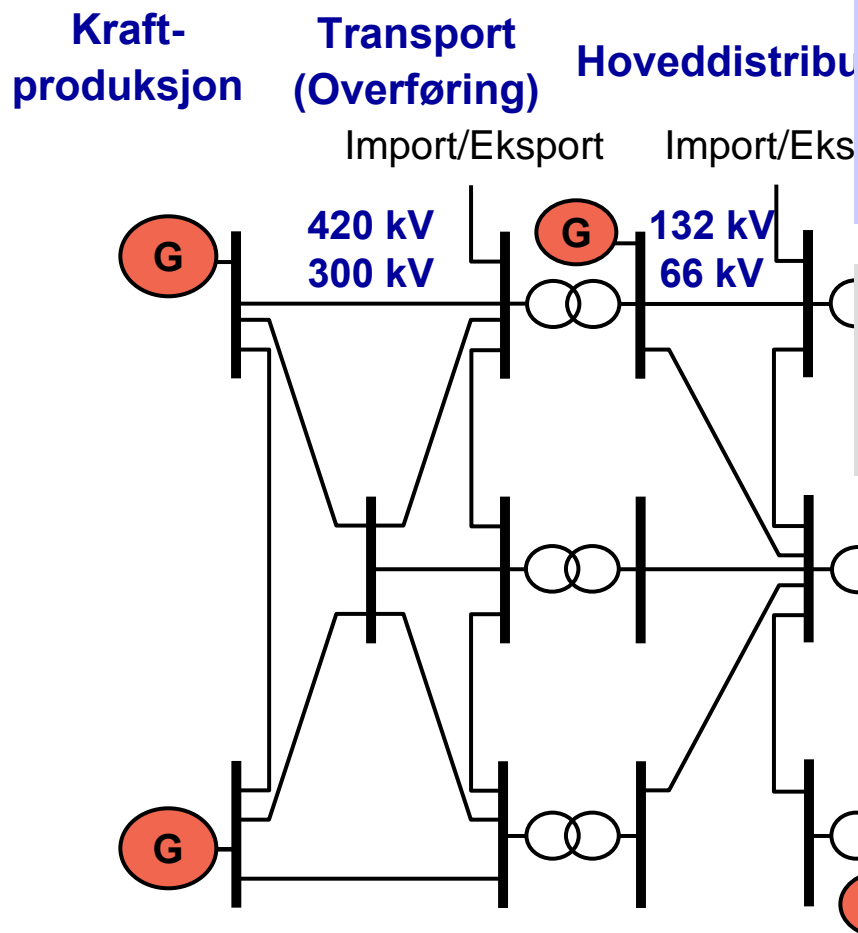
- Kunnskap om hvilke sluttbrukere som er plassert hvor og hvilke som skal prioriteres ved gjenoppbygging av forsyning (liv og helse prioritert)
- Konsekvenser for ulike sluttbrukere og øvrige infrastrukturer – må kartlegges separat av de berørte. Fordrer kunnskap om hva som finnes av reserve og beredskap hos sluttbruker
- Kartlegging av konsekvens for ulike typer årsaker/ hendelser
- Kunnskap om avhengigheter innenfor egen infrastruktur (common mode-feil) (dataunderlag) og sannsynligheter for slike feil
- Fellesfeil og andre avhengigheter mellom infrastrukturer:
 - Kunnskap og informasjon om fellesføringer i grøfter, kulverter, tunneler, broer og om hvilke typer fellesfeil som kan oppstå (graving, brann med mer.)
 - Kunnskap om fysiske/geografiske og logiske/ funksjonelle koblinger til andre infrastrukturer
 - **Informasjonsbehov om fellesføringer og funksjonelle/logiske avhengigheter (systemkunnskap) mm – krever samarbeid mellom flere aktører!**
- Videreutvikle metodikk/verktøy for beregning av leveringspålitelighet (OPAL) til å håndtere alle fenomener av betydning samt ulike drifts- og gjenoppbyggingsstrategier (barrierer mht varighet av hendelser)
- Håndtering av informasjon unntatt offentlighet

Ekstra slides

DECRIIS: Gjenopprettingstid

- Omkobling mulig fra driftssentral
 - Utetid inntil 1 time
- Omkobling ute i distribusjonsnettet
 - Utetid inntil 4 - 24 timer
- Flytting av transformatorer
 - Utetid inntil 4 døgn
- N-2 situasjoner i regionalnettet
 - Utetid inntil 4 døgn

DECRIIS: Det norske kraftsystemet



Avbruddsstatistikk (NVE) for 2006:
Gj. snitt pr leveringspunkt i Oslo:
0,73 avbrudd > 3 min.
Varighet ca 1 time pr avbrudd

Gj. snitt for Norge:
3 avbrudd > 3 min.
Varighet ca 1,4 timer pr avbrudd

Inkluderer planlagte utkoplinger
(varslede avbrudd)