

# Behovsanalyse for ny sentralnettsløsning Oslo og Akershus

---

**Nettplan Stor-Oslo**

---

01.11.2011





# Om prosjektet «Nettplan Stor-Oslo»

---

**Prosjektleder:** Kyrre Nordhagen  
**Prosjekteier:** Gunnar Løvås  
**Nettside:** [www.statnett.no/storoslo](http://www.statnett.no/storoslo)

## Om rapporten:

**Prosjektnummer:**  
13160

Statnett har igangsatt et prosjekt kalt "Nettplan Stor-Oslo". Formålet med prosjektet er å etablere en helhetlig plan for utviklingen av sentralnettet i området frem mot 2050. Prosjektet gjennomføres i samarbeid med Hafslund.

**Prosjektnavn:**  
Nettplan Stor-Oslo

**Prosjektleder:**  
Kyrre Nordhagen

## Brief summary in English

The electrical power system in Oslo and Akershus has been developed through the last 100 year, and consists of a broad variety of technical standards and capacities. Most components in the transmission grid will need rehabilitation the next decades. Therefore, Statnett has initiated a transmission grid development plan for the period from 2013 until 2050. This report summarizes the results from the first project phase, and identifies the needs relevant for development of the power grid.

**Prosjektdeltakere:**  
Even Ungersness  
Knut Karijord  
Tina D. Bystøl  
Kristin M. Vie  
Lars Svindal

The national grid transports electricity from power plants to consumption areas. Power supply is a critical infrastructure in a modern society. Society's dependence on electrical power has increased substantially in recent years. Security of supply is therefore the main task for the transmission grid.

The population, and hence the power demand, has increased substantially after 1990. This has not been followed by investments in the transmission grid. The capacity limit of the transmission system has periodically been reached. The population growth is expected to continue, but due to an increasing focus on energy efficiency, it is uncertain if the power consumption will increase accordingly after 2020. The need for renewal yields an opportunity to consider whether to also strengthen the network and improve the structural solutions. Such solutions may result in large system improvements and may give a more beneficial land use.

The renewal of the transmission grid will be challenging while still operating the system. Controlled disconnections must be organized in order to maintain acceptable security of supply. Renewal of the central grid using existing gates can be done if disconnection of the line is possible while work is in progress. Hence, it is important that the transmission lines are renewed well in advance of power consumption growth in the area, while there is still some flexibility in the system.

# Sammendrag

---



Det er behov for en overordnet plan for hvordan kraftnettet i regionen skal utvikles. Statnett har derfor igangsatt prosjektet "Nettplan Stor-Oslo" som skal etablere en slik plan for perioden fra 2013 frem mot 2050. Planen vil legge føringer for hvilke prosjekter Statnett vil gjennomføre i området og rekkefølgen av disse. Prosjektet gjennomføres i samarbeid med Hafslund.

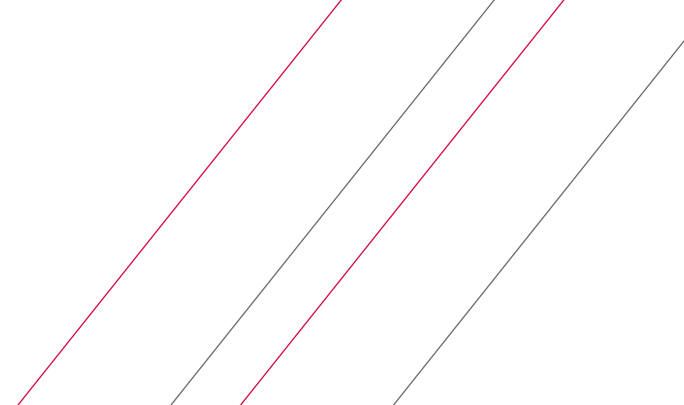
En rekke hensyn må ivaretas ved utviklingen av et nytt sentralnett. Helt overordnet er problemstillingen hvordan en best kan utvikle sentralnettet, for å sikre kraftforsyningen til regionen, samtidig som en ivaretar de ulike behovene knyttet til areal og miljø. Forhold knyttet til arealbruk ansees som særlig krevende i Oslo og Akershus.

## **Sentralnettet skal gi tilstrekkelig forsyningssikkerhet**

Sentralnettets rolle er å transportere kraften fra områder hvor den produseres til forbruksområder. Sikker strømforsyning er en forutsetning for et moderne samfunn, fordi de fleste funksjoner er avhengig av tilgang på kraft. Samtidig er reserveløsninger lite utbredt i Norge. Samfunnets avhengighet av kraft har økt betydelig de senere år. En viktig årsak til dette er en økende avhengighet av elektronikk og kommunikasjon, inkludert betalingsløsninger.

Osloregionen er det området i Norge hvor konsekvensene av strømbrudd vil være størst, fordi trafikkavviklingen og oppvarming av mange boliger er strømvhengig. Kraftproduksjonen i Oslo og Akershus er minimal sammenlignet med forbruket, og sentralnettsledningene er derfor helt avgjørende for strømforsyningen til området.

Etter 1990 har forbruket økt med 30 % uten vesentlige investeringer i økt kapasitet i sentralnettet. I topplastperioder er flere av ledningene til regionen belastet helt opp mot sin kapasitetsgrense. Den ledige kapasiteten som tidligere fantes i systemet, er nå langt på vei utnyttet. Samtidig forventer man en befolkningsvekst fra dagens 1,1 millioner innbyggere til opp mot ca 2 millioner innen 2050. Dette vil trekke i retning av en fortsatt vekst i strømforbruket. På grunn av et økende fokus på energieffektivisering er det imidlertid usikkert hvor sterk denne veksten i strømforbruket blir over tid.



---

## Nettet i regionen må oppgraderes og det gir en mulighet til å finne bedre løsninger enn dagens

Kraftsystemet i Oslo og Akershus er utviklet over 100 år. I denne perioden har det skjedd store endringer i teknisk standard på kraftledninger og i behovene som er lagt til grunn ved utbygging. Man regner med ca 70 års levetid for ledninger og 50 år for transformatorstasjoner og kabler. Transformatorstasjonene og ledningene i sin nåværende form er stort sett fra 1950-1980. Basert på dette, må store deler av nettet fornyes de neste tiårene.

Når Statnett uansett må gjøre oppgraderinger i sentralnettet, må en samtidig vurdere å forsterke nettet og dermed øke kapasiteten. Strukturelle grep som gir en mer helhetlig løsning bør også vurderes dersom dette gir store systemmessige forbedringer eller en mer gunstig arealbruk. Det viktigste tiltaket for å forsterke sentralnettet i Oslo og Akershus vil innebære å spenningsoppgradere ledninger og transformatorstasjoner fra 300 kV til 420 kV.

Befolkningsveksten i Oslo og Akershus vil kreve arealer for boligformål. Både sentral- og regionalnett båndlegger betydelige arealer og med økt arealknapphet vil disse arealene få økt attraktivitet og verdi. Det bor et betydelig antall personer i nærheten av en sentralnetts- eller regionalnettsledning i Oslo og Akershus. Med fremtidig befolkningsvekst og tilhørende fortetting kan dette øke. En fortetting rundt traséene kan gi et økt konfliktnivå. Det er derfor sentralt at fremtidens nett utvikles på en mest mulig arealeffektiv måte og i samarbeid med ulike lokale- og regionale myndigheter med tanke på areal-disponering. I tillegg vil virkemidler som kan redusere det visuelle inntrykket vil være viktig i framtidens sentralnett. Aktuelle virkemidler kan være forsterkninger som gir rom for strukturelle endringer, bedre design eller bruk av kabelløsninger.

For å oppnå slike løsninger, kan det kreves en annen og dyrere nettløsning enn det som er strengt nødvendig for å sikre tilstrekkelig forsyningssikkerhet. I slike tilfeller er det usikkert om det er mulig å sikre full finansiering innenfor Statnetts rammer. For å få gjennomført slike løsninger kan det derfor bli nødvendig å hente finansiering fra alternative kilder. En mulig løsning er at Statnett bidrar med finansiering tilsvarende den nødvendige utbyggingen, og at grunneierne, kommunen eller andre bidrar med mellomlegget for å oppnå egne fordeler.

## Oppgradering innenfor dagens arealbruk krever at det finnes ledig kapasitet i ombygningsperioden

Oppgradering av sentralnettet i et område kan gjøres ved at den eksisterende ledningen kobles ut i korte eller lengre perioder mens arbeidet pågår. Dersom ledningen ikke kan kobles ut, må man bygge en ny ledning ved siden av den gamle, alternativt i en helt ny trasé, før den gamle ledningen rives og gammel trasé frigjøres. I Norges tettest befolkede område ansees dette som svært krevende. Av denne årsak er det viktig at sentralnettet fornyes i forkant av ytterligere forbruksøkninger, mens det fortsatt er en viss fleksibilitet i systemet.

## Prosjektet gjennomføres i tre faser og skal resultere i en overordnet plan

Denne rapporten oppsummerer utredningene fra første fase i prosjektet som avdekker behov i regionen som har betydning for utvikling av kraftnettet. Neste fase av prosjektet vil fokusere på ulike alternative løsninger som kan oppfylle behovene som er identifisert. Tredje og siste fase av dette prosjektet skal utvikle en plan for utvikling av sentralnettet i Oslo og Akershus.

# Innholdsfortegnelse

---

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Om prosjektet «Nettplan Stor-Oslo»</b>                                                        | 3  |
| Brief summary in English                                                                         | 3  |
| <b>Sammendrag</b>                                                                                | 4  |
| Sentralnettet skal gi tilstrekkelig forsyningssikkerhet                                          | 4  |
| Nettet i regionen må oppgraderes og det gir en mulighet til å finne bedre løsninger enn dagens   | 5  |
| Oppgradering innenfor dagens arealbruk krever at det finnes ledig kapasitet i ombygningsperioden | 5  |
| Prosjektet gjennomføres i tre faser og skal resultere i en overordnet plan                       | 5  |
| <b>1 Innledning</b>                                                                              | 8  |
| 1.1 Bakgrunn og problemstilling                                                                  | 8  |
| 1.2 Målsetninger i prosjektet                                                                    | 8  |
| 1.3 Avgrensning og omfang                                                                        | 9  |
| 1.4 En Nettpplan for Oslo og Akershus skal utvikles i tre faser                                  | 9  |
| 1.5 Rapporten oppsummerer utredningene som er gjort i første fase                                | 11 |
| 1.6 Leserveiledning                                                                              | 12 |
| <b>2 Kraftsystemet i regionen er utviklet over 100 år</b>                                        | 13 |
| 2.1 Fra kull til vannkraft rundt 1900                                                            | 13 |
| 2.2 Kraftoverføringer fra andre regioner startet i 1922                                          | 14 |
| 2.3 Stor utbygging av vannkraft og kraftledninger i 1950 til 1980-tallet                         | 15 |
| 2.4 Etter 1990 har investeringer i sentralnettet i Oslo og Akershus stoppet opp                  | 16 |
| <b>3 Uten kraft stopper samfunnet opp</b>                                                        | 17 |
| 3.1 Kraftsystemet er en samfunnskritisk infrastruktur                                            | 17 |
| 3.2 All verdiskaping er avhengig av strøm                                                        | 18 |
| 3.3 Det har skjedd omfattende strømbrudd senere år                                               | 19 |
| 3.4 Konsekvenser ved strømbrudd er størst i byer og tettbygde strøk                              | 20 |
| <b>4 Flere forhold styrer utviklingen av sentralnettet</b>                                       | 21 |
| 4.1 Høye forventninger til forsyningssikkerhet                                                   | 21 |
| 4.2 Forventninger til forsyningssikkerhet kan bli høyere i framtiden                             | 22 |
| 4.3 Kraftsystemet er komplisert å drifte                                                         | 22 |
| 4.4 Sentralnettet skal bidra til et velfungerende kraftmarked                                    | 23 |
| 4.5 Fornyelse av sentralnettet krever ledig kapasitet i systemet                                 | 25 |
| 4.6 Finansiering                                                                                 | 26 |

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>5 Sentralnettet i regionen er høyt belastet</b>                      | 28 |
| 5.1 Strømforbruket i Oslo og Akershus har økt med 30 prosent siden 1990 | 28 |
| 5.2 Oslo og Akershus er avhengig av import av kraft fra andre områder   | 29 |
| 5.3 Ingen forsterkning av nettet etter 1990                             | 30 |
| 5.4 Enkelte trafostasjoner skal utbedres innen 2015                     | 30 |
| 5.5 Forsyningssikkerheten redusert ved langvarige utfall                | 31 |
| 5.6 Kraftsystemet begrenses av flaskehalser i Oslo-regionen             | 32 |
| <b>6 Usikker utvikling i kraftforbruket mot 2050</b>                    | 33 |
| 6.1 Hva vil bestemme kraftforbruket i framtiden?                        | 33 |
| 6.2 Vil vi få høy eller lav vekst i kraftforbruket mot 2050?            | 35 |
| 6.3 Kan vi få en mer fleksibel etterspørselsside?                       | 37 |
| 6.4 Forventning om forskjeller i utviklingen                            | 38 |
| <b>7 Sentralnettet i regionen må oppgraderes</b>                        | 39 |
| 7.1 Sentralnettet må oppgraderes grunnet høy alder                      | 39 |
| 7.2 Hvordan oppgradere?                                                 | 40 |
| 7.3 Økt spenningsnivå reduserer tap og øker arealeffektiviteten         | 40 |
| 7.4 Oppgradering er mulig innenfor dagens areal                         | 42 |
| 7.5 Kostnader for oppgraderinger av sentralnettet                       | 43 |
| <b>8 Areal til sentralnett er krevende i tettbygde strøk</b>            | 45 |
| 8.1 Kraftledninger båndlegger 35 000 dekar                              | 45 |
| 8.2 Et stort antall personer bor i nærheten av en kraftledning          | 46 |
| 8.3 Ledningstraséer kan påvirke utviklingen av et område                | 48 |
| 8.4 Hvordan finne gode løsninger?                                       | 49 |
| <b>9 Neste fase i prosjektet</b>                                        | 53 |
| 9.1 Neste steg i prosjektet                                             | 53 |
| 9.2 Innspill fra interessenter                                          | 54 |
| 9.3 Kvalitetssikring                                                    | 54 |
| <b>Referanseliste</b>                                                   | 55 |



# 1 Innledning

---



## 1.1 Bakgrunn og problemstilling

Oslo og Akershus har den største befolkningstettheten i Norge. Antall innbyggere er i dag på ca. 1,1 millioner, noe som utgjør 20 prosent av landets befolkning. Fremskrivningene til SSB og kommunenes egne prognoser antyder fortsatt sterk befolkningsvekst. I 2050 kan befolkningen i Oslo og Akershus være opp mot 2 millioner. En slik vekst vil føre til et sterkt press på arealer. I tillegg vil det føre til et økt behov for infrastruktur, både vei, kollektivtrafikk, vann og avløp i tillegg til kraft. Behovet for tiltak i sentralnettet kan kort oppsummeres gjennom følgende forhold:

- Nettet i regionen er utviklet over lang tid, der de eldste komponentene er over 80 år gamle. Behovet for utskiftning grunnet alder og slitasje vurderes som stort.
- De siste store investeringene i området ble gjort fram til 1990. Nettet ble da bygd med god margin for å håndtere en økning i forbruket og fungere som reserve ved feil. Grunnet en økning i effektforbruket på 30 prosent i Oslo og Akershus, er denne marginen langt på vei utnyttet.
- Nettet i regionen er i perioder belastet opp mot sin maksimale kapasitetsgrense. Vinteren 2010 ble det observert den høyeste forbrukstoppen noensinne.

For å sikre en helhetlig løsning i utviklingen av nettet, er det behov for en overordnet plan for hvordan denne utviklingen kan skje. Statnett har derfor igangsatt prosjektet "Nettplan Stor-Oslo" som skal etablere en slik plan for perioden 2013 frem mot 2050. Planen vil legge føringer for hvilke prosjekter Statnett vil gjennomføre i området og rekkefølgen av disse i tiden framover. Prosjektet gjennomføres i samarbeid med Hafslund.

## 1.2 Målsetninger i prosjektet

Den overordnede målsetningen i prosjektet er å sikre den langsiktige forsyningen av kraft til Oslo og Akershus. Å ha en sikker strømforsyning er viktig for mange forhold. Sentrale samfunnsfunksjoner som handel, kommunikasjon og kollektivtransport stopper opp ved strømbrydd. I et moderne samfunn er behovet for sikker forsyning økende, både i dagligliv og næringsliv, og en forutsetning for verdiskaping og utvikling.





For å kutte klimagassutslipp, vil elektrisitet sammen med andre rene energibærere ta over for fossilt drivstoff i biler, maskiner og bygninger. En forventer en betydelig vekst i elektriske biler frem mot 2050 og dette må strømmettet være dimensjonert for. Således er strømforsyningen sentral for å oppnå gode klimaløsninger.

I tillegg søker vi å finne løsninger som gir en effektiv arealbruk og som påvirker folk og miljø i minst mulig grad. Sentralnettet i regionen er bygd opp i en periode på ca 100 år. I denne perioden har det skjedd store endringer i teknisk standard på kraftledninger og i behovene som er lagt til grunn ved utbygging. I arbeidet med en Nettplan Stor-Oslo, vil Statnett legge vekt på å finne løsninger som er mer optimale i forhold til dagens, og framtidens, behov.

### **1.3 Avgrensning og omfang**

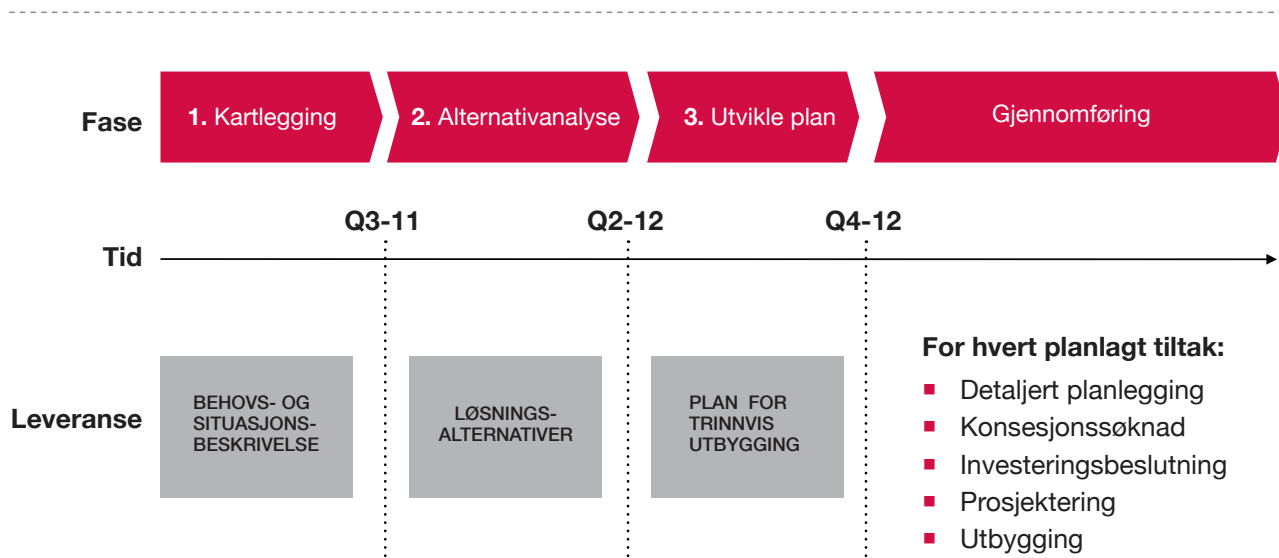
Kraftnettet i Norge omfatter sentralnett, regionalnett og distribusjonsnett. Dette prosjektet vil ha hovedfokus på utviklingen av sentralnettet i Oslo og Akershus. Samspillet med regionalnettet er sentralt, og prosjektet gjennomføres derfor i samarbeid med Hafslund som har ansvar for regional- og distribusjonsnettet i området.

Sentralnettet som forsyner Oslo og Akershus er omfattende. Ledningsnettet består av 21 ledninger på til sammen ca. 1000 km. I tillegg er det 11 transformatorstasjoner i overgangen til regionalnettet. Omfanget, sammen med tekniske løsninger fra ulike tidsepoker, gjør sentralnettet i regionen til et komplisert og sammensatt system.

Til sammen kan 35 kommuner i Oslo, Akershus, Buskerud og Oppland komme til å bli berørt av planer omfattet av Nettplan Stor-Oslo. Utvikling av sentralnettet må følge utviklingen av samfunnet for øvrig. Dermed blir kommunal- og fylkeskommunal planlegging et viktig grunnlag for prosjektet. I første fase av arbeidet med Nettplan Stor Oslo er det derfor holdt møter med en rekke kommuner og andre aktører for å informere om dette prosjektet og få en innsikt i viktige utviklingsplaner. Dette arbeidet vil fortsette gjennom hele prosjektet.

### **1.4 En Nettplan for Oslo og Akershus skal utvikles i tre faser**

En overordnet plan for utvikling av sentralnettet i Oslo og Akershus skal legges fram innen utgangen av 2012. Et første forslag til plan vil sendes på høring i løpet av sommerhalvåret 2012, og endelig plan forventes besluttet innen utløpet av samme år. Prosjekter for fornyelse av sentralnettet i Oslo og Akershus som inngår i nettplanen, vil tidligst dermed kunne konsesjonssøkes i 2013.



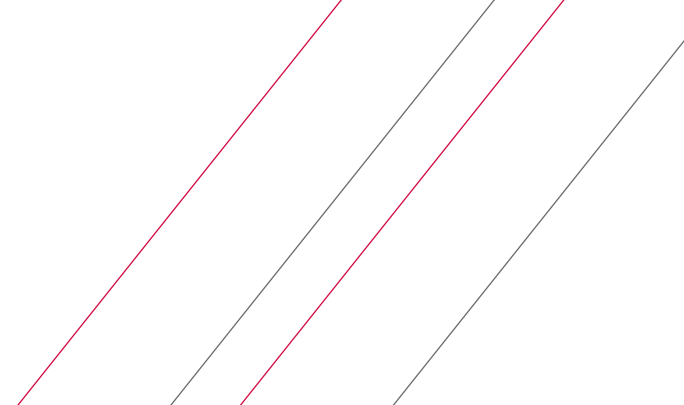
**Figur 1**

Faser og overordnet tidsplan for gjennomføring av prosjektet.

**Fase 1 er en behovsanalyse.** I denne fasen skal behovet for utviklingen av nettet identifiseres og beskrives. Dette inkluderer behov på forbruks-siden, systemmessige krav og en oversikt over tilstanden på dagens ledninger og transformatorstasjoner og muligheter for fornyelse og forsterkninger i nettet. Forhold knyttet til arealbruk og en oversikt over dagens arealkonflikter er også inkludert. Resultatene fra denne fasen skal legge grunnlaget for det videre arbeidet i å identifisere alternative løsninger.

**Fase 2 er en alternativanalyse.** I denne delen av prosjektet, skal man identifisere og analysere ulike alternativer som kan oppfylle behovene som er identifisert i fase 1. Dette kan være ulike tekniske og system-messige løsninger for nettutbygging og hvordan disse påvirker forsyningssikkerheten, arealbruk og miljø. I tillegg til å vurdere ulike løsninger på nettsiden, skal man også vurdere alternativer som kan redusere behovet for forsterkning og utbygging av nett.

**Fase 3 er å utvikle en plan.** Basert på det behovet som er identifisert i fase 1 og analysen av ulike alternativer som er gjort i fase 2 av prosjektet skal en i denne fasen utarbeide en plan for utviklingen av sentralnettet i Oslo-området. Den skal inneholde anbefalinger for trinnvis utvikling av sentralnettet i Oslo og Akershus, en overordnet beskrivelse av de anbefalte tekniske løsningene og hvilke konsekvenser disse får for arealbruk og miljø. I tillegg skal samfunnsøkonomien for de anbefalte løsningene beskrives, og prinsipper for finansiering dersom planen inneholder tiltak som ikke kan finansieres over Statnett sine budsjetter med dagens regulering.



Nettplanen skal gi en overordnet og helhetlig løsning for sentralnettet i Oslo og Akershus, og vil inneholde en oversikt over mange ulike tiltak over mange år. Hvert enkelt tiltak i planen må imidlertid igjennom en omfattende og formell beslutningsprosess før bygging kan starte. Alle vesentlige endringer i sentralnettet krever konsesjon fra NVE. Statnett utarbeider konsesjonssøknader som bl.a. skal inneholde samfunnsøkonomiske analyser og dokumentasjon på hvilke effekter tiltaket har på kraftsystemet, forsyningssikkerheten, befolkning og miljø. Som en del av konsesjonsprosessen for hvert tiltak, sendes forslag til løsning ut på høring.

## 1.5 Rapporten oppsummerer utredningene som er gjort i første fase

Denne rapporten oppsummerer utredningene som er gjort i fase 1 i prosjektet. Behovsanalysen har bestått av fem ulike delprosjekter:

| Delprosjekt              | Beskrivelse                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Effekt- og energianalyse | Delprosjektet har utarbeidet tre ulike scenarioer for forventet framtidig behov for strøm (energi) og maksimal topplast (effekt) i Oslo og Akershus fram mot 2050.                                      |
| System- og nettanalyse   | Delprosjektet har gjennomført en systemmessig analyse og gjort vurderinger knyttet til forsyningssikkerhet, belastning på de enkelte ledningene i området og systemmessige flaskehalser i dagens system |
| Anlegg og teknologi      | Delprosjektet har kartlagt status på dagens ledninger og transformatorstasjoner, samt gjort en vurdering av hva som kreves for å forsterke anleggene opp til en moderne standard (420 kV)               |
| Areal, miljø og design   | Delprosjektet har utarbeidet en beskrivelse av arealbruken i dagens sentralnett i utvalgte kommuner i regionen                                                                                          |
| Finansiering             | Delprosjektet har gjort vurderinger knyttet til finansiering av tiltak i sentralnettet dersom de ikke kan faller inn under Statnetts normale finansiering                                               |

Fra dette arbeidet er det utarbeidet tre rapporter som er tilgjengelige på Statnetts hjemmeside. I tillegg til denne sammendragsrapporten som oppsummerer funn i alle delprosjektene, har prosjektteamet utarbeidet rapporter som oppsummerer arbeidet i de to delprosjektene "Energi- og effektbehov" og "Areal, miljø og design".



## 1.6 Leserveiledning

De to neste kapitlene er ment å gi leseren innsikt i hva som ligger til grunn ved utvikling av et kraftsystem. Kapittel 2 gir et innblikk i den historiske utviklingen av kraftnettet i regionen. I kapittel 3 beskrives avhengigheten av strøm og konsekvensene av strømbrydd. Kapittel 4 tar for seg forhold som styrer utviklingen av sentralnettet. Både overordnede tekniske og samfunnsmessige krav er beskrevet.

Forhold som er særlig viktig for forsyningssikkerheten for strøm i Oslo og Akershus er nærmere beskrevet i kapittel 5, 6 og 7. Kapittel 5 gir en beskrivelse av kraftsystemet i Oslo og Akershus og forsynings-sikkerheten for kraft i dagens situasjon. I kapittel 6 viser vi tre forskjellige scenarier for det framtidige kraftbehovet i Oslo og Akershus og beskriver hvilke forhold som vil påvirke hvordan kraftforbruket vil utvikle seg fram mot 2050. Kapittel 7 viser behovet for fornyelse av sentralnettet i Oslo og Akershus.

I tillegg viser vi hva man oppnår ved samtidig å forsterke nettet til en moderne standard og hva dette vil innebære av kostnader.

Det er press på arealer i regionen. Dagens situasjon når det gjelder arealbruk er derfor beskrevet i kapittel 8 i rapporten.

I det avsluttende kapittelet beskriver vi kort hvordan prosjektet vil føres videre i den neste fasen.

Denne rapporten omhandler forsyning av elektrisk energi og effekt i Oslo og Akershus. I dagligtale omtaler vi normalt dette som strømforsyningen eller kraftsystemet. I denne rapporten har vi valgt å bruke begrepet kraft når vi omtaler leveranser av elektrisk energi og effekt, og strøm når vi snakker om forbrukssiden.



# 2 Kraftsystemet i regionen er utviklet over 100 år

---

Strømforsyningen i hovedstaden startet med kullkraft til gatebelysning på slutten av 1800-tallet. Vannkraftproduksjonen i Oslo og Akershus startet rundt 1900 og forsynte i hovedsak lokal industri og næring. På grunn av en sterk økning i forbruket, ble det raskt et behov for å overføre kraft til Oslo fra andre områder. Etter hvert som forbruket økte, særlig på grunn av økt forbruk i husholdningene, måtte kraftforsyningen i Oslo dekkes av produksjon stadig lengre unna. Industri, kommunale elektrisitetsverk og staten stod for utbyggingene. For å sikre fordeling av kraft i hele Oslo, ble det på 80-tallet bygget en ringforbindelse rundt hele byen. Dagens kraftsystem er fortsatt preget av at systemet er bygget opp over en periode på 100 år, med de behov og tekniske løsninger som historisk sett har vært gjeldende.

## 2.1 Fra kull til vannkraft rundt 1900

I 1891 vedtok bystyret i Oslo å etablere en kommunal elektrisitetsstasjon basert på strøm produsert fra dampmaskiner fyrt med kull. Hovedformålet med å etablere strømproduksjon var å bytte ut gasslykter med elektriske lykter til gatebelysning. I tillegg ble elektrisitet tatt i bruk i forretninger, kontorbygg og skoler. Dampkraft var for dyrt for husholdningene. Fra 1895 kostet strømmen 60 øre per kWh, samtidig som en vanlig dagslønn var på 2-3 kroner. I 1898 var det derfor kun 17 husholdninger i hovedstaden som hadde koblet seg til strømmettet (Bjørnsen, 1997).

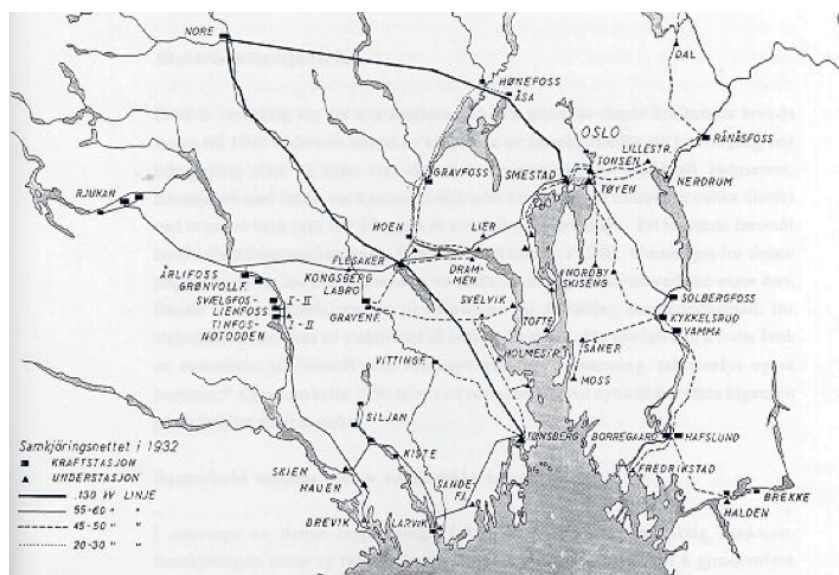
Rundt 1900 startet utbyggingen av vannkraft i Oslo og Akershus. I Oslo ble det første større vannkraftverket etablert ved Hammeren i Maridalen der Oslo Lysverker i 1900 bygget et vannkraftverk med overføring via en 7,7 km lang 5 kV-luftledning og 1,4 km med kabler inn til Oslo sentrum (NVE 2006). Med Hammeren kraftverk tenkte man seg at forsyningen til Oslo var sikret for all framtid (E-CO).

I følge Bjørnsen (1997) bestod den første kraftproduksjonen i Akershus av små kraftverk som leverte strøm til lokalsamfunn i distriktene. Allerede i 1901 hadde Norges Landbrukshøyskole på Ås en dampsentral og Drøbak fikk en dieselsentral i 1911. Disse ble raskt for små. Små vannkraftverk ble bygget blant annet i Nannestad, Enebakk og Oppegård. Små andelslag drev nettet i grendene. I tillegg kunne lokalsamfunn rundt industri med egne kraftverk kjøpe overskuddskraft fra disse verkene. Lillestrøm fikk fra 1911 strøm via en ledning som Glommens træsliperi bygde fra Tonsen for å levere strøm til Lillestrøm Cellulosefabrikk.

I 1903 startet leveransene fra Kykkelsrud kraftverk i Askim til sementfabrikken i Slemmestad i Røyken, en strekning på 84 km. Kraftverket og ledningen representerer både det suverent største kraftverket og den lengste overføringsledningen bygget i Norge til da. Ledningen gikk utenom Oslo, men bidro til elektrifisering av kommunene Asker, Bærum og daværende Aker (Hafslund).

## 2.2 Kraftoverføringer fra andre regioner startet i 1922

Kraftproduksjonen i Hammeren var ikke tilstrekkelig for å dekke etterspørselen i hovedstaden, og Oslo måtte allerede i 1922 ty til fjernoverført kraft. Den første ledningen som kom fra en annen region til Oslo var ledningen fra Rjukan. I forbindelse med denne ledningen ble Smestad transformatorstasjon påbegynt tidlig i 1922 og ble satt i drift 12. november samme år NVE(2010). I den samme perioden satte staten i gang en utbygging av Nore-fallene i Buskerud og herfra skulle det bygges ledninger mot Oslo og Tønsberg. Ledningen til Oslo ble ferdigstilt i 1928 og Smestad ble utvidet for å ta i mot den nye kraften samme år. Kraften fra Nore ble overført via en 132 kV ledning som på den tiden var en av de mest avanserte i Europa. I 1932 hadde vi fått et forholdsvis velutbygd nett i østlandsområdet, blant annet med en 132 kV-ledning fra Nore til Smestad i Oslo og en til Tønsberg, se figur 2. Dette nettet ga grunnlag for etablering av organisasjonen Samkjøringen som da forsynte over en million innbyggere. Samkjøringen avløste Felleskontoret for Kristianiafjordens elektrisitetsværker som ble etablert i 1922.



**Figur 2**

Kart over Samkjøringsnettet i 1932.



Etter at kraften fra Solbergfoss og Nore ikke lenger var tilstrekkelig for å forsyne Oslo, søkte man utbygging i Hallingdalen og Gudbrandsdalen i 40-årene. Dette var starten til Oslo Lysverkers såkalte fjernledninger, som var kanaler inn fra kraftverkene på Østlandet de hadde sikret seg rettigheter til. Den såkalte "Holsledningen" til Hallingdal og de første kraftverkene i Nore sto ferdige i 1949. Utbyggingen av kraftledningen gjennom Nordmarka førte til store protester. En del mente at ledningen burde legges i kabel og Oslo Lysverker beregnet at en kabelfremføring ville koste 9 ganger så mye som en luftledning. Planene utløste en demonstrasjon, 28. november 1946, med nærmere 30 000 mennesker ved Rådhuset. Dette førte også til endringer av deler av traséen for å skjerme sentrale deler av Marka.

**Figur 3**

Protest mot Holsledningen utenfor Oslo Rådhus 1946. Kilde: Statens Nett (Lars Ove Skold og Lars Thue)

## 2.3 Stor utbygging av vannkraft og kraftledninger i 1950 til 1980-tallet

Det meste av sentralnettet inn til og i Oslo og Akershus er bygget opp fra 1950 til 1980-tallet. Etter krigen bygde Oslo lysverker kraftledninger på 220 kV, som i ettertid ble oppgradert til 300 kV. Det ble bygget kraftledninger opp Gudbrandsdalen for å overføre kraft fra Øvre og Nedre





Vinstra der det ble bygget store vannkraftanlegg i perioden 1953 – 1960. Til tross for dette, klarte man ikke å dekke etterspørselen etter kraft til oppvarming, nytt elektrisk husholdningsutstyr som kjøleskap og vaske-maskiner. Rasjonering var derfor vanlig inntil 1960.

Fram til 1953 var kraftledningsnettets i Oslofjordområdet preget av at det ble bygget direkte forbindelser fra kraftverkene og inn til Oslo. I 50-årene ble imidlertid kabelanlegget som forbandt Smestad, Sogn og Ulven etablert. Forsyningssikkerheten til disse stasjonene ble dermed vesentlig styrket, ved at de kunne forsynes fra flere ledninger. Dette økte kapasiteten, samt reduserte sårbarheten for feil betydelig.

Da kraften fra Østlandsdalførene ikke lenger var tilstrekkelig for Oslo sitt behov, ble det nødvendig å transportere kraft fra nye områder. En utbygging av Aurlandsvassdraget med 630 MW ville kunne skje etappevis fram til 1980. Første aggregat, Aurland I ble idriftsatt 1973. Da ble også 420 kV-ledningen Aurland-Hol idriftsatt. I tillegg til utbyggingen i Aurland, ble det bygget flere kraftverk i Hallingdal. Usta kraftverk ble satt i drift i 1965 og Nes i 1967.

300 kV-ledningen fra Sylling til Hamang og videre til Smestad gjennom Bærum ble bygget på midten av 60-tallet. Senere ble Bærum transformatorstasjon bygget mellom Hamang og Smestad. Og på 70-tallet kom ledningene mellom Frogner i Sørumsdal og Røykås i Lørenskog, og mellom Frogner og Furuset.

## **2.4 Etter 1990 har investeringer i sentralnettet i Oslo og Akershus stoppet opp**

NVE-Statkraftverkene forsterket nettet rundt Oslo i 1980-årene, blant annet for å kunne overføre mer kraft fra de store statlige kraftutbyggingene på Vestlandet. Fram mot 1990 ble 420 kV nettet forsterket i den såkalte "Oslo-ringen", som ferdigstiltes med 420 kV Frogner - Follo. Ringen ga et stort løft for forsyningssikkerheten til Oslo-området, ved at kraft kunne hentes ut nærmest hvor som helst i ringen. Forsterkningen fra vest mot Bærum og Oslo, ble også påbegynt med Sylling – Hamang 2, som sto ferdig i 1990. De siste ledningene i Østlandsområdet ble bygget kraftige for høy kapasitet i framtida, dvs 420 kV og med termisk kapasitet på opp mot 3000 MW. Etter dette er det ikke gjennomført større investeringer i sentralnettet.



# 3 Uten kraft stopper samfunnet opp

---

Tilgang på sikker strømforsyning er en forutsetning for et moderne samfunn, fordi de fleste funksjoner er avhengig av tilgang på kraft.

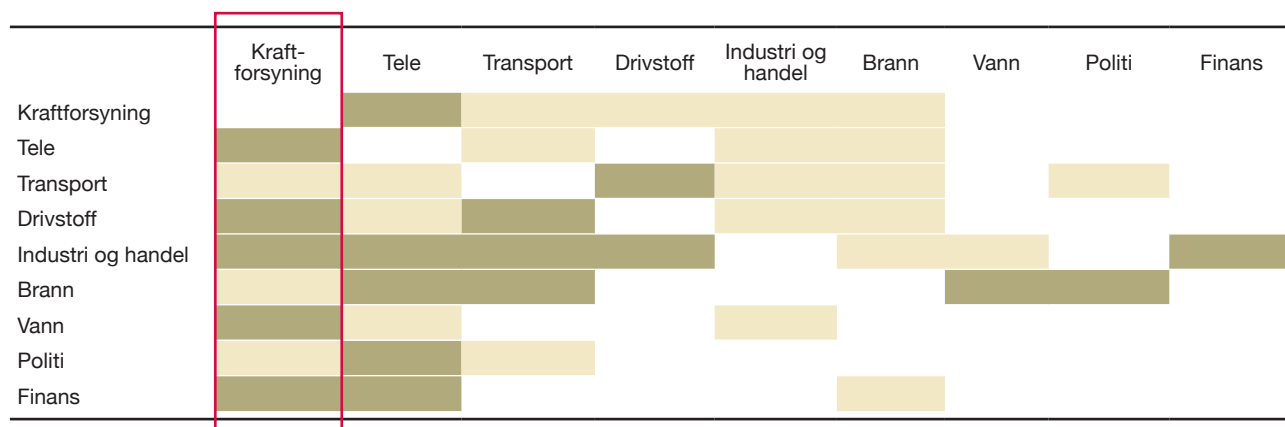
Reserveløsninger er lite utbredt i Norge, og vår avhengighet av strøm har økt betydelig de senere år. En viktig årsak til dette er en økende avhengighet av elektronikk og kommunikasjon, inkludert betalingsløsninger. Strømbrydd får store konsekvenser for de områdene som blir berørt ettersom verdiskaping i de fleste næringer er avhengig av strøm. Osloregionen er det området i Norge hvor konsekvensene av strømbrydd vil være størst. Dette på grunn av at trafikkavviklingen og oppvarming av bygg er strømvhengig, samt at en rekke nasjonale funksjoner er lokalisert i regionen.

## 3.1 Kraftsystemet er en samfunnskritisk infrastruktur

Myndighetene (NOU 2006:6) definerer kritisk infrastruktur som ”de anlegg og systemer som er helt nødvendige for å opprettholde samfunnets kritiske funksjoner som igjen dekker samfunnets grunnleggende behov og befolkningens trygghetsfølelse”. Tre forhold gjør at kraftsystemet er definert som en samfunnskritisk infrastruktur:

- Avhengigheten av kraft er total i et moderne, komplekst samfunn. Så godt som alle funksjoner stopper opp enten umiddelbart eller etter en relativt kort periode uten tilgang på strøm. Elektronisk kommunikasjon (inklusive nødkommunikasjon) bryter sammen, produksjonsprosesser stopper opp og betalingssystemer slutter å virke ved strømbrydd. I Norge er vi i stor grad også avhengig av strøm til oppvarming, slik at lengre strømbrydd på kalde dager raskt blir kritisk.
- For store deler av forbruket, finnes det ingen alternativer til strøm. De funksjonene i samfunnet som er kritiske for liv og helse har nødstrømsaggregater, for eksempel sykehus. Dette dekker kun de aller mest kritiske funksjoner. De fleste bygg er avhengig av strøm til oppvarming.
- All annen infrastruktur blir påvirket ved strømbrydd. I tillegg til kraft- og kommunikasjonssystemer, er vann og avløp, transportsystemer, olje- og gassforsyning og bank-/finanssystemer definert som samfunnskritiske infrastrukturer. Alle disse funksjonene er avhengige av strøm. Pumper og renseanlegg innen vann og avløp vil ikke fungere ved strømstans, og problemer i avløpssystemet kan gi hygieniske utfordringer. All banegående trafikk vil stoppe momentant, og reisende må evakueres fra tunneler. Også veitrafikk rammes av strømbrydd ved at bensinpumper og trafikklys ikke fungerer.

■ Sterk avhengighet    ■ Mer usikker avhengighet



**Figur 4**

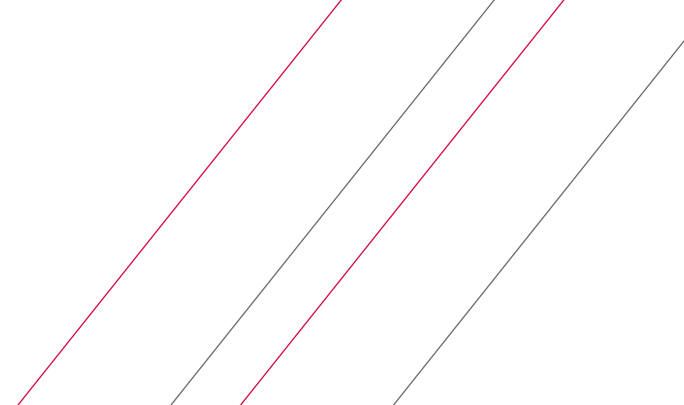
Oversikt over gjensidig avhengighet mellom viktige samfunnsfunksjoner.  
Kilde: Forsvarets forskningsinstitutt (1997)

Kapasiteten på infrastrukturen i samfunnet må tilpasses til behovet. Dette gjelder for transport, vann og avløp, elektronisk kommunikasjon og kraftsystemet. Felles for investeringer i infrastruktur er at kapasiteten øker sprangvis. Det vil dermed ofte være en ledig kapasitet i systemene. Utbygging av infrastruktur tar generelt lang tid, og investeringer må besluttes og iverksettes før forbruksøkningen har spist opp den ledige kapasiteten.

### 3.2 All verdiskaping er avhengig av strøm

Næringslivet vil bli hardt rammet av dårlig leveringssikkerhet på strøm. Industri som bruker lite strøm, rammes like hard som kraftkrevende industri, i og med at så godt som alle prosesser i næringslivet stanser uten strøm. Til og med svært korte strømbrudd kan få større konsekvenser for næringslivet:

- Produksjon av varer og tjenester kan gå tapt eller bli utsatt. Dette kan omfatte handelsvirksomhet som er avhengig av betalingsløsninger og/eller elektronisk kommunikasjon, servicetjenester som ikke kan utføres uten elektrisk utstyr eller produksjonsprosesser som stopper opp. Innen næringsmiddelindustrien kan matvarer i produksjon eller på lager bli ødelagt.
- Forskjellige gjøremål kan ta lenger tid enn normalt. Transport og kommunikasjon vil ta lenger tid enn normalt. I tillegg vil man måtte innføre manuelle rutiner for å gjennomføre arbeid uten strøm og produksjonsprosesser må kontrolleres før de settes tilbake i normal produksjon etter strømbrudd.
- Utstyr kan bli skadet. Dette gjelder særlig for avbrudd som ikke er varslet på forhånd og for høyteknologisk utstyr, men også for vanlig elektronisk utstyr i bygg. Skader på utstyr kan også skje ved feil kvalitet på strømleveransen, for eksempel spenningsfall.



### 3.3 Det har skjedd omfattende strømbrudd senere år

Feil i kraftsystemet skjer jevnlig. Som regel håndteres slike feil ved at kraften overføres via andre ledninger. Så lenge det finnes ledig kapasitet i sentralnettet, vil feil håndteres uten brudd i strømleveransene.

Uvær er ofte en viktig årsak til omfattende strømbrudd. Et eksempel er det omfattende strømbruddet i Sør-Sverige i 2005 og 2007 på grunn av orkaner. Henholdsvis 730.000 og 440.000 strømkunder ble berørt og flere var uten strøm i over en uke (Energimyndigheten, 2008). I Canada opplevde 1,6 millioner et strømbrudd i 1998 på grunn av en is-storm som varte i 5-6 døgn. Flere kraftmaster havarerte på grunn av tyngden av isen. 90 prosent fikk strømmen tilbake etter to uker, men noen var strømløse i hele 4 uker (Totalförsvarets forskningsinstitut, 2001). Også i Norge har vi sett langvarige strømbrudd som en konsekvens av uvær. Store deler av Steigen kommune (ca 2000 husholdninger) var uten strøm i perioden 25.-30. januar 2007. Årsaken til dette var at hovedlinjen inn til kommunen ble rasert av uvær, og reservelinjen tålte ikke full belastning og kollapset (Fylkesmannen i Nordland, 2007). Konsekvensene av slike langvarige strømbrudd øker ved at mobilnettet og annen kommunikasjon blir slått ut. Dette gjør også rednings- og gjenopprettingsarbeidet krevende.

Feil i kraftsystemet kan også oppstå som følge av teknisk svikt, eller f.eks ved anleggsarbeid eller ulykker. Strømbrudd kan skje i de tilfeller der flere feil oppstår som et resultat av den første feilen, såkalte følgefeil. Et nylig eksempel på et større strømbrudd i Akershus, finner vi på Øvre Romerike. Natt til 26. januar 2011 ble en strømkabel skadet på Gardermoen under arbeider på flyplassen. Som følge av denne skaden ble to av tre transformatorer i Statnetts stasjon på Frogner skadet og satt ut av spill. Dette medførte et strømbrudd over store deler av Øvre Romerike. Feilen skjedde en svært kald vinterperiode, og Statnett hadde ikke kapasitet i systemet til å dekke hele kraftbehovet på Øvre Romerike. I nesten 7 timer var det derfor sonevis utkobling av forbruk i området i perioder på tre timer. På det meste var 7 500 kunder koblet ut. Oppfordringer om å bruke mindre strøm, ga ikke nevneverdige resultater. Informasjon til allmennheten ble gitt via media, men man kunne ikke sikre at alle som ble berørt fikk god informasjon om utkoblingene. Forsyningssikkerheten var svekket på Øvre Romerike i flere uker etter denne hendelsen.



Året 2003 var bokstavelig talt et mørkt år for kraftforsyningen verden over. En rekke land ble rammet av svært omfattende strømbrudd på grunn av følgefeil. Dette skjedde i USA, Canada, Italia, Helsinki og London. Også Sør-Sverige og Danmark ble rammet av et omfattende strømbrudd i september 2003. Med korte mellomrom skjedde to store feil i kraftsystemet i Sør-Sverige. Først ble atomkraftverket Oskarshamn stanset på grunn av en feil. Kun 5 minutter senere havarerer en bryter i en transformatorstasjon utenfor Göteborg som slår ut to sentralnettsledninger. Dermed mistet atomkraftverket Ringhals forbindelsen til nettet, og måtte stenges ned. Som følge av alt dette, oppstod en spenningskollaps som slo ut strømforsyningen til hele Sør-Sverige og Danmark. Feilsituasjonen ble forsterket av at feilene oppstod i sommerhalvåret når flere produksjonsanlegg og ledninger var ute av drift på grunn av revisjoner. Totalt ble 4,2 millioner personer rammet av strømbrudd. I Sverige var det meste av forbruket koblet tilbake innen 3 timer, og i Danmark etter 10 timer.

### **3.4 Konsekvenser ved strømbrudd er størst i byer og tettbygde strøk**

Store byer er generelt mer sårbare for strømbrudd enn mindre tettsteder ved at flere mennesker bor og jobber innenfor et mindre område. Avhengigheten av elektrisk oppvarming er som regel større i bygårder og leilighetskomplekser enn i eneboliger som ofte har installert vedovn (Forsvarets forskningsinstitutt, 2001). Større bygninger vil rammes av heisstans og automatiske dører og elektroniske låser slutter å fungere. I Osloregionen blir særlig tog, bane og trikk rammet av strømstans, der relativt korte avbrudd vil gi forsinkelser og kansellerte avganger over flere timer. Flere veituneller må stenges ved strømbrudd fordi ventilasjonen stopper opp. I tillegg vil tuneller kunne oversvømmes dersom vannpumpene står over lengre tid. Tett befolkede områder vil rammes av trafikkaos på grunn av at trafikklys ikke fungerer (Hafslund, 2011).

Mange av landets nøkkelfunksjoner ligger i Oslo. Dette gjelder offentlige myndigheter som regjering, storting, departementer og direktorater. I tillegg ligger sentrale funksjoner innen bank og finans og hovedkontorer for svært mange nasjonale virksomheter, eksempelvis teleselskaper, NRK etc. Selv om en del av disse funksjonene er prioriterte ved begrenset forsyning av strøm, vil de kunne rammes av at sentrale kommunikasjonssystemer ikke fungerer og at ansatte ikke kommer seg på jobb på grunn av stans i transportsystemene (Hafslund, 2011).



# 4 Flere forhold styrer utviklingen av sentralnettet

---

På grunn av anleggenes alder må sentralnettet i Oslo og Akershus fornyes de nærmeste tiårene. Dette gir en mulighet til å finne bedre løsninger for å håndtere den kompliserte driften av sentralnettet i framtiden. Samfunnets behov for sikker strømforsyning øker stadig, og det er sannsynlig at forventningene til forsyningssikkerhet øker i framtiden. Det er en betydelig usikkerhet knyttet til framtidig utvikling av kraftbehovet. Sentralnettet i Oslo og Akershus er et knutepunkt i det norske kraftsystemet, noe som trolig vil føre til økt press på ledningsnettet i årene framover. Gode løsninger for fornyelse og forsterkning av eksisterende sentralnett, krever at arbeidet med fornyelse starter mens det ennå finnes ledig kapasitet i systemet.

## 4.1 Høye forventninger til forsyningssikkerhet

På grunn av kraftforsynings betydning for å opprettholde sentrale samfunnsfunksjoner, er det viktig å ha en god forsyningssikkerhet. Hvordan forsyningssikkerheten i Oslo og Akershus utvikler seg i perioden fram mot 2050 vil være avhengig av:

- kapasitet i sentralnettet
- utvikling i strømforbruket
- alder og tilstand i sentralnettet

Analysene som er gjort på disse tre områdene beskrevet i mer detalj i egne kapitler i rapporten, i henholdsvis kapittel 5, 6 og 7.

Myndighetene i Norge har ikke definert spesifikke krav til hvordan nettet skal dimensjoneres mht. forsyningssikkerhet, men har regulert forsyningssikkerhet ved at nettselskapene må betale bøter ved strømbrydd<sup>1</sup>. Statnett har derfor definert en egen policy for forsyningssikkerheten i sentralnettet. Denne innebærer at feil som oppstår i kritiske enkeltkomponenter ikke skal føre til lengre avbrudd i kraftforsyningen<sup>2</sup>. En forutsetning for dette, er at det til enhver tid er tilstrekkelig med ledig kapasitet i systemet slik at det finnes ledninger og komponenter som kan overta ved feil. Ved feil i kabler og enkelte transformatorstasjoner som tar lang tid å reparere, kan systemene i Oslo og Akershus være sårbare dersom feil nummer to oppstår under reparasjonstiden på den første feilen<sup>3</sup>.

---

1. Den såkalte KILE-ordningen (Kvalitetsjusterte inntektsrammer ved Ikke-Levert Energi)

2. At systemet skal kunne fungere selv om en kritisk komponent eller ledning faller ut i høylastperioder, kalles for N-1 kriteriet

3. Et kriterium som innebærer at kraftsystemet skal fungere selv ved feil på to hovedkomponenter, betegnes som N-2

---

---

## 4.2 Forventninger til forsyningssikkerhet kan bli høyere i framtiden

Et moderne samfunn er basert på sikker strømforsyning. Økt bruk av elektronisk kommunikasjon og elektronisk utstyr som TV og PC, øker avhengigheten av strøm. Også svært korte strømbrydd i form av "blink" som enklere utstyr ikke påvirkes av kan ødelegge moderne elektronisk utstyr. Økt bruk av slikt utstyr vil dermed øke konsekvensene ved korte avbrydd.

Det er viktig å merke seg at avhengigheten av strøm ikke er relatert til mengden strøm som forbrukes. En bedrift med et lavt strømforbruk, kan være like avhengig av tilgangen på strøm som kraftkrevende industri eller boliger med høyt strømforbruk.

Vi skiller mellom ulike dimensjoner av forsyningssikkerhet:

- Det ene er hvor lang tid man kan akseptere at strømmen er borte. Dersom man skal sikre at ingen større geografiske områder opplever strømbrydd lengre enn for eksempel 1 time selv ved feil i en hovedkomponent, krever dette mer kapasitet flere steder i sentralnettet enn det man har i dag.
- Det andre er hvor ofte man kan akseptere avbrydd.
- Det tredje er om man kan akseptere at strømmen blir borte i det hele tatt. Ved krav om at forbrukerne aldri skal oppleve korte strømbrydd eller "blink" på grunn av feil i sentralnettet, må systemvern, kapasitet (N-2) og automatiske funksjoner installeres. Dette vil kreve betydelige investeringer og oppgraderinger av sentralnettet.

## 4.3 Kraftsystemet er komplisert å drifte

Kraftsystemet skiller seg vesentlig fra både andre energibærere og andre infrastrukturer på flere områder, særlig når det gjelder lagring og overføring.

Flere energikilder som for eksempel olje og biobrensel, kan lagres. Vannkraftmagasiner representerer også en form for energilagring, og energimengden som kan lagres i vannmagasiner har stor betydning for fleksibiliteten i det norske kraftsystemet. Ferdig produsert elektrisk kraft kan imidlertid ikke lagres, i den skala det her er snakk om. Det må derfor til enhver tid være eksakt momentant balanse mellom produksjon og forbruk i kraftsystemet. I andre infrastrukturer som veier og jernbane er kø en aktuell løsning når kapasiteten er begrenset. Det er ikke fysisk mulig i kraftnettet.

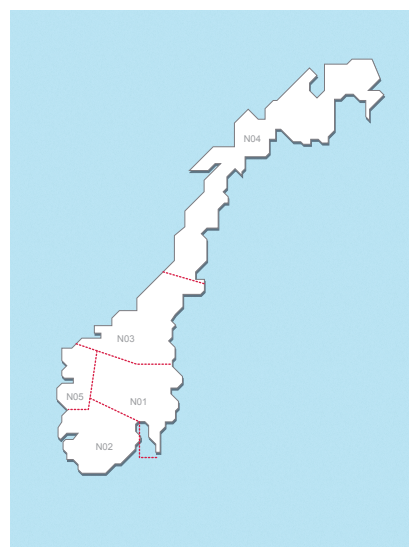
Kraftsystemets særtrekk har flere viktige implikasjoner:

- *Kapasiteten i produksjonssystemet og nettet må være høy nok til å dekke etterspørselen hos sluttbrukerne til enhver tid.* Det vil si at kraftsystemet må dimensjoneres slik at etterspørselen kan dekkes i høylasttimene på morgenen og ettermiddagen på årets kaldeste dager, også i ekstremt kalde år. Dette er særlig utfordrende i det norske kraftsystemet med et stort innslag av strømbasert oppvarming som gir store variasjoner i forbruket avhengig av utetemperaturen.
- *Produksjonen må følge forbruksendringer kontinuerlig, både opp og ned.* I tillegg endrer kraftflyten seg ofte som følge av regionale variasjoner internt i Norge og mellom andre land. Nettet må kunne håndtere disse svingningene.
- *Ved utfall av nettanlegg, kraftverk eller store forbruksenheter må systemet respondere øyeblikkelig.* For eksempel vil et utfall av en kraftledning måtte kompenseres ved økt produksjon, økt overføring til området via andre ledninger – eller utkobling av forbruk.
- *Uregulert kraftproduksjon må kunne håndteres.* Produksjon fra elvekraft, småkraft og vindkraft kan ikke reguleres. Særlig vindkraft er krevende i fordi det vil være store og plutselige forskjeller i produksjonen ved skiftende vindforhold. Kraftnettet må ha tilstrekkelig kapasitet og fleksibilitet til å håndtere disse endringene. Disse utfordringene vil øke med økt innslag av vindkraft i det norske systemet så vel som i landene vi handler med.

## 4.4 Sentralnettet skal bidra til et velfungerende kraftmarked

Sentralnettet i Norge er forbundet med sentralnettene i de andre nordiske landene. Det er et felles kraftmarked, og kraftforsyningen i hele Norden er dermed tett integrert. En slik integrasjon bidrar til å øke forsyningssikkerheten i hele systemet på en kostnadseffektiv måte. Nettet gir både mulighet for handel og prisutjevning mellom markedsområder. Dersom det er for lav kapasitet i nettet, og det oppstår såkalte flaskehalser i kraftflyten, risikerer man prisforskjeller i ulike områder. I skrivende stund er Norge inndelt i fem prisområder.

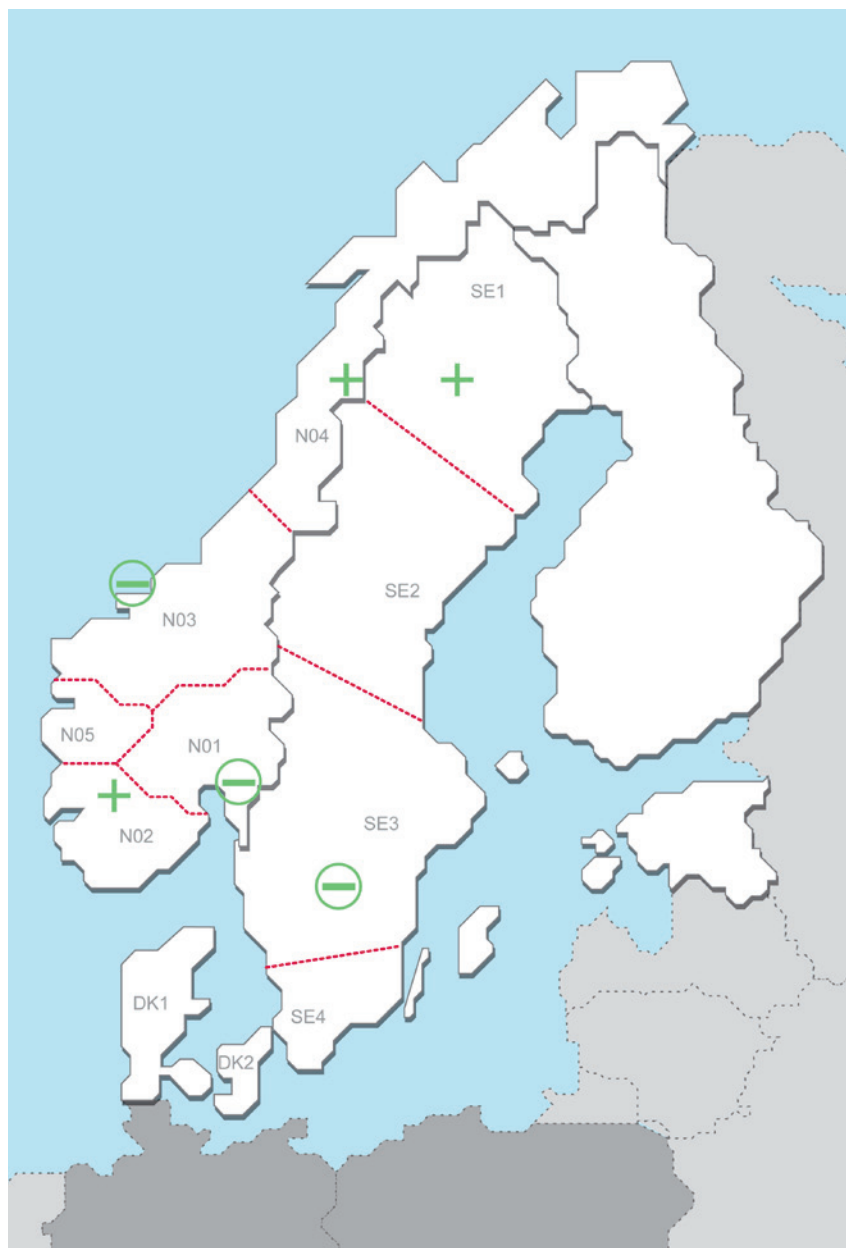
Sentralnettets rolle er helt overordnet å frakte kraft fra områder med kraftoverskudd til områder med kraftunderskudd. I Sverige flyter kraften i hovedsak fra områder med mye vannkraft i nord, til forbrukssentra i sør. Noe av kraften fra Nord-Sverige flyter også inn i Midt-Norge der kraftunderskuddet per i dag er stort. På grunn av at kraftnettet fra nord til sør er sterkere i Sverige enn i Norge, flyter noe av kraften produsert i



Norge inndelt i fem prisområder.

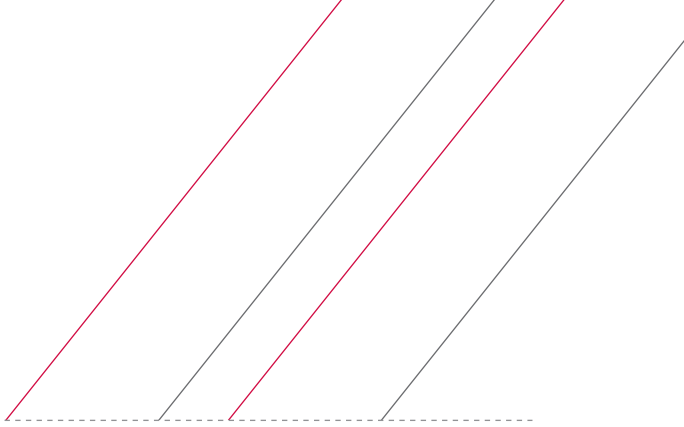
**Figur 5**

Sentralnettet transporterer kraft fra områder med kraftoverskudd til områder med kraftunderskudd.



Nord-Norge sørover via det svenske nettet. I Norge er befolkningen mer spredt i hele landet enn tilfellet er i Sverige. En større andel av kraften forbrukes dermed nære der den blir produsert. Viktige unntak er Oslo og Akershus som i all hovedsak må basere seg på kraft fra andre regioner. Hvor overskudd og underskudd oppstår, kan variere fra år til år, uke til uke og time til time. For å unngå at det blir store prisforskjeller på kraft (slik vi har sett i Midt-Norge de siste årene), er det viktig med tilstrekkelig kapasitet i sentralnettet og at det er fleksibelt slik at flyten av kraft kan skje i alle retninger.





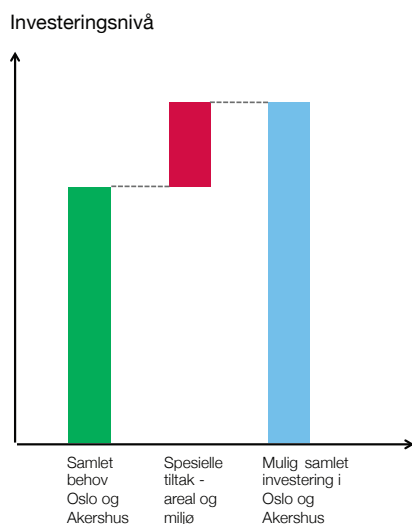
## 4.5 Fornyelse av sentralnettet krever ledig kapasitet i systemet

I dagens situasjon finnes det ledig kapasitet i sentralnettet i Oslo og Akershus på sommerstid. Om dette vil fortsette, avhenger av utviklingen av strømforbruket i regionen. Prognoser for framtidig strømforbruk baseres på antakelser blant annet om befolkningsutvikling og grad av effektivisering. Det er knyttet usikkerhet også til en rekke andre faktorer (se kapittel 6). Når vi skal vurdere tiltak for å sikre forsyningssikkerheten langt fram i tid, må vi ta høyde for denne usikkerheten. Ekstra kompliserende er det at planlegging, konsesjonssøknader og utbygging tar lang tid. Forsterkninger i sentralnettet må derfor planlegges tidlig, og før man sitter med fasiten på hvor stor etterspørselen etter kraft blir 20 og 40 år fram i tid. Det betyr at løsningene som velges i dag må ta høyde for ulike scenarioer for forbruksutviklingen. Dette kan gjøres enten ved å bygge mye ekstra kapasitet i systemet, eller å bygge fleksible løsninger som kan øke kapasiteten i løpet av få år.

Ved fornyelse eller forsterkning av sentralnettet i et område, må ofte ledninger tas ut av drift mens arbeidet på ledningen pågår. Dette kan gjøres på flere måter:

- Ledningen tas helt ut av drift et år eller to mens arbeidet pågår. Da får man en sammenhengende periode med arbeid uten å måtte ta hensyn til normal drift.
- Utkobling skjer kun i sommerhalvåret når forbruket er lavt, arbeidet med fornyelse av linjen kan kun pågå i noen måneder per år. Fornyelse av en enkelt linje kan ta flere år ved arbeid på denne måten.
- Bygging av en ny ledning ved siden av den gamle, og deretter rives den gamle. En slik løsning betyr at det lages en ny trasé for ny ledning og at man deretter frigjør arealet til den gamle ledningen. På denne måten kan ledningen være i full drift mens arbeidet pågår.
- En ny ledning bygges i en helt ny trasé. Dette vil være nødvendig der det ikke er mulig å koble ut ledningen tilstrekkelig lenge til at fornyelse er mulig.

For de to første løsningene, må man ha tilstrekkelig ledig kapasitet i systemet til at en ledning kan kobles ut enten i sommerhalvåret eller hele året. I Oslo og Akershus vil det trolig være det andre punktet over som er mest aktuelt fordi man ikke kan planlegge med ledig kapasitet på vinterstid. Bruk av nye arealer som i de to siste punktene over, vil gjøre det enklere å finne systemmessige optimale løsninger. I tettbygde strøk



**Figur 6**

Illustrasjon av ulike årsaker til investeringer i sentralnettet i Oslo og Akershus.

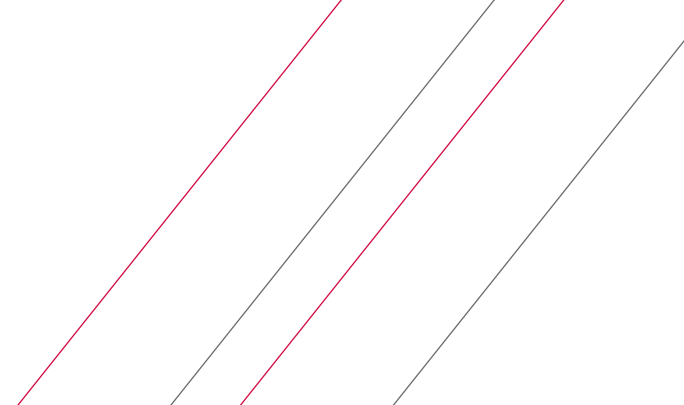
som Oslo og Akershus er dette imidlertid ikke realistisk å få til i stor skala. Fornyelser av systemet uten bruk av nye traséer må derfor skje mens man enda har noe ledig kapasitet i nettet hele eller deler av året. Utvikling av sentralnettet i regionen blir ytterligere komplisert av det store antallet ledninger og transformatorstasjoner som skal fornyes. Man kan ikke koble ut flere ledninger eller stasjoner i samme område samtidig dersom man skal opprettholde sikker forsyning i arbeidsperioden. Dersom det ikke finnes tilstrekkelig ledig kapasitet i systemet til å koble ut ledninger også på vinteren, vil en omfattende fornyelse av sentralnettet i Oslo og Akershus ta svært lang tid. Dersom man fornyer sentralnettet i forkant av eventuelle forbruksøkninger eller strengere krav til forsyningssikkerhet, vil man ha større valgmuligheter til å finne optimale løsninger for hele systemet.

## 4.6 Finansiering

Statnetts inntektsramme styres av NVE gjennom rollen som regulator og konsesjonsgiver, på bakgrunn av energiloven og underliggende forskrifter. Denne fastsettes slik at inntekten over tid skal dekke kostnadene ved drift og avskrivning av nettet, inkludert en gitt avkastning på investert kapital. Energiloven bestemmer også hvilke typer investeringer som dekkes over Statnetts inntektsramme. Investeringer som ligger utenfor dette, kan normalt ikke finansieres av selskapet.

Som vi skal se i kapittel 7.5, er det behov for betydelige investeringer i sentralnettet i Oslo og Akershus frem mot 2030. Den største delen av investeringsbehovet vil være knyttet til oppgraderinger grunnet anleggenes alder. Økte krav til forsyningssikkerhet, eventuelle forbruksøkninger og behov for økt kapasitet på ledninger for å sikre et vel fungerende kraftmarked vil også utløse investeringer. Dette er investeringer knyttet til systemmessige forhold som bidrar til å øke forsyningssikkerheten eller sikre et effektivt kraftmarked. Slike investeringer vil derfor dekkes av Statnetts normale inntektsrammer.

Når Statnett uansett må oppgradere en ledning, kan det åpne seg en mulighet for grunneiere til å få til bedre løsninger enn dagens. Dette kan være spesielle tiltak for å redusere arealbruken eller den visuelle påvirkningen av en sentralnettsledning. Dette kan være flytting av ledninger eller kabling av enkelte strekninger. For å oppnå slike fordeler, kan det kreves en annen og dyrere nettløsning enn det som er strengt nødvendig for å sikre tilstrekkelig forsyningssikkerhet. Dette er illustrert med en rød søyle i figur 6. Det er usikkert om denne typen ekstra-investeringer kan finansieres innenfor Statnetts rammer. For å få



gjennomført slike løsninger kan det derfor bli nødvendig å hente finansiering fra alternative kilder som grunneiere, kommuner etc.

En måte å gjennomføre dette på er at grunneiere, eller andre som vil nyte godt av en utvidet ombygging/kabling av nettet, kan bidra med finansieringen. Statnett vil da bidra med finansiering tilsvarende den nødvendige utbyggingen, og grunneierne bidrar med mellomlegget for å oppnå egne fordeler. Fordelene vil da normalt være at områdene kan frigjøres til andre formål, for eksempel boligutvikling.

En tilsvarende løsning har blitt valgt ved ombyggingen av kraftnettet i Stockholm. Der ble tiltakene delt i to grupper: de som kan finansieres gjennom tariffene på bakgrunn av forsyningssikkerhet og de som krever en form for ekstern finansiering. Gjennom bidrag fra grunneiere, kommuner og eiendomsutviklere, vil den nye nettløsningen gjøre det mulig å rive 150 km luftledninger. Disse erstattes i stor grad av kabelløsninger og det frigis arealer som gir plass til 5000 nye boliger og betydelige grøntområder.

Det finnes også flere eksempler fra kabling av regionalnettet i Oslo og Akershus der kommuner og private utbyggere har betalt for kabling av luftledninger. I forbindelse med de store utbyggingene av Lørenskog sentrum, er flere kilometer med luftledning lagt i bakken for å frigjøre arealer til nybygging og forskjønnelse av sentrum. I Asker og Bærum har til sammen nesten 10 km luftledning blitt kablet på strekningen Fusdal-Berger-Hamang. I dette tilfellet ble regningen delt mellom kommunene og Hafslund, der Hafslund tok kostnaden for spenningsoppgraderingen og kommunen tok det meste av regningen for selve kablingen.

Sentralnettet bygges i dag nesten utelukkende som luftledninger, og det gode grunner til dette. Først og fremst er kabling en svært kostbar løsning, og kabling av sentralnettsledninger er vesentlig mer kostbart enn for ledninger i regional- og distribusjonsnettet. For 420 kV anlegg vil hver kilometer med jordkabel bli ca 5 til 10 ganger dyrere enn luftledning. Merkostnaden blir betydelig mindre for ledninger med lavere spenning. Merkostnadene for en jordkabel på 22 kV, som er en del av distribusjonsnettet som går ut til forbrukere, vil forholdet være ca 2 til 3 ganger dyrere. Dette er også grunnen til at store deler av distribusjonsnettet (1 til 22 kV) i dag faktisk legges som kabel. Kabler lagt i tunnel har en kostnad på opp mot 100 millioner NOK per kilometer. På grunn av kostnadsnivået er myndighetene generelt restriktive til kabling av sentralnettsledninger. Som en del av en strukturell løsning der parter som oppnår store fordeler ved kabling også bidrar til finansieringen, kan dette derimot være en god løsning enkelte steder i Oslo og Akershus.

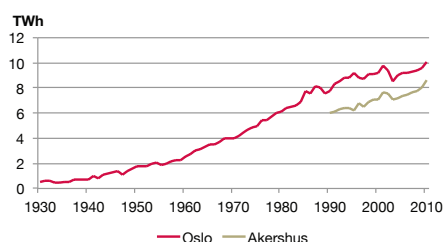
# 5 Sentralnettet i regionen er høyt belastet

Strømforbruket i Oslo og Akershus har økt med 30 prosent siden 1990 på grunn av en sterk befolkningsvekst. Strømproduksjonen i Oslo og Akershus er svært liten og regionen er helt avhengig av overføring av strøm fra andre regioner via sentralnettet. Til tross for en sterk økning i forbruket de siste 20 årene, er det ikke gjort større investeringer i sentralnettet i Oslo og Akershus etter 1990. Systemet er i perioder svært høyt utnyttet, og belastes opp mot kapasitetsgrensen. Likevel er forsyningssikkerheten tilfredsstillende bortsett fra i noen transformatorstasjoner, som vil være utbedret innen 2015. Ved langvarige feil på kabler eller transformatorer, vil det være en anstrengt forsyningssikkerhet i reparasjonstiden. Sentralnettet i Oslo og Akershus er et knutepunkt i det norske kraftsystemet, men er i høylastperioder til hinder for et velfungerende kraftmarked.

## 5.1 Strømforbruket i Oslo og Akershus har økt med 30 prosent siden 1990

I 2010 var kraftforbruket i området på 18,7 TWh, eller ca 13 prosent av totalforbruket i Norge. Det høyeste samtidige forbruket i 2010 var på 4 250 MW.

Figur 7 viser utviklingen i strømforbruket i Oslo og Akershus i perioden 1923 til 2010. Den kraftige veksten i strømforbruket mellom 1960 og 1990 skyldes i hovedsak den kraftige økonomiske veksten Norge opplevde i samme periode. Økonomisk vekst gjorde at det ble bygget stadig større boliger som trengte mer energi. Selv om det også i denne perioden skjedde en viss effektivisering av strømforbruket knyttet til oppvarming, økte kravene til komfort slik at det totale forbruket økte. Samtidig gav lave strømpriser svake insentiver til energieffektivisering.



**Figur 7**

Historisk utvikling av strømforbruket i Oslo og Akershus. Kilde: Statnett og Hafslund (2011)

I perioden etter 1990 har det samlede effektforbruket økt med 30 %. Den underliggende driveren for veksten er den sterke befolkningsveksten i regionen. Effektforbruket totalt sett har de siste ti årene flatet ut i Oslo, mens veksten i Akershus har fortsatt. Færre nye boliger per innflytter i Oslo enn i Akershus kan være en forklaring på forskjellene i veksten. Samtidig er tettheten av blokkleiligheter høy i Oslo, boligene i Akershus er i gjennomsnitt større. I tillegg har industriforbruket økt noe mer i Akershus. Forbruksveksten per person har i denne perioden vært noe lavere enn tidligere. Dette skyldes sannsynligvis faktorer som at vi i sentrumsområder bor trangere og tettere, bedre isolerte bygg og mer energieffektive løsninger.

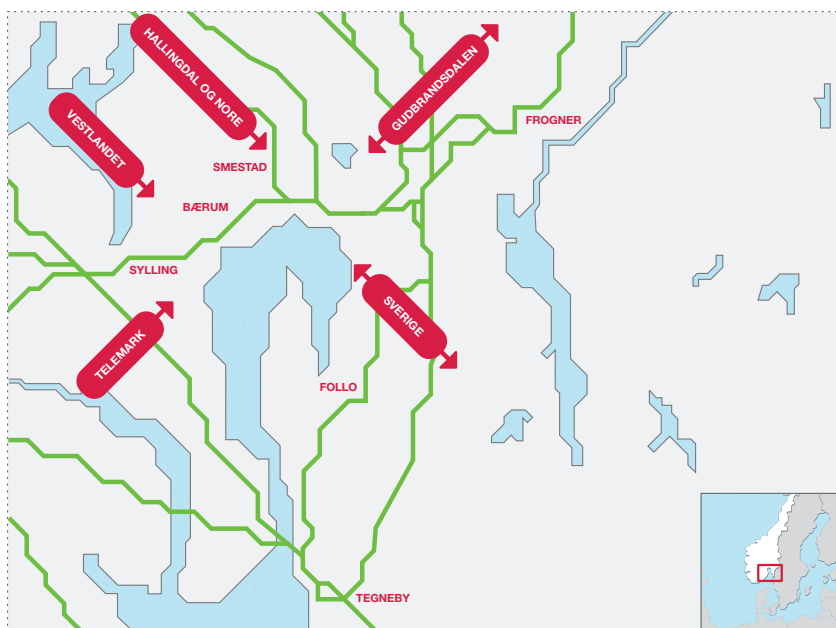


## 5.2 Oslo og Akershus er avhengig av import av kraft fra andre områder

Kraftproduksjonen i Akershus utgjør omtrent 3,5 prosent av forbruket. I Oslo er denne andelen i praksis null. De største vannkraftanleggene i regionen ligger langs Glomma, og er ikke tilknyttet vannmagasiner. Vannføringen i elvene varierer og er lavest om vinteren slik at man ikke kan produsere maksimalt når det er som kaldest og forbruket er på det høyeste.

Oslo og Akershus er helt avhengig av overføring av kraft fra andre deler av landet via sentralnettet. Forbruket i området på sommerstid er omtrent en tredjedel av forbruket på vinterstid. Det er dermed forbruket en kald vinterdag som er bestemmende for hvor mye kraft sentralnettet må kunne overføre inn til Oslo og Akershus. Mulighetene for ny lokal kraftproduksjon i regionen anses som svært små med dagens teknologier. Regionen vil derfor også fremover være helt avhengig av stor import av kraft.

Figuren under viser hvordan Oslo og Akershus er forbundet med andre områder i Norge via kraftledninger. På 80-tallet ble det bygget en sentralnettsring som koblet sammen ledninger fra andre deler av landet og inn til Oslo. Denne bidro til å øke forsyningssikkerheten i Oslo-området ved at kraften kan hentes ut hvor som helst i sentralnettet uavhengig av hvilken ledning som fører kraften inn til regionen.



### Forskjellen på effekt og energi

**Effekt** representerer strømmengden som forbrukes i en gitt time. **Energi-mengden** (strøm) er effekt ganget med tiden forbruket skjer.

Som analogi til bruk av bil, vil effekten representere bilens motorkraft, og energimengden bilens bensinforbruk over en gitt tid.

### Noen enheter

- 1 kWh = 1 kW brukt i 1 time
- 2 kWh = 1 kW brukt i 2 timer, eller 2 kW brukt i 1 time
- 1 MW = 1 000 kW (effekt)
- 1 TWh = 1 000 000 000 kWh (energi)  
= 1 000 000 MWh  
= 1 000 GWh

**Figur 8**

Kraftoverføring inn til Oslo og Akershus.  
Kilde: Statnett



Kraftflyten inn til Oslo og Akershus kommer hovedsakelig fra områder i vest hvor det normalt er kraftoverskudd. Flere av hovedledningene vestfra er 420 kV ledninger. Kraftverkene på Vestlandet, i Telemark og i Hallingdal er tilknyttet store vannmagasiner, noe som sikrer kraftleveranser gjennom hele året.

Oslo og Akershus er forbundet til Midt-Norge via kraftledninger gjennom Gudbrandsdalen. Disse ledningene er hovedsakelig 300 kV, og kan overføre begrensede kraftmengder. Kraft som produseres langs disse ledningene flyter i noen perioder nordover og i andre perioder til områdene nord for Akershus, avhengig av hvor det største underskuddet er. Man må derfor ta høyde for at det ikke flyter noe kraft inn til Akershus fra nord på kalde vinterdager.

Østlandsområdet er forbundet med kraftledninger via Hasle og Halden til Sverige. På disse ledningene vil det importeres eller eksporteres kraft styrt av markedet. I tillegg vil man importere en begrenset mengde kraft til Oslo og Akershus fra vannkraftanlegg i Østfold.

### 5.3 Ingen forsterkning av nettet etter 1990

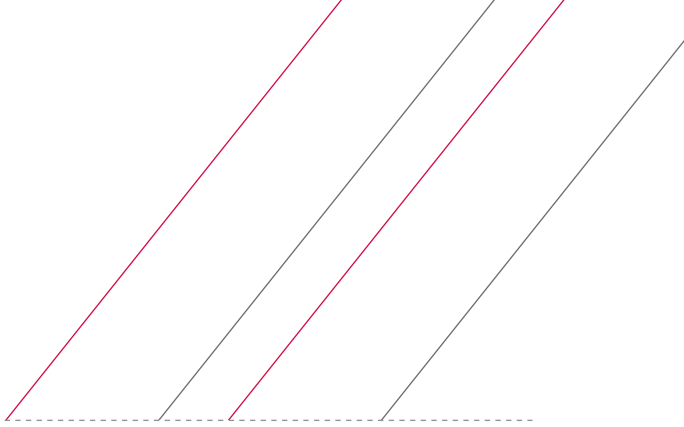
De siste 20 årene er det ikke gjort betydelig investeringer i sentralnettet i Oslo og Akershus. Deler av nettet er gammelt, noe som kan gi økt sannsynlighet for feil.

Samtidig har forbruket økt vesentlig. Dette har vært mulig fordi det var god kapasitet i det nettet som ble bygd i perioden fram til 1990. I løpet av de 20 årene som har gått siden da, har økt forbruk ført til at det meste av den ledige kapasiteten er borte. Flere av ledningene inn til området belastes nå opp mot sin kapasitetsgrense i topplastperioder.

Det er stor usikkerhet knyttet til framtidig kraftforbruk i Oslo og Akershus som vi viser i kapittel 6. Skulle man oppleve en tilsvarende vekst også de neste 20 årene fram mot 2030, vil kraftsystemet ikke kunne takle dette uten vesentlige forsterkninger.

### 5.4 Enkelte trafostasjoner skal utbedres innen 2015

Statnetts krav til forsyningssikkerhet er i hovedsak oppfylt i sentralnettet i Oslo og Akershus i dag. Det er imidlertid enkelte anlegg som ikke oppfyller kravene fullt ut. Utbedringer av anlegg som ikke oppfyller policyen skal prioriteres i Statnetts nettutvikling framover.



---

I følge Statnetts policy skal ikke avbrudd ved feil på viktige komponenter og transformatorer overstige 1 time for maksimalt 200 MW forbruk. Dette tilsvarer forbruket i en mindre by. I Oslo har alle transformatorstasjoner et forbruk som overstiger dette, og i Akershus er det kun transformatorstasjonen i Bærum som ligger under dette nivået. I Oslo aksepteres dermed ikke avbrudd på grunn av feil i sentralnettet, og det skal alltid være en reserve som fungerer momentant for alle kritiske komponenter i systemet.

Statnetts analyser av forsyningssikkerheten knyttet til transformatorstasjoner viser at flere stasjoner i Østlandsområdet gikk fullt belastet i lange perioder under kuldeperioden vinteren 2010. Ved feil på en enkelt transformator i de aktuelle stasjonene ved topplast, vil ikke kravene til forsyningssikkerhet være oppfylt, og det er usikkert om man klarer å gjenopprette alt forbruk. Det er derfor planlagt tiltak i flere transformatorstasjoner som iverksettes innen 2015 og utbedring av transformatorstasjonen på Frogner er allerede igangsatt. Etter disse utbedringene, vil alle transformatorstasjoner oppfylle dagens krav til forsyningssikkerhet, gitt dagens forbruksnivå.

## **5.5 Forsyningssikkerheten redusert ved langvarige utfall**

Statnetts policy knyttet til forsyningssikkerhet vil altså være oppfylt innen 2015 med de forsterkningstiltakene som er planlagt og den forbruksutviklingen som er lagt til grunn. Det vil si at forbrukerne ikke skal oppleve langvarige strømbrytninger ved feil på en hovedkomponent. Det kan likevel oppstå situasjoner der forsyningssikkerheten blir svekket over en periode på inntil 4 uker eller mer.

Feil på kabler eller enkelte transformatorstasjoner kan ha lang reparasjonstid. Under reparasjonstiden kan man ha redusert forsyningssikkerhet i sentralnettet. Transformatorer som er definert som kritiske, skal kunne erstattes av tilgjengelige reservetransformatorer innen 4 uker ved havari. Dersom det oppstår en feil nummer to under arbeidet med å utbedre en feil kan i verste fall opp mot 700 - 1200 MW forbruk bli strømløst dersom dette oppstår i en tunglastperiode.

Økt belastning av dagens system uten forsterkninger vil øke sårbarheten ved feil nummer to på kritiske komponenter i Oslo og Akershus. Som beskrevet i kapittel 4.2, er det usikkert hva som vil bli stilt som krav til forsyningssikkerhet i Norges mest tettbefolkede område de neste 40 årene. Dersom økt avhengighet av strøm fører til strengere krav, vil det kreve mer kapasitet i sentralnettet framover.



## 5.6 Kraftsystemet begrenses av flaskehalser i Oslo-regionen

Nettet i Oslo-området er et knutepunkt som knytter sammen sentralnettsledninger fra Sverige, Sør-Norge, Vestlandet og Midt-Norge (Innlandet). Løsningene som velges i en endelig nettpplan vil ha implikasjoner for kraftflyten på hele Østlandet. Dette perspektivet må derfor inngå ved planlegging av kraftsystemet i regionen. Se for øvrig kapittel 4.4.

Ledninger fra vest er i dag belastet opp mot sin kapasitetsgrense i topplastperioder. Mot sør-øst finnes det kraftledninger mot Sverige. Disse ledningene har høy kapasitet. Likevel har man svært begrenset mulighet til å transportere kraft over grensen på kalde vinterdager. Dette gjelder begge veier. På den svenske siden, er årsaken at nettet kun er dimensjonert for å dekke det svenske forbruket i området ved norskegrensen i høylastsituasjoner, og at det ikke er kapasitet i nettet til å overføre kraft gjennom dette området og inn i Norge. På den norske siden har ikke sentralnettet vestfra inn til Oslo og Akershus tilstrekkelig kapasitet til å dekke last utover det som er behovet i Oslo og Akershus på en kald vinterdag. Fra Vestfold via Østfold til Sverige finnes det planer om forsterkninger av nettet mellom Norge og Sverige (Syd-Vestlinken). En slik forsterkning vil åpne for import fra Sverige i dette området også i topplastperioder.

# 6 Usikker utvikling i kraftforbruket mot 2050

Befolkningsutviklingen vil som tidligere ha en betydelig virkning på energi- og effektforbruket i Oslo og Akershus. Dersom man får stadig strengere krav til energieffektivitet i bygg, vil etterspørselen etter kraft begrenses til tross for en forventning om sterk befolkningsvekst fram mot 2050. Samtidig vil det oppstå ny og økt etterspørsel etter kraft til transport. Det er laget tre scenarioer som viser et mulig utfallsrom for effektbehovet mot 2050. Dette utfallsrommet spenner mellom en reduksjon på 13 prosent til en økning på 60 prosent sammenlignet med nivået i 2009. Den store spredningen i scenarioene viser at usikkerheten knyttet til utviklingen av forbruket framover er betydelig. De første ti årene ser man en vekst i basis scenarioet, og de store ulikhetene mellom scenarioene ser vi først etter 2020.

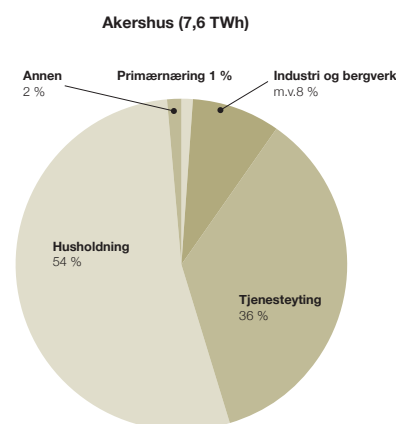
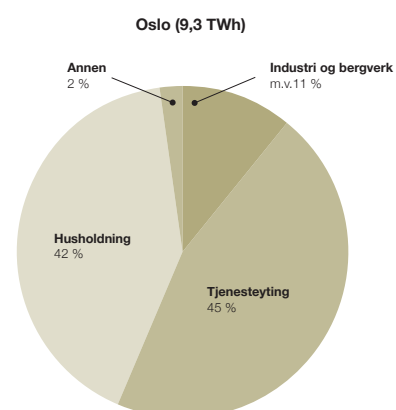
Innholdet i dette kapittelet er hentet fra rapporten "Energi- og effektprognoser for Oslo og Akershus mot 2050" som er utarbeidet av Statnett i første fasen av arbeidet med Nettpplan Stor-Oslo. Denne rapporten er tilgjengelig i sin helhet på [www.statnett.no/storoslo](http://www.statnett.no/storoslo).

## 6.1 Hva vil bestemme kraftforbruket i framtiden?

Det har vært en jevn vekst i forbruket av kraft i Oslo og Akershus etter krigen. Økningen i forbruket henger tett sammen med befolkningsvekst, økonomisk vekst og økt bruk av strøm til oppvarming og elektrisk utstyr. Per i dag er det lite industri i regionen, og figur 9 viser at om lag 90 prosent av kraftforbruket oppstår innen husholdninger og tjenesteyting. Dette forbruket relateres i all hovedsak til drift av bygninger.

Befolkningsutvikling, utvikling av byggareal, energieffektivisering samt i hvor stor grad strøm blir brukt til oppvarming og transport, vil være bestemmende for kraftforbruket fram mot 2050:

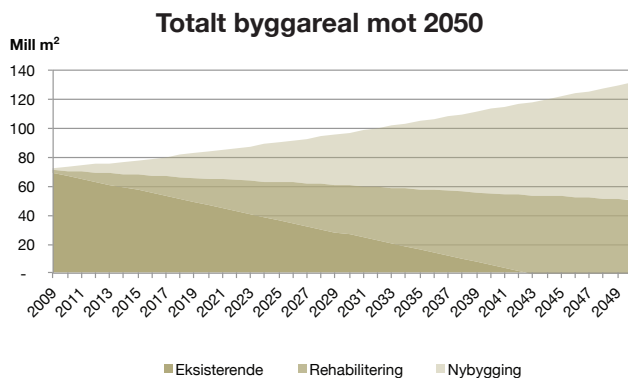
- *Byggareal er nært knyttet til befolkningsutvikling.* I følge SSBs fremskrivinger vil det 40 år frem i tid kunne være mellom 360 000 og 860 000 flere innbyggere i Oslo og Akershus enn i dag. Den faktiske befolkningsveksten i regionen vil ha stor påvirkning på behovet for både energi (strøm) og effekt.
- *Energieffektivisering* er blitt satt på dagsorden både i Norge og Europa de siste ti årene. Nye tekniske byggforskrifter (TEK) stiller stadig strengere krav til energibruk i bygg, og kan redusere energibehovet både i nye og rehabiliterte bygg drastisk. Et viktig usikkerhetsmoment her er i hvilken grad den faktiske bruken av byggene samsvarer med det beregnede forbruket.



**Figur 9**

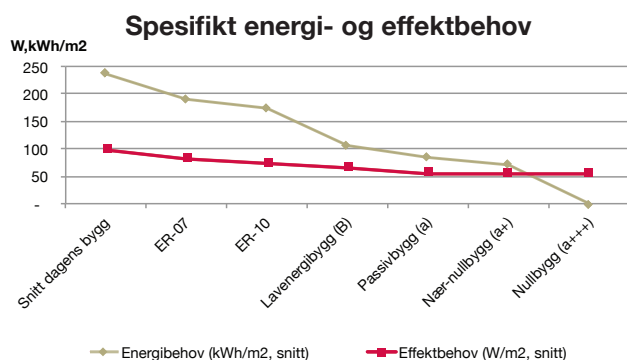
Fordeling av kraftforbruket.  
Kilde: Hafslund og Statnett (2011)





**Figur 10**

Prognose for utvikling av totalt byggareal inkludert rehabilitering og nybygging. Kilde: Hafslund og Statnett (2011)



**Figur 11**

Krav til energi- og effektbehov i bygg under ulike tekniske byggforskrifter, snitt for alle byggtypen. Kilde: Hafslund og Statnett (2011)

- **Strøm til oppvarming** representerer en betydelig andel av byggenes totale energibehov. Til oppvarming av rom brukes det i dag ofte panelovner. Utviklingen og bruken av varmepumper og andre brenselfyrte alternativer vil ha mye å si for faktisk forbruk av strøm til oppvarming av bygg.
- **Strøm til transport.** Transportsektoren står for en tredjedel av de norske utslippene av klimagasser. Drivkreftene for en omlegging av denne sektoren vil være sterke både i Norge og EU. EU Kommisjonen forbereder nå et White Paper for hvordan transportsektoren skal kunne bli karbonnøytral innen 2050. Selv om svaret på klimautfordringen i transportsektoren blir en storstilt overgang til elbiler, vil økningen i strømforbruket være relativt beskjedent. Effektbehovet kan imidlertid øke kraftig dersom bruk av hurtiglading blir utbredt.
- **Annet nytt forbruk.** Det er identifisert en mulig økning i strømforbruket på grunn av at skip i havnene i Oslo og Akershus i framtiden vil får strøm fra kraftnettet framfor å bruke dieselaggregater slik tilfellet i dag. Dette forbruket er imidlertid begrenset og får små konsekvenser i analysen. Etablering av større serverhaller i Norge har blitt mye diskutert de siste par årene. Servere avgir mye varme som krever kjøling. Dersom en eller flere store, internasjonale serverhaller blir etablert i Oslo eller Akershus, vil dette gi en betydelig økning i forbruket i det aktuelle området. I et lagt tidsperspektiv bidrar dette til en betydelig usikkerhet i det fremtidige strømforbruket.

#### Krav til energibruk i nybygg

**2000:** Stortingsvedtak om energi-effektivisering

**2004:** EU-Direktiv om bygningers energiytelse vedtatt

**2007:** TEK 07

**2010:** TEK 10 (innført fra 1.7.2011)

**2011:** Sterke drivkrefter i EU for energieffektivisering

- Innstramming av Byggenergidirektivet vedtatt. Dette kan medføre "nesten nullenergi-nivå"

- Krav til minimum 3% årlig rehabilitering (offentlige bygg)

Alderen på et bygg påvirker i stor grad energibehovet. Å forstå alderssammensetningen i bygningsmassen er derfor viktig før å forutse

| Basisscenario                                                                                                                                                                                                                                                                       | Høyt scenario                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Lavt scenario                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Betydelig befolkningsvekst i Oslo og Akershus<br>EU fortsetter sitt fokus på energieffektivisering – angår Norge via EØS<br>- Forsyningsikkerhet og langsiktige klimamålsetninger bakenforliggende drivere                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Følger EUs virkemidler og ambisjoner</li> <li>Befolkningsvekst som kommunene anslår</li> <li>Befolkningsvekst ihht SSB middel</li> <li>Strøm til oppvarming</li> <li>Ingen komfortøkning</li> <li>Elbiler kommer, men lades smart</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Implementerer motvillig lavenergi- og passivbygg</li> <li>Forsinkes 10 år</li> <li>Store avvik i faktisk bruk</li> <li>Høyere befolkningsvekst</li> <li>Økt strømoppvarming</li> <li>Ingen vesentlig komfortøkning</li> <li>Elbiler med hurtiglading utbredt</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tidlig innføring av lavenergi- og passivbygg</li> <li>Små avvik i faktisk bruk</li> <li>Lavere befolkningsvekst</li> <li>Fjernvarme og bioenergi konkurransedyktige mot strøm til oppvarming</li> <li>Elbiler svært utbredt, men lades smart</li> </ul> |
| Effektforbruket øker til 4600 MW i 2050 (9%)                                                                                                                                                                                                                                        | Effektforbruket øker til 6800 MW i 2050 (60%)                                                                                                                                                                                                                                                                  | Effektforbruket reduseres til 3700 MW i 2050 (-13%)                                                                                                                                                                                                                                            |

effekten av ulike virkemidler som implementeres i byggsektoren. Figur 10 viser en prognose for utviklingen i totalt byggareal, og fordelingen mellom eksisterende, rehabiliterte og nye bygg.

Ettersom vekst i byggareal henger tett sammen med befolkningsveksten forventes en betydelig økning i totalt areal mot 2050. Utsiftingen av bygningsmassen vil imidlertid ta lang tid. Virkemidler som retter seg mot nye og rehabiliterte bygg vil derfor bruke lang tid på å oppnå full effekt.

Tekniske byggstandarder setter krav til hvor mye energi og effekt nye og rehabiliterte bygg skal kunne bruke. Figur 11 viser hvordan energi- og effektbehovet per m<sup>2</sup> reduseres fra dagens nivå med de nye antatte byggstandardene. ER-E er anslag på gjennomsnittlig energibruk i dagens bygningsmasse. TEK-07 (ER-07) og TEK-10 (ER-10) er tekniske forskrifter fra 2007 og 2010 som allerede er vedtatt, og som vil bli normen i årene som kommer. Det virker per i dag sannsynlig at ytterligere innstramminger vil komme. Figuren viser gjennomsnittstall for alle byggtyper.

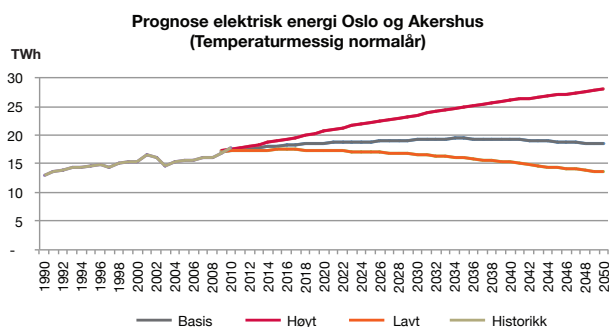
For å oppsummere kan vi si at det er to drivere som ser ut til å være av størst betydning. En betydelig økning i byggarealet vil trekke i retning av økt energi- og effektbehov. Innføringen av nye tekniske byggforskrifter vil imidlertid kunne dempe denne veksten om de blir innført og etterfulgt.

## 6.2 Vil vi få høy eller lav vekst i kraftforbruket mot 2050?

For å håndtere usikkerheten i utviklingen av energi- og effektbehovet er det utarbeidet tre scenarioer. En detaljert beskrivelse av scenarioene er presentert i rapporten "Energi- og effektprognoser for Oslo og Akershus mot 2050". Resultatene og konklusjonene i denne analysen er basert på

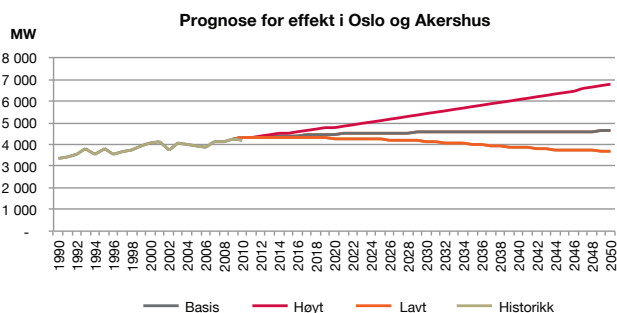
**Figur 12**

Forutsetninger i de ulike scenarioene.



**Figur 13**

Scenarier for forbruket av elektrisk energi mot 2050 i Oslo og Akershus samlet. Kilde: Hafslund og Statnett (2011)



**Figur 14**

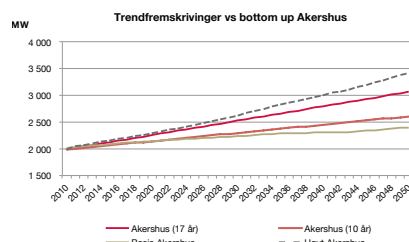
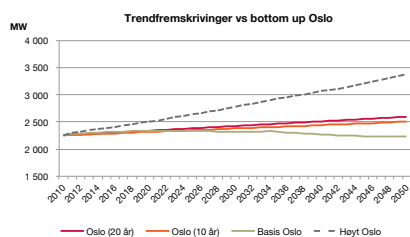
Scenarier for effektforbruket i Oslo og Akershus samlet. Kilde: Hafslund og Statnett (2011)

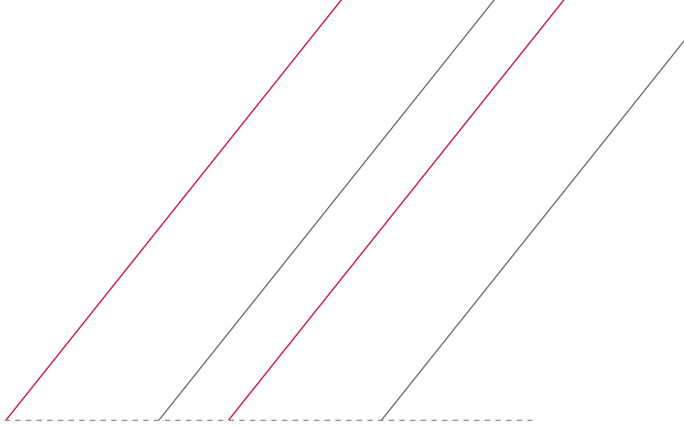
en rekke forutsetninger som alle er beheftet med usikkerhet. En frem-skrivingsmodell vil aldri klare å speile virkeligheten, og resultatene må derfor tolkes i lys av dette. Forutsetningene for de tre scenarioene er kort oppsummert i figur 12 på foregående side.

Prognosene for strøm- og effektforbruket i de tre scenarioene er vist i figur 13 og 14. Spredningen er stor, noe som understreker usikkerheten i framtidig strømforbruk. Prognosen for strømforbruket (energi) gjelder for et temperaturmessig normalår. På kort sikt er de største usikkerhetsmomentene i analysene hvorvidt byggeforskriftene vil introduseres i det tempoet som i dag signaliseres, samt i hvilken grad nye bygg bruker mer energi- og effekt enn hva som forventes. På lang sikt vil også lademønstret for fremtidens elbilpark være viktig. Lades bilene over tid på natten, vil effektforbruket utgjøre lite. Blir imidlertid hurtiglading om dagen en utbredt løsning, vil konsekvensene kunne være betydelige mellom 2030 og 2050. Det er også trolig at hurtiglading vil ha en kostnad som gjør at de fleste vil foretrekke å lade bilen hjemme på normale strøm- og spenningsnivåer. Andre forhold som vil kunne gi økt effekt- og energiforbruk i forhold til basiscase er dersom utberedelsen av fjernvarme og bioenergi reduseres og erstattes med strøm. Økt levealder på bygg før de rehabiliteres eller rives, kraftigere befolkningsvekst, lavere strømpriser og økt nybygging er andre faktorer som vil kunne øke forbruket utover basiscase.

**Figur 15**

Sammenligning av rene trendfrem-skrivninger basert på 10 og 20 års historikk med basis og høyt scenario. Kilde Hafslund og Statnett (2011)





Sammenlignet med trenden man har sett i effektforbruket de seneste ti årene, vil basis scenarioet mer eller mindre følge framskrivningen fram mot 2025. Etter 2025 vil forbruksveksten i basis scenarioet være lavere enn en ren trendframskrivning av forbruksutviklingen de siste 10-20 årene. Høyt scenario ligger over en slik framskrivning i hele tidsaksen fra nå til 2050. Figur 15 viser dette.

Hvis vi i fremtiden får perioder med vedvarende lave elpriser vil varmem-pumper kunne være konkurransedyktige mot en rekke brensels-teknologier i varmesektoren. Dette vil kunne øke etterspørselen etter elektrisitet betydelig i lengre tidsperioder. De mest aktuelle kunde-gruppene er fjernvarme og industri. Industri har jevnt forbruk over året, mens forbruket til de fleste fjernvarmekundene følger utetemperaturer. Økt forbruk av elektrisitet i disse sektorene kan imidlertid føre til et økt behov for både elektrisk energi og effekt i fremtiden hvis brenselprisene utvikler seg til fordel for elektrisk energi. Ettersom en god del av forbruket i varmesektoren er eller kan bli fleksibelt, kan man på sikt også se for seg at varmemarkedet kan yte fleksibilitet til systemet i høylast-perioder og på denne måten avlaste nettet.

### 6.3 Kan vi få en mer fleksibel etterspørselsside?

De fleste husholdninger og andre småkunder har i dag avregning av forbruket av elektrisk energi månedlig eller kvartalsvis. Det er kun en svært liten andel av disse forbrukerne som har timemåling<sup>4</sup>. Prisen de betaler er ofte en gjennomsnittlig pris over avregningsperioden. Denne type alminnelig forbruk har derfor tilnærmet ingen insentiver til å tilpasse forbruket etter prisvariasjoner innenfor en måned, selv om over 50 % av forbrukerne i dag har spotprisavtaler. Strømmåleren er i mange hjem blant de eldste tingene man har, noe som understreker det lave fokuset på sluttbrukerleddet etter at kraftmarkedet ble etablert.

Med innføring av AMS vil alle hjem få strømmålere med toveis-kommunikasjon. Dette gir nye muligheter for å overføre pris- og styrings-signaler til sluttbrukerne både gjennom kraftprisen og dynamiske nett-tariffer. Samtidig kan det gi muligheten for nettselskaper eller kraftselskaper til å innhente langt mer detaljerte forbruksdata enn i dag.

#### AMS

##### Avanserte måle- og styringssystemer(AMS)

Med innføring av AMS vil alle hjem få strømmålere med toveiskommunikasjon. Dette gir nye muligheter for å overføre pris- og styringssignaler til sluttbrukerne både gjennom kraftprisen og dynamiske nett-tariffer. Samtidig kan det gi muligheten for nettselskaper eller kraftselskaper til å innhente langt mer detaljerte forbruksdata enn i dag.

4. En årsak til at få har installert timemålere er at man avventer pålegg og endelige spesi-fikasjoner fra NVE, og årsaken til at timedata ikke brukes i avregningen er at kundeinfor-masjonssystemene ikke er tilrettelagt for dette og at det kan være begrensninger i muli-ghetene til å overføre store datamengder (Bye, et al., 2010).



Dette teknologiske skiftet vil åpne for flere nye tjenester og markedsmuligheter. En mer fleksibel etterspørselsside vil kanskje ikke redusere energiforbruket, men kan styre mer forbruk enn i dag unna topplast-timen og på den måten redusere makseffekten i nettet. I dag er det imidlertid relativt lave prisforskjeller mellom dag og natt i Norge, slik at de økonomiske insentivene til å flytte forbruk er begrensede. Slik sett vil konsekvensene av AMS-innføringen kanskje bli begrensede. Med et kraftsystem som er tettere koblet mot Europa vil imidlertid pris-svingningene over døgnet kunne øke og fleksibilitet på etterspørsels-siden vil bli viktigere.

## 6.4 Forventning om forskjeller i utviklingen

I det foregående har vi sett på samlet utvikling av strøm- og effekt-behovet i Oslo og Akershus. Analysen har imidlertid vist betydelige forskjeller i utviklingen innenfor ulike områder av regionen. Forskjellene i veksten kommunene imellom har flere årsaker. For det første vil befolkningsutviklingen være forskjellig i de ulike kommunene. Dernest vil både bygg-sammensetningen og byggstørrelsene variere fra kommune til kommune. Begge disse faktorene vil påvirke det totale strøm- og effektforbruket i kommunene. Videre er enkelte kommuner bedre egnet for utbygging av fjernvarme enn andre, og følgelig vil dette påvirke hvor stor andel av oppvarmingen som skjer med strøm. I de senere faser av Nettplan Stor-Oslo prosjektet, vil Statnett ta hensyn til de geografiske forskjellene som er identifisert.

Det sammenhengende området Romerike og de nord-østlige delene av Oslo forventes å få den største veksten i forbruket. Her planlegger kommunene en utbygging av nye, store områder til bolig- og næringsbygg. Dette gjelder blant annet utbygginger i Groruddalen, Skedsmo og Ullensaker.

Det forventes også en vekst i forbruket i deler av Oslo sentrum, Follo, Asker og Bærum på grunn av økt byggareal. I de deler av Oslo og Akershus der bygningsmassen blir stabil, for eksempel fordi området allerede er fullt utbygd, forventes det at strømforbruket reduseres på grunn av økt energieffektivisering.



# 7 Sentralnettet i regionen må oppgraderes

Kraftsystemet i Oslo og Akershus er utviklet over 100 år. Alder og tilstand på dagens sentralnett i regionen tilsier at store deler av nettet må oppgraderes. En spenningsoppgradering gir en betydelig økning av kapasiteten på sentralnettsledningene, uten at nye traséer kreves. I tillegg får en gevinster i form av reduserte nettap og systemmessige forbedringer. Ekstrakostnaden ved å oppgradere sentralnettet i regionen til en moderne standard (420 kV) vil være rundt 30 prosent sammenlignet med en oppgradering der man beholder dagens kapasitet. Kostnadsforskjellen ligger i transformatorstasjonene. De eldste ledningene i Oslo og Akershus vil kreve størst ombygging, men vil også gi de største systemmessige gevinstene.

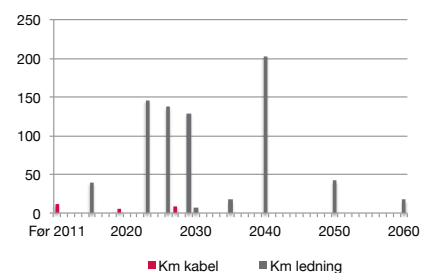
Statnett er allerede i gang med å bygge neste generasjons sentralnett flere steder i landet, og har en målsetning om å etablere et nasjonalt 420 kV nett innen 2030. Dette skal skje gjennom bygging av nye ledninger og forsterkninger av eksisterende ledninger. Statnett vurderer at dette er den mest kostnads- og arealeffektive måten å øke kapasiteten i sentralnettet.

## 7.1 Sentralnettet må oppgraderes grunnet høy alder

Det meste av sentralnettet i Oslo og Akershus er bygget i perioden 1950-90. Det er vanlig å beregne ca 70 års levetid for kraftledninger og 50 for transformatorstasjoner og kabler. Det meste av sentralnettet i Oslo og Akershus må derfor fornyes de neste tiårene. Transformatorstasjonene må fornyes samtidig som ledningene for at systemet som helhet kan utnytte den økte kapasiteten. Figur 16 viser i hvilket år ledninger og kabler må fornyes på forventet tekniske levetider.

Svært mye av sentralnettet i Oslo og Akershus er som tidligere beskrevet fra 1950-1960-tallet, og er tidligere forsterket fra 132-220 kV til dagens 300 kV. De nyeste ledningene er fra 1970-1990, og er allerede bygget for et spenningsnivå på 420 kV. Den eldste ledningen er 132 kV Ringerike-Smestad fra 1928.

Kablene gjennom Oslo er fra 1950 og 1970-tallet. To av fire kabler er dermed over sin forventede tekniske levealder. Generelt er det en sammenheng mellom alder og tilstand på slike kabler. Ved eldre kabler er det en generell fare for at kablene kan bli følsomme for overspenninger og kortslutninger. Faren for at eldre kabler ødelegges, er dermed større enn for nye.



**Figur 16**

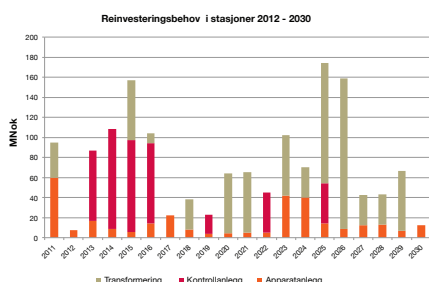
Tid for fornyelse av kabler og ledning basert på forventet teknisk levetid.  
Kilde: Statnett (2011)

Transformatorstasjonene i sin nåværende form er stort sett fra 1950-1980. De fleste stasjonene ble oppgradert til 300 kV på 1960-tallet, mens 420 kV stasjonene i hovedsak ble bygget i 1970-årene. Den siste stasjonen som ble bygget ny er Follo som ble bygget i 1977. I figur 17 fremkommer reinvesteringsbehovet, basert på alder, i årene frem mot 2030 for de ulike stasjonene i regionen. Disse kostnadene tar ikke høyde for en økning i spenningsnivå fra 300 til 420 kV.

## 7.2 Hvordan oppgradere?

Når en oppgraderer sentralnettet kan en gjøre investeringer i eksisterende anlegg som opprettholder samme kapasitet som i dag, eller en kan gjøre investeringer som øker kapasiteten. Det viktigste tiltaket for sentralnettet i Oslo og Akershus vil være å spenningsoppgradere ledninger og transformatorstasjoner til 420 kV, fra dagens 300 kV. En slik oppgradering kan også åpne for strukturelle endringer dersom dette gir store systemmessige forbedringer eller et mer arealeffektivt sentralnett.

Ledninger bygget fra 1970 – 1990, kan som regel oppgraderes til 420 kV uten at selve mastene og fundamentene må byttes. Kostnaden ved spenningsoppgradering er for slike master begrenset til 10-15 prosent av hva det ville kostet å bygge en ny, tilsvarende ledning. De eldste ledningene må forsterkes i både master og fundamenter for å tåle belastningen av linjer og utstyr som installeres for en spenning på 420 kV. I tillegg blir det viktig å sikre tilstrekkelig avstand for å unngå overslag. Ved en oppgradering må mastene som regel bygges enten noe høyere eller bredere enn dagens master for å oppnå nødvendig avstand. Kostnadene til oppgradering og ombygging av de eldste ledningene vil være så høye at det er bedre å bygge en helt ny ledning. Når de eldste ledningene må byttes ut, vil derfor full ombygging med nye, moderne master være et naturlig valg.



Figur 17

Planlagte reinvesteringer iht Statnetts langtidsplan for stasjoner omfattet av prosjektet.

Også for transformatorstasjonene vil det være stor variasjon i hvilke tiltak som er nødvendige for å oppgradere dem til en standard på 420 kV. Hva som kreves ved en forsterkning av stasjonene vil også være avhengig av hva som blir gjort i ledningsnettet.

## 7.3 Økt spenningsnivå reduserer tap og øker arealeffektiviteten

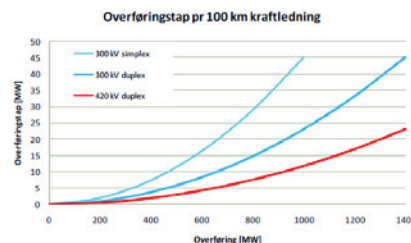
Når kraft transporteres i ledningsnettet går noe tapt til omgivelsene i form av varme. Gjennomsnittlig tap i det norske sentralnettet er 2,5 prosent som på landsbasis utgjør 3 TWh. Til sammenligning er dette tre

ganger mer energi enn det som produseres fra vindkraft i Norge i dag. Tapet i sentralnettet i Oslo og Akershus utgjør ca 0,4 TWh.

Helt overordnet kan man si at tapene på en gitt ledning øker når belastningen øker opp mot ledningens kapasitetsgrense. Ved å forsterke nettet, vil tapene reduseres betydelig ved overføring av samme kraftmengde. Ved oppgradering fra en relativt ny 300 kV ledning til 420 kV, vil tapet på ledningen reduseres med 50 prosent. Ved spenningsoppgradering av en 300 kV ledning fra før 1970 vil man imidlertid redusere tapene med hele 75 prosent.

Som tidligere vist, er en stor andel av sentralnettsledningene i Oslo-regionen fra før 1970. En oppgradering til moderne 420 kV standard vil dermed redusere energitapene i nettet betydelig.

Spenningsoppgraderinger av sentralnettet gir økt kapasitet på en areal-effektiv måte. Hvor mye kapasiteten øker ved spenningsoppgradering, avhenger av hva som er utgangspunktet i dagens ledning. Med uforandret maksimal strømstyrke fører en oppgradering av spenningsnivået fra 300 til 420 kV at kapasiteten i ledningen øker med 40 prosent. På enkelte gamle ledninger (fra før 1970) kan man, ved å øke både spenningen og strømstyrken, oppnå en flerdobling av kapasiteten.



**Figur 18**

Reduserte tap i nettet ved spenningsoppgradering (simplex gjelder i hovedsak ledninger fra før 1970, mens duplex er ledningstypen brukt etter 1970)

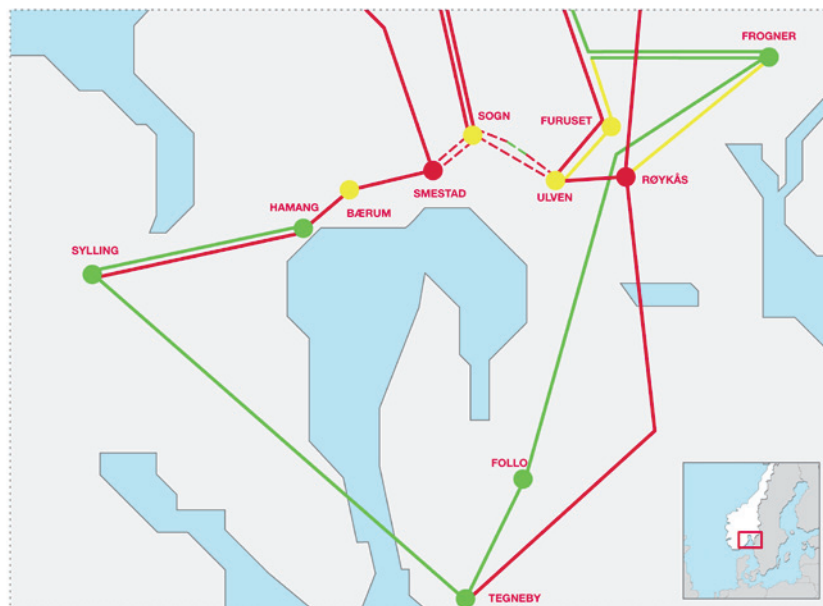
| Ledninger |                                                                                                                                                                                                      | Transformatorstasjoner |                                                                                                                                                                        |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Grønn     | Ledningen er allerede bygget for 420 kV standard                                                                                                                                                     | ELLER                  | Transformatorstasjonen er allerede på 420 kV standard                                                                                                                  |
|           | ELLER                                                                                                                                                                                                |                        | Stasjonen kan utvides som et friluftsanlegg innenfor dagens stasjonsområde og trasé.                                                                                   |
| Gul       | Ledningen er bygget i nyere tid og er godt egnet for oppgradering til 420 kV med gjenbruk av dagens master og trasé.                                                                                 |                        |                                                                                                                                                                        |
|           | Kan være egnet for ombygging til 420 kV med dagens trasé, standard på master er nær opp til dagens standard, men det er noe usikkerhet om tverrsnitt og avstander er tilstrekkelige for oppgradering |                        | Det er noe usikkerhet om det er tilstrekkelig plass til å utvide stasjonen i friluft. Et kompakt inneanlegg (SF6) kan være nødvendig for å kunne oppgradere til 420 kV |
| Rød       | Disse ledningene må bygges om fullstending med nye master, eventuelt i samme trasé, for å kunne oppgraderes til 420 kV standard.                                                                     |                        | Oppgradering og utvidelser blir utfordrende. Det er begrenset med plass og nærhet til boliger/skole etc. Sannsynlighet for SF-6 anlegg eller flytting av stasjon       |

**Tabell 1**

Beskrivelse av vanskelighetsgrad for forsterkning av ledninger og transformatorstasjoner. Se også figur 19 neste side.

**Figur 19**

Ledninger og transformatorstasjoner kategorisert etter vanskelighetsgrad for fornyelse. Se også tabell 1 forrige side.



## 7.4 Oppgradering er mulig innenfor dagens areal

Det er gjort en overordnet vurdering på dagens anlegg i forhold til hvor krevende en oppgradering til 420 kV vil være. Anleggene er kategorisert som grønn, gul eller rød basert på hva som kreves ved forsterkning til en moderne standard. Disse kategoriene er spesifisert nærmere i tabell 1.

På kartet, figur 19, er eksisterende ledninger og transformatorstasjoner i Oslo og Akershus tegnet inn. Fargen illustrerer hvor krevende oppgradering antas å være og følger beskrivelsene i tabell 1. De stiplede linjene er kabler.

De ledningene som er markert med rødt, er i hovedsak eldre ledninger fra før 1970. Disse ledningene har begrenset kapasitet. Her vil trolig hele ledningen måtte rives før man bygger opp ny ledning i samme trasé. Trolig vil det være mulig å bygge en ny ledning på 420 kV i samme trasé, men dette kan innebære at mastene må bygges noe høyere enn i dag. Årsaken til dette, er at moderne 420 kV ledninger må ha større avstand mellom de enkelte ledningene for å redusere støy i fuktig vær og minimere magnetfeltet rundt ledningen.

Ledninger som er markert med gult er bygget i nyere tid på en standard som er nær opp til dagens. Det er likevel noe usikkerhet knyttet til om man kan basere en fornyelse på bruk av dagens masterekke og få tilstrekkelig avstander mellom linjene. Disse må dermed undersøkes nærmere før man kan konkludere endelig på hvordan fornyelse av ledningene best kan gjøres.

Grønne ledninger i kartet over er enten bygget for 420 kV eller anses som enkle å fornye. Den foreløpige vurderingen er at de fleste transformatorstasjonene som er i friluft i dag, trolig kan fornyes innenfor det arealet som er tilgjengelig rundt dagens stasjon. For de gule, er arealsituasjonen ikke tilstrekkelig vurdert, eller man er avhengig av å utvide arealet utover det Statnett eier per i dag. Røde stasjoner er anlegg som er bygget innendørs eller vurderes som svært vanskelig arealmessig. Innendørs transformatorstasjoner er mer krevende å fornye enn friluftsanlegg. For disse anleggene kan man ikke si noe sikkert om mulighet for fornyelser eller utvidelser uten å gå mer i detalj på hver stasjon.

## 7.5 Kostnader for oppgraderinger av sentralnettet

Det er gjennomført overordnede beregninger av investeringskostnader i sentralnettet i Oslo og Akershus ved å etablere en 420 kV standard. I disse beregningene er det forutsatt at det ikke skjer endringer i dagens struktur, dvs. at eksisterende traséer og stasjoner benyttes. Det er i disse tallene ikke lagt inn kostnader for ekstraordinære tilpasninger som måtte komme. Tabell 2 oppsummerer kostnadene.

Til sammenligning er det også vurdert hva det vil innebære av kostnader ved kun reinvestering i nettet, altså å opprettholde dagens kapasitet på sentralnettet i området. Denne sammenligningen er gjort for ledninger, kabler og transformatorstasjoner. Kostnadene er i hovedsak de samme for fornyelse innenfor dagens standard og forsterkninger opp til 420 kV for både ledninger og kabler. For transformatorstasjonene er det imidlertid en forskjell på ca 2,5 milliarder kroner. Denne kostnaden må oppveies av fordelene ved en forsterkning av nettet. Dette skal vurderes videre i fase 2 av prosjektet, der det skal gjøres kost- og nytteberegninger for ulike alternativer.

|                        | Antall | Km  | Kostnader til oppgradering |
|------------------------|--------|-----|----------------------------|
| Ledninger              | 14     | 739 | 4,5                        |
| Kabler                 | 4      | 25  | 1,5                        |
| Transformatorstasjoner | 11     | -   | 5,0                        |
| <b>Sum</b>             |        |     | 11,0                       |

**Tabell 2**

Estimerte kostnader for oppgraderinger av dagens sentralnett i Oslo og Akershus til 420 kV (milliarder NOK)





# 8 Areal til sentralnett er krevende i tettbygde strøk

Befolkningsveksten i Oslo og Akershus vil kreve nye arealer for bolig- og næringsformål. Kraftnett båndlegger i dag betydelige arealer, og med økt arealknapphet vil disse arealene få økt attraktivitet og verdi. Det bor et betydelig antall personer i nærheten av en sentralnetts- eller regionalnettsledning i Oslo og Akershus. Med fremtidig befolkningsvekst og tilhørende fortetting kan dette øke. En fortetting rundt traséene kan gi et økt konfliktnivå. Statnett søker derfor, i samarbeid med kommunene, å finne løsninger som i minst mulig grad skal være til ulempe for ulike lokalmiljø. I enkelte områder kan omdisponering av areal til andre formål enn kraftforsyning være hensiktsmessig.

Innholdet i dette kapittelet er hentet fra rapporten "Areal situasjon for dagens kraftnett i Oslo og Akershus". Rapporten er utarbeidet av Statnett i første fasen av Nettplan Stor-Oslo. Denne rapporten er tilgjengelig i sin helhet på [www.statnett.no/stor oslo](http://www.statnett.no/stor oslo). Der finnes også ulike temakart for området.

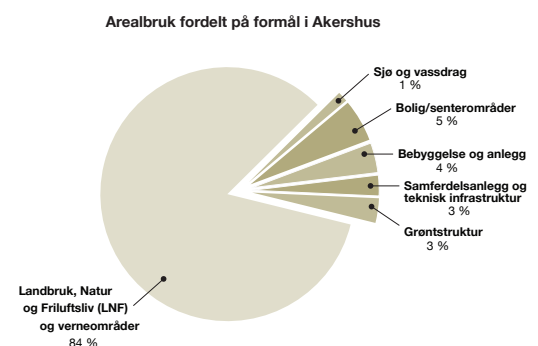
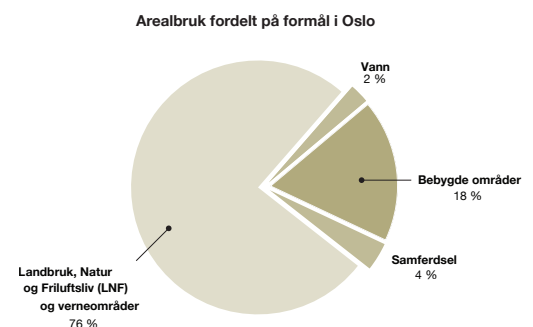
## 8.1 Kraftledninger båndlegger 35 000 dekar

Det er 424 kilometer sentralnettsledninger i Oslo og Akershus, og 842 kilometer med regionalnettsledninger. Kraftledningene båndlegger om lag 35 000 dekar samlet i regionen. I figur 20 og 21 er det vist hvilke type arealer som er bundet opp i Oslo og Akershus, basert på gjeldende reguleringsplaner<sup>6</sup>.

Slik det fremgår av figur 20 og 21 er en stor del av arealene som båndlegges regulert som LNF-områder. Et eksempel på et slikt område er vist i figur 22.

Arealene eies ikke av netteier, men områdene er båndlagt. Det er byggeforbud i et belte på 6–10 meter på hver side av ledningens ytterpunkt. Bredden på dette beltet varierer mellom de ulike spenningsnivåene. For de største ledningene på 300 og 420 kV er det vanlig med et byggeforbuds- og ryddebelte på ca 40 meter, og for mindre ledninger rundt 20 meter. Slik båndlegging blir gjort av hensyn til sikkerhet. Dersom trær eller annet kommer i kontakt med ledningene, risikerer man overslag. På grunn av dette er det behov for å rydde skog under ledningene. Det er også begrensninger i hva området under ledningen kan brukes til.

6. For Oslo er tallene basert på Arealressurskart, AR



Figur 20 og 21

Sentral- og regionalnettes arealbruk i Oslo og Akershus basert på gjeldende arealplaner. Kilde: Statnett og arealplaner for kommunene i Akershus.



**Figur 22**

Bildet viser parallellføringer igjennom et landbruksområde. Kilde: Statnett.

## 8.2 Et stort antall personer bor i nærheten av en kraftledning

Beregninger gjort for Oslo kommune viser at det vil bli 180 000 flere personer i Oslo fra 2010 til 2030, noe som igjen vil føre til et behov for 90-100 000 nye boliger og 5-6 millioner kvadratmeter nye næringslokaler. Tilsvarende tall gjelder for Akershus. Også her regnes det med 180 000 nye innbyggere frem mot 2030.

Behovet for nye arealer til boligbygging har medført at en rekke nye områder har blitt bebyggt, også områder i nærheten av kraftledninger. En av konsekvensene av dette er at bebyggelsen har kommet stadig nærmere eksisterende kraftledninger. Dette gjør at det i dag bor et betydelig antall personer i nærheten til disse anleggene. Figur 23 nedenfor viser et eksempel på et relativt nytt boligfelt som er bygd tett opp mot eksisterende kraftledning.



**Figur 23**

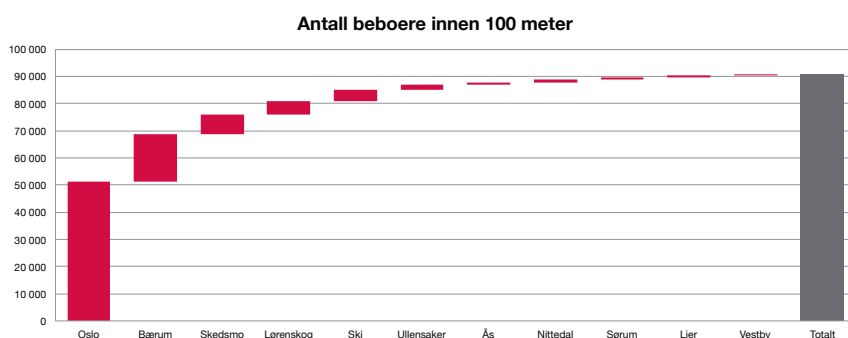
Boligfelt som er etablert tett opp mot to kraftledninger.

Også bebyggelse som er nær, men utenfor det fastsatte byggeforbuds-  
beltet kan skape utfordringer av flere grunner. For det første gir dette  
grobunn for konflikter dersom beboere ønsker å benytte området til  
formål netteier ikke kan tillate, for eksempel bygging av garasjeanlegg,  
boder m.v. For det annet medfører dette økt aktivitet i nærheten av  
ledningene som har et sikkerhetsmessig aspekt knyttet til berøring av  
spenningsførende deler. I tillegg gir noen av disse anleggene betydelige  
visuelle inntrykk som beboerne finner sjenerende.

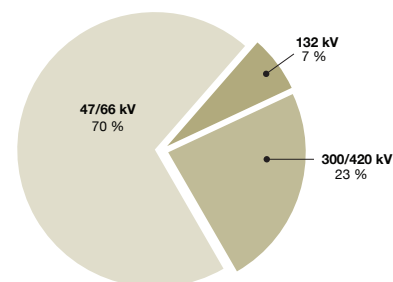
Rundt alle elektriske anlegg oppstår elektromagnetiske felt. Styrken til  
disse feltene påvirkes av faselinenes høyde og plassering, og styrken på  
strømmen som går gjennom ledningene. Dette kan variere mye fra  
ledning til ledning, men både elektriske felt og magnetfelt avtar med  
avstand til ledningene. Styrkene til feltene fra kraftledninger, kabler og  
transformatorer er normalt svært lave og vil ikke innebære noen form for  
helseis risiko (Statens strålevern). Statens strålevern er fagmyndighet i  
Norge for spørsmål knyttet til elektromagnetiske felt, for mer informa-  
sjon se [www.nrpa.no/strom-og-hoyspent](http://www.nrpa.no/strom-og-hoyspent).

For å få et inntrykk av hvor mange mennesker som i dag bor i nærheten  
av en kraftledning er det gjort en analyse av hvor mange som bor innenfor  
en avstand på 100 meter fra en kraftledning. Analysen er gjort for Oslo og  
utvalgte kommuner i Akershus. Utvalgelse av kommuner til denne  
analysen basert på omfang av sentralnettsanlegg i de ulike kommunene.  
Figur 24 viser at det for de 11 utvalgte kommunene er om lag 90.000  
innbyggere som bor innenfor et belte på ca 100 meter fra kraftledningene  
i regional- og sentralnettet. Oslo og Bærum er de to kommunene i  
området hvor flest mennesker bor i nærheten av kraftledninger.

Ulempene ved å bo i nærheten av en sentralnettsledning på 300 eller  
420 kV vil av de fleste bli ansett som større enn å bo i nærheten av en  
regionalnettsledning på lavere spenningsnivå. Som figur 25 viser, har 23  
prosent av beboerne en sentralnettsledning i sitt nærområde.



**Andel beboere etter spenningsnivå**



**Figur 25**

Andel beboere innen 100 meter fordelt etter  
spenningsnivå. Kilde: Statnett og demografi-  
data fra GIS.

**Figur 24**

Antall beboere i utvalgte kommuner som bor  
innen 100 meter fra en sentral- eller  
regionalnetts kraftledning. Kilde: Statnett og  
demografidata fra GIS 2011.



**Figur 26**

Sentralnettsledninger i Groruddalen.  
Kilde: Statnett.



### 8.3 Ledningstraséer kan påvirke utviklingen av et område

I enkelte områder betyr det lite at en kraftledning legger begrensninger på bruken av området under ledningen, men andre steder kan en kraftledning legge store begrensninger på utviklingen av et område.

Problemstillinger knyttet til areal som er båndlagt av en sentralnettsledning finner vi både i Oslo og flere steder i Akershus. I Oslo er det forventet at en stor del av befolkningsveksten vil komme i Groruddalen. Oslo kommune planlegger en betydelig transformasjon av området, fra industri til kontor, boliger og grønnstruktur. Etter planen skal det komme mer enn 30.000 nye boliger her som skal gi plass til ca. 70 000 nye beboere innen 2030 (PBE Oslo kommune 2011). Samtidig er Groruddalen det området i Oslo med flest store kraftledninger og betydelig innslag av annen infrastruktur som veier og jernbane, se figur 26.

Bærum kommune ønsker at befolkningsveksten i Bærum hovedsakelig skal skje på Fornebu og i aksene Sandvika-Vøyen, der Hamang transformatorstasjon ligger. Sammen med andre eiendommer i samme området utgjør stasjonsområdet viktige utviklingsarealer for Bærum kommune. Kommunen har fokus på området ved Bærum sykehus. En sentralnettsledning som går forbi like ved sykehuset vil beslaglegge områder for en mulig utvidelse av sykehuset.





**Figur 27**

Kraftledningene ved Lørenskogveien og jernbanestasjonen. Kilde: Statnett.

Lørenskog kommune har utarbeidet en kommunedelplan for Ødegården, som er området nord for jernbanen nordøst i Lørenskog. Planen legger opp til utvikling av et større lokalsenter i Lørenskog på grensa mot Oslo, og på begge sider av jernbanen ved Lørenskog stasjon. I følge kommunen legger imidlertid kraftledningene begrensninger på utviklingen av området, både når det gjelder utvidelse av vei, flytting av Lørenskog stasjon og ny T-banetrasé, se figur 27.

## 8.4 Hvordan finne gode løsninger?

Som vi har sett av de foregående kapitlene båndlegger kraftnettet betydelige arealer. Relativt mange bor i nærheten av en kraftledning, samtidig som regionen har behov for nye arealer til boligformål. Dette gjør det svært krevende å sikre arealer til nettutbygging.

For å sikre at vi får til best mulige løsninger i prosjektet ønsker Statnett et godt samarbeid med kommuner og regionale myndigheter. Det har vært avholdt møter med flere kommuner der planarbeidet i kommunene har blitt presentert. På regionalt nivå er det igangsatt et plansamarbeid mellom Oslo kommune og Akershus fylkeskommune for å sikre best mulig areal- og transportplanlegging i fremtiden. Både på kommunalt og regionalt nivå fokuseres det på fortetting rundt kollektivknutepunkter for å kunne møte fremtiden på bærekraftig måte. Nettopp disse arealene vil møte et større press og det vil bli større konflikter her i fremtiden.

Det er derfor sentralt at fremtidens nett utvikles på en mest mulig areal-effektiv måte og i samarbeid med de ulike kommunene med tanke på arealdisponering. I tillegg vil virkemidler som kan redusere det visuelle

---

inntrykket vil være viktig i framtidens sentralnett. Aktuelle virkemidler kan være forsterkninger som gir rom for strukturelle endringer, bedre design eller bruk av kabelløsninger. I tillegg må alternative virkemidler til nettutbygging vurderes.

Nettet i Oslo og Akershus er bygd opp over lang tid og det er usikkert om vi i dag har den optimale strukturen, både mht. arealbruk, forsynings-sikkerhet og driftsmessige forhold. Trolig vil en forsterkning av utvalgte ledninger kunne gi nye strukturelle løsninger som reduserer det totale arealbehovet. Det er imidlertid for tidlig å si noe om hvilke anlegg som bør forsterkes for å oppnå de beste løsningene. Et annet forhold her er bruk av andre arealer, der en flytter en ledning, som kan åpne for en større utvikling av et område. En slik endring krever omfattende samarbeid med kommuner og berørte grunneiere.

Statnett og andre aktører har i lengre tid arbeidet for å finne bedre design som gir et mindre visuelt inntrykk. I Lørenskog kommune har Statnett gjennomført et FoU-prosjekt der tre tradisjonelle master like ved Røykås stasjon har blitt byttet ut med tre master av typen Compact Plus, se bildet til høyre under. Disse mastene benytter et smalere belte, gir et lavere magnetfelt og gir et mindre visuelt inntrykk enn tradisjonelle fagverksmaster. Figur 28 sammenligner dagens mastetyper med et eksempel på ny design som testes ut på Lørenskog.



**Figur 28**

Tradisjonell mastetype som er erstattet med masten til høyre. Kilde: Statnett.



**Figur 29**

Fotomontasje av transformatorstasjon ved Anneberg (Danderyd).  
Kilde: Svenska Kraftnät.

Et annet eksempel for ny design finner vi i Stockholmsregionen der Svenska Kraftnät planlegger å bygge en ny transformatorstasjon i nytt design ved Danderyd. Utformingen av stasjonen er designet for å gå mest mulig i ett med landskapet og gjøre minst mulig inntrykk. I tillegg vil bruk av tre og andre naturmaterialer inngå, se figur 29.

Bruk av *kabelløsninger* kan fjerne visuelle ulemper, samt avhengig av løsning kunne frigjøre areal. Imidlertid er kabling både krevende anleggs-messig og meget kostbart. I tillegg kreves det stasjoner i begge ender ved overgang mellom luftledning og kabel som vil kreve et visst areal. For at slike løsninger skal være rasjonelle må de derfor normalt utløse store nytteeffekter i forhold til en luftledning eller at det ikke finnes andre alternativer.

Ved legging i grøft, kan arealet over ikke bebygges fordi kablen må være tilgjengelig i tilfelle det oppstår feil som må repareres. Det frigjorte arealet kan imidlertid benyttes som for eksempel grøntområde eller sykkelvei. Dersom en kabel legges i tunnel, kan normalt arealet benyttes fritt, da tunnelen bygges relativt langt under bakkenivå. I figur 30 viser etablering av h.h.v. kabelgrøft og tunnel.



**Figur 30**

Bilder som viser etablering av kabelgrøft og bruk av tunnelboremaskin. Kilde Svenska Kraftnät.



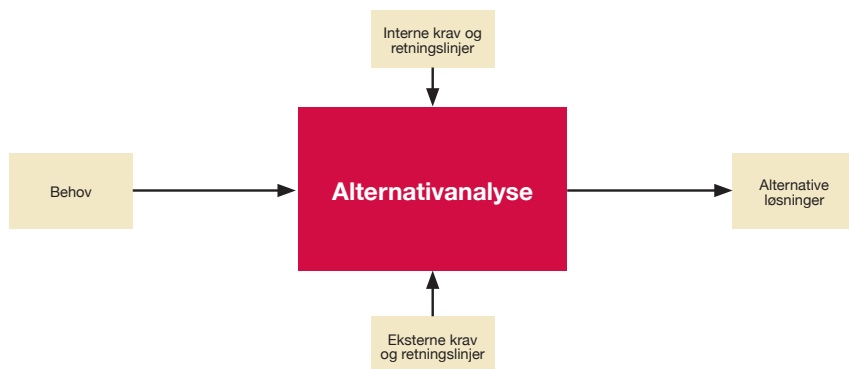


# 9 Neste fase i prosjektet

I neste fase av prosjektet vil vi se på alternative løsninger for utviklingen av sentralnettet i regionen. Alternativene skal ikke bare ivareta forsynings-sikkerheten, men også andre forhold som arealbruk og miljø. Det er viktig at vi har et mest mulig riktig bilde av situasjonen før de ulike alternativene vurderes.

## 9.1 Neste steg i prosjektet

I denne fasen av prosjektet har vi fokusert på å fremskaffe informasjon for å kartlegge behovet for utviklingen av sentralnettet i regionen. Et sentralt område i denne forbindelse har vært å utvikle prognoser for utviklingen i forbruket av effekt- og energi. I tillegg er reinvesterings-behov, forsyningssikkerheten, forhold rundt finansiering og arealbruk kartlagt. Dette er informasjon som vil være sentralt for neste steg i prosjektet, alternativanalysen. Fasen skal belyse alternative løsninger for det identifiserte behovet og de aktuelle målsetninger. I figuren under er viktige input, samt interne og eksterne krav til alternativanalysen illustrert.



**Figur 31**

Prinsippskisse for gjennomføring av alternativanalysen.

Alternativanalysen vil søke å belyse følgende forhold:

- alternativer til nettutbygging, herunder aktuelle virkemidler som reduserer behovet for utbygging<sup>7</sup>
- alternative nettstrukturer, og utviklingen av disse, for å dekke regionens energibehov og sikre forsyningssikkerheten
- alternative traséer, arealbehov og miljøvirkninger av disse
- alternative tekniske løsninger, både på stasjons- og ledningssiden
- alternative finansieringsløsninger og samfunnsøkonomien ved de ulike alternativene

7. Det er etablert et eget prosjekt som skal belyse alternativer til nettutbygging gjennom forbruksreduksjoner og energifleksibilitet i Oslo-regionen. Studien skal vurdere potensialer og kostnader for tiltak samt konsekvens for nettkapasitet og virkemidler for å utløse alternativene. Prosjektet er et samarbeidsprosjekt Statnett og Hafslund. I tillegg er Enova og NVE representert.



---

Vi ser det som sentralt at alternativene også belyser andre virkemidler enn hva Statnett selv besitter, for eksempel innen energieffektivisering. Dette vil være alternativer som kan redusere behovet for forsterkning og utbygging av nett. Videre er det viktig at analysen har en så stor bredde at ulike miljøer og synspunkter blir ivaretatt.

## 9.2 Innspill fra interessenter

For å fremskaffe et nødvendig beslutningsgrunnlag er det sentralt å sikre innspill fra ulike interessenter. Som tidligere beskrevet er det en rekke forhold som må vektlegges i utviklingen av sentralnettet. I denne fasen (behovskartleggingen) er det sentralt at vi får innspill fra interessenter som kan ha informasjon, utover den informasjonen vi allerede har, som kan påvirke behovene. Det er behovene, i tillegg til de rammer Statnett arbeider under, som vil være styrende for hvilke løsninger som velges.

I denne fasen av prosjektet er det sentralt å få innspill fra kommunene, knyttet til arealbruk som er viktig å få innspill på. Derfor sendes dette dokument, med delrapporten for Arealbruk med tilhørende kart, for kommentar fra de ulike kommunene for å sikre et best mulig data-grunnlag inn i det videre arbeidet. Det er helt sentralt at grunnlaget er riktig, da denne informasjonen vil være en viktig del i den videre planleggingen.

Et annet område som er sentralt er Effekt- og energianalysene, som er grunnleggende for å forstå behovet for å forsterke nettet i regionen. I tillegg til møter med utvalgte interessenter vil vi her be om innspill fra grupper som har informasjon og kunnskap på dette området. Vi vil presisere at prognosene er basert på en rekke forutsetninger og med den informasjon vi har i dag.

Rapportene vil gjøres tilgjengelige på prosjektets nettside og det vil bli annonsert i media når disse foreligger.

## 9.3 Kvalitetssikring

Omfanget, kompleksiteten og viktigheten av god forsyningssikkerhet i regionen gjør at kvalitetssikring av prosjektet vil være nødvendig. Prosjektet legger derfor opp til at det vil være en ekstern kvalitetssikring etter gjennomføring av alternativanalysen, men før vi fremlegger den overordnede planen.

# Referanseliste

---

Hafslund og Statnett (2011): *Energi og effektprognoser for Oslo og Akershus mot 2050*. Delrapport i fase 1 av prosjektet "Nettplan Stor-Oslo"

Energimyndigheten (2008): *Stormen Per. Lärdomar för en tryggare energiförsörjning efter 2000-talets andra stora storm*. ET 2007:34

EU Kommissjonen (2011): *Alternative fuels for transport*. MEMO 11/47

Forsvarets forskningsinstitutt (1997): *Viktige samfunnsfunksjoner*. FFI/RAPPORT-97/01458.

Forsvarets forskningsinstitutt (2001): *Samfunnsmessige konsekvenser av bortfall av elektrisk kraft - Hva skjer med oss når strømmen blir borte?* FFI/RAPPORT-2001/01867 Forfatter: Stein Henriksen

Hafslund (2011): Møter og intervjuer av nøkkelpersoner i Hafslund i forbindelse med utforming av denne rapporten.

Fylkesmannen i Nordland (2007): *Evalueringsrapport av strømbrydd i Steigen*. Oppsummering av evalueringsmøte etter strømbryddet i Steigen kommune. Lastet ned fra <http://www.fylkesmannen.no/fagom.aspx?m=2530&amid=1372096>

Statnett (2010): Netutviklingsplan 2010

Statnett (2011): *Arealsituasjon for dagens kraftnett i Oslo og Akershus*. Delrapport i fase 1 av prosjektet "Nettplan Stor-Oslo"

Totalförsvarets forskningsinstitut (2001): *Isstormen i Canada*. FOI-R-0103-SE

(NOU 2006:6): Når sikkerheten er viktigst.

NVE (2010): Kraftoverføringens kulturminner.

Bjørnsen (1997): En fortelling om fossen og samfunnet.

