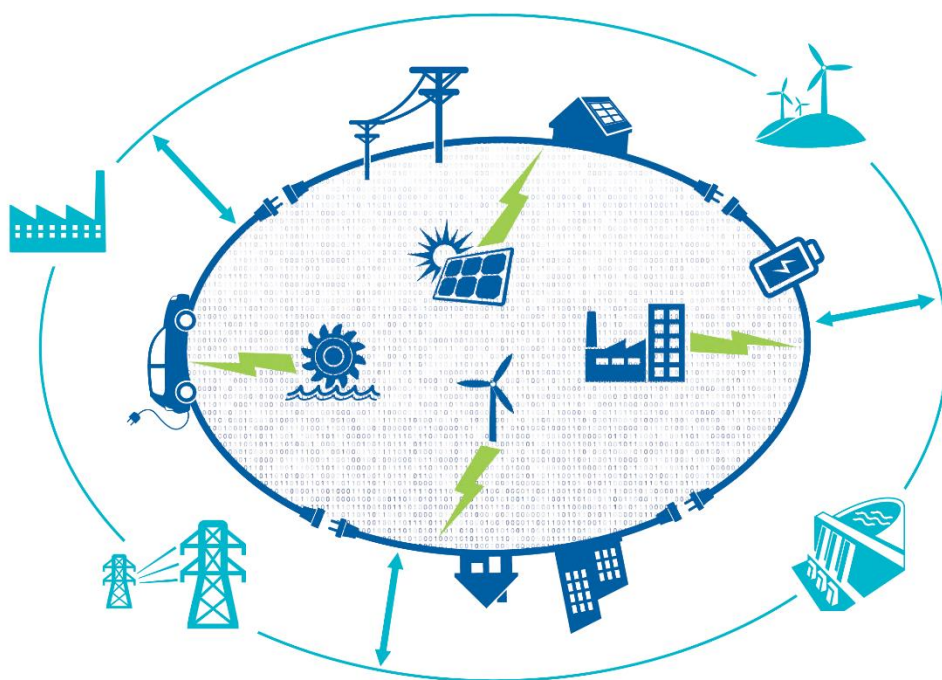


# Scenarier for fremtidens elektriske distribusjonsnett anno 2030-2040

Forfattere: Hanne Vefsnmo, Tonje Hermansen,  
Gerd Kjølle, Kjell Sand



---



## **CINELDI - Centre for intelligent electricity distribution**

*SINTEF and NTNU are the main research partners, with grid operators, technology providers, public authorities and international R&D institutes and universities as partners.*




*The research centre is financed by the Research Council of Norway and the Norwegian partners through the Centre for Environment-friendly Energy Research (FME) scheme. The FME scheme consists of research centres of limited duration that conduct concentrated, focused and long-term research on a high international level to solve specific challenges related to energy and the environment.*

---



TITLE
Scenarier for fremtidens elektriske distribusjonsnett anno 2030-2040
AUTHOR(S)
Hanne Vefsnmo, Tonje Hermansen, Gerd Kjølle, Kjell Sand
 SINTEF  NTNU
EXECUTIVE SUMMARY
<p>Rapporten beskriver fire hovedscenarier for fremtidens elektriske distribusjonsnett anno 2030-2040:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Automatisert nett</b></li> <li>• <b>Fleksibelt og intelligent nett</b></li> <li>• <b>Nettet som back-up</b></li> <li>• <b>Business as usual.</b></li> </ul> <p>De fire hovedscenariene er beskrevet på et overordnet nivå med visse kjennetegn, for å illustrere hvordan situasjonen vil være i 2040. Situasjonsbeskrivelsen består av en kort tekst og noen utvalgte miniscenarier som illustrerer og eksemplifiserer situasjonen i det gitte hovedscenariet. Det er lagt vekt på at de fire scenariene skal være vesentlig forskjellige for å favne ulike alternative fremtider. Hensikten med dette er å sikre at de kan brukes til å møte en usikker fremtid ved å utvikle robuste strategier for overgangen til fremtidens nett.</p> <p>Scenariene er basert på tidligere arbeid med å identifisere drivkrefter for fremtidens nett og etablering av miniscenarier. Gjennom å analysere og strukturere drivkrefter og miniscenarier peker det seg ut to hoveddimensjoner som er de viktigste for hvordan fremtidens nett blir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Kundedimensjonen:</b> Fremtidens nett er en konsekvens av nettkundenes behov for nett og nett-tjenester som igjen er gitt av hvilke apparater, anlegg, produksjon, energilager, styring mm., og hvilken adferd fremtidens nettkunder har.</li> <li>• <b>Nettdimensjonen:</b> I hvilken grad nettselskapene tar i bruk ny teknologi, nye arbeidsprosesser og andre innovasjoner.</li> </ul> <p>Hovedscenariene er plassert i et todimensjonalt aksekors bestående av kundeaksen og nettaksen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Passive kunder versus aktive kunder</li> <li>• Analogt nett versus digitalisert nett.</li> </ul>

CINELDI REPORT NUMBER	01:2020
ISBN NUMBER	978-82-594-3789-1
WORK PACKAGE	WP6
CLASSIFICATION	Open

QUALITY ASSURANCE		
Main author	Hanne Vefsnmo	 <small>Hanne Vefsnmo (Sep 29, 2020 11:16 GMT+2)</small>
WP leader	Gerd Kjølle	 <small>Gerd Kjølle (Sep 29, 2020 11:19 GMT+2)</small>
Centre director	Gerd Kjølle	
Scientific coordinator	Kjell Sand	

VERSION NO	DATE	VERSION DESCRIPTION
1.0	2020-09-24	First version

# Innholdsfortegnelse

---

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Mål: Et fleksibelt, robust og kostnadseffektivt distribusjonsnett</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Foresight-prosessen i CINELDI</b> .....	<b>11</b>
3.1	Om scenarier .....	11
3.2	Foresight-prosessen .....	11
<b>4</b>	<b>Drivkrefter og miniscenarier</b> .....	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Etablering av hovedscenarier</b> .....	<b>14</b>
5.1	Strukturering av drivkrefter og miniscenarier .....	14
5.2	Kundeaksen .....	15
5.3	Nettaksen .....	16
5.4	Hovedscenarier i to dimensjoner .....	17
<b>6</b>	<b>Hovedscenarier – beskrivelse av situasjonen i år 2040</b> .....	<b>18</b>
6.1	Automatisert nett .....	18
6.2	Fleksibelt og intelligent nett .....	19
6.3	Nettet som back-up .....	21
6.4	Business as usual .....	22
<b>7</b>	<b>Andre dimensjoner som ikke er representert i aksekorset</b> .....	<b>23</b>
7.1	Eksempel på hvordan hovedscenariet "Automatisert nett" kan bli robust eller sårbart.....	24
7.2	Eksempel på hvordan hovedscenariet "Fleksibelt og intelligent nett" kan bli robust eller sårbart 25	
<b>8</b>	<b>Konklusjon og veien videre</b> .....	<b>26</b>
<b>9</b>	<b>Bibliografi</b> .....	<b>27</b>



# 1 Innledning

Centre for Intelligent Electricity Distribution (CINELDI) er et forskingssenter for miljøvennlig energi (FME). CINELDI har som hovedmålsetting å etablere et kunnskapsgrunnlag som bidrar til en kostnadseffektiv realisering av fremtidens intelligente, fleksible og robuste distribusjonsnett i et langsiktig tidsperspektiv mot 2030-2040.

Begrepet *fremtidens elektriske distribusjonsnett* omfatter i denne rapporten både fremtidens fysiske distribusjonsnett inklusive muliggjørende teknologier (kommunikasjon, hardware, software mm.) og fremtidens nettvirksomhet, gjennom forvaltning av distribusjonsnettet (planlegging, drift, vedlikehold, kundeservice osv.).

Det er mange grunner til at nettet og nettvirksomheten må endres fremover, blant annet:

- Ny teknologi i nett og hos nettkunder gir muligheter til å forbedre nettet og nettvirksomheten (f.eks. gjennom økt utnyttelse av fleksibilitet i forbruk og produksjon)
- Behovet for distribusjon av elektrisk kraft endres som følge av økt distribuert produksjon (f.eks. fra sol, vind, vann) og endringer i forbruket som følge nye apparater og anlegg (f.eks. effektkrevende laster som induksjonstopper, elbillading, landstrøm, fergeladingsanlegg, datasentre, batterier i nett og hos nettkunder)
- Nye regulatoriske krav og rammevilkår
- Nye trusler og sårbarheter (f.eks. økte eksterne påkjenninger på nettet som følge av klimaendringer, økt integrasjon av IKT)

For å kunne lage en strategi (et veikart) for hvilke tiltak som bør iverksettes for å sikre en kostnadseffektiv overgang til fremtidens nett, er det nødvendig å ha en formening om hvordan fremtiden kan bli, dvs. hva man må ta høyde for. Å lage scenarier er et hensiktsmessig hjelpemiddel for å kunne beskrive mulige tilstander i fremtiden og vil gi et grunnlag for å lage overgangsstrategier.

Formålet med denne rapporten er å gi en overordnet beskrivelse av scenarier for fremtidens nett samt redegjøre for hvordan scenariene er etablert.

Det er etablert fire hovedscenarier for fremtidens elektriske distribusjonsnett anno 2030-2040:

- **Automatisert nett**
- **Fleksibelt og intelligent nett**
- **Nettet som back-up**
- **Business as usual.**

De fire hovedscenariene er beskrevet på et overordnet nivå med visse kjennetegn, for å illustrere hvordan situasjonen vil være i 2040. Situasjonsbeskrivelsen består av en kort tekst og noen utvalgte miniscenarier som illustrerer og eksemplifiserer situasjonen i det gitte hovedscenariet. Det er lagt vekt på at de fire scenariene skal være vesentlig forskjellige for å favne ulike alternative fremtider. Hensikten med dette er å sikre at de kan brukes til å møte en usikker fremtid ved å utvikle **robuste** strategier for overgangen til fremtidens nett.

Scenariene inngår som en del av en Foresight-prosess slik den er beskrevet i kap. 3. De er basert på tidligere arbeid med å identifisere drivkrefter for fremtidens nett og etablering av miniscenarier, beskrevet i kap 4.

Gjennom å analysere og strukturere drivkrefter og miniscenarier peker det seg ut to hoveddimensjoner som er de viktigste for hvordan fremtidens nett blir:

- Kundedimensjonen: Fremtidens nett er en konsekvens av nettkundenes<sup>1</sup> behov for nett og netttjenester som igjen er gitt av hvilke apparater, anlegg, produksjon, energilager, styring mm., og hvilken adferd fremtidens nettkunder har.
- Nettdimensjonen: I hvilken grad nettselskapene tar i bruk ny teknologi, nye arbeidsprosesser og andre innovasjoner.

Hovedscenariene er plassert i et todimensjonalt aksekors bestående av kundeaksen og nettaksen. Aksekoret er beskrevet i kap. 5, mens scenariene er beskrevet i kap. 6.

Det todimensjonale aksekoret fanger ikke opp alle drivkrefter og utviklingstrekk. Dette er diskutert i kap. 7 der det gis eksempler på scenarier som kan bli henholdsvis robuste eller sårbare. I kap. 7 diskuteres også hva det betyr at et scenario er ønskelig eller gunstig i CINELDI-sammenheng. Dette må vurderes i lys av om de bidrar til å nå målene for et bærekraftig distribusjonsnett. I kap. 2 går vi nærmere inn hva som menes med et bærekraftig nett.

---

<sup>1</sup> Nettkunder omfatter alle aktører tilknyttet kraftnettet: Produsenter, sluttbrukere, plusskunder, energilager.

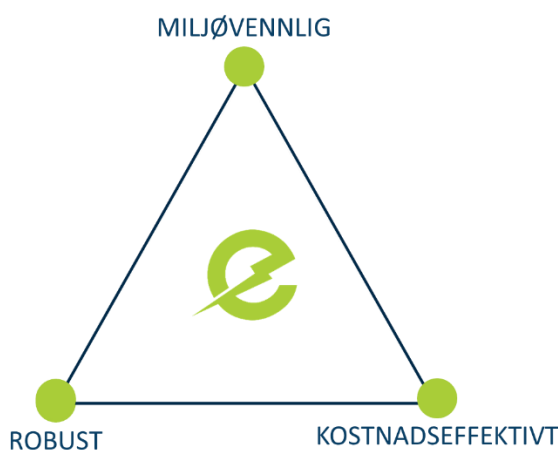


## 2 Mål: Et fleksibelt, robust og kostnadseffektivt distribusjonsnett

CINELDI jobber for å digitalisere og modernisere det elektriske distribusjonsnettet og målet er å bidra til en kostnadseffektiv realisering av fremtidens intelligente, fleksible og robuste distribusjonsnett<sup>2</sup>.

Et fleksibelt, intelligent og robust nett vil kunne legge grunnlaget for å nå energi- og klimamålene som samfunnet har satt relatert til økt distribuert kraftproduksjon fra fornybare kilder som sol, vind og vann, elektrifisering av transport og en mer effektiv effekt- og energibruk. Overgangen til fremtidens nett må skje til en akseptabel kostnad og uten at det går på bekostning av forsyningssikkerheten som blir enda viktigere i et stadig mer elektrifisert samfunn.

En elektrisitetsforsyning der målet er å oppnå en høy grad av forsyningssikkerhet, til en akseptabel kostnad og samtidig å sikre at energi- og klimamålene kan nås, kalles ofte energitriemmet<sup>3</sup> siden dette er tre delmål som ofte kan være i konflikt med hverandre eller er vanskelig å nå samtidig. I et energitriemmet er målet å finne en optimal balanse mellom dem. I nettsammenheng er dette tilpasset til å finne en god (samfunnsøkonomisk) balanse mellom robusthet, kostnadseffektivitet og miljø. Dette illustreres i Figur 1 og forklares i det følgende.



Figur 1 Energitriemmet for et bærekraftig distribusjonsnett

Et bærekraftig elektrisk distribusjonsnett vil i denne sammenhengen være et nett som både er robust, kostnadseffektivt og miljøvennlig:

<sup>2</sup> Se [www.cineldi.no](http://www.cineldi.no) for mer informasjon om CINELDI.

<sup>3</sup> Et trilemma kan tolkes som et valg mellom tre ugunstige muligheter, eller en avveining mellom tre målsettinger, der det satses på to av dem på bekostning av den tredje. Målet kan være å søke å oppnå alle tre målsettingene innenfor preferanser og interesser hos de aktuelle aktørene. Se for eksempel <https://www.carbonbrief.org/climate-rhetoric-whats-an-energy-trilemma>. Begrepet trilemma er en avledning av begrepet dilemma, som består i et valg mellom to eller flere ugunstige alternativer. I World Energy Council (WEC) brukes en energitriemmet-indeks til å beskrive ulike lands evne til å fremskaffe bærekraftig energi, langs dimensjonene energisikkerhet, energi-rettferdighet (tilgjengelighet og til overkommelig pris), og miljømessig bærekraft (<https://trilemma.worldenergy.org/#!/energy-index>).

**Robust nett:**

I overgangen til fremtidens nett, ved å ta i bruk nye muligheter og løse utfordringer, søkes det her på den ene siden å ivareta forsyningsikkerheten, og på den andre siden cybersikkerhet og personsikkerhet. Forsyningsikkerhet for elektrisitet omfatter energisikkerhet, effektsikkerhet, leveringspålitelighet og spenningskvalitet.

**Kostnadseffektivt nett:**

CINELDI skal bidra til en kostnadseffektiv realisering av fremtidens nett. Det betyr at målsettingen er å oppnå samfunnsøkonomisk riktige løsninger for nettet (i tråd med Energiloven), noe som innebærer at det søkes å redusere totale systemkostnader (summen av drifts- og investeringskostnader) sammenliknet med dagens praksis.

**Miljøvennlig nett:**

CINELDI skal bidra til å nå nasjonale energi- og klimamål mot lavutslippssamfunnet. I nettsammenheng dreier dette seg i hovedsak om å legge til rette for økt distribuert kraftproduksjon fra fornybare kilder (sol, vind, vann), elektrifisering av transport og en mer effektiv effekt- og energibruk. Et miljøvennlig nett betyr i denne sammenhengen et nett som legger til rette for dette.

### 3 Foresight-prosessen i CINELDI

#### 3.1 Om scenarier

Et scenario er en beskrivelse av en tenkt utvikling eller tilstand i fremtiden [1]. Begrepet «scenario» ble opprinnelig brukt om et enkelt manuskript som gir en oversikt over aktørene og handlingsgangen i et teaterstykke eller en film. Scenarier er blitt en vanlig tilnærming innenfor strategifaget og kunnskapsfeltet Foresight (fremtidstenkning). Et scenario er en fortelling i miniatyr; en helhetlig beskrivelse av hvordan et samfunn eller marked kan tenkes å se ut i fremtiden og utviklingen som har ledet til en ny fremtidig tilstand. Et vanlig norsk synonym er «fremtidsbilde».

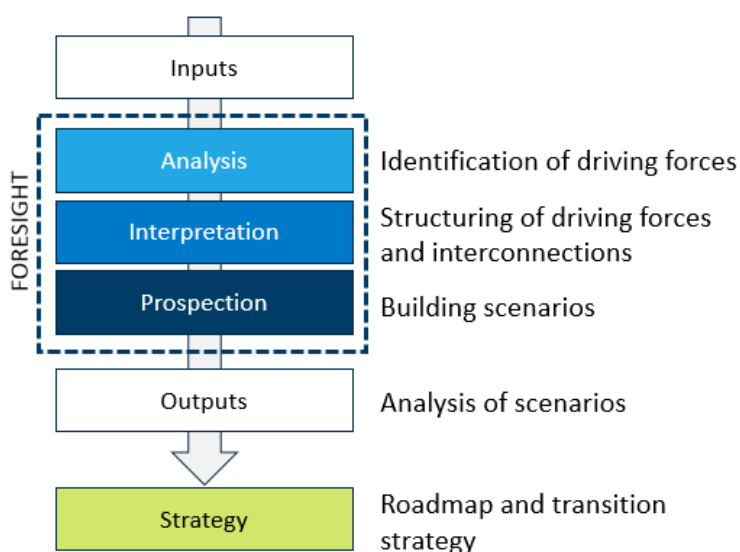
#### 3.2 Foresight-prosessen

Scenarioutarbeidelsene er gjennomført som en såkalt Foresight-prosess [2]. Ifølge Forskningsrådets publikasjon *Mot et nytt kunnskapsfelt – Foresight i Norge 2009* [3], er begrepet «Foresight» ganske nytt og ble først benyttet i Norge tidlig på 2000-tallet. Det skjedde under påvirkning av den nye satsningen på Foresight i EU rundt årtusenskiftet. Både her hjemme og i EU var det inntil da vanlig å snakke om fremtidsstudier og fremtidsforskning. Når Forskningsrådet har valgt å bruke den engelske betegnelsen «Foresight», har det vært for å markere at det har foregått en faglig utvikling – og at det er en nær sammenheng mellom norsk og europeisk Foresight. Ordet betyr fremsyn, og det vanligste og mest dekkende synonymet for en Foresight-prosess på norsk er fremtidstenkning.

Andre grunner til å velge Foresight-prosessen som arbeidsmetodikk er at metodikken også egner seg godt for tverrfaglig tenkning og samarbeid og fremmer involvering av mange ulike aktører [3]. Foresight har mange anvendelser slik det er beskrevet i [3], og nedenfor gis noen eksempler på hva Foresight kan bidra til:

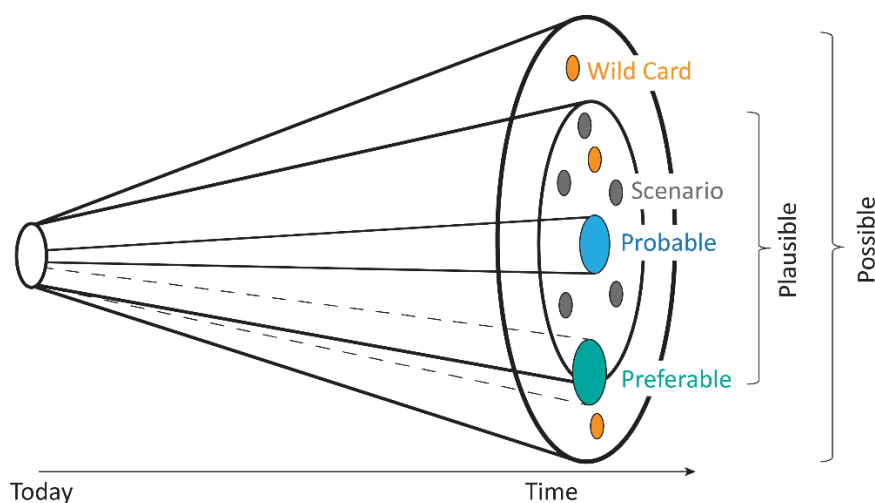
- Skape helhet og sammenheng
- Foreta strategiske valg
- Fremme innovasjon
- Forsterke læringen i organisasjoner.

Figur 2 viser rollen til Foresight-prosessen i utarbeidelse av strategier. Metodikken er basert på [4].



Figur 2 Foresight-prosessens rolle i strategiarbeid (figuren er basert på [4])

Fremtidens nett vil være komplekst i mange dimensjoner (teknologi, rammevilkår, forretningsmodeller, nettkunder mm.) og det vil være et komplekst system av systemer [5]. Innenfor scenariometodikken legger man til grunn at utviklingen sjelden er entydig eller forutbestemt. Når forholdene er komplekse (som i dette tilfellet), og man av ulike årsaker trenger å anlegge et langt tidsperspektiv (som i dette arbeidet fremover mot 2030-2040), er det nærmest umulig å komme med presise forutsigelser. Det er derfor nødvendig å lage flere scenarier for å fange opp mest mulig av usikkerheten i utviklingen. Dette kan illustreres med «fremtidskjeglen» i Figur 3 hvor spennet (utfallsrommet) av mulige fremtider er vist; fra dagens situasjon til venstre, og mulige fremtider til høyre i figuren. Den ytterste sirkelen representerer alle sannsynlige og usannsynlige scenarier. I sirkelen innenfor finnes de mer plausible scenarier sett ut fra dagens kunnskap og som er scenariene det fokuseres på i dette arbeidet.



**Figur 3: Spennet av scenarier vist som en kjegle (basert på [5])**

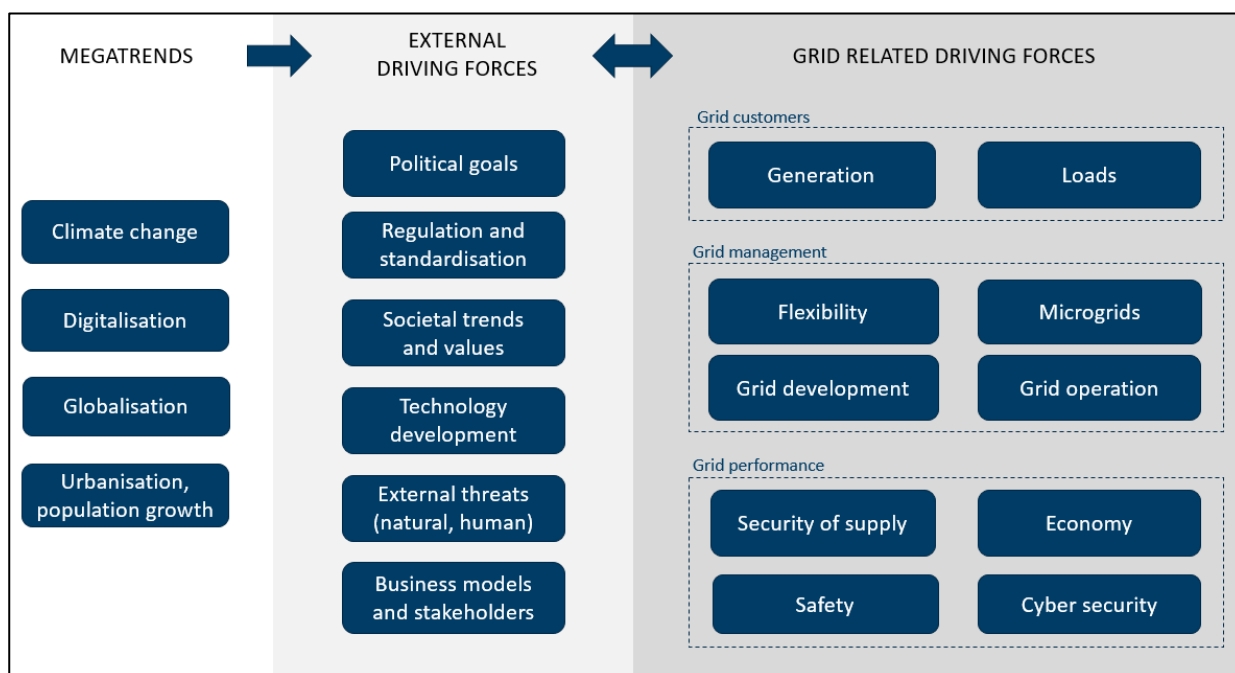
Et scenario er altså ikke en prognose, en visjon eller en ferdig strategi, som det fremgår av Figur 2, men scenariene gir grunnlag for å teste og utvikle strategier. Ved å prøve ut ulike handlingsalternativer i flere radikalt forskjellige, men likevel plausible fremtider, kan man forbedre eksisterende planer og gjøre dem mer robuste. Scenarier kan også sette de involverte aktørene på sporet av helt nye strategiske alternativer.

Mer informasjon om Foresight-prosessen og scenarioarbeidet finnes i CINELDI-rapporten "Driving forces for intelligent electricity distribution system innovation" [6].

## 4 Drivkrefter og miniscenarier

Som vist i Figur 2, er første trinn i Foresight-prosessen å identifisere drivkrefter. Med drivkrefter forstås her aktører og faktorer som er viktige premissgivere for den fremtidige utviklingen mot fremtidens nett. Drivkreftene kan fremme, hindre eller muliggjøre ulike utviklinger i nettvirksomheten. Drivkreftene ble identifisert gjennom diskusjoner med sentrale aktører i CINELDI-workshops.

Drivkreftene har deretter blitt sortert, gruppert og analysert, som beskrevet i rapporten "Driving forces for intelligent electricity distribution system innovation" [6]. Grupperingen av drivkrefter er vist i Figur 4.



Figur 4 Oversikt over grupper med drivkrefter

Basert på de identifiserte drivkreftene ble det i dialog med aktørene utviklet et sett med miniscenarier. *Et miniscenario er en tenkelig hendelse, handling eller utvikling som har betydning for utviklingen av nettet, og illustrerer mulige utviklinger gitt en eller flere av drivkreftene.*

I arbeidet er det blitt etablert en database (regneark) med totalt 95 miniscenarier dokumentert i [7]. Dokumentasjonen av miniscenariene er i form av en tittel på miniscenariet og en beskrivende tekst – se eksemplet nedenfor:

Tittel miniscenario	Beskrivelse miniscenario
Integrasjon av PV svekker spenningskvaliteten	Teknologi- og kostnadsutviklingen på solceller (PV) gjør at de installeres i utstrakt grad. Dette skaper spenningsproblemer i nettet.

Miniscenariene som ble utviklet er relativt mange, men dekker hver især typisk kun ett aspekt eller en avgrenset del av nettet/nettvirksomheten. De er derfor på et litt for detaljert nivå til at de egner seg til å fange de store linjene i nettutviklingen og bør derfor komprimeres eller grupperes for å være bedre tilrettelagt for bruk i et overordnet strategiarbeid. Dette er gjort ved at miniscenariene er brukt som et underlag for å utvikle fire mer høynivå-scenarier, her kalt hovedscenarier. Fremgangsmåte og resultater er dokumentert i etterfølgende kapitler.

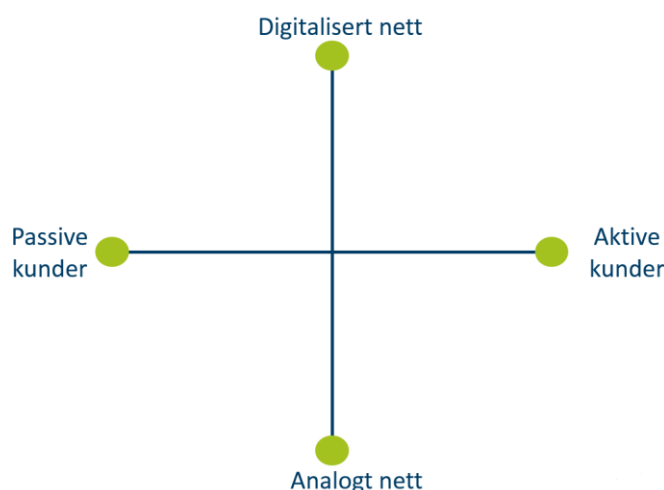
## 5 Etablering av hovedscenarier

### 5.1 Strukturering av drivkrefter og miniscenarier

Det er mange alternativer for fremtidens nett gitt det store antallet miniscenarier som spenner ut utfallsrommet. I en strategiprosess er det nødvendig å forholde seg til færre og mer dekkende scenarier, og det er derfor valgt å etablere såkalte hovedscenarier. Det er vanlig i slike sammenhenger å etablere fire plausible scenarier, og det er viktig for å utvikle robuste strategier at disse er svært forskjellige samtidig som de favner det plausible utfallsrommet. Gjennom å analysere og strukturere drivkrefter og miniscenarier peker det seg ut to hoveddimensjoner som er de viktigste for utviklingen av fremtidens nett:

- Kundedimensjonen: Fremtidens nettet er en konsekvens av nettkundenes<sup>4</sup> behov for nett og netttjenester som igjen er gitt av hvilke apparater, anlegg, produksjon, energilager, styring mm., og hvilken adferd fremtidens nettkunder har.
- Nettdimensjonen: I hvilken grad nettselskapene tar i bruk ny teknologi, nye arbeidsprosesser og andre innovasjoner.

Disse to hoveddimensjonene kan struktureres i et todimensjonalt diagram med fire kvadranter som vist nedenfor:



Figur 5 Diagram for strukturering av hovedscenarier for fremtidens nett

Aksekorset består av den vannrette kundeaksen og den loddrette nettaksen. Aksekorset spenner ut utfallsrommet for scenariene og representerer usikkerheten i utviklingen av de viktigste drivkreftene, som beskrevet i [6]. For at aksekorset skal favne utfallsrommet må ytterpunktene på aksene være signifikant forskjellige og for å forstå aksedimensjonene må ytterpunktene på aksene defineres nærmere. Dvs. hva som legges i begrepene som er brukt i diagrammet:

- Passive kunder versus aktive kunder
- Analogt nett versus digitalt nett.

<sup>4</sup> Nettkunder omfatter alle aktører tilknyttet kraftnettet: Produsenter, sluttbrukere, plusskunder, energilager.

Begrepene er i utgangspunktet kun å oppfatte som **navn** som bør kunne gi fornuftige assosiasjoner, uten at de skal tolkes bokstavelig. F.eks. vil dagens nett og nettvirksomhet her komme i kategorien analogt nett, selv om det har mange digitale elementer (AMS, driftssentral osv.).

## 5.2 Kundeaksen

Kundeaksen beskriver nettkundene som helhet under et innmatingspunkt (innenfor valgte system-grenser), og i hvor stor grad disse består av aktive eller passive kunder. (Et energilager som er eid og driftet av en nettkunde, hører hjemme i denne dimensjonen.)

### 5.2.1 Definisjon av Aktive kunder

Aktive kunder defineres her som nettkunder (med forbruk og/eller produksjon/energilager), som bidrar med fleksibilitet i kraftsystemet. Flexibilitetsbegrepet er det sentrale og er definert som:

- Flexibilitet er evne og vilje til modifisering av produksjons- og/eller forbruksmønster, på et individuelt eller aggregert nivå, ofte som en reaksjon på et eksternt signal, for å kunne tilby en tjeneste til kraftsystemet eller opprettholde stabil nettdrift (basert på [8]).

Helt ytterst til høyre på kundeaksen (aktive kunder) er majoriteten av nettkundene en fleksibel ressurs i kraftsystemet:

- Flexible ressurser er produksjons-, og/eller forbruksressurser, og/eller energilager, hvor injisert eller forbrukt effekt kan modifiseres på et individuelt eller aggregert nivå, etter avtale med nettselskapet og/eller en tredjepart (f.eks. en aggregator) slik at de inngår i og kan gjøre nytte i systemdriften.

### 5.2.2 Definisjon av Passive kunder

Passive kunder defineres her som nettkunder (med forbruk og/eller produksjon/energilager) som IKKE bidrar med fleksibilitet i kraftsystemet.

Helt ytterst til venstre på kundeaksen (passive kunder) produserer og forbruker majoriteten av nettkundene elektrisitet helt uavhengig av ytre signaler.

### 5.2.3 Kommentarer til definisjonene

Aktive og passive kunder kan deles inn i følgende kategorier:

- Sluttbrukere med og uten energilager
- Produsenter med og uten energilager
- Plusskunder/Prosumenter med og uten energilager.

Aktive og passive kunder kan også deles inn etter hvilket nettnivå de er tilknyttet:

- Nettkunder tilknyttet lokalt distribusjonsnett
- Nettkunder tilknyttet regionalt distribusjonsnett.

De aktive kundene kan bidra med fleksibilitet til kraftsystemet på ulike måter:

- Nettkunden styrer forbruk/produksjon/energilager manuelt etter ytre signaler som prissignaler, flaskehals-signaler osv.
- Nettkundene har installert utstyr som styrer forbruk/produksjon/energilager automatisk f.eks. ut fra prissignaler, spenningsmålinger osv.
- Nettkundene har avtale med en tredjepart eller nettselskapet, som kan styre forbruk/produksjon/energilager ut fra kraftsystemets (inkl. nettets) behov

- Ved feilhendelser i kraftsystemet kan lokal produksjon/energilagre bidra med elektrisk energi i kontrollert øydrift og følgelig bidra til reservekraftforsyning.

## 5.3 Nettaksen

Nettaksen beskriver i hvilken grad det er tatt i bruk ny teknologi sammenlignet med dagens standard og praksis, f.eks. i form av nye sensorer, økt overvåking og automatisering i distribusjonsnett (regionalt distribusjonsnett og lokalt distribusjonsnett). Med distribusjonsnett menes det fysiske distribusjonsnett og oppgaver knyttet til planlegging, drift og vedlikehold av dette nettet.

### 5.3.1 Definisjon av Digitalisert nett

Digitalisert nett defineres her som distribusjonsnett der ny teknologi er tatt i bruk i utstrakt grad for å digitalisere og automatisere nettet (både det fysiske distribusjonsnett og oppgaver knyttet til planlegging, drift og vedlikehold av dette distribusjonsnett).

Kommentarer til definisjonen:

- Med digitalisert nett menes det at ny teknologi, i form av sensorer, kommunikasjonssystemer, IT-systemer, systemer for datainnsamling, algoritmer og systemer for overvåking, styring og kontroll, m.m., er tatt i bruk i utstrakt grad sammenlignet med dagens nivå.
- Teknologiene bidrar til at nettdriften overvåkes og automatiseres i større grad og muliggjør bl.a. et risiko- og tilstandsbasert vedlikehold.
- Planleggingen baserer seg i stor grad på beslutningsstøtteverktøy som hensyntar usikkerhet i prognoser for last, produksjon og energilagring
- Netteier utnytter i betydelig grad alternativer til tradisjonelle nettinvesteringer som f.eks. smart styring av forbruk og produksjon, dynamiske effekt-tariffer osv.

### 5.3.2 Definisjon av Analogt nett

Med et analogt nett menes her et distribusjonsnett som i stor grad likner på dagens nett og nettvirksomhet (anno 2020). Analogt nett defineres her som distribusjonsnett der det i begrenset grad er tatt i bruk ny teknologi for å digitalisere distribusjonsnett ut over dagens nivå, og at arbeidsoppgaver (knyttet til drift, planlegging og vedlikehold) er i liten grad automatiserte.

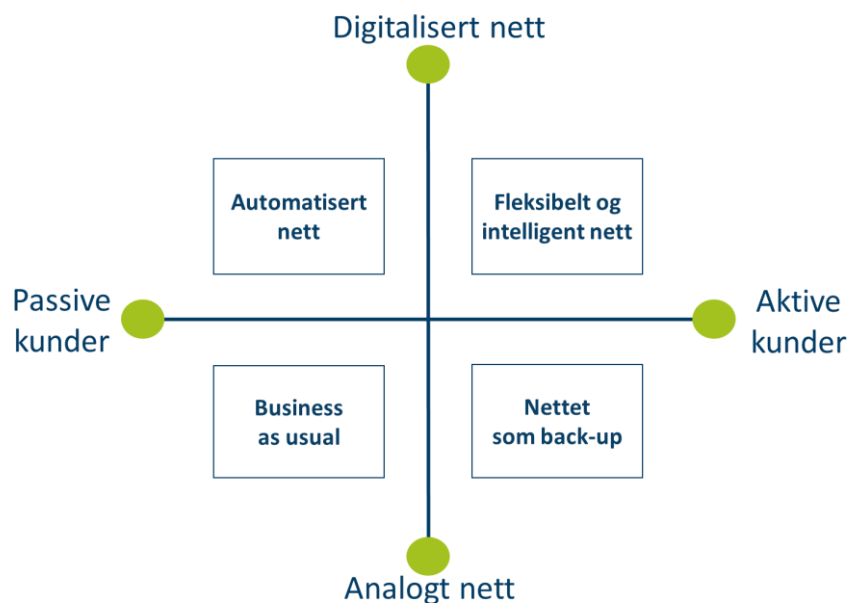
Kommentar til definisjonen:

- Med analogt nett menes det at ny teknologi i form av sensorer, overvåking og automatisering er tatt i bruk i liten grad – særlig i lavspenningsnett.
- Planlegging, drift og vedlikehold utføres i stor grad manuelt av personell, og med lite automatisering av arbeidsprosesser.
- Planlegging gjennomføres tradisjonelt med bruk av "fit and forget" tankegang, det betyr at nettet dimensjoneres etter "worst-case" scenario (maksimal last og minimum produksjon eller maksimal produksjon og minimum last), uten å hensynta usikkerhet i prognoser for last og produksjon og vurdering av driftstiltak i planleggingen (eksempelvis bruk av fleksible ressurser).
- Nettproblemer løses ved hjelp av tradisjonelle nettinvesteringer som kraftledninger, kabler, transformatorer
- Vedlikehold gjøres i begrenset grad risiko- og tilstandsbasert.



## 5.4 Hovedscenarier i to dimensjoner

Analysen av drivkrefter og miniscenarier viser at det blir for komplekst å etablere fire konsistente hovedscenarier eller fremtidsbeskrivelser direkte ut fra disse siden de rommer så mange aspekter utover dem som er valgt som hoveddimensjoner – nett og nettkunder. Men de to hoveddimensjonene gjør det logisk å plassere fire hovedscenarier i de fire kvadrantene som vist i figuren nedenfor, der hvert hovedscenario har fått et navn som vist i Figur 6.



**Figur 6 Hovedscenarier for fremtidens elektriske distribusjonsnett**

De fleste drivkrefter og miniscenarier er enkle å plassere inn i de to dimensjonene som spenner ut hovedscenariene, mens noen drivkrefter og miniscenarier ikke nødvendigvis kan knyttes direkte til aksene. Dette kan være drivkrefter som kan påvirke om et hovedscenario er gunstig eller ikke i forhold til den muligheten eller utfordringen drivkraften representerer.

Når man skal ta stilling til i hvilken grad tekniske innovasjoner er nyttige, må de bedømmes ut fra i hvilken grad de bidrar til at samfunnet og aktørene oppfyller sine målsettinger og krav. Som beskrevet i kap. 2, er det to hoveddimensjoner som må vurderes for å finne ut om de bidrar til å nå målene for fremtidens nett: Forsyningsikkerhet og Økonomi (eller kostnadseffektivitet). Mer om dette kapittel 7.

## 6 Hovedscenarier – beskrivelse av situasjonen i år 2040

De to aksene spenner opp de fire hovedscenariene for 2040 som vist i Figur 6. Med kunder menes her både sluttbrukere, produsenter og prosumenter, og kundeaksen beskriver i hvilken grad nettkundene bidrar med fleksibilitet til kraftsystemet. Nettaksen omhandler i hvilken grad nettet er digitalisert og automatisert.

### 6.1 Automatisert nett

Det **Automatiserte nettet**, øverst til venstre i Figur 6, kjennetegnes av **Passive kunder** og **Digitalisert nett**. I dette scenariet er ny nett-teknologi og løsninger tatt i bruk i utstrakt grad for å digitalisere og automatisere nettet og nettvirksomheten for å håndtere utfordringene i nettet og optimalisere driften. Nettkundene er passive, de produserer og forbruker elektrisitet uavhengig av ytre signaler som f.eks. prissignaler. Elektrifiseringen av transportsektoren er omfattende (som i øvrige scenarier), noe som har medført høye effektbehov til lading. Dette, sammen med en økning i andel distribuert produksjon i form av solceller gjør at det har underveis frem mot 2040 vært store utfordringer med kapasitet og spenningskvalitet i nettet. Disse utfordringene har blitt møtt dels med tradisjonelle nettinvesteringer, men også med utstrakt bruk av teknologi, i form av nye sensorer, raskere kommunikasjonssystemer, nye IT-systemer og systemer for datainnsamling, bruk av mer avanserte algoritmer og systemer for overvåking, styring og kontroll, m.m. Disse teknologiene bidrar til at nettdriften er mer automatisert, og at nettdrift og vedlikehold utføres risiko- og tilstandsbasert.

I planlegging og utvikling av nettet baserer man seg i større grad på beslutningsstøtteverktøy som hensyntar usikkerhet bl.a. i prognoser for last og produksjon. Bruken av slike verktøy er fremmet av økt tilgang på målinger og data av god kvalitet. Driftstiltak brukes aktivt som alternativ til nettinvesteringer for å møte utfordringer knyttet til f.eks. kapasitet og spenningskvalitet, og netteier har investert betydelig i elektriske energilagere for å løse nettproblemer. Mikronett initiert av nettselskapene er i utbredt bruk. Dette gjør at områder av nettet er selvforsynte og selvstyrte, og dermed mindre avhengige av det overliggende nettet. Økt og bedre overvåking av nettet bidrar til at nettet kan driftes nærmere de tekniske grensene og at driften automatiseres ut fra nettets tilstand og behov.

Følgende miniscenarier illustrerer situasjonen i 2040 for hovedscenariet *Automatisert nett*:

- **#32 Behov for større nettkapasitet på grunn av økt hjemmelading av elbiler med høy effekt**
  - Elektrifisering av transport fører til en stadig større andel husholdninger med hjemmelading av elbil, ofte med høy effekt. Det kreves store investeringer i større nettkapasitet pga. flaskehals- og spenningskvalitetsproblemer i distribusjonsnettet for å møte etterspørselen.
- **#31 Ny teknologi tas i bruk ved oppgradering**
  - Nettet er aldrende med økende feilfrekvens, og påfølgende høye drifts- og vedlikeholdskostnader. Dette medfører en massiv utskifting av komponenter, og det bidrar til at ny teknologi (f.eks. smarte, selvovervåkende nettstasjoner) tas i bruk når nettet oppgraderes. Driftskostnadene går ned som følge av bedre overvåking og kontroll.
- **#27 God beslutningsstøtte for driftsoperatøren**
  - Datatilfanget i nettvirksomheten har økt kraftig sammenlignet med 2020-nivået. Datagrunnlaget genereres, prosesseres og analyseres automatisk, og gir god situasjonsforståelse og beslutningsstøtte for driftsoperatøren. Dette bidrar til mer effektiv drift av nettet, lavere kostnader for nettselskapene og kortere avbruddsvarighet for forbrukerne.

- #88 **Økt styring og optimalt vedlikehold**
  - Kostnaden på sensorer er lave i 2040, og det har blitt en betydelig økning i antall sensorer i nettet, noe som bidrar til bedre sanntids-overvåking av tilstanden i nettet. Konsekvens: Økt tilgang på tilstandsdata som kan benyttes i beslutningsstøttesystemer for styring/kontroll av nettdriften, og som grunnlag for mer optimalt vedlikehold.
- #112 **Selvhelende nett**
  - Investeringene i fjernstyrte brytere og sensorer har vært store i perioden siden 2020, som medfører at i 2040 har hele distribusjonsnettet automatisk respons i feilsituasjoner. Når det f.eks. skjer feil som gir avbrudd, isoleres feilen automatisk og forsyningen gjenopprettes raskt gjennom automatisk omkonfigurering av nettet. Avbruddsvarigheten og KILE-kostnadene reduseres.

## 6.2 Fleksibelt og intelligent nett

**Fleksibelt og intelligent nett**, øverst til høyre i Figur 6, kjennetegnes av **Aktive kunder** og **Digitalisert nett**. Her har nettet blitt digitalisert i en grad som også tar hensyn til at kundene har blitt aktive og at dette kan utnyttes i nettplanleggingen og nettdriften. Dette innebærer altså en større grad av digitalisering enn i scenariet **Automatisert nett**. Men mange av elementene fra **Automatisert nett** er med også i dette scenariet og gjentas nedenfor slik at de store linjene i beskrivelsen blir komplett.

En stor andel av kundene er aktive kunder. Aggregatorrollen er utbredt og mange kunder har inngått avtaler med aggregator, som styrer forbruket og/eller produksjonen/energilagere slik at de kan levere fleksibilitetstjenester til nettselskap og fleksibilitetsmarkeder. Mange kunder har installert utstyr som styrer strømforbruket og/eller produksjonen automatisk etter prissignaler o.l.

Elektrifiseringen av transportsektoren er omfattende, noe som har medført høye effektbehov til lading. Dette, sammen med en økning i andel distribuert produksjon i form av solceller gjør at det underveis frem mot 2040 har vært store utfordringer med kapasitet og spenningskvalitet i nettet. Disse utfordringene har blitt møtt dels med tradisjonelle nettinvesteringer, men også med utstrakt bruk av teknologi, i form av nye sensorer, raskere kommunikasjonssystemer, nye IT-systemer og systemer for datainnsamling, bruk av mer avanserte algoritmer og systemer for overvåking, styring og kontroll, m.m. Disse teknologiene bidrar til at nettdriften er mer automatisert, og at nettdrift og vedlikehold utføres risiko- og tilstandsbasert. Utnyttelse av fleksibiliteten til aktive nettkunder har redusert behovet for tradisjonelle nettinvesteringer betydelig sammenlignet med scenariet **Automatisert nett**, men ulike aktører – også nettselskapene, har måttet investere betydelig i hardware og software for å kunne overvåke og iverksette fleksibilitetstjenester fra nettkundene.

I planlegging og utvikling av nettet baserer man seg i stor grad på beslutningsstøtteverktøy som hensyntar usikkerhet bl.a. i prognoser for last, produksjon og fleksibilitet. Bruken av slike planleggingsverktøy er fremmet av økt tilgang på målinger og data av god kvalitet. Driftstiltak (både tiltak i nettet og tiltak hos kundene) utnyttes i betydelig grad og er et anerkjent alternativ til nettinvesteringer (eksempelvis bruk av fleksible ressurser). Slike tiltak brukes aktivt for å møte utfordringer knyttet til f.eks. kapasitet og spenningskvalitet, og netteier har investert lite i elektriske energilagere for å løse nettproblemer siden de i betydelig grad kan utnytte (direkte eller indirekte gjennom tjenesteleverandører) energilagere hos nettkundene, herunder også mobile batterier i elektrisk transport. Mikronett er i utbredt bruk, noe som gjør at områder av nettet er selvforsynte og selvstyrte, og dermed mindre avhengige av det overliggende nettet. Økt og bedre overvåking av nettet bidrar til at nettet kan driftes nærmere de tekniske grensene og

at driften automatiseres ut fra nettets tilstand og behov – herunder iverksetting av fleksibilitet hos nettkundene i tilnærmet sanntid.

Utnyttelse av nettkunders fleksibilitet er til stor hjelp i feilsituasjoner ved at nettet kan avlastes gjennom utkobling av uprioritert forbruk samtidig som elektriske energilagre bidrar til reserveforsyning.

Følgende miniscenarier illustrerer situasjonen i 2040 for hovedscenariet *Fleksibelt og intelligent nett*:

- **#77 Fra effekttopp til stabil last**
  - Økt elektrifisering av ferger (eller elbil-ladestasjoner) gir effektutfordringer for nettet når ferga lader raskt med høy effekt. Fergeselskapene investerer stort i batterier på land. Dette gir mer stabil last i nettet, og muligheter for at fergeselskapene kan tilby fleksibilitet/nettstøtte til nettet i høylastperioder og feilsituasjoner.
  
- **#10 Batteri i alle hjem**
  - Teknologiutvikling gjør batterier billigere og mer energieffektive over ladesyklusene. Mange sluttbrukere investerer i batterier i sitt hjem (ulike incentiver kan ligge bak, egeninteresse, økonomi, pålegg fra myndigheter, osv.). Batteriet lades gjerne opp i lavlastperioder for å dekke effektbehov i høylastperioder. Dette gir en utjevning av effekttoppene og mindre behov for nettførsterkninger. Batteriet kan også benyttes som reservekraftforsyning ved avbrudd.
  
- **#80 Velfungerende aggregatormarked**
  - Aggregatortjenester tas i bruk i større grad, og utnytter fleksibilitet hos kunder (f.eks. gjennom styring av varmtvannstanker o.l.) Aktive kunder bidrar som en fleksibel ressurs for nettet i et velfungerende fleksibilitetsmarked. Nettselskapet kan utsette reinvesteringer i nettet.
  
- **#78 Nettselskapene får styre forbruk**
  - Nettselskapene får tilgang til å styre forbruk bak måleren til kundene. Enten ved at kunden eier teknologi som gir styringsmuligheter, men gir nettselskapet tilgang, eller ved at nettselskapet investerer i styringsteknologi hos kunden (ulike kundetilbud, reguleres gjennom avtaler) og kan styre direkte etter avtale med nettkunden. Nettselskapene utnytter fleksibilitet til det beste for nettet. Nettselskapene kan utsette dyre nettinvesteringer.
  
- **#91 Full observerbarhet (av nett-tilstand og fleksibilitetsressurs-status)**
  - Nye sensorer kombinert med kunstig intelligens-baserte metoder gir mye mer informasjon om oppdatert status i nettet og hos nettkundene. Tilgang på egne data og data fra andre DSO-er, og TSO gir større muligheter til å forutse hendelser/ feilsituasjoner under utvikling i eget og tilknyttede nett. God kommunikasjon mellom DSO/DSO og TSO/DSO gjør at de ulike aktørene kan avhjelpe hverandre ved potensielle feilsituasjoner.

### 6.3 Nettet som back-up

Nederst til høyre i Figur 6 er scenariet **Nettet som back-up**, som kjennetegnes av **Aktive kunder** og **Analogt nett**. I dette scenariet har det skjedd stor utvikling hos kundene og en stor andel av dem er aktive kunder, mens nettselskapene i begrenset grad har implementert nye, tilgjengelige teknologier og metoder, og de utnytter ikke fleksibiliteten til nettkundene.

Mange aktive kunder er selvforsynte og ønsker kun å bruke nettet som back-up (reservekraftforsyning) i situasjoner med mangel på egen kraftproduksjon og i feilsituasjoner. Noen kunder kobler seg fra nettet for å spare nettleie, og nabolag samarbeider om mikronettløsninger med f.eks. felles energilager. Det blir mindre rom for nettinvesteringer siden nettkundene ikke i samme grad som tidligere ønsker å betale for et pålitelig distribusjonsnett samt at det etter hvert blir færre nettkunder som betaler nettleie.

Den store andelen med aktive kunder er blant annet fremmet av at det har vokst frem mange leverandører som tilbyr nøkkelferdige plusskunde- og mikronettløsninger. Mange kunder har avtaler med disse og lar dem styre forbruk og/eller produksjon/energilager for å opprettholde balanse i eget mikronett. Flere mikronett kobler seg fra distribusjonsnettet, eller bruker distribusjonsnettet kun til back-up i perioder hvor lokal kraftproduksjon eller energilager ikke dekker prioritert last eller ved feilhendelser i mikronettet.

Teknologi i form av sensorer, overvåking og automatisering er tatt i bruk i beskjeden grad utover 2020-nivå. Planlegging, drift og vedlikehold utføres manuelt av personell, og med liten grad av automatisering av arbeidsprosesser.

Planlegging og utvikling av nettet gjennomføres tradisjonelt med bruk av "fit and forget" tankegang, der nettet dimensjoneres etter "worst-case" scenario (maksimal last og minimum produksjon eller maksimal produksjon og minimum last), uten å hensynta usikkerhet i prognoser for last og produksjon og vurdering av driftstiltak i planleggingen (eksempelvis bruk av fleksible ressurser). Vedlikehold gjøres i begrenset grad risiko- og tilstandsbasert.

Følgende miniscenarier illustrerer situasjonen i 2040 for hovedscenariet **Nettet som back-up**:

- **#12 Batteri som trussel og redning**
  - Batteriteknologien muliggjør mikronett (områder med autonom strømforsyning) i, kvartaler og bydeler, med svakere eller ingen kobling til distribusjonsnettet. Systemansvar i mikronettene ivaretas av andre aktører enn nettselskapene. Bruk av bilbatteri som energilager er omfattende. Dette gjør at flere kunder/områder kobler seg fra distribusjonsnettet.
- **#1 Høy nettleie**
  - Høy nettleie medfører at kundene kobler seg fra distribusjonsnettet og sørger for sin egen produksjon. Det blir færre å dele nettkostnadene på, og dermed ytterligere økning i nettleie for de som er tilknyttet nettet. Det fører til at flere blir misfornøyde og går "off-grid", og det blir liten eller ingen utvikling av nettet.
- **#105 God velstand gir økt betalingsevne og kundene går "off-grid"**
  - God velstand gir høy betalingsevne. Dette medfører at kundene er villige til å investere og ta i bruk ny teknologi. Kundene tar bevisste valg og investerer i solceller på taket og batteriløsninger i huset sitt, tar i bruk styring og regulering av forbruk, og blir selvforsynte. De har dermed ikke behov for nettet, og ønsker ikke å betale nettleie. De kobler seg fra nettet.

- **#8 DSO som backup for mikronett**
  - Nye markedsmuligheter for leverandører av installasjon, drift og vedlikehold av mikronett åpner seg. Dette innebærer leie eller leasing av nye lokale strømsystemer, og borettslag eller liknende går sammen og danner egne energifellskap. Disse kjøper tjenester for å drive egne mikronett, og bruker distribusjonsnettene kun til back-up. Dette medfører utfordringer for nettselskapene relatert til leveringsforpliktelser, høy nettleie og krav til kapasitet på overføringen.

## 6.4 Business as usual

Nederst til venstre i aksekorset i Figur 6, er scenariet **Business as usual**, som kjennetegnes av **Analogt nett** og **Passive kunder**. I dette scenariet er utviklingen omtrent som i dag (2020). Nettet tilpasses det som skjer på kundesiden, med tradisjonelle oppgraderinger og investeringer etter behov.

Teknologi i form av sensorer, overvåking og automatisering er tatt i bruk i liten grad utover mulighetene som AMS tilbyr. Planlegging, drift og vedlikehold utføres manuelt av personell, og med lite automatisering av arbeidsprosesser.

Det store flertallet av nettkundene er passive, de produserer og forbruker elektrisitet uavhengig av ytre signaler. Elektrifiseringen av transportsektoren har holdt fram, og det er høye effektbehov til ladeinfrastruktur. Dette, sammen med en økning i andel distribuert produksjon i form av solceller gjør at det er store utfordringer med kapasitet og spenningskvalitet i nettet. Tradisjonelle nettinvesteringer (ofte overinvesteringer) gjøres for å opprettholde forsyningssikkerheten. Deler av nettet (der man har rukket å forsterke), har overkapasitet noe som sikrer enklere drift i disse nettområdene. Men manglende overvåking av nettet og utviklingen hos nettkundene medfører at man tidvis og stedvis er på etterskudd med å forsterke nettet i noen områder, noe som gir betydelige utfordringer.

Følgende miniscenarier illustrerer situasjonen i 2040 for hovedscenariet **Business as usual**:

- **#33 Hyppige avbrudd pga samtidighet i store laster**
  - En voldsom økning i effektkrevende laster og deres samtidighet uten særlig grad av overvåking og styring, fører til hyppigere avbrudd pga. at nettet overbelastes.
- **#32 Behov for større nettkapasitet på grunn av økt hjemmelading av elbiler med høy effekt**
  - Elektrifisering av transport fører til en stadig større andel husholdninger med hjemmelading av elbil, ofte med høy effekt. Det kreves store investeringer i større nettkapasitet pga. flaskehals- og spenningskvalitetsproblemer i distribusjonsnettene for å møte etterspørselen.
- **#49 Økning i arbeidsulykker som følge av økt integrasjon av distribuert produksjon**
  - Distribuert produksjon (f.eks. solceller) gjør det mye vanskeligere å sikre at nettet er strømløst ved arbeid på nettet f.eks. under vedlikehold eller ved feilretting, både ved oppstart av arbeid og under arbeidet. Personikkerheten svekkes.

## 7 Andre dimensjoner som ikke er representert i aksekorset

Tilsynelatende kan det se ut til at **Fleksibelt og intelligent nett** er det mest ønskelige eller gunstige scenariet (fremtidsbilde for distribusjonsnettet) ettersom dette scenariet ser ut til å samsvare mest med de overordnede målene til fremtidens nett. Mens **Business as usual** og **Nettet som back-up** kan se ut til å være de minst ønskelige scenariene. Sett fra et rent teknologisk perspektiv vil dette kanskje være riktig. De fire hovedscenariene er i stor grad teknologi-orienterte ved at aksene beskriver i hvilken grad ny teknologi medfører innovasjoner i nettet og nettvirksomheten, henholdsvis innovasjoner og endret adferd hos nettkundene.

Med de teknologiorienterte aksene som er brukt til å spenne ut de ulike scenariene, er det andre egenskaper som ikke fanges opp, for eksempel om nettet er robust og kostnadseffektivt som er viktige mål for fremtidens nett. Noen av drivkreftene og miniscenariene som er identifisert lar seg ikke direkte henføre til de to dimensjonene som er brukt til å konstruere hovedscenariene, nemlig kundeaksen og nettaksen. Dette gjelder aspekter knyttet til *økonomi, eksterne trusler, forsyningsikkerhet, personsikkerhet, og cybersikkerhet* (se Figur 4 – Grid Performance-delen).

Slike drivkrefter og miniscenarier kan ha svært stor innvirkning på utviklingen av nettet og dermed scenariene. Dersom f.eks. nettselskapene ikke evner å beskytte seg mot cyberangrep (hacking), vil sårbarheten av å ta i bruk ny teknologi øke og kostnadene vil øke. Bruk av ny teknologi vil alltid ha fordeler og ulemper. Derfor må det i et strategiarbeid også tas hensyn til å lage delstrategier som er robuste overfor de utfordringene slike drivkrefter og miniscenarier representerer. I det etterfølgende illustreres dette med et par eksempler.

## 7.1 Eksempel på hvordan hovedscenariet "Automatisert nett" kan bli robust eller sårbart

To miniscenarier fra [7] er valgt ut for å eksemplifisere hvordan "Automatisert nett" kan bli robust eller sårbart, som vist i Tabell 1.

**Tabell 1: Miniscenarier som eksempler på hvordan scenariet "Automatisert nett" kan bli robust eller sårbart**

Miniscenariotittel: <b>Robotikk og kunstig intelligens gir bedre forsyningsikkerhet og personsikkerhet</b>		Miniscenariotittel: <b>Mye data, men mangel på data med tilstrekkelig kvalitet</b>	
<p>Roboter og kunstig intelligens overvåker nettet og utfører beredskap. Roboter tar over jobben for leverandører, og kan ta seg av forebyggende arbeid som å fjerne trær som truer høyspentlinjene. Konsekvensene av denne teknologiutviklingen er store kostnadsbesparelser gjennom kortere utrykningstid og gjenoppretting, og generelt kortere feilrettingstid. Utviklingen medfører bedre leveringspålitelighet og høyere personsikkerhet.</p>		<p>Sensorer samler inn informasjon fra nettet, og algoritmer brukes til å optimalisere drift og vedlikehold i kraftsystemet. Da data har dårlig kvalitet, kan ikke slike algoritmer utnyttes fullt ut. Beslutninger tas på bakgrunn av resultater fra disse verktøyene uten å ta hensyn til dårlig kvalitet i inndata. Dette fører til feilinvesteringer og risiko for svekket forsyningsikkerhet, cybersikkerhet og personsikkerhet.</p>	
Konsekvenser		Konsekvenser	
<b>Forsyningsikkerhet</b>	Bedre overvåking gir færre avbrudd og raskere gjenoppretting.	<b>Forsyningsikkerhet</b>	Hyppigere avbrudd, da beslutninger tas på feil grunnlag. Lengre avbruddsvarighet, da feilstedet ikke stemmer i virkeligheten med det algoritmen påstår.
<b>Personsikkerhet</b>	Roboter utfører farlige arbeidsoppgaver og bidrar til økt personsikkerhet.	<b>Personsikkerhet</b>	Personsikkerheten svekkes som følge av risiko for feil i data.
<b>Økonomi</b>	Reduserte driftskostnader (OPEX) som følge av reduserte avbruddskostnader. Reduserte investeringskostnader (CAPEX) da forbedret vedlikehold kan utsette investeringer.	<b>Økonomi</b>	Økning i driftskostnader (OPEX) som følge av økte avbruddskostnader. Økning i investeringskostnader (CAPEX) som følge av feilinvesteringer.
<b>Cybersikkerhet</b>	-	<b>Cybersikkerhet</b>	Svekket cybersikkerhet



## 7.2 Eksempel på hvordan hovedscenariet "Fleksibelt og intelligent nett" kan bli robust eller sårbart

To miniscenarier fra [7] er valgt ut for å eksemplifisere hvordan "Fleksibelt og intelligent nett" kan bli robust eller sårbart.

**Tabell 2: Miniscenarier som eksempler på hvordan scenariet "Fleksibelt og intelligent nett" kan bli robust eller sårbart**

Miniscenariotittel: <b>Fra effekttopp til stabil last</b>		Miniscenariotittel: <b>Spesialisert kompetanse</b>	
Økt elektrifisering av ferger (eller elbil-ladestasjoner) gir effektutfordringer for nettet når ferga lader raskt med høy effekt. Fergeselskapene investerer stort i batterier på land. Dette gir stabil last i nettet, og muligheter for at fergeselskapene kan tilby fleksibilitet/nettstøtte til nettet i høylastperioder og feilsituasjoner.		Det rekrutteres kun folk med spesialisert kompetanse til nettselskapene. Det betyr at enkeltpersoner enten jobber med IT eller med elkraft. Dette gir skille mellom ulike fagdisipliner, og det velges løsninger som er gode hver for seg. Konsekvensen er at det skapes løsninger som ikke fungerer godt sammen, og lite kunnskap om gjensidige avhengigheter.	
Konsekvenser		Konsekvenser	
<b>Forsyningssikkerhet</b>	Batterier benyttes for å øke forsyningssikkerheten	<b>Forsyningssikkerhet</b>	Uidentifiserte avhengigheter mellom IKT og kraftsystemet kan medføre høyere hyppighet og lengre varighet på avbrudd.
<b>Økonomi</b>	Reduserte investeringskostnader. Reduserte driftskostnader (OPEX) som følge av reduserte tap og reduserte avbruddskostnader.	<b>Økonomi</b>	Økning i driftskostnader (OPEX) på grunn av økte avbruddskostnader.
<b>Personersikkerhet</b>	Utfordringer med å vite hvilke deler av nettet som er spenningsatt og ikke, når batterier kan mate inn på nettet. Dette må løses for å sikre sikkerheten til personell som jobber på linja.	<b>Personersikkerhet</b>	-
<b>Cybersikkerhet</b>	-	<b>Cybersikkerhet</b>	Cybersikkerhet har høy oppmerksomhet blant IKT-personell, men det mangler kompetanse blant elkraft-personell.

## 8 Konklusjon og veien videre

Nettbransjen står foran store utfordringer med et aldrende nett og endringer i forbruk, produksjon og energilagring, og hvor en modernisering tvinger seg frem bl.a. gjennom utviklingen i IKT og teknologi generelt. Samfunnet forventer at nettselskapene utvikler et smartere nett for fremtiden for å kunne være i stand til å håndtere en mer kompleks driftssituasjon. Sammen med et voksende reinvesteringsbehov representerer dette mange muligheter, men også risiko for store feilinvesteringer. Det er vanskelig å lage gode strategier og gjøre gode beslutninger når mulighetene er så mange og komplekse.

Scenarioarbeidet som er presentert i denne rapporten søker å strukturere mulighets- og utfordringsrommet slik at det blir overskuelig og slik at de viktigste utviklingstrekkene synliggjøres. Scenariene gir et grunnlag for identifisering av muligheter og utfordringer knyttet til en kostnadseffektiv realisering av fremtidens intelligente, fleksible og robuste distribusjonsnett. Scenariene er forventet å være plausible og de spenner et bredere og mer langsiktig utfallsrom enn det som vanligvis ligger til grunn for dagens strategiarbeid. I scenarioarbeidet er det identifisert nye strategiske muligheter og utfordringer som gir nytte for strategiarbeidet hos teknologileverandører og energiselskap – særlig hos nettselskapene.

Selskapene har sine visjoner og strategier i dag, og kan nå teste i hvilken grad disse utnytter de muligheter som er omtalt og hvor robuste de er med hensyn til de ulike hovedscenariene. Dette kan gi et grunnlag for reviderte og forbedrede strategier.

FME CINELDI har som mål å utvikle retningslinjer og anbefalinger for en helhetlig overgangsstrategi til fremtidens nett og nettvirkosomhet. Beskrivelsen av hovedscenarier, miniscenarier og drivkrefter vil gi viktig input til dette arbeidet som vist i Figur 2.

Arbeidet vil også kunne være et underlag til å revidere strategier for forskning, utvikling og demonstrasjon. Det er mange tema hvor kunnskapsgrunnlaget må utvikles og forbedres for at gode beslutninger skal kunne tas.

I det store energibildet må det påpekes at kraftnettet – transmisjonsnettet og distribusjonsnettet - spiller en sentral rolle i en ytterligere elektrifisering av energisystemet i Norge. Gode strategier for utviklingen av fremtidens nett er derfor av stor betydning for at Norge skal nå målet om å bli et lavutslippssamfunn i 2050.

## 9 Bibliografi

- [1] Wikipedia, «Scenario,» Wikipedia, den frie encyklopedi, 5 Mars 2017. [Internett]. Available: <https://no.wikipedia.org/wiki/Scenario>. [Funnet 15 Juli 2020].
- [2] Forskningsrådet (NFR), «Hva er foresight?,» 03 11 2003. [Internett]. Available: [https://www.forskningsradet.no/prognnett-foresight/Hva\\_er\\_foresight/1226485716244](https://www.forskningsradet.no/prognnett-foresight/Hva_er_foresight/1226485716244).
- [3] Norges forskningsråd, «Foresight i Norge 2009: Mot et nytt kunnskapsfelt,» Forskningsrådet, Oslo, 2010.
- [4] J. Voros, «A generic foresight process framework,» *Foresight*, vol. 5, nr. 3, pp. 10-21, 2003.
- [5] W. Kröger og E. Zio, *Vulnerable Systems*, London: Springer, 2011.
- [6] T. S. Hermansen, G. Kjølle, H. Vefsnmo og K. Sand, «Driving forces for intelligent electricity distribution system innovation,» 2019. [Internett]. Available: [https://www.sintef.no/globalassets/project/cineldi/rapporter/cineldi-report-01-2019-wp6\\_driving-forces-for-intelligent-electricity-distribution-system-innovation.pdf](https://www.sintef.no/globalassets/project/cineldi/rapporter/cineldi-report-01-2019-wp6_driving-forces-for-intelligent-electricity-distribution-system-innovation.pdf). [Funnet 4 September 2020].
- [7] H. Vefsnmo, G. Kjølle og T. S. Hermansen, «Repository drivkrefter og 95 miniscenarier,» 14 September 2020. [Internett]. Available: <https://www.sintef.no/projectweb/cineldi/research/work-packages/smart-grid-scenarios-and-transition-strategies-wp6/>. [Funnet 14 September 2020].
- [8] CEDEC, EDSO for Smart Grids, eurelectric, and GEODE, «Flexibility in the energy transition – A Toolbox for Electricity DSOs,» 2018. [Internett]. Available: <https://www.edsoforsmartgrids.eu/flexibility-in-the-energy-transition-a-toolbox-for-electricity-dsos/>. [Funnet 4 September 2020].

**FME CINELDI**

Host: SINTEF Energy Research in cooperation with NTNU  
Visiting address: Sem Sælands vei 11, N-7034 Trondheim  
Post address: P.O.Box 4761 Torgarden, N-7465 Trondheim  
Telephone: +47 454 56 000\*  
E-mail: [cineldi@sintef.no](mailto:cineldi@sintef.no)  
Enterprise/VAT No: NO 939 350 675 MVA  
<http://www.cineldi.no>

