



Rapport 2019/13 | For Statnett



Analytisk arbeid med kostnad og ulempe av strømbrudd i Norge: En kartlegging

Delprosjekt 2 i FOU-prosjektet *Mot en bedre forståelse av kostnad og ulempe av strømbrudd*

Magnus Aagaard Skeie, Lars Thorvaldsen og Haakon Vennemo

Dokumentdetaljer

Tittel	Analytisk arbeid med kostnad og ulempe ved strømbrudd i Norge: En kartlegging
Rapportnummer	2019/13
ISBN	978-82-8126-409-0
Forfattere	Magnus Aagaard Skeie, Lars Thorvaldsen og Haakon Vennemo
Prosjektleder	Haakon Vennemo
Kvalitetssikrer	John Magne Skjelvik
Oppdragsgiver	Statnett SF
Dato for ferdigstilling	6. juni 2019
Kilde forsidefoto	Norges Geotekniske Institutt
Tilgjengelighet	Offentlig
Nøkkelord	Strømbrudd, KILE, betalingsvillighet

Om Vista Analyse

Vista Analyse AS er et samfunnsfaglig analyseselskap med hovedvekt på økonomisk utredning, evaluering, rådgivning og forskning. Vi utfører oppdrag med høy faglig kvalitet, uavhengighet og integritet. Våre sentrale temaområder omfatter klima, energi, samferdsel, næringsutvikling, byutvikling og velferd.

Våre medarbeidere har meget høy akademisk kompetanse og bred erfaring innenfor konsulentvirksomhet. Ved behov benytter vi et velutviklet nettverk med selskaper og ressurspersoner nasjonalt og internasjonalt. Selskapet er i sin helhet eiet av medarbeiderne.

Forord

Denne rapporten er en leveranse fra forskningsprosjektet *Mot en bedre forståelse av kostnad og ulempe ved strømbrydd*, som Vista Analyse gjennomfører for Statnett. Rolf Korneliussen har vært kontaktperson hos Statnett. Vi takker ham og andre ressurspersoner i Statnett for mange givende diskusjoner om problemstillingene.

6. juni 2019

Haakon Vennemo

Partner

Vista Analyse AS

Innhold

Sammendrag og konklusjoner	7
1 Innledning	11
1.1 Hovedpunkter i Vista Analyse (2018)	11
2 Tilgrensende arbeid med avbrudd og beredskap	15
2.1 Kapitteldisposisjon og metode	15
2.2 Oppsummert: direktoratene jobber i mindre grad med kost/nytte-analyse knyttet til strømbrudd	15
2.3 Mange lover, forskrifter og ansvarlige institusjoner	17
2.4 Intervjuer med NVE, DSB og Fylkesmenn	17
2.5 Forskning og utredninger fra SUM, DSB, OsloMet og Sintef	20
2.6 Kritisk infrastruktur og uakseptable hendelser er sentrale begreper	22
3 Kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur i KILE-ordningen	27
3.1 Vi konsentrerer oss om handel&tjenester og offentlig virksomhet	27
3.2 Oppsummert om infrastrukturkostnader i handel&tjenester og offentlig virksomhet	28
3.3 Kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur er prinsipielt dekket i populasjonene for undersøkelsene	29
3.4 Avbruddskostnader for berørte tredjeparter er kun kvalitativt vurdert	31
3.5 Flere urimelig trekk ved avbruddskostnadene for handel&private tjenester og offentlig virksomhet	32
3.6 De samfunnsøkonomiske avbruddskostnadene for kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur er meget dårlig representert i dagens KILE-satser	33
4 Videre arbeid	35
4.1 De samfunnsøkonomiske avbruddskostnadene er undervurdert i dagens KILE-satser	35
4.2 Kritisk infrastruktur er fellesnevneren	35
4.3 Et skritt videre på veien med verdsetting av husholdningers avbruddskostnader ved samtidig bortfall i kritisk infrastruktur	36
4.4 Forstudie og hovedstudie	37
Referanser	39
Vedlegg	41
A Informasjon fra 2010-undersøkelsen	42
B Semistrukturert intervjujmal	59
Figurer	
Figur 2.1: Bow tie-modellen	19
Figur 2.2 DSBs kritiske samfunnsfunksjoner utledet fra befolkningens og samfunnets grunnleggende behov	24
Figur 2.2 Akseptkriterier Fylkesmannen i Hordaland	25
Figur A.1 Kvalitativ vurdering av konsekvenser for kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur ved avbrudd av ulik varighet	43

Figur A.2	Estimerte samfunnsøkonomiske kostnader ved seks timers avbrudd som rammer vannforsyningen (Trondheim), jernbanen (Oslo-tunnelen) og et sykehus (St. Olavs)	44
-----------	--	----

Tabeller

Tabell 1.1	Hva ulike beslutningsregler sier om tiltak og ikke-tiltak mot strømbrudd	14
Tabell 2.1	Kritisk infrastruktur og kritiske samfunnsfunksjoner i NOU (2006: 6).....	23
Tabell 3.1	Oppsummering av innvendinger mot 2010-undersøkelsen for kundegruppene handel&private tjenester, og offentlig virksomhet.....	29
Tabell 3.2	Kritiske samfunnsfunksjoner i DSB (2016) som er dekket i populasjonen for kundegruppen handel&private tjenester	30
Tabell 3.3	Kritiske samfunnsfunksjoner i DSB (2016) som er dekket i populasjonen for kundegruppen offentlig virksomhet	30
Tabell A.1	Metodiske tilnæringer og datakilder i estimeringen av samfunnsøkonomiske kostnader ved avbrudd som rammer vannforsyning, jernbane og sykehus	45
Tabell A.2	Sammenligning av kostnadsanslag (DW) og betalingsvillighet (WTP) knyttet til avbruddet i hovedscenariet*. Beløp i kroner, uvektet.....	53
Tabell A.3	Definert populasjon for kundegruppene handel&private tjenester, samt offentlige tjenester, gitt ved næringsområde og NACE-kode	55
Tabell A.4	Fordeling av virksomheter på strataene i bruttoutvalget	56
Tabell A.5	Beskrivende statistikk for nettoutvalget i kundegruppene handel&private tjenester, samt offentlige tjenester	57
Tabell A.6	Oversikt over innholdet i spørreundersøkelsene til kundegruppene handel&private tjenester og offentlig virksomhet	57

Tekstrammer

Tekstramme A.1	Om dekningen av de samfunnsøkonomiske kostnadene ved avbrudd i kritisk infrastruktur i dagens KILE-ordning	46
----------------	--	----

Sammendrag og konklusjoner

Vi studerer hvordan ulike myndigheter prioriterer arbeid mot alvorlige strømbrudd, og hvilke prinsipper som ligger til grunn for deres arbeid. Myndigheter som DSB og NVE regner strømbrudd i kritisk infrastruktur som uakseptabelt. Kritisk infrastruktur kan for eksempel være transportnett og IKT-tjenester. Selv om strømbrudd i kritisk infrastruktur på denne måten antas å gi stor ulempe, viser vi at publiserte anslag for ulempen ved strømbrudd i praksis ignorerer risikoen for at infrastruktur kan rammes. Vi anbefaler en undersøkelse for å få bedre kunnskap om ulempen ved strømbrudd i infrastruktur. Det vil bidra til en kunnskapsbasert oppfatning om hvor store ressurser som bør brukes på å forhindre strømbrudd.

Samfunnet bruker store ressurser på å begrense sannsynligheten for alvorlige strømbrudd, selv der sannsynligheten for strømbrudd er lav. Statnett, andre nettselskaper, NVE, DSB, fylkesmannsembetene og kommunene er de viktigste involverte. På overordnet nivå er NVE ansvarlig for det operative ansvaret for kraftforsyningsberedskapen, mens Statnett har systemansvar for drift og utvikling av det sentrale overføringsnett for kraft. DSB har ansvar for bygg og drift av anlegg og tilsyn knyttet til anleggene, og kommunene plikter å kartlegge uønskede hendelser. Fylkesmannsembetene skal jevnlig analysere og sørge for nødvendige tiltak mot risiko og sårbarhet i fylkeskommunene.

Det er mulig å teste tiltakene som gjennomføres mot nytten gitt i form av redusert sannsynlighet for strømbrudd multiplisert med betalingsviljen for å få strømmen tilbake. I den grad dette gjøres, er opplevelsen ofte at nytten er lavere enn kostnaden. Tilsynelatende er ikke befolkningen – samfunnets medlemmer – villige til å betale det det koster å gjennomføre de tiltakene som ulike samfunnsorganer vil gjennomføre på samfunnsmedlemmenes vegne. Dette er et paradoks i forbyggings- og sikkerhetsarbeidet.

Spørsmålet er enkelt sagt da om samfunnsorganene med ansvar for sikkerhet er mer forsiktige enn befolkningen, eller om anslagene for nytte av å få tilbake strømmen undervurderer hvor viktig strøm er når man også tar hensyn til at strøm kan slå ut annen infrastruktur. I denne bredt anlagte studien drøfter vi dette spørsmålet.

I første del undersøker vi om myndighetsorganer med ansvar for sikkerhet og risikohåndtering knyttet til strømbrudd, anlegger et nytte-kostnadsperspektiv der risikoreduksjon ses i forhold til kostnader. Dette leder oss til en diskusjon av strømbrudd som årsak til uakseptable hendelser i kritisk infrastruktur – forstått som infrastruktur der avbrudd truer befolkningens grunnleggende behov og samfunnets sikkerhet. I andre del undersøker vi om foreliggende anslag for betalingsvillighet ved strømbrudd inkluderer virkninger gjennom kritisk infrastruktur. I tredje del legger vi fram forslag til en undersøkelse som kan gi mer og bedre kunnskap om hvordan husholdningene vurderer strømbrudd som også rammer kritisk infrastruktur.

Eksisterende estimater for betalingsvilje inkluderer ikke effekter gjennom kritisk infrastruktur

En småbarnsfamilie som møter et større strømbrudd på dagtid om vinteren, vil stå overfor flere utfordringer: Kanskje kommer det beskjed om å hente barn i barnehagen, som må stenge fordi inne-temperaturen synker. Samtidig sendes et annet barn hjem fra skolen, som stenger av samme grunn.

Offentlig transport har sluttet å gå fordi vitale sikkerhetssystemer ikke fungerer. Snart forsvinner også mobildekningen. Som en følgeeffekt av at strømmen går slutter ulike former for kritisk infrastruktur å fungere, og dette kommer i tillegg til husholdningenes direkte ulempe av strømbrudd. Den direkte effekten for en husholdning av et strømbrudd om dagen kan være beskjeden fordi mange er på jobb, men den indirekte effekten gjennom virkninger på kritisk infrastruktur kan være desto større.

Effekter for husholdninger av strømbrudd via virkninger på kritisk infrastruktur er ikke inkludert i undersøkelsene som leder frem til estimert betalingsvillighet blant husholdninger (for eksempel Vista Analyse, 2017). I kapitlene som følger, drøfter vi inngående om de samme effektene likevel skulle være inkludert fra tjenesteleverandørsiden. Det er verdt å undersøke om denne muligheten eksisterer, idet «handel&tjenester» og «offentlig virksomhet», to viktige kategorier sluttbrukere av strøm, kan sies å levere infrastruktur tjenester husholdningene er avhengige av under et strømbrudd. Kanskje er husholdningenes tap av nytte dersom tjenestenes svikter, henført til tjenestene?

Vår undersøkelse av studiene som leder frem til estimater for samfunnsmessige kostnader av strømbrudd som rammer handel&tjenester, og offentlig virksomhet, tyder imidlertid på at virkningene for husholdninger når kritisk infrastruktur svikter, i praksis ikke er inkludert. Studiene åpner for at virkningene er inkludert i prinsippet, men metoden for å fange opp virkningene er for upresis til å gi nyttig informasjon. I handel og tjenester er for eksempel den beregnede virkningen negativ, noe som strider fundamentalt mot bildet vi tegnet ovenfor.

Ved å ta utgangspunkt i husholdningenes situasjon kan det være mulig å få bedre og mer presise anslag for kostnaden av strømbrudd gjennom tap av kritisk infrastruktur. Dette vil være kostnader som ikke inntreffer hver gang, men for omfattende strømbrudd og kanskje særlig i urbane områder. I framtiden vil de kunne legges til eksisterende estimater for kostnaden av strømbrudd der det er relevant.

Samfunnsorganene med ansvar for sikkerhet i strømforsyningen legger i liten grad nytte-kostnadsbetraktninger til grunn

Et viktig dokument for sikkerhetsarbeidet i forbindelse med strømforsyning er «Forskrift om forebyggende sikkerhet og beredskap i energiforsyningen» (Beredskapsforskriften). Beredskapsforskriften slår fast at virksomhetene skal gjøre risikovurderinger, som minimum skal oppdateres årlig. Det skal utarbeides et beredskapsplanverk basert på risikovurderingene. På denne bakgrunn settes det krav til standard for sikring av anlegg, transportberedskap og andre elementer, definert ved begreper som tilstrekkelig, nødvendig og liknende. Resonnementet går altså fra risikovurdering til tiltak. Så vidt vi kan se, er det ingenting i forskriften som inviterer til å vurdere tiltakene i lys av kostnader (selv om det heller ikke er noe som formelt hindrer virksomhetene i å tolke begreper som nødvendig og tilstrekkelig i lys av kostnader).

Det er NVE og Kraftforsyningens Beredskapsorganisasjon som har hovedansvaret for å følge opp Beredskapsforskriften. I intervju med oss understreket NVEs representanter at ingen avbrudd ansees som akseptable, samtidig som det ble erkjent at 100 prosent forsyningssikkerhet er urealistisk. Videre ble det pekt på at NVE har myndighet til å tallfeste hva som eventuelt skulle vært et uakseptabelt avbruddsscenario, men denne muligheten har ikke blitt tatt i bruk. Dette skyldes hovedsaklig ulikhet blant strømkundene i deres sårbarhet, økonomiske tap og ulemper knyttet til avbrudd, som gjør det vanskelig og lite hensiktsmessig å sette et nasjonalt krav til forsyningssikkerhet som passer alle kundegrupper og kunder. Henvisningen til ulikheten blant kundene kan tolkes som at nytte og

kostnad er forskjellig for ulike kundegrupper, og at nettopp dette gjør at skillet mellom et akseptabelt og uakseptabelt strømbrudd må være fleksibelt.

Justis- og beredskapsdepartementet (JD) har det overordnede ansvaret for samordning av samfunnsikkerhet og beredskap i sivil sektor. Dette ansvaret inkluderer å definere hvilke samfunnsfunksjoner som er kritiske. Den seneste vurderingen av kritiske samfunnsfunksjoner ble gjort av DSB på oppdrag fra JD, i dokumentet «Samfunnets kritiske funksjoner – hvilken funksjonsevne må samfunnet opprettholde til enhver tid?» (DSB, 2016b). Dette dokumentet gir innhold til begrepet kritisk infrastruktur.

Dokumentet inndeler samfunnets kritiske funksjoner i tre kategorier; «styringsevne og suverenitet», «befolkningens sikkerhet», og «samfunnets funksjonalitet». Betingelsene for at en funksjon skal inkluderes, er at et avbrudd vil true dekkningen av befolkningens grunnleggende behov og at beredskapsressursene blir utfordret. Kraftforsyning er lagt til kategorien «samfunnets funksjonalitet». Rapporten definerer imidlertid ikke funksjonsevnene kvantitativt, slik at man kan utlede konkrete uakseptable, scenariobaserte hendelser fra av typen «100.000 mennesker uten EKOM-tjenester¹ i 24 timer grunnet strømbrudd er uakseptabelt.»

DSB bygger i liten grad sine vurderinger på nytte-kostnadsvurderinger. Institusjonen anser det ikke som sin oppgave å gå inn på spesifikke tiltak eller håndtering av spesifikke situasjoner. Det samme gjelder eventuell veiing av ulike scenarioer opp mot hverandre; dette blir oppfattet som en politisk prioritering. Tenkningen omkring kritiske samfunnsfunksjoner strekker seg imidlertid tilbake til Infrastrukturutvalget fra 2006. Utvalget definerte enkelte samfunnsfunksjoner som «kritisk infrastruktur» og avbruddshendelser som setter infrastruktur ut av spill, ble regnet som «uakseptabelt». Tenkningen fra infrastrukturutvalget er siden blitt revidert og videreutviklet under skiftende regjeringer. Det er ingen som så langt har utfordret tenkningen i særlig grad. Etter vår vurdering er det politisk konsensus om at visse former for infrastruktur er kritisk, og at hendelser som rammer denne infrastrukturen er uakseptable. «Uakseptable» skal nok likevel ikke bety at ethvert tiltak mot hendelsen kan forsvares, uansett hvor stor kostnad og uansett hvor liten effekt. Men begrepet må tolkes slik at tiltak som etter forholdene er forholdsvis kostbare, kan aksepteres.

Det trengs mer kunnskap om hva det betyr å miste kritisk infrastruktur når strømmen går

Spørsmålet i denne rapporten er som sagt om samfunnsorganene med ansvar for sikkerhet er for opptatt av sikkerhet i forhold til nytten, eller om anslagene for nytte av å få tilbake strømmen, undervurderer hvor viktig strøm er når man også tar hensyn til at strøm kan slå ut annen infrastruktur. Vår konklusjon er at det kan hende samfunnsorganene er for opptatt av sikkerhet og at det i begrenset grad ligger i deres mandat å vurdere risiko opp mot kostnader. På den annen side finner vi holdpunkter for at anslagene for nytte av å få tilbake strømmen, undervurderer hvor viktig strøm er gjennom virkningen på kritisk infrastruktur.

Slik sett blir svaret litt av begge deler: I noen grad er samfunnsaktørene mer forsiktige enn det samfunnsmedlemmene de skal beskytte, er interessert i. Men mye tyder på den annen side på at betalingsvilligheten er høyere enn det som hittil har vært målt.

¹ Elektroniske kommunikasjonstjenester

Dette er mye av grunnen til at vi foreslår en ny undersøkelse som kan gi oss bedre kunnskap om hva det betyr for husholdningene, og gjerne næringslivet i tillegg, å miste den kritiske, strømbaserte infrastrukturen i en situasjon der strømmen går. Dette kan bidra til å gi samfunnet en kunnskapsbasert oppfatning om hvilke situasjoner som virkelig er uakseptable og krever tiltak nesten uansett pris.

1 Innledning

På oppdrag fra Statnett gjennomfører Vista Analyse FoU-prosjektet *Mot en bedre forståelse av kostnad og ulempe av strømbrydd*. Prosjektet består av tre delprosjekter:

- Delprosjekt 1: Alternative måter å regne KILE-kostnaden på
- Delprosjekt 2: Verdien av sikker strømforsyning
 - 2.1: Forarbeid og metodevalg
- Delprosjekt 3: Justering av kontantstrømmen over tid

Arbeidet i delprosjekt 2.1 består av to hovedoppgaver som er dokumentert i hver sin rapport, begge med formål om å undersøke om det skal gjøres endringer i vektleggingen av alminnelig forsyning generelt og husholdninger spesielt. Den første hovedoppgaven er en vurdering av hva som er å anse som HILP-hendelser (High Impact Low Probability) i kraftsystemet fra et samfunnsperspektiv, og er beskrevet i Vista Analyse (2018). Den andre hovedoppgaven består av flere deloppgaver:

- Kartlegging av tidligere og pågående norsk og internasjonalt forskningsarbeid, samt norsk beredskapsarbeid, med relevans for strømbrydd
- Konkret vurdere om det er noen situasjoner samfunnet ikke er villige til å akseptere med tanke på manglende strømforsyning
- Forberedende arbeid for verdsetting, herunder gjennomgang av metodisk tilnærming i arbeidet som ligger til grunn for gjeldende KILE-satser for relevante kundegrupper, innhenting av kunnskap for avbruddsscenarioer og vurdering av behov for mer informasjon om konsekvenser av avbrudd, tiltak for å unngå avbrudd med videre.

Resultatene av arbeidet med den andre hovedoppgaven i delprosjekt 2.1 er dokumentert i denne rapporten. I kapittel 2 presenteres resultatene av kartleggingsarbeidet. I kapittel 3 gjennomgår vi arbeidet som ligger til grunn for dagens KILE-satser for relevante kundegrupper (SINTEF & Pöyry, 2012a), samt et arbeid med avbruddskostnader for kritiske samfunnsfunksjoner og kritisk infrastruktur (SINTEF & Pöyry, 2012b). I kapittel 4 foreslår vi mulige tilnærminger til operasjonalisering av avbruddskostnadene for kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur til praktisk bruk i lønnsomhetsanalyser for nettutbygging, herunder innhenting av kunnskap for avbruddsscenarioer og vurdering av behov for mer informasjon om konsekvenser av avbrudd med videre.

Formålet med vår gjennomgang og analyse av SINTEF og Pöyrys arbeid har ikke vært å peke på svakheter ved deres metodiske opplegg og gjennomføring, men å få utredet grunnlaget for videre verdsettingsstudier. Vi har stor forståelse for de antakelser og forenklinger som må gjøres i et omfattende arbeid som det de har gjennomført, innenfor gitte tids- og ressursbeskränkninger.

1.1 Hovedpunkter i Vista Analyse (2018)

For å samle all informasjon på ett sted kan det være nyttig å gjengi hovedpunktene i Vista Analyse (2018), som gir en prinsipiell samfunnsøkonomisk analyse av High Impact Low Probability (HILP)-hendelser i kraftsektoren. Nedenfor gjengir vi sammendrag og konklusjoner i Vista Analyse (2018).

Skal HILP-hendelser i kraftsystemet behandles annerledes enn andre hendelser?

Et eksempel på en HILP-hendelse fra kraftsektoren kan være at en million mennesker mister strømmen i et døgn. Det er svært lite sannsynlig at en million mennesker mister strømmen i et døgn, slik at risikoen gitt ved sannsynlighet gange konsekvens er moderat. Men dersom det skjer, er konsekvensen betydelig: Industriproduksjon stopper opp, kjøpesentre må lukke, internett slukkes hvis det ikke finnes nødaggregat, barn må holdes hjemme fra uoppvarmede barnehager og skolebygg, innbrudd og kriminalitet kan øke, og i enkelte tilfeller vil liv og helse bli truet. Hvis en million mennesker mister strømmen i et døgn, vil saken ventelig toppe nyhetssendingene i flere dager.

Spørsmålet vi stiller i Vista Analyse (2018), er om alvoret i et strømbrudd av denne størrelsen er så stort at samfunnet bør bruke mer ressurser på å forhindre det enn man normalt vil gjøre. Vi antar da at man normalt bør gjennomføre tiltak dersom forventet gevinst (sannsynlighet gange konsekvens) er større enn forventet kostnad.

Hvis vi kan anslå sannsynligheten for alvorlige strømbrudd skal de fleste HILP-hendelser i kraftsystemet behandles som normale hendelser

For å besvare dette spørsmålet, viser det seg viktig å ta stilling til hva man kan anta eller vite om sannsynligheten for alvorlige strømbrudd før og etter tiltak. I tillegg må spørsmålet ses i relasjon til Statnetts mål. Statnetts vedtekter sier at *Foretaket skal ha ansvar for en samfunnsøkonomisk rasjonell drift og utvikling av transmisjonsnett*, og prinsippet om å styre etter samfunnsøkonomisk lønnsomhet er senest slått fast bla. i Meld St. 25 2015-16 Kraft til endring. Det må altså anlegges et samfunnsøkonomisk perspektiv der målsettingen er å gjøre Norges velferd størst mulig.

Dersom Statnett kjenner sannsynligheten før og etter tiltak, basert på erfaringstall eller liknende, bør foretaket normalt ikke gjennomføre tiltak som koster mer enn forventet gevinst. Et strømbrudd som rammer en million mennesker er en meget alvorlig hendelse for sentralnettet. Men for realistiske pengeverdier kan ikke tapet man lider ved et slikt strømbrudd kalles katastrofalt sett i relasjon til nasjonalinntekten i landet som helhet. Derfor kommer det ikke inn tilleggsmomenter som skulle tilsi noe annet enn at kostnad må ses opp mot forventet gevinst.

Samme konklusjon gjelder for andre store strømbrudd, for eksempel at to millioner mennesker mister strømmen i et døgn, eller en million i to døgn, eller 100 000 i ti døgn, og kombinasjoner av dette. Likevel kan det tenkes enda større strømbrudd som virkelig har katastrofal nasjonaløkonomisk konsekvens. Dersom det finnes tiltak som kan redusere sannsynligheten for slike strømbrudd tilstrekkelig, noe som innebærer at sannsynligheten må være av en viss størrelse før tiltak, vil det være riktig å gjennomføre slike tiltak selv om kostnaden er større enn forventet gevinst.

Disse konklusjonene holder selv om vi ikke vet sannsynlighetene, bare vi tør å anslå dem.

Til resonnementet kan det innvendes at dersom det skulle skje at et strømbrudd rammer en million mennesker i et døgn eller mer, så kan konsekvensene for Statnett og foretakets ledelse bli store. Risikoen for Statnett bør likevel ikke påvirke beslutningene med mindre de forteller at konsekvensene for nasjonen er større enn man før har trodd. Det følger av Statnetts mandat om å bidra til samfunnsøkonomisk rasjonell drift av transmisjonsnett. Skulle det likevel være slik at målet er å bidra til størst mulig og sikrest mulig inntekt for Statnett isolert sett, så er det rasjonelt å investere til dels langt utover forventet gevinst for å unngå HILP-hendelser i kraftsystemet.

Hvis vi ikke kan anslå sannsynligheten for alvorlige strømbrydd så kommer andre beslutningskriterier i betraktning

Dersom vi ikke kan eller tør å anslå sannsynligheten for strømbrydd før og etter tiltak, kommer det andre beslutningsregler i betraktning. Det er naturlig, siden det i den situasjonen ikke er mulig å sammenlikne forventet nytte med forventet kostnad. Formelt sett har ikke størrelsen på konsekvensen noe å si for dette, å gå over til en annen beslutningsregel er kun knyttet til om man kjenner eller vil anslå sannsynlighetene. Men i praktiske situasjoner kan det hende man er mer forsiktig med å anslå sannsynligheter dersom konsekvensen er stor.

Ulike beslutningsregler er knyttet til hva man tør anta om sannsynligheter og konsekvenser, for eksempel hvorvidt man tør anta at de befinner seg innenfor et kjent intervall eller ikke. Et par av beslutningsreglene, blant annet den kjente maxmin-regelen, taler i favør av at man ikke skal foreta seg noe mot et stort (eller lite) strømbrydd under noen omstendighet! Dette er urimelig, og gjør regelen i praksis uegnet for denne problemstillingen. Et annet kriterium, minmax-regret, innebærer at man skal foreta tiltak under svært vide betingelser, og er heller ikke veldig egnet. Beslutningsregler der det antas noe om sannsynlighetene uten at de punkttestimeres, kan gi ulike utfall avhengig av hva som antas.

Deler av faglitteraturen om beslutningsregler under ukjente sannsynligheter og konsekvenser bruker avansert matematikk og er ikke umiddelbart tilgjengelig for alle. Vi bruker en hel del plass i Vista Analyse (2018) på å gå gjennom hva ulike beslutningsregler betyr for tiltak mot en HILP-hendelse i kraftsystemet. Resultatene er gjengitt Tabell 1.1.

Tabell 1.1 Hva ulike beslutningsregler sier om tiltak og ikke-tiltak mot strømbrudd

Beslutningsregel	Regel	Kommentar
Forventet gevinst	Tiltak dersom forventet gevinst (pT) større enn kostnad (k)	Standard nytte-kostnadsanalyse
Forventet nytte, objektive sannsynligheter og nasjonalinntekt som referanse	I praksis tiltak dersom $pT > k$	Formelt forventet nytte av tiltaket er positivt, men med nasjonalinntekt som referanse blir dette svært nær $pT > k$
Forventet nytte, objektive sannsynligheter og Statnetts portefølje som referanse	Tiltak selv om $pT < k$.	Størrelsen på den akseptable kostnaden k avhenger av restrisiko og størrelsen på risikoaversjon
Forventet nytte, subjektive sannsynligheter	Som objektive sannsynligheter	Gjelder uavhengig av hvordan subjektive sannsynligheter dannes
Maxmin-regelen	Ikke tiltak	Gjelder uansett så lenge restsannsynlighet for strømbrudd er større enn null
α -maxmin regelen	Ikke tiltak	Gjelder uansett så lenge restsannsynligheten større enn null
Minmax-regret	Tiltak	Gjelder dersom $k < T/2$, som vil være oppfylt i praksis for de hendelsene vi er interessert i
Maxmin forventet nytte	Som objektive sannsynligheter, men med mest pessimistiske anslag på sannsynligheter	Størrelsen på den akseptable kostnaden k bestemt av det mest pessimistiske anslag for strømbrudd
α -maxmin forventet nytte	Ubestemt	Avhenger av vekter som gis til mest optimistiske og mest pessimistiske anslag på sannsynligheter
Φ -forventet nytte	Tiltak selv om $pT < k$	Gjelder for konkav Φ . Størrelsen på den akseptable kostnaden k bestemt av egenskaper til Φ
Forsiktighetsprinsippet	Tiltak selv om $pT < k$	Ingen ytterligere anvisninger
Ufullstendig beslutningsregel	Ubestemt	Gir entydig anbefaling for noen verdier av k

Kilde: Vista Analyse. Note: T = tapet hvis et strømbrudd inntreffer. p = sannsynlighetsreduksjon som følge av tiltak, k = kostnad av tiltak. pT blir da forventet gevinst av tiltaket

2 Tilgrensende arbeid med avbrudd og beredskap

2.1 Kapitteldisposisjon og metode

I dette kapitlet kartlegger vi tilgrensende arbeid med strømbrudd som gjøres av viktige aktører på feltet. I utgangspunktet ønsket vi å få vurdert hvorvidt aktørene la kost/nytte-analyse til grunn for sitt arbeid. Det viste seg raskt at aktørene i liten grad la slik analyse til grunn, slik at spørsmålet ble utvidet. Vi rapporterer her **hvordan og i hvilken grad aktørene forholder seg til risiko og nytte/kostnad-vurderinger av bruken av knappe ressurser** i sitt arbeid. Dette arbeidet inkluderer en undersøkelse av hvordan aktørene definerer og tenker rundt **kritisk infrastruktur og uakseptable hendelser**.

Informasjonsinnhenting for dette kapitlet er gjort ved dokumentanalyse og kvalitative intervjuer. Intervjuer med Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), og OsloMet ble utført i organisasjonenes lokaler, mens intervjuer med fylkesmennenes beredskapsavdelinger ble gjort over telefon. Alle intervjuer har tatt utgangspunkt i en semistrukturert intervju som følger som vedlegg B til slutt i rapporten. I de fleste tilfeller har vi latt aktørene selv bestemme representanter på intervjuene. For intervjuene med NVE og DSB var personellet fra avdelingene beredskap og tilsyn. Fra Fylkesmannen var det naturlig å snakke med beredskapssjef eller liknende.

Kapitlet er strukturert som følger. I delkapittel 2.2 oppsummeres funnene fra arbeidet. Delkapittel 2.3 redegjør kort for sentrale lover og forskrifter som er styrende for aktørenes arbeid på feltet. Påfølgende delkapittel, 2.4, oppsummerer og utdyper resultatene fra hvert enkelt intervju, mens 2.5 består av en gjennomgang av relevante forskningsprosjekter og utredninger på feltet. I delkapittel 2.6 ser vi nærmere kritisk infrastruktur og uakseptable avbruddshendelser.

2.2 Oppsummert: direktoratene jobber i mindre grad med kost/nytte-analyse knyttet til strømbrudd

Det operasjonelle ansvaret med avbrudd og beredskap mot strømbrudd er fordelt mellom flere direktorater og viktige regionale aktører for strømforsyningen. Hovedansvaret ved ekstraordinære hendelser ligger hos NVE og Kraftforsyningens Beredskapsorganisasjon (KBO)², med Forskrift om forebyggende sikkerhet og beredskap i energiforsyningen (Beredskapsforskriften) som styrende dokument.

² KBO består av NVE og de virksomhetene som står for kraftforsyningen. KBO er opprettet for kraftforsyning under krise og krig.

Et gjennomgående trekk for regelverkene på området er at de i hovedsak inneholder *funksjonskrav* knyttet til beredskap og mot strømbrudd, heller enn *tekniske* krav. Med dette menes at regelverket stiller krav til hva som skal leveres av de ansvarlige aktørene, og ikke hvordan de skal gjøre dette.³ Dermed står ansvarlige aktører for strømleveranse og viktig infrastruktur i utgangspunktet ganske fritt til å bestemme hvordan kravene skal oppfylles.

Utformingen av relevante lovtekster og forskrifter har videre betydning for hvordan de forvaltende organene jobber opp mot de viktige aktørene på feltet. Når kravene først er satt i relevante lover og forskrifter, bruker direktoratene store ressurser på å følge dem opp. Eksempler på aktiviteter knyttet til disse oppgavene er tilsyn med virksomhetene, oppfølging av regelverk og å legge føringer på risiko- og sårbarhetsanalysene som gjennomføres.

Samtidig innebærer disse forutsetningene at direktoratene i mindre grad jobber med kost/nytte-analyse knyttet til strømbrudd. DSBs dokument «Fremgangsmåte for utarbeidelse av Nasjonalt Risikobilde (NRB)» er et eksempel på dette (DSB, 2015). Veiledningen inneholder en del informasjon om metodisk arbeid med sannsynlighet, risiko og konsekvenser. Samtidig legger dokumentet føringer for valg av scenario som ikke legger opp til å vekte risiko, sannsynlighet og tiltak i lys av knappe ressurser. Et annet eksempel er den nevnte beredskapsforskriften, som pålegger virksomhetene å ha beredskapsplanverk bygget på risikovurderinger (§2-4). Risikovurderinger skal som et minimum oppdateres årlig (§2-3). Også her legges vekten på risiko i seg selv, uten samtidig søkelys på effektivitet og kostnader, totalt eller per tiltak.

Intervjuene med DSB og NVE understøtter vårt inntrykk fra dokumentene på dette punktet. Representantene oppga at deres arbeid til en viss grad er skjermet fra typiske samfunnsøkonomiske nytte/kost-analyser av typen 'hvilke tiltak skal prioriteres, gitt knappe ressurser'.

Med utgangspunkt i Infrastrukturutvalget (NOU (2006: 6)) er det definert enkelte samfunnsfunksjoner som «kritisk infrastruktur», og avbruddshendelser som setter kritisk infrastruktur ut av spill, regnes som «uakseptable». Dette kan forstås slik at samfunnet vurderer hendelser som rammer kritisk infrastruktur til å ha særlig høy kostnad, inntil det punkt hvor kostnaden ved et hvilket som helst tiltak kan aksepteres. Infrastrukturutvalget omtales nærmere i avsnitt 2.6.1. DSB har utarbeidet oppdaterte dokumenter, ikke minst dokumentet *Samfunnets kritiske funksjoner - Hvilken funksjonsevne må samfunnet opprettholde til enhver tid?* (DSB, 2016b). Elektrisk kraft regnes her som en del av samfunnets kritiske infrastruktur, se nærmere i avsnitt 2.6.2. Det foreligger også en veileder for FylkesROS (DSB, 2016a). I dette dokumentet er begreper som risikoevaluering og terskelverdier diskutert, noe som har blitt fulgt opp av noen fylkesmenn, men ikke alle. I det utvalget fylkesmenn vi har sett nærmere på (n=5) finner vi at bare én bruker et rammeverk for å definere hendelser som uakseptable. Flere intervjuobjekter uttaler at det ikke er hensiktsmessig å bestemme på sentralt nivå hva som regnes som uakseptabelt, siden dette vil avhenge av lokale forhold.

³ Et par eksempler kan være klagjørende: Fra §4-5 Transport: «KBO-enheter skal ha en tilstrekkelig transportberedskap for å håndtere ekstraordinære situasjoner, og evne til rask gjenoppretting av funksjon.» §5-1 Sikringsplikt: «Virksomheter plikter å sikre anlegg, system eller annet som er eller kan bli av vesentlig betydning for virksomhetens ledelse, drift eller gjenoppretting i ekstraordinære situasjoner mot uønskede hendelser og handlinger, herunder adgang for uvedkommende(...)Det er den enkelte virksomhets ansvar å planlegge, gjennomføre og vedlikeholde sikringstiltak etter anleggets eller systemets type, oppbygging og funksjon.»

2.3 Mange lover, forskrifter og ansvarlige institusjoner

Sikker strømforsyning til husholdninger, bedrifter og annen infrastruktur er nedfelt i Energiloven av 1990. Det er Olje- og energidepartementet som har det overordnede ansvaret for kraftforsyningen i Norge, men det operative ansvaret for kraftforsyningsberedskapen er delegert til Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Rammene for dette arbeidet er beskrevet i Forskrift om forebyggende sikkerhet og beredskap i energiforsyningen (Beredskapsforskriften). Forskriften omhandler og utdyper energiforsyning i ekstraordinære situasjoner og retter seg mot enhetene i Kraftforsyningens Beredskapsorganisasjon (KBO). KBO ledes av NVE og består av de virksomhetene som står for kraftforsyningen, inndelt i 14 distrikter.

Bygging og drift av anlegg knyttet til produksjon og overføring av elektrisk energi reguleres gjennom Forskrift om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. (Energilovforskriften).

Sikring av elektriske anlegg og tilsyn med dette er behandlet i El-tilsynsloven, som forvaltes av DSB, og Forskrift om elektriske forsyningsanlegg. Forskrift om systemansvaret i kraftsystemet regulerer ansvar og plikter for utøvelsen av systemansvaret, og forvaltes av NVE. Lov om kommunal beredskapsplikt omhandler kommunale beredskapplikter og plikten til å utarbeide risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS), og forvaltes av DSB. Fylkesmannens ansvar innen beredskap er nedfelt i «instruks for fylkesmannens og Sysselmannen på Svalbards arbeid med samfunnssikkerhet, beredskap og krisehåndtering».

Alle lover og forskrifter nevnt ovenfor berører flere statlige virksomheter. På overordnet nivå er NVE ansvarlig for det operative ansvaret for kraftforsyningsberedskapen, mens Statnett har systemansvar for drift og utvikling av det sentrale overføringsnettet for kraft. DSB har ansvar for bygg, drift av anlegg og tilsyn knyttet til dette, og kommunene plikter å kartlegge uønskede hendelser.

2.4 Intervjuer med NVE, DSB og Fylkesmenn

2.4.1 NVE

NVE har som nevnt i avsnitt **Feil! Fant ikke referanse kilden.** et sentralt ansvar for strømtilførsel i krisesituasjoner. På bakgrunn av dette jobbes det blant annet med vedlikehold og utvikling av regelverket på området, tilsyn av virksomheter, spørreundersøkelser, oppfølging av virksomhetenes øving og evalueringer av beredskap og drift av en døgnkontinuerlig beredskapsvaktordning som skal ta seg av informasjonsflyten ved krisesituasjoner. Det foretas også sektorvise risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS), men fordi disse inneholder sensitiv informasjon er de ikke tilgjengelige for offentligheten.

Av modeller som brukes i arbeidet med bortfall av strøm, ble det vist til FASIT-systemet. Dette systemet brukes for å registrere feil og avbrudd i kraftsystemet, og alle nettselskapene plikter gjennom dette systemet å rapportere blant annet årsak, varighet og hvilke sluttbrukere som ble påvirket. NVE følger med på datamaterialet fra dette systemet og vurderer i etterkant om nye tiltak bør settes inn i arbeidet mot strømbrudd.

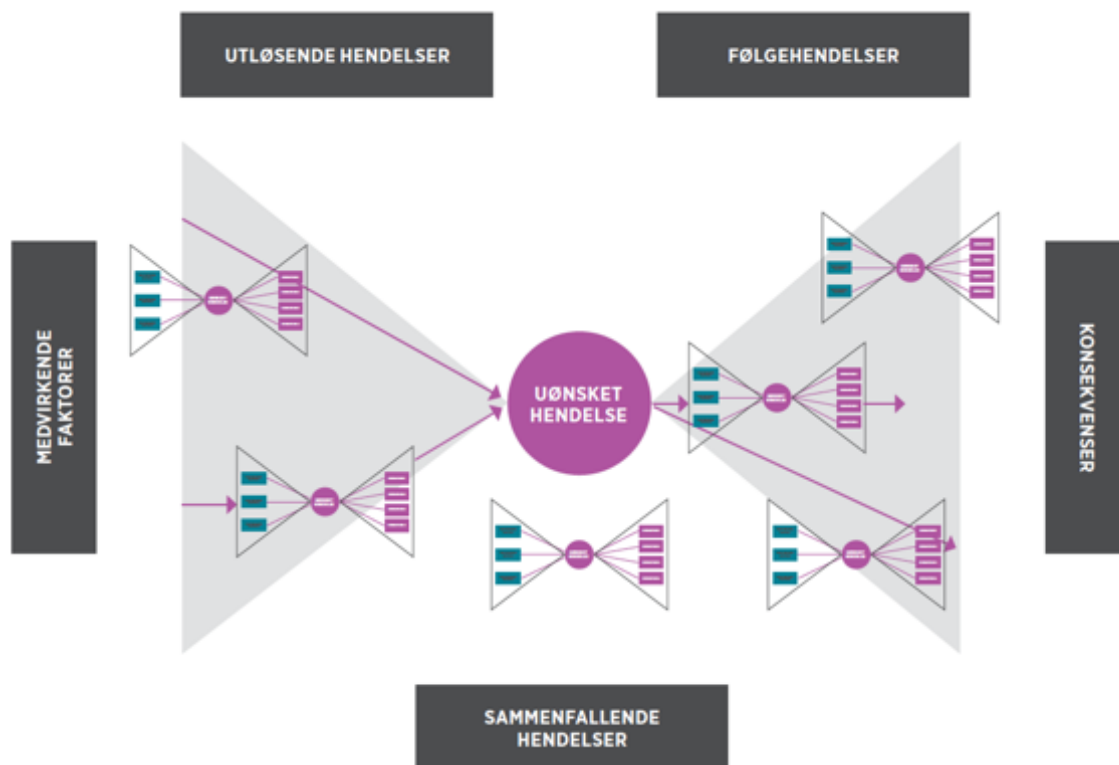
I utgangspunktet var holdningen hos NVE at alle avbrudd er uakseptable. Samtidig erkjente representantene at det ikke er realistisk å garantere 100 prosent forsyning over tid. I intervjuet ble det videre klart at avveininger knyttet til effektiv bruk av knappe ressurser blant annet analyseres i konsesjonsprosessene. Der regnes det på sannsynligheter av strømbortfall og kostnadene ved dette, satt opp mot inntekter. I tillegg ble det pekt på Beredskapsforskriftens kapittel 5, som klassifiserer anlegg etter betydning for energiforsyningen. Til hver klasse følger det med ulike sikringstiltak basert på hvor viktige anleggene er, med strengeste krav til klasse 3, som leverer strøm til flere husstander enn de to andre klassene. Denne inndelingen innebærer på denne måten en prioritering av ressurser.

2.4.2 DSB

Representantene fra DSB påpekte at direktoratet forvalter EL-tilsynsloven, og at det ikke foreligger et formelt ansvar knyttet til beredskap mot bortfall av strøm. DSB skal imidlertid ha tilsyn med departementenes arbeid med samfunnssikkerhet og beredskap, og organisasjonen er derfor ikke frakoblet beredskapsspørsmål og konsekvenser for samfunnet ved bortfall av strøm. Det ble oppgitt at direktoratet hvert år utfører om lag 500-900 tilsyn med elektriske anlegg tilknyttet boliger og virksomheter. Designet for disse tilsynene gjennomgås hvert år og tilpasses trender i samfunnet. I denne prosessen er alvorlige strømbrydd et viktig element. En del av DSBs arbeid er å ha oversikt over sårbarheten i samfunnet, og DSB er derfor opptatt av å jobbe med bevisstgjøring og påvirkning på husholdningsnivå. Det er imidlertid virksomhetens ansvar å ha god egenberedskap, og det er NVEs ansvar å sikre forsyning i en krisesituasjon.

For spørsmål om modellbruk og sannsynlighetsberegninger ble det vist til DSBs rapport om fremgangsmåte for utarbeidelse av Nasjonalt Risikobilde (DSB, 2015). I dokumentet vises det til den såkalte «Bow tie»-modellen for gjennomføring av risikoanalyser, der både sannsynlighet og konsekvenser er viktige spørsmål.

Figur 2.1: Bow tie-modellen



Kilde: (DSB, 2015)

Vurderingen av sannsynlighet baseres på fem kategorier som går fra «svært lav sannsynlighet» til «svært høy sannsynlighet». Kategoriene er også beskrevet med en angitt frekvens for hendelsen. Eksempelvis er «svært lav sannsynlighet» definert med en frekvens «sjeldnere enn 1 gang i løpet av 10 000 år» mens «svært høy sannsynlighet» er definert som «minst 1 gang eller oftere i løpet av 10 år».

I DSB (2015) beskrives i tillegg samfunnsverdier som skal beskyttes, og hvordan konsekvensene av hendelsen skal inngå i risikoanalysen. I delkapittel 4.3 i dokumentet er avgrensningen av scenarier som skal være med i nasjonalt risikobilde videre utdypet. Blant annet skal det være «ikke dagligdagse ulykker, men heller ikke de mest ekstreme hendelsene(...)» og de skal true de definerte samfunnsverdiene. I denne delen av metodebeskrivelsen er det ingen videre grad av refleksjon rundt prioriteringer av knappe ressurser til kriseberedskap og scenarier. Denne tematikken ble berørt i intervjuet der det gikk fram at DSB ikke anser det som sin oppgave å gå inn på spesifikke tiltak eller håndtering av spesifikke situasjoner. Det samme gjaldt eventuell veiing av ulike scenarier opp mot hverandre; dette blir oppfattet som en politisk prioritering.

2.4.3 Fylkesmennene

Instruksen som regulerer fylkesmannens ansvar knyttet til samfunnsikkerhet og beredskap stiller tydelige krav til fylkesmannen. Fylkesmannen skal ha oversikt over risiko og sårbarhet i fylkene gjennom

utarbeidelse av risiko- og sårbarhetsanalyser. Disse analysene skal utarbeides minst hvert fjerde år, og følges opp med oppfølgingsplaner for perioden som oppdateres årlig.

I forbindelse med arbeidet med denne rapporten har vi utført telefonintervjuer med beredskapsledere hos Fylkesmannen i Oslo og Akershus, Hordaland, Rogaland, Aust- og Vest-Agder og Nordland. I tillegg har vi sett nærmere på disse fylkenes siste tilgjengelige risiko- og sårbarhetsanalyse. De fleste fylkesmennene, inkludert de i vårt utvalg, publiserer en såkalt FylkesROS hvert fjerde år, i tråd med kravene i Fylkesmannens samfunnssikkerhetsinstruks. Analysene består som regel av gjennomganger av både viktige sektorer generelt og konkrete scenarier. Metodisk bygger de fleste rapportene på DSBs veileder for FylkesROS (DSB, 2016a). Denne veilederen er igjen inspirert av metodikken i DSB (2015), som er omtalt i avsnitt 2.4.2. Alle Fylkesmennene vi har vært i kontakt med opplyser at brudd i strømforsyningen er en problematikk som ofte analyseres, gjerne som del av et større scenario, for eksempel ekstremvær.

I tillegg til FylkesROS har Fylkesmannen en viktig rolle i KBO, og noen Fylkesmenn har deltatt i forskningsprosjekter som inkluderer strømbruddproblematikk. Dette arbeidet er utdypet i avsnitt 2.5.

2.5 Forskning og utredninger fra SUM, DSB, OsloMet og Sintef

Norske husholdningers håndtering av strømbrudd

Senter for utvikling og miljø (SUM) ved UiO

SUM har i årene 2017-2019 forsket på norske husholdningers håndtering av strømbrudd. Prosjektet er finansiert av forskningssenteret CREE. I studien ble 17 husholdninger som har opplevd lange strømbrudd (mer enn 24 timer) identifisert. Ved hjelp av kvalitative intervjuer kartla forskerne hvordan disse husholdningene håndterte strømbruddene. Forskerne fant at husholdningene hadde klart seg ganske bra under avbruddene. Intervjuobjektene var mer opptatt av de praktiske konsekvensene enn finansielle, og de direkte kostnadene ble derfor ansett som underordnet. Videre fant forskningen at husholdningene som hadde opplevd slike lange avbrudd følte seg nedprioritert av kraftselskapene.

EU-prosjekt om sårbarhet for strømbrudd i kritiske samfunnsfunksjoner

DSB og kommunene Oslo, Bergen og Stavanger

I januar 2018 begynte DSB og de tre kommunene et forskningsprosjekt om sårbarhet for strømbrudd i kritiske samfunnsfunksjoner. Prosjektet pågår fortsatt og skal etter planen avsluttes i desember 2019. I prosjektet skal hver av byene analysere sårbarheten for strømbrudd innen en kritisk samfunnsfunksjon. I Bergen analyseres helsetjenesten, i Oslo redningstjenesten og i Stavanger EKOM-tjenester. Sluttrapporten vil beskrive de viktigste sårbarhetene innen hvert område og identifisere risikoreducerende tiltak.

Elsikkerhetsprosjektet

DSB

I 2016 ga Justis- og beredskapsdepartementet gjennom tildelingsbrev DSB i oppgave å gjennomgå elsikkerhetsområdet med hensyn på å innføre et mer risikobasert tilsyn og å utrede en modell for godkjenning av utenlandske fagarbeidere. På bakgrunn av dette utførte DSBs elsikkerhetsavdeling en utredning som blant annet så på strukturen i dagens elsikkerhetsarbeid som berøres av el-tilsynsloven, synliggjøring av utfordringer på elsikkerhetsområdet og identifiserte forbedringspunkter i elsikkerhetsarbeidet.

Homerisk – Risk management strategies

Oslomet

Prosjektet, som pågikk fra 2014 til 2018, så nærmere på hvordan husholdninger og offentlige institusjoner forbereder seg på avbrudd i elektrisitet og IKT. Konkret ble det undersøkt hvilke planer som foreligger og hvordan dette følges opp i praksis. Prosjektet kartla også forskjeller mellom hva husholdningene gjorde ved enkelte krisesituasjoner og de planene som var lagt for slike hendelser fra myndighetenes side. Prosjektet ledet til flere rapporter og en rekke forskningsartikler. En av rapportene er omtalt nedenfor.

Beredskap for IKT og -elektrisitetsbrudd i nordiske hushold

SIFO ved Oslomet

I 2016 utførte forskerne en spørreundersøkelse på nett om beredskap for strømbrudd og IKT-brudd i nordiske husholdninger. Respondentene i undersøkelsen var norske, svenske og islanske husholdnigner. Resultatet fra undersøkelsen viser at husholdningene i alle tre land mener det er lav sannsynlighet for at krise innen strøm eller IKT vil inntreffe. Få av respondentene har egen beredskapsplan og få har erfaring med å leve uten strøm over en lengre periode. Mange føler seg også dårlig forberedt til å takle et lengre strømbrudd.

HILP – analyse av ekstraordinære hendelser i kraftsystemet

Sintef

Prosjektet, som varer fra 2016 til 2019, analyserer ekstraordinære hendelser i kraftsystemet. Ambisjonen er å identifisere bakenforliggende årsaker, beregne konsekvenser og analysere hvordan usikkerheter skal håndteres. Prosjektet bruker hendelser fra det nordiske kraftsystemet for å anvende metodene som utvikles. Til nå er det blant annet publisert et kvalitativt rammeverk for analyse av HILP-hendelser (Sperstad og Kiel, 2018). Rammeverket bruker bow-tie modellen til å definere, splitte opp og avgrense beslutningsproblemer relatert til HILP-hendelser. Tanken er å hjelpe analytikere til å utvikle kvantitative metoder, og analysere ulike typer usikkerheter.

2.6 Kritisk infrastruktur og uakseptable hendelser er sentrale begreper

Begrepet «kritisk infrastruktur» brukes for å omtale de objekter eller systemer som er essensielle for opprettholdelsen av vitale samfunnsfunksjoner, etter EU-kommisjonens definisjon.⁴ Det betyr at hendelser som setter kritisk infrastruktur ut av spill, kan regnes som uakseptable. En naturlig implikasjon er at for hendelser rettet mot kritisk infrastruktur, settes nytte-kostnadsvurderinger ut av spill (nyttens er større en kostnad, uansett kostnad). Det er interessant for vårt formål å forstå hvordan det er blitt tenkt når kritisk infrastruktur/uakseptable hendelser er blitt definert, og hvordan arbeidet med kritisk infrastruktur forvaltes.

2.6.1 Infrastrukturutvalget definerte kritisk infrastruktur

I norsk sammenheng har *Infrastrukturutvalget* utarbeidet følgende definisjon på kritisk infrastruktur (NOU (2006: 6)):

“ Kritisk infrastruktur er de anlegg og systemer som er helt nødvendige for å opprettholde samfunnets kritiske funksjoner som igjen dekker samfunnets grunnleggende behov og befolkningens trygghetsfølelse.

Definisjonen av kritisk infrastruktur opererer med to begreper; «kritisk infrastruktur» og «samfunnets kritiske funksjoner». I sin vurdering av kritisk infrastruktur tar utvalget først utgangspunkt i samfunnets grunnleggende behov⁵ og utleder så hvilke samfunnsfunksjoner som må til for å dekke disse behovene. Disse omtales som kritiske samfunnsfunksjoner. Til slutt vurderes hvilken infrastruktur som må være på plass for at disse skal fungere. Tabell 2.1 viser utvalgets avgrensning av kritisk infrastruktur og kritiske samfunnsfunksjoner.

⁴ https://ec.europa.eu/home-affairs/what-we-do/policies/crisis-and-terrorism/critical-infrastructure_en

⁵ Som gitt av psykologen Abraham Maslows behovspyramide. De grunnleggende behovene som kritisk infrastruktur og samfunnets kritiske funksjoner kan tenkes å dekke er *trygghet* og *fysiske behov* (NOU 2006: 6).

Tabell 2.1 Kritisk infrastruktur og kritiske samfunnsfunksjoner i NOU (2006: 6)

Kritisk infrastruktur	Kritiske samfunnsfunksjoner
Elektrisk kraft	Bank og finans
Elektronisk kommunikasjon (EKOM)	Matforsyning
Vann og avløp	Helse-, sosial- og trygdetjenester
Transport	Politi
Olje og gass	Nød- og redningstjeneste
Satelittbasert infrastruktur	Kriseledelse
	Storting og Regjering
	Domstolene
	Forsvar
	Miljøovervåkning
	Renovasjon

Kilde: NOU (2006: 6)

2.6.2 DSB vedlikeholder oversikt over funksjoner som er kritiske for samfunnssikkerheten

Justis- og beredskapsdepartementet (JD) har det overordnede ansvaret for samordning av samfunnssikkerhet og beredskap i sivil sektor. Dette ansvaret inkluderer å definere hvilke samfunnsfunksjoner som er kritiske.⁶ Den seneste vurderingen av kritiske samfunnsfunksjoner ble gjort av DSB i 2016 på oppdrag fra JD (DSB, 2016b). Funksjonene som er identifisert er inndelt i tre kategorier; *styringsevne og suverenitet*, *befolkningens sikkerhet* og *samfunnets funksjonalitet*, jf. Figur 2.2. Betingelsene for at en funksjon skal inkluderes, er at et avbrudd vil true dekningen av befolkningens grunnleggende behov og at beredskapsressursene blir utfordret. Kraftforsyning er lagt til kategorien *samfunnets funksjonalitet*. Rapporten definerer imidlertid ikke funksjonsevnene kvantitativt, slik at man kan utlede konkrete uakseptable, scenariobaserte hendelser fra av typen «100.000 mennesker uten EKOM-tjenester⁷ i 24 timer grunnet strømbrydd er uakseptabelt.»

Figur 2.2 nedenfor viser en overordnet gjengivelse av DSBs oversikt over kritiske samfunnsfunksjoner utledet fra befolkningens og samfunnets grunnleggende behov. På første nivå finnes de tre grunnleggende behovene *styringsevne og suverenitet*, *befolkningens sikkerhet* og *samfunnets funksjonalitet*, og på andre nivå tilordnes behovene *kritiske samfunnsfunksjoner*. Disse beskrives ved hjelp av *kapabiliteter* (capabilities), på et tredje nivå som ikke er synlig i Figur 2.2, med tilhørende definert *kritisk funksjonsevne*. Begrepet kapabilitet er mye brukt i internasjonalt samfunnssikkerhetsarbeid, og angir hva samfunnet må planlegge for å opprettholde «nesten uansett hva som skjer» (DSB, 2016b).

⁶ Ansvaret omfatter å «utarbeide og vedlikeholde oversikt over hvilke funksjoner som i et tverrsektorielt perspektiv er kritiske for samfunnssikkerheten» jf Instruks for departementenes arbeid med samfunnssikkerhet og beredskap mv., kgl.res. 15. juni 2012, kap. IV.

⁷ Elektroniske kommunikasjonstjenester

Figur 2.2 DSBs kritiske samfunnsfunksjoner utledet fra befolkningens og samfunnets grunnleggende behov



Kilde: Vista Analyse/DSB (2016b)

2.6.3 Kritisk infrastruktur og uakseptable hendelser i planlegging i NVE og hos fylkesmennene

NVEs vurdering

Representantene fra NVE trakk i intervjuet fram Beredskapsforskriften som et viktig premiss innenfor tematikken uakseptable avbrudd. I forskriftens andre kapittel heter det at de som omfattes av forskriften, ved strømbrudd skal gjenopprette full forsyning «uten ugrunnet opphold». Strømbrudd skal altså i utgangspunktet utbedres omgående, med mindre det er grunner til at slikt arbeid ikke kan foregå, eksempelvis ekstremvær. NVEs representanter understreket videre i intervjuet at ingen avbrudd ansees som akseptable, samtidig som det ble erkjent at 100 prosent forsyningsikkerhet ikke er realistisk. Videre ble det pekt på at NVE har myndighet til å tallfeste hva som eventuelt skulle vært et uakseptabelt avbruddsscenario, men denne muligheten har ikke blitt tatt i bruk. Dette skyldes hovedsaklig ulikheten blant strømkundene i deres sårbarhet, økonomiske tap og ulemper knyttet til avbrudd, som gjør det vanskelig og lite hensiktsmessig å sette et nasjonalt krav til forsyningsikkerhet som passer alle kundegrupper og kunder.

Fylkesmennesenes arbeid

Når det gjelder Fylkesmannen er det noe ulik praksis for vurdering av uakseptable hendelser mellom fylkene i vårt utvalg. I DSBs veileder for FylkesROS er det tatt med et avsnitt om risikoevaluering som legger opp til en samfunnøkonomisk analyse knyttet til de ulike utfordringene som identifiseres:

“ Risikoevaluering betyr en bedømmelse av om risikoen er akseptabel eller ikke ved at analyseresultatene vurderes opp mot noen fastsatte mål, kriterier, grenseverdier eller liknende. Det er svært utfordrende å definere slike klare grenser på samfunnsnivå (...) En alternativ måte å evaluere risiko, er å drøfte nivået for sannsynligheten og konsekvens av hendelsen, og så vurdere om risikoen er slik at den må tåles av samfunnet, eller om det er nødvendig å gjøre noe med den. Bak slike konklusjoner ligger det synlige argumenter som man kan være enige eller uenige i.

DSB (2016a) – Veileder for FylkesROS

I den siste FylkesROS-en for Oslo og Akershus (Fylkesmannen i Oslo og Akershus, 2016) er ikke denne typen risikoevaluering nevnt i særlig grad. I Rogaland ble det for FylkesROS 2018-2021 (Fylkesmannen i Rogaland, 2018) konkludert med at «Ingen av risikoområda eller scenarioa blir vurdert av Fylkesmannen å ha ein uakseptabel risiko», uten at det framgår av rapporten hva som eventuelt skal til for å vurderes som en uakseptabel risiko eller hvordan en eventuell terskelverdi er definert, med videre. Fylkesmannen i Nordland skriver i sin siste ROS-analyse (Fylkesmannen i Nordland, 2015) at de velger ikke å definere grenseverdier for hva som er akseptabelt ettersom dette er en vanskelig øvelse. I rapporten nevnes det også at tiltakene som blir foreslått i rapporten har blitt gjennomgått i en kost-nytte-analyse, uten at ytterligere detaljer fra dette arbeidet er med i teksten. Fylkesmannen i Hordaland er den eneste i utvalget som går dypere inn i begrepet uakseptabel risiko (Fylkesmannen i Hordaland, 2015). I forbindelse med FylkesROS-arbeidet har fylket utarbeidet en metodikk med akseptkriterier som består av tre nivåer.

Figur 2.3 Akseptkriterier Fylkesmannen i Hordaland

Tilhøve i raude felt	→	Gjev uakseptabel risiko. Her skal risikoreduserande tiltak gjennomførast, alternativt skal det utførast meir detaljerte ROS-analysar for ev. å avkrefte risikonivået.
Tilhøve i gule felt	→	ALARP-sone, dvs. tiltak skal gjennomførast for å redusere risikoen så mykje som råd (ALARP = As Low As Reasonable Practicable). Det er ofte naturleg å leggje ein kost-nytte-analyse til grunn for å vurdere endå fleire risikoreduserande tiltak.
Tilhøve i grøne felt	→	I utgangspunktet akseptabel risiko, men fleire risikoreduserande tiltak av vesentleg karakter skal gjennomførast når det er mogleg ut frå økonomiske og praktiske vurderingar.

Kilde: Fylkesmannen i Hordaland (2015)

Dette systemet brukes i rapporten til å fargekode alvorlighetsgraden av hendelser basert på hvordan de vurderes med tanke på sannsynlighet og konsekvenser. Begge vurderes på en skala fra én til fem, der fem er høyest. For hendelser med relativt lav konsekvens (nivå to) må det være høyeste sannsynlighet

(nivå 5) for at hendelsen skal ansees som uakseptabel. Etter hvert som konsekvensnivået økes, senkes terskelen for sannsynlighet for at hendelsen skal regnes som uakseptabel.

I sin veiledning for FylkesROS (DSB, 2016a) fremsetter DSB kriterier for å velge ut hendelser som skal bli gjenstand for nærmere analyse i FylkesROS-en. Ett av disse kriteriene er at «hendelsen truer den ordinære produksjonen av offentlige tjenester som befolkningen er avhengig av.» Videre kreves det at man i arbeidet med ROS-analysen kartlegger aktuelle *kritiske samfunnsfunksjoner*, som er «de oppgavene samfunnet skal ivareta for å sørge for befolkningens sikkerhet og trygghet». Det fremholdes som viktig at ROS-analysen også inneholder «sårbarhetsvurderinger av kritiske samfunnsfunksjoner, da det er ved svikt i slike systemer at Fylkesmannens samordningsrolle er vesentlig for å redusere konsekvensene av hendelsen». I påfølgende kapittel ser vi nærmere på hvorfor kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur er viktige og sentrale begreper med tanke på forsyningssikkerhet og avbruddskostnader.

3 Kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur i KILE-ordningen

I dette kapittelet griper vi fatt i temaene kritisk infrastruktur og uakseptable hendelser, som ble introdusert i forrige kapittel. Vi er interessert i hvorvidt den samfunnsmessige kostnaden ved brudd i kritisk infrastruktur som følge av strømbrudd kommer til uttrykk i estimatene bak gjeldende KILE-satser. Dersom den er inkludert på en tilfredsstillende måte, kan vi med større sikkerhet si at de fulle samfunnsmessige kostnadene er inkludert i KILE-satsene. Men dersom de ikke er tilfredsstillende inkludert, kan det være grunn til å legge til et infrastrukturelement i samfunnsøkonomiske analyser der det er relevant. På sikt er det i dette tilfellet også aktuelt å supplere eksisterende KILE-satser.

Det vi kaller infrastrukturkostnaden er en følgevirkning som øker belastningen og kostnaden sammenliknet med den direkte kostnaden i husholdninger og næringsliv. For eksempel kan den opplevde kostnaden og ulempen for en småbarnshusholdning i en by mangedobles dersom skole og barnehage må stenge og man må hente barn samtidig som kollektivtrafikken står og mobilnettet faller ut. Tidligere arbeid i Vista Analyse (for eksempel Vista Analyse, 2017) viser at KILE-satsene for husholdninger ikke inkluderer effekten av infrastruktur. I dette kapittelet diskuterer vi tilsvarende estimater for handel&tjenester, og offentlig virksomhet, utført av SINTEF og Pöyry i den såkalte 2010-undersøkelsen, ut fra en tanke om at en del av infrastrukturkostnaden kan tenkes å vise seg der. Konklusjonen er at infrastrukturkostnader som er relevant for disse sektorene er inkludert i prinsippet, men at i praksis ikke er det. Gjennomgangen gjør det også klart at SINTEF opprinnelig anbefalte at komplekse infrastrukturelementer skilles ut som egen kundegruppe. Dette ble imidlertid for komplisert å gjennomføre innenfor rammen av 2010-undersøkelsen.

Av fremstillingsmessige hensyn er den detaljerte gjennomgangen av 2010-undersøkelsen lagt i vedlegg A. Avsnitt 3.1 begrunner hvorfor vi konsentrerer diskusjonen om sektorene handel&tjenester og offentlig virksomhet. Avsnitt 3.2 oppsummerer vår vurdering av kritisk infrastruktur sin plass i nåværende KILE-satser. Avsnitt 3.3 til 3.6 begrunner vurderingen.

3.1 Vi konsentrerer oss om handel&tjenester og offentlig virksomhet

*Forskrift om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomheten og tariffer*⁸ lister seks samfunnssektorer med kostnader ved strømbrudd: Jordbruk, industri, industri med eldrevne prosesser, husholdninger, handel og tjenester, og offentlig virksomhet. Et interessant spørsmål er om noen av disse KILE-satsene bærer i seg indirekte kostnader knyttet til avbruddshendelser i infrastruktur. Vi vet fra tidligere arbeid (for eksempel Vista Analyse, 2017) at KILE-satsene for husholdninger ikke gjør det.

Av de øvrige fem sektorene vil vi konsentrere drøftingen om handel&tjenester og offentlig virksomhet. Det er to grunner til dette:

⁸ <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1999-03-11-302/>

- Den ene grunnen er den prinsipielle, at infrastrukturkostnader i større grad er relevant for handel&tjenester og offentlig virksomhet enn for industri og jordbruk. Infrastrukturkostnaden i handel&tjenester og offentlig virksomhet er i noen grad den samme som beskrevet for husholdninger, men nå sett fra den andre siden: Når husholdninger og næringsliv kommer i vanskeligheter, henfører vi kostnaden til leverandøren av barnehagetjenesten, t-banetjenesten, polititjenesten....
- Den andre grunnen er den praktiske, at 2010-undersøkelsen har gjort forsøk på å fange opp infrastrukturkostnader i handel&tjenester og offentlig virksomhet. Det er da naturlig at vi ettergår dette.

Det er nyttig å være klar over at SINTEF (2010) anbefalte at komplekse infrastrukturelementer ble skilt ut som egen kundegruppe i beregning av avbruddskostnader. Dette fordi avbrudd for infrastruktur typisk gir små bedriftsøkonomiske kostnader for infrastruktureier, men høye samfunnsøkonomiske kostnader i form av brukernes tap av tjenester. I 2010-undersøkelsen var det ni delprosjekter, hvorav ett handlet om kritisk infrastruktur og kritiske samfunnsfunksjoner (SINTEF & Pöyry, 2012b). Man kom imidlertid aldri lenger enn til å sette opp noen typetilfeller («case-studier»). I vedlegget avsnitt A.1 gjennomgår vi i detalj resultatet fra typetilfellene og fremgangsmåten i SINTEF & Pöyry (2012b).

3.2 Oppsummert om infrastrukturkostnader i handel&tjenester og offentlig virksomhet

I vedlegget avsnitt A.2 gjennomgår vi SINTEF & Pöyry (2012c) sitt arbeid for å estimere avbruddskostnader innen handel&tjenester og offentlig virksomhet. Siktemålet er å undersøke om og i hvilken grad de estimerte avbruddskostnadene tar hensyn til de indirekte infrastrukturkostnadene vi er interessert i her. I det foreliggende avsnittet oppsummerer vi funnene fra vår gjennomgang. I de påfølgende avsnittene begrunner vi i kortform våre viktigste funn.

Basert på våre merknader til arbeidet som ligger til grunn for dagens KILE-satser, og som er punktvis oppsummert i Tabell 3.1 nedenfor, mener vi at dagens satser for handel&tjenester og offentlig virksomhet ikke gir tilfredsstillende anslag for infrastrukturkostnader. I handel&tjenester er infrastrukturkostnadene beregnet å være *negative*. For offentlig virksomhet er de ved hjelp av meget enkle beregninger antatt å være 33 prosent av kostnaden for virksomheten selv. Dagens anslag har meget begrenset informasjonsverdi. Det er dermed et gap i dagens kostnadsstruktur som ikke er relevant for alle strømbrudd, men som vil være relevant for strømbrudd av lengre varighet og omfang, og særlig i urbane områder.

I det følgende oppsummeres funnene i gjennomgangen av det tidligere arbeidet i form av tre spørsmål:

- Hvilke kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur i henhold til DSBs oversikt (DSB, 2016b) er representert i populasjon og utvalg i 2010-undersøkelsen for handel&tjenester og offentlig virksomhet?
- I hvilken grad legger spørreskjemaet opp til kostnadsanslag som i praksis reflekterer avbruddskostnader for berørte tredjeparter?
- Virker de estimerte KILE-satsene (for kundegruppene handel&private tjenester og offentlig virksomhet) rimelige i lys av økonomisk og statistisk teori?

Hvert av de tre punktene svares ut hver for seg i det følgende. Tabell 3.1 gir først en oppsummering av de viktigste innvendingene mot 2010-undersøkelsen sett i lys av de tre punktene over.

Tabell 3.1 Oppsummering av innvendinger mot 2010-undersøkelsen for kundegruppene handel&private tjenester, og offentlig virksomhet

Element	Kommentar
Utvalg	<ul style="list-style-type: none"> • Små utvalg (185 og 268 respondenter) • Tungvint stratifisering, som skaper behov for vekting av utvalget med usikre vekter. Relativt grovindelte strata langs bransjedimensjonen for dette formål
Spørreskjemaer	<ul style="list-style-type: none"> • Lange spørreskjemaer (72 og 59 spørsmål) • Tilbakemeldinger fra mange respondenter om vanskeligheter med å gi et kostnadsanslag • Ingen mekanisme som kan avsløre protestmotiver i kostnadsanslag eller betalingsvillighet • Partiell behandling av avbruddskostnader. Åpner ikke for anslag på synergistiske kostnader ved avbrudd i flere virksomheter/tjenester samtidig, som vil være aktuelt for mange av virksomhetene i de to kundegruppene
Resultater	<ul style="list-style-type: none"> • Store forskjeller i oppgitt kostnadsanslag og betalingsvillighet. For offentlig virksomhet er betalingsvillighet i gjennomsnitt åtte ganger høyere enn kostnadene. For handel&tjenester er betalingsvillighet <i>la-vere</i> enn kostnadsanslag.
Tredjepartskostnader	<ul style="list-style-type: none"> • Kun kvalitativ vurdering av tredjepartskostnader, basert på subjektiv og begrenset innsikt hos den enkelte respondent. Kostnadene oversettes så til kvantitative størrelser basert på skjønsmessige forutsetninger

Kilde: Vista Analyse/SINTEF & Pöyry (2012a)

I resten av dette delkapittelet utdypes elementene som i sum leder til vår konklusjon om at dagens KILE-satser ikke inkluderer infrastrukturkostnader på en tilfredsstillende måte.

3.3 Kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur er prinsipielt dekket i populasjonene for undersøkelsene

Befolkningens og samfunnets grunnleggende behov er i DSB (2016) sortert under de tre hovedgruppene *styringsevne og suverenitet*, *befolkningens sikkerhet* og *samfunnets funksjonalitet*, jamfør Figur 2.2 i kapittel 2.6.2. Under disse tre ligger 14 konkrete samfunnsfunksjoner, som i større eller mindre grad benytter infrastruktur i sin funksjonsutøvelse. Et interessant spørsmål er om avbruddsskostnadene knyttet til disse samfunnsfunksjonene er dekket av dagens KILE-satser. For å vurdere dette, kan vi sammenligne

Figur 2.2 med den definerte populasjonen for kundegruppene handel&private tjenester, samt offentlig virksomhet ifølge SINTEF & Pöyry (2012c).

Den definerte populasjonen for kundegruppen handel&private tjenester dekker følgende samfunnsfunksjoner i DSB (2016), som vist med uthevet skrift i Tabell 3.2. Tilsvarende oversikt for offentlig virksomhet er gitt i Tabell 3.3.

Tabell 3.2 Kritiske samfunnsfunksjoner i DSB (2016) som er dekket i populasjonen for kundegruppen handel&private tjenester

Samfunnets funksjonalitet	Befolkningens sikkerhet	Styringsevne og suverenitet
Forsyningssikkerhet*	Lov og orden	Styring og kriseledelse
Vann og avløp	Helse og omsorg	Forsvar
Finansielle tjenester	Redningstjenester	
Kraftforsyning	IKT-sikkerhet	
Elektroniske kommunikasjons-tjenester	Natur og miljø	
Transport		
Satellittbaserte tjenester		

Note: Tabellen gir uttømmende oversikt over samfunnsfunksjoner i DSB (2016), med utheving av dem som er dekket.

* Detaljhandel mat- og drikkevarer, samt drivstoff. Produksjon av disse sorterer under næringsområdet Industri.

Kilde: Vista Analyse

Tabell 3.3 Kritiske samfunnsfunksjoner i DSB (2016) som er dekket i populasjonen for kundegruppen offentlig virksomhet

Samfunnets funksjonalitet	Befolkningens sikkerhet	Styringsevne og suverenitet
Forsyningssikkerhet	Lov og orden	Styring og kriseledelse
Vann og avløp	Helse og omsorg	Forsvar
Finansielle tjenester	Redningstjenester	
Kraftforsyning	IKT-sikkerhet*	
Elektroniske kommunikasjons-tjenester	Natur og miljø*	
Transport		
Satellittbaserte tjenester		

Note: Tabellen gir uttømmende oversikt over samfunnsfunksjoner i DSB (2016), med utheving av dem som er dekket.

* Er ikke nevnt eksplisitt i aktuelt næringshovedområde (O), men må antas at faller inn under 84.11 Generell offentlig administrasjon og 84.12 Offentlig administrasjon tilknyttet helsestell, sosial virksomhet, undervisning, kirke, kultur og miljøvern.

Kilde: Vista Analyse

Gjennomgangen viser at vi kan regne alle kritiske samfunnsfunksjoner i henhold til DSBs oversikt som dekket av populasjonen for de to kundegruppene, med unntak av kraftforsyning. Dette ligger i sakens natur, da selve utgangspunktet for undersøkelsene og KILE-ordningen ligger her. For IKT-sikkerhet (sikre

registre, arkiver, mv., personvern og hendelseshåndtering i IKT-systemer) og *Natur og miljø* (forureningsberedskap, meteorologiske tjenester og overvåking av skred- og flomfare) antar vi at dette dekkes i hvert fall delvis i næringshovedområdet for offentlig administrasjon og forsvar, og trygdeordninger underlagt offentlig forvaltning. Forøvrig er person- og godstransport med jernbane, sykehustjenester og vann- og avløpshåndtering ekskludert fra populasjon og utvalg da disse er dekket av casestudiene i SINTEF & Pöyry (2012b). Det betyr samtidig at disse samfunnsfunksjonene per definisjon ikke er reflektert i dagens KILE-satser. Selv om alle næringshovedområdene i prinsippet er representert, er altså enkelte næringer innenfor disse utelukket fra utvalget.

Rapporten dokumenterer ikke fordelingen av respondenter på strataene i *nettutvalget*, men vi legger til grunn at det finnes respondenter fra alle 21 strata der. Videre er stratifiseringen gjort på næringshovedområde, som er et relativt grovinnfelt nivå. Dette gir ingen garanti for at næringshovedgrupper, og videre de enkelte næringsgrupper, er representert i nettutvalget ved den tilfeldige trekningen som er gjennomført. Det betyr at flere næringer *kan* være utelukket fra utvalget.

Statistisk sett ville det for øvrig vært en fordel for særlig offentlig virksomhet med en stratifisering på mer fininnfelt nivå enn næringshovedområde for å sikre representasjon av de ulike samfunnsfunksjonene i utvalget, og slik at variansen i avbruddskostnadene i prinsippet ville blitt mindre. Dette ville økt presisjonen i estimatene, men ikke endret forventningen.

3.4 Avbruddskostnader for berørte tredjeparter er kun kvalitativt vurdert

For handel&private tjenester belyses kostnader både for andre bedrifter i næringskjeden og for sluttbrukere (kunder). Respondenten bes om å kvalitativt vurdere omfanget av slike kostnader med svaralternativene store/ganske store/moderate/små/vet ikke. På bakgrunn av svarene benytter SINTEF & Pöyry (2012a) en faktor for å beregne de totale samfunnsøkonomiske avbruddskostnadene, som forøvrig er konstant over avbruddsvarighetene. Faktoren fremkommer på følgende måte: 27 prosent av bedriftene innen handel&private tjenester svarer at avbruddet medfører økonomiske ringvirkninger for bedriftens kunder. Man antar at ringvirkningen har vesentlig betydning for den samfunnsøkonomiske kostnaden dersom ringvirkningene er «store» eller «ganske store», som er oppgitt av 33 prosent av bedriftene. Til slutt forutsettes at «store» eller «ganske store» økonomiske ringvirkninger tilsvarer 50 prosent av anslaget for egen bedrifts avbruddskostnader. Samlet utgjør dette omtrent 4,4 prosent av avbruddskostnadene. Imidlertid korrigeres dette for antatte gevinster hos andre bedrifter uten avbrudd, som kan få økt salg når avbruddsrammede bedrifter må stoppe sitt eget salg. Med lignende framgangsmåte som beskrevet over, basert på egne spørsmål for dette temaet, beregnes gevinstene til 5,1 prosent av avbruddskostnadene. Man kommer derfor fram til at de samfunnsøkonomiske avbruddskostnadene for kundegruppen handel&private tjenester er 0,7 prosent *lovere* enn de bedriftsøkonomiske kostnadene.

For offentlig virksomhet legges det til grunn at det ved avbrudd ikke finnes gevinster for andre offentlige virksomheter uten avbrudd, som virker rimelig. Kostnader for berørte tredjeparter anslås ved å anta at ulempene for brukerne som ikke mottar en offentlig tjeneste som planlagt, verdsettes lik kostnaden for overtidstimer i den offentlige virksomheten, selv om det i mange tilfeller ikke benyttes overtid for å levere tjenester som uteblir ved avbrudd. Denne kostnaden forutsettes å være 175 prosent av ordinær

timelønn i offentlig virksomhet (overtidstillegg, arbeidsgiveravgift og pensjonskostnader) basert på gjennomsnittlig månedslønn for næringshovedområdene E, O, P og Q.⁹ Kostnader for berørte tredjeparter er derfor gitt ved $K_{h,s} = h * w_n * 1,25 * 1,5$, hvor h er antall tapte arbeidstimer og w_n er gjennomsnittlig timelønn for næringsområde n .¹⁰ Størrelsen på h er anslått av virksomheten selv i spørreskjemaet. Totale samfunnsøkonomiske avbruddskostnader er så gitt ved $K_{total,s} = K_{h,s} + K_a$, hvor K_a er kostnadsanslaget for egen virksomhet. Man finner at de samfunnsøkonomiske avbruddskostnadene for offentlig virksomhet er 33 prosent høyere enn de bedriftsøkonomiske avbruddskostnadene.

Det er de samfunnsøkonomiske kostnadene, som beskrevet over, som utgjør grunnlaget for gjeldende KILE-satser for de to kundegruppene. I den forstand vil kostnadene for berørte tredjeparter prinsipielt være reflektert i satsene. Selv om det er knyttet usikkerhet til kostnadene for berørte tredjeparter, all den tid de er basert på subjektive vurderinger hos den enkelte respondent, er det grunn til å tro at estimatene undervurderer disse kostnadene. Dette fordi det først og fremst er vanskelig for en respondent å forestille seg kostnader som påløper for andre parter lenger ut i konsekvenskjeden for avbruddet. Det er eksempelvis slik at dersom en barnehage opplever avbrudd gjennom en arbeidsdag, og barna må hentes hjem, vil det utgjøre et visst tap av arbeidstimer for et visst antall barnehageansatte. Om vi legger til grunn at det finnes tre barn per ansatt i barnehagen, vil tre foreldre per barnehageansatt tape sin arbeidstid i tillegg. Et annet eksempel er tredjeparts kostnader ved avbrudd i EKOM-tjenester, hvor flere tusen mobilabonnenter kan miste sine tjenester ved et langvarig avbrudd. Hvorvidt slike kostnader er reflektert i KILE-satsene avhenger først av hvorvidt respondenter fra disse næringsgruppene er representert i nettoutvalget, dernest i hvilken grad deres svar reflekterer slike kostnader. Foreliggende dokumentasjon tyder på at infrastrukturkostnader er dårlig dekket i dag.

3.5 Flere urimelig trekk ved avbruddskostnadene for handel&private tjenester og offentlig virksomhet

For handel&private tjenester er forholdet mellom kostnadene (*direct worth*, DW) ved ulike avbruddskjennetegn som forventet. Oppgitt betalingsvillighet (*willingness to pay*, WTP) utgjør i gjennomsnitt kun to tredjedeler av gjennomsnittlig kostnadsanslag, uten at det finnes åpenbare rasjonelle forklaringer for dette. Dette gjelder spesielt fordi flere titalls respondenter som har oppgitt kostnadsanslag over null oppgir null i betalingsvillighet. Implikasjonen av dette er at man ønsker avbruddskostnadene velkommen uten vilje til å beskytte seg mot disse, eller at det er noe med spørsmålsformuleringen eller konteksten i spørreskjemaet som utløser misforståelser eller protestsvar. I alle tilfeller viser det at anslagene er sårbare for metodevalg. Det forhold at DW er klart høyere enn WTP, inngir ikke tillit til tallene.

For offentlige virksomhet er variasjonen i avbruddskostnadene med de ulike avbruddskjennetegnene som forventet, med ett unntak hva gjelder avbruddstidspunkt, hvor kostnadene er høyere om natten (kl. 02) enn på kvelden (kl. 18). Dette har hverken SINTEF & Pöyry (2012a) eller vi en god forklaring på.

⁹ Fra SSBs gjennomsnittlige månedslønn for heltidsansatte.

¹⁰ Uttrykket for tredjepartskostnader er direkte gjengitt fra SINTEF og Pöyry (2012a), men harmoniserer ikke med forklaringen som er oppgitt. For å harmonisere med forklaringen burde det vært $K_{h,s} = h * w_n * (1+(0,25+0,5))$.

Gjennomsnittlig betalingsvillighet er for offentlige virksomheter åtte ganger større enn gjennomsnittlig kostnadsanslag¹¹, selv med en betydelig høyere andel nullsvar for betalingsvillighet enn for kostnadsanslaget (44 prosent versus 24 prosent). Det kan være flere årsaker til at gjennomsnittlig oppgitt betalingsvillighet overstiger gjennomsnittlig kostnadsanslag i offentlig virksomhet. For det første er det grunn til å tro at avbruddskostnadene for berørte tredjeparter er betydelig større enn de bedriftsøkonomiske kostnadene i form av tapte arbeidstimer og utlegg for offentlig sektor, jamfør Figur A.2 i vedlegg A. I hvilken grad disse kostnadene faktisk inngår i vurderingen til den enkelte respondent er usikkert, men det virker rimelig at gjennomsnittlig betalingsvillighet overstiger gjennomsnittlig kostnadsanslag for denne kundegruppen. For det andre ligger det i spørsmålsformuleringen at det er *samfunnet*, i motsetning til *bedriften/virksomheten selv*, som skal betale for reserveforsyningen man her verdsetter. Selv om formuleringen medfører riktighet i de offentlige virksomheters tilfelle, inviterer den til strategisk respons og overvurdering, da det eksempelvis ikke finnes en påminnelse til respondenten om at samfunnets ressurser er knappe og må prioriteres mellom mange gode formål. En slik effekt kan i seg selv bidra til høyere oppgitt betalingsvillighet dersom alternativkostnadene ved samfunnets pengebruk på enkelte formål ikke belyses.

3.6 De samfunnsøkonomiske avbruddskostnadene for kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur er meget dårlig representert i dagens KILE-satser

De samfunnsøkonomiske avbruddskostnadene knyttet til kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur består av avbruddskostnader både for bedrifter og for berørte tredjeparter. De bedriftsøkonomiske avbruddskostnadene er etter vårt syn i hovedsak dekket på prinsipielt nivå av kundegruppene handel&private tjenester og offentlig virksomhet, gjennom de definerte populasjonene for undersøkelsene. Vi mener likevel at estimatene er beheftet med større usikkerhet enn nødvendig som følge av måten stratifisering av utvalget er gjennomført på. Den valgte framgangsmåten skaper behov for å tilordne vektorer for å rette opp i utvalgsskjevheter som ikke ville vært tilstede ved bruk av den mest vanlige måten å utføre stratifisert utvalgstreking på (proportionate stratified random sampling). Dessuten er stratifisering gjennomført på et relativt overordnet nivå med hensyn til virksomhet. Hvorvidt viktige næringsgrupper¹² faktisk er representert i nettoutvalgene for de to kundegruppene er det ikke grunnlag for å vurdere i dokumentasjonen av arbeidet. Dette vil ikke ha praktisk betydning for presisjonen i estimatene med mindre de bedriftsøkonomiske avbruddskostnadene (målt i kroner per kilowatt) varierer mye over næringsgrupper i hvert næringshovedområde for et gitt avbruddsscenario. For kundegruppen handel og tjenester og offentlig virksomhet er det grunn til å tro at variasjon i bedriftsøkonomiske avbruddskostnader som skyldes *type bedrift* er begrenset.

Kostnader for berørte tredjeparter ved avbrudd i kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur er etter vårt syn meget dårlig representert i estimatene og dermed i KILE-satsene. For det første er det usikkert

¹¹ Verdien av tapte arbeidstimer og eventuelle andre direkte kostnader

¹² På fire-siffer-nivå i SSBs standard for næringsgruppering (SN2007).

hvorvidt respondenter som representerer virksomheter som ved avbrudd påfører de største kostnadene på tredjeparter er representert i nettoutvalget (eksempelvis mobiltelefonileverandører). For det andre er kostnadene beregnet basert på en subjektiv vurdering (kvalitativt) fra respondenter med begrenset innsikt i omfang og typer av kostnader for berørte tredjeparter, og dessuten begrenset oppad til 50 prosent av virksomhetens egne, bedriftsøkonomiske avbruddkostnader i beregningen i rapporten. Som det fremgår av Figur A.2 er de bedriftsøkonomiske kostnadene ved avbrudd i kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur typisk små sammenlignet med kostnadene for berørte tredjeparter, som casestudiene i vedlegg A.1 viser, og en slik beregningsmåte vil derfor betydelig undervurdere kostnadene for berørte tredjeparter. For det tredje er avbruddskostnadene behandlet partielt for hver samfunnsfunksjon/infrastruktur i den forstand at respondenten ledes til å vurdere kostnadene for egen virksomhet og berørte tredjeparter ved avbrudd kun i egen virksomhet. I virkeligheten vil et avbrudd kunne ramme flere kritiske samfunnsfunksjoner samtidig, og avbruddskostnadene kan øke mer enn proporsjonalt dersom både strømforsyningen til virksomheten og EKOM-tjenester faller bort samtidig ved et lengre avbrudd.

De samfunnsøkonomiske avbruddskostnadene knyttet til kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur kommer derfor ikke til syne dagens KILE-satser for handel&private tjenester og offentlig virksomhet. Kostnadene som er nevnt i avsnittet over bæres i stor grad av husholdninger, og burde i større grad synliggjøres og anvendes i analysegrunnlag for nettutbygging og -forbedring. Dette er et viktig argument for å gå videre med nye undersøkelser av temaet.

4 Videre arbeid

4.1 De samfunnsøkonomiske avbruddskostnadene er undervurdert i dagens KILE-satser

I forrige kapittel har vi gjennomgått arbeidet som ligger til grunn for gjeldende KILE-satser, utført av SINTEF og Pöyry i perioden 2009-2012. I gjennomgangen så vi spesielt på de to kundegruppene med antatt største tredjepartskostnader ved avbrudd; handel & private tjenester og offentlig virksomhet, for å vurdere i hvilken grad gjeldende KILE-satser reflekterer de fulle samfunnsøkonomiske avbruddskostnadene. Vi fant at spørreskjemaene som er benyttet i datainnsamlingen i lite tilfredsstillende grad fanger opp de fulle samfunnsøkonomiske kostnadene.

Dette blir i størst grad synlig for handel & private tjenester. I spørreskjemaet belyses kostnader både for egen bedrift, andre bedrifter i næringen og for sluttbrukere (kunder). For egen bedrift bes respondentene angi utgifter og tapte inntekter, som til sammen former anslag for bedriftsøkonomiske kostnader. Respondenten bes også om å kvalitativt vurdere omfanget av kostnader for andre aktører, med svaralternativene store/ganske store/moderate/små/vet ikke. På bakgrunn av svarene benytter SINTEF og Pöyry (2012a) en faktor for å beregne de totale samfunnsøkonomiske avbruddskostnadene, som forøvrig er konstant over avbruddsvarighetene. Imidlertid korrigeres dette for antatte gevinster hos andre bedrifter uten avbrudd, som kan få økt salg når avbruddsrammede bedrifter må stoppe sitt eget salg. Med forutsetningene som ligger til grunn får man det noe underlige resultatet at de samfunnsøkonomiske avbruddskostnadene for kundegruppen handel & private tjenester er *0,7 prosent lavere* enn de bedriftsøkonomiske kostnadene. Dette kan neppe være tilfelle om man eksempelvis tar med ulempeskostnadene for husholdningene som vanligvis benytter de avbruddsrammede butikkene og tjenesteyterne.

4.2 Kritisk infrastruktur er fellesnevneren

Kundegruppene handel & tjenester og offentlig virksomhet inkluderer virksomheter som kan betegnes som kritiske for samfunnets funksjonsevne. Som vist tidligere i rapporten kalles disse for *kritiske samfunnsfunksjoner*. Disse samfunnsfunksjonene er videre avhengig av noen typer *kritisk infrastruktur* for å kunne opprettholde sin funksjonsevne. Eksempler på slik infrastruktur er kraftnettet, vann- og avløps-systemet, EKOM-infrastruktur og transportsystemet. Elektrisk kraft er, i tillegg til selv å være kritisk infrastruktur, en betingelse for funksjonsevnen i nær sagt all annen kritisk infrastruktur og samfunnsfunksjoner. Når et strømbrydd rammer kritisk infrastruktur og videre rammer andre kritiske samfunnsfunksjoner vil avbruddskostnadene typisk bestå av en stor andel tredjepartskostnader. Denne tredjeparten er brukerne av samfunnsfunksjonene – som oftest husholdninger.

På denne bakgrunn anbefales kritisk infrastruktur som egen kundegruppe i KILE-ordningen (SINTEF, 2010). Metodiske vanskeligheter med å etablere KILE-satser for en slik kundegruppe gjorde at SINTEF og Pöyry i sitt arbeid kun utførte en case-studie av avbruddskostnader i tre utvalgte sektorer (SINTEF og

Pöyry, 2012b). Vi mener det er både ønskelig og mulig å komme et skritt videre på veien i kvantifiseringen av de fulle samfunnsøkonomiske avbruddskostnadene knyttet til avbrudd i kritisk infrastruktur. Spesielt vil det være nyttig å kvantifisere de kostnader som påløper når strømbrudd rammer et større og/eller urbant område/by, som vil kunne medføre samtidig bortfall i flere typer kritisk infrastruktur. Det geografiske/urbane avbruddsomfangets betydning for avbruddskostnadene er kun i begrenset grad behandlet i SINTEF og Pöyrys arbeid i 2009-2012. De benytter teoretiske vurderinger og regneeksempler, og finner at effekten er størst i handel & private tjenester, hvor kunder av avbruddsrammede butikker må reise lenger for å kunne gjøre sine innkjøp. Etter vårt syn er dette en partiell behandling, og mangler det synergistiske kostnadselementet som oppstår når det både er strømbrudd i butikken og man eksempelvis er avskåret fra informasjon grunnet bortfall av EKOM-tjenester. I oppfølgingen av arbeidet vi har gått gjennom, er det viktig å utforske og anslå størrelsesorden på dette synergistiske kostnadselementet.

4.3 Et skritt videre på veien med verdsetting av husholdningers avbruddskostnader ved samtidig bortfall i kritisk infrastruktur

For å komme videre i kvantifiseringen av avbruddskostnader knyttet til avbrudd i kritisk infrastruktur, mener vi det er hensiktsmessig å fokusere på strømbrudd i husholdningen *samtidig* med bortfall i annen kritisk infrastruktur/samfunnsfunksjon i samme geografiske område. En skissering av et opplegg for verdsetting er gitt i korte kulepunkter nedenfor.

- Forprosjekt med diskusjon av ulike innfallsvinkler til å anslå den synergistiske kostnaden når ulike samfunnsfunksjoner i et område, herunder infrastruktur, mister strøm samtidig. En mulig vei videre etter dette kan være:
- Web-basert spørreundersøkelse (i utgangspunktet betinget verdsetting) i landsrepresentativt utvalg av husholdninger og eventuelt virksomheter (avhengig av forstudien), med kvalitativ datainnhenting i forberedende arbeid. Dette vil kunne bestå av dybdeintervjuer med fagpersoner for å kartlegge konsekvenser av bortfall, samt gode vinklinger i spørreskjemaet, og tester av spørreskjemaet underveis i fokusgrupper og i én-til-én-intervjuer.
- Også test av ulike former for scenario-tilnærming, og kartlegging av betinget verdsetting sammenliknet med rene kostnader («direct worth»)
- Knytte verdsetting til strømbrudd i husholdningen og i tillegg til samtidig bortfall av to eller tre samfunnsfunksjoner, eventuelt knipper av samfunnsfunksjoner. Dette bør gjøres sekvensielt, hvor første sekvens er strømbrudd kun i husholdningen, deretter i husholdningen og én (knippe) samfunnsfunksjon, deretter i husholdningen og to (knippe) samfunnsfunksjoner osv.
- Det er naturlig å relatere de sekvensielle bortfallene til strømbruddets geografiske omfang i et urbant område. Dette kan presenteres visuelt i kartillustrasjoner.
- Foreløpig forslag til bortfall, i økende omfang: (Dagligvare)butikker i området (lokal matforsyning mv), deretter vann- og avløpssystemet, og til slutt EKOM-tjenester. Stengte barnehager og skoler og innstilt offentlig transport er andre samfunnsfunksjoner man kan ta med. Med utgangspunkt i virksomheter er ikke alle disse aktuelle. Institusjoner med reserveforsyning tas ikke med. Det blir

viktig å «male bilder» av konsekvensene av bortfall i spørreskjemaet – både tekstlig og visuelt. Også viktig å ikke være for ambisiøs i detaljeringen av hva en inkluderer.

- Bruke 24 timers avbrudd som eneste avbruddsvarighet i spørreundersøkelsen, for å begrense antall verdsettingsspørsmål. En slik avbruddsvarighet kan de fleste forestille seg, og den er lang nok til at man får bortfall i alle de foreslåtte samfunnsfunksjonene over (eksempelvis har basestasjoner for mobiltelefonssignaler typisk maksimal reservestrømskapasitet på åtte timer).
- I et slikt design kan man finne et anslag på synergistisk kostnad ved forholdstallet for oppgitt betalingsvillighet med strømbrudd kun i husholdningen/virksomheten og hver av sekvensene med bortfall.

Vi mener dette vil være en hensiktsmessig tilnærming av flere grunner:

- Nær sagt alle har et forhold til dagligvarebutikker, bruken av vann og avløp i husholdningen og bruk av EKOM-tjenester. Det samme med offentlig transport, og sosial infrastruktur. Det skaper et godt utgangspunkt for betalingsvillighetsspørsmålene. Tilsvarende må en med utgangspunkt i virksomheter identifisere gjenkjennelige samfunnsfunksjoner.
- Husholdningene i SUM/CREEs kvalitative forskningsarbeid (omtalt tidligere i rapporten) forteller at bortfall av EKOM-tjenester og vannforsyning er de to største utfordringene ved strømbrudd. For landlige husholdninger med brønn og elektrisk vannpumpe, og andre husholdninger hvor vannverket benytter pumper, stopper vannforsyningen opp ved strømbrudd. I alle tilfeller vil rensing av avløpsvann stoppe opp ved et strømbrudd i rensesanlegget. Undersøkelsen fra Lærdal foretatt av OsloMets Homerisk-prosjekt peker på det samme.
- EKOM-tjenester trekkes fram av SINTEF og Pöyry (2012c) som ett av tre eksempler der de samfunnsøkonomiske avbruddskostnadene i liten grad fanges opp av spørreundersøkelsene som danner grunnlaget for nåværende KILE-satser.
- På bakgrunn av et slikt arbeid kan Statnett få konkrete faktorpåslag som kan brukes med gjeldende KILE-satser for husholdninger, til analyser av utbyggingsprosjekter som styrker forsynings sikkerheten i områder med én eller flere av samfunnsfunksjonene vi har behandlet, og generalisert til tilsvarende situasjoner.

4.4 Forstudie og hovedstudie

Gitt kompleksiteten og de forskningsmessige utfordringene knyttet til å tallfeste synergistiske kostnader av avbrudd i et område, anbefaler vi et oppfølgingsarbeid i to ledd:

- Forstudie
- Hovedstudie

I **forstudien** bør man utforske ulike tilnærminger for å anslå synergistiske kostnader ved avbrudd. Mulighetsrommet for dette bør utforske blant annet

- Kun husholdninger, eller også bedrifter i relasjon til infrastruktur?
- CV eller discrete choice knyttet til scenarier?

- Hvordan visualisere scenarier?
- Betalingsvillighet og/eller direkte utgifter?
- Hvilke lærdommer fra individbaserte nærstudier som de utført på OsloMet og SUM/CREE?
- Er synergistiske kostnader først og fremst mulig å anslå i et urbant område, eller også ruralt?
- Bør vi knytte et scenario til et konkret sted, for eksempel Oslo eller Bergen eller Stavanger?

Forstudien bør konkludere med hvilken tilnærming som synes mest lovende.

I **hovedstudien** bør man gjennomføre undersøkelsen med den tilnærmingen som er valgt. Et mulig opplegg for dette er gitt i avsnitt 4.3.

Referanser

- DSB. (2011). *Nasjonal sårbarhets- og beredskapsrapport*. Tønsberg: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.
- DSB. (2015). *Fremgangsmåte for utarbeidelse av Nasjonalt Risikobilde (NRB)*. Tønsberg: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.
- DSB. (2016a). *Veileder for FylkesROS - versjon 2*. Tønsberg: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.
- DSB. (2016b). *Samfunnets kritiske funksjoner - Hvilken funksjonsevne må samfunnet opprettholde til enhver tid?* Tønsberg: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.
- Fylkesmannen i Hordaland. (2015). *FylkesROS Hordaland 2015 - Risiko- og sårbarhetsanalyse for Hordaland fylke*. Bergen: Fylkesmannen i Hordaland.
- Fylkesmannen i Nordland . (2015). *FylkesROS for Nordland - Risiko- og sårbarhetsanalyse for Nordland*. Bodø: Fylkesmannen i Nordland .
- Fylkesmannen i Oslo og Akershus. (2016). *FylkesROS Oslo og Akershus 2016 - Risiko- og sårbarhetsanalyse for Oslo og Akershus*. Oslo: Fylkesmannen i Oslo og Akershus .
- Fylkesmannen i Rogaland. (2018). *FylkesROS for Rogaland*. Stavanger: Fylkesmannen i Rogaland.
- Jernbaneverket. (2011). *Metodehåndbok JD 205 - Samfunnsøkonomiske analyser for jernbanen, versjon 3.0*. Oslo: Jernbaneverket.
- Justis- og politidepartementet. (2008). *St.meld. nr. 22 (2007-2008) Samfunnssikkerhet - Samvirke og samordning*. Oslo: Justis- og politidepartementet.
- Krosnick, J. A. (1991). Response Strategies for Coping with the Cognitive Demands og Attitude Measures in Surveys. *Applied Cognitive Psychology*, 5(3), ss. 213-216.
- Krosnick, J. A., Holbrook, A. L., Berent, M. K., Carson, R. T., Hanemann, W. M., Kopp, R. J., . . . Conaway, M. (2002). The Impact on "No Opinion" Response Options on Data Quality: Non-Attitude Reduction or an Invitation to Satisfice? *Public Opinion Quarterly*, 66(3), ss. 371-403.
- NOU. (2006: 6). *Når sikkerheten er viktigst - Beskyttelse av landets kritiske infrastrukturer og kritiske samfunnsfunksjoner*. Oslo: Justis- og politidepartementet.
- NOU. (2012: 9). *Energiutredningen - verdiskaping forsyningsikkerhet og miljø*. Oslo: Olje- og energidepartementet.
- SINTEF & Pöyry. (2012a). *Samfunnsøkonomiske kostnader ved avbrudd og spenningsforstyrrelser - Private bedrifter og offentlige tjenester*. Oslo: Energi Norge AS.

- SINTEF & Pöyry. (2012b). *Samfunnsøkonomiske kostnader ved avbrudd og spenningsforstyrrelser - kritisk infrastruktur*. Oslo: Energi Norge AS.
- SINTEF & Pöyry. (2012c). *Samfunnsøkonomiske kostnader ved avbrudd og spenningsforstyrrelser - Implikasjoner for regulering*. Oslo: Energi Norge AS.
- SINTEF & Pöyry. (2012d). *Samfunnsøkonomiske kostnader ved avbrudd og spenningsforstyrrelser - Drivkrefter bak endring*. Oslo: Energi Norge AS.
- SINTEF. (2003a). *Sluttbrukeres kostnader forbundet med avbrudd og spenningsforstyrrelser. Del 1 av 3: Spørreundersøkelse - Metodeunderlag*. Trondheim: SINTEF Energi AS.
- SINTEF. (2003b). *Sluttbrukeres kostnader forbundet med avbrudd og spenningsforstyrrelser. Del 2 av 3: Spørreundersøkelse - Resultater*. Trondheim: SINTEF Energi AS.
- SINTEF. (2004). *Sluttbrukeres kostnader forbundet med avbrudd og spenningsforstyrrelser. Del 3 av 3: Spørreundersøkelse - Utfyllende analyser*. Trondheim: SINTEF Energi AS.
- SINTEF. (2010). *Study on Estimation of Costs due to Electricity Interruptions and Voltage Disturbances*. Trondheim: SINTEF Energi AS.
- Vista Analyse. (2017). *Nye KILE-funksjoner for husholdninger*. VA-rapport 2017/32, Sofie Skjeflo, Kristin Magnussen, Ståle Navrud, Berit Tennbak og Haakon Vennemo.
- Vista Analyse. (2018). *Økonomisk analyse av HILP-hendelser*. VA-rapport 2018/31, Michael Hoel og Haakon Vennemo.

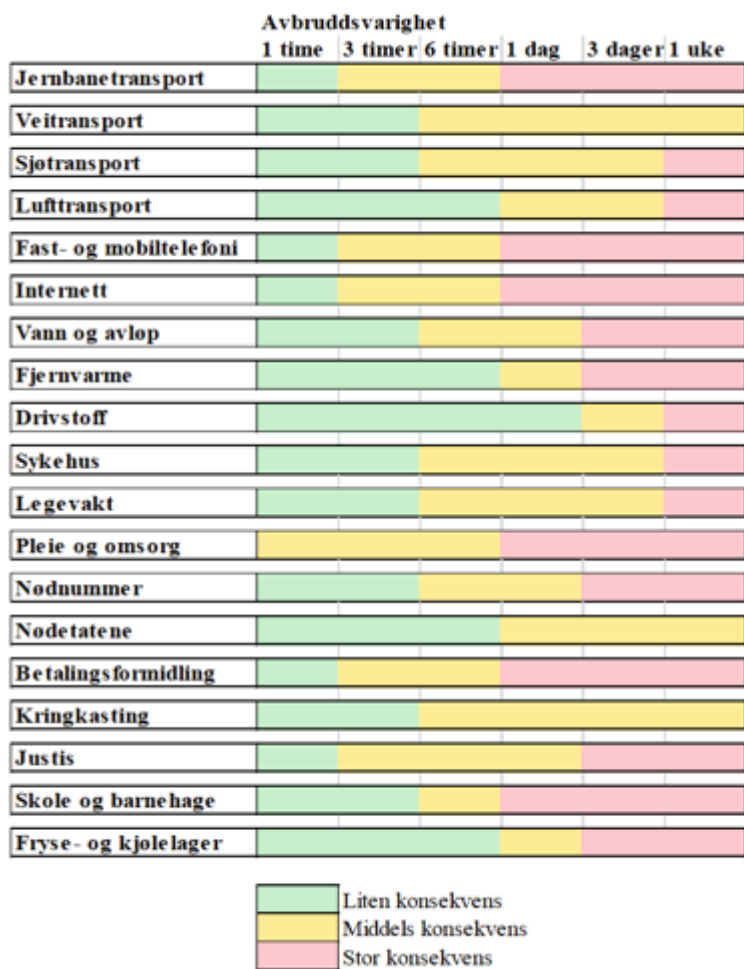
Vedlegg

A Informasjon fra 2010-undersøkelsen

A.1 Samfunnsøkonomiske kostnader ved strømbrudd i utvalgte kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur (SINTEF og Pöyry (2012b))

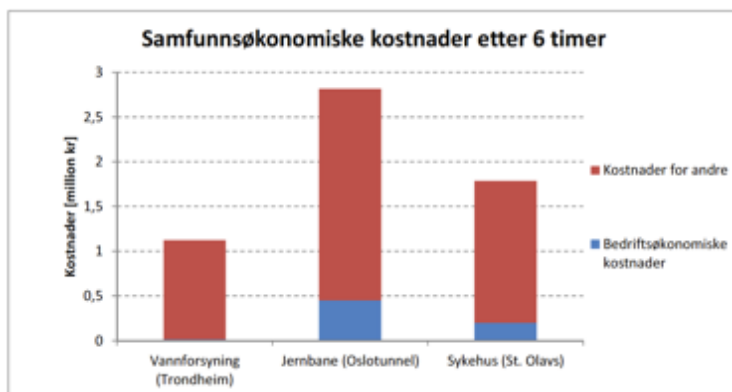
SINTEF (2010) anbefaler at komplekse infrastrukturelementer skilles ut som egen kundegruppe i beregning av avbruddskostnader. Dette fordi avbrudd for infrastruktur typisk gir små bedriftsøkonomiske kostnader for infrastruktureier, men høye samfunnsøkonomiske kostnader i form av brukernes tap av tjenester. Omtrent på samme tid foregikk et omfattende arbeid med estimering av nye KILE-satser, i totalt ni delprosjekter, hvor et av dem omhandlet kritisk infrastruktur og kritiske samfunnsfunksjoner (SINTEF & Pöyry, 2012b). Det ble gjort en kvalitativ vurdering av samfunnsmessige konsekvenser ved avbrudd av ulike varigheter for 19 kritiske infrastrukturelementer og samfunnsfunksjoner, samt en kvantitativ estimering av samfunnsøkonomiske kostnader ved avbrudd som rammer jernbanen i Oslo, vann- og avløpssystemet i Trondheim og et stort sykehus (St. Olavs Hospital, Trondheim), på bakgrunn av case-studier. Figur A.1 viser hvilke kritiske infrastrukturelementer og samfunnsfunksjoner som ble behandlet, samt tilhørende kvalitative konsekvensvurdering. Figur A.2 viser estimatene for de samfunnsøkonomiske kostnadene i case-studiene.

Figur A.1 Kvalitativ vurdering av konsekvenser for kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur ved avbrudd av ulik varighet



Kilde: (SINTEF & Pöyry, 2012b)

Figur A.2 Estimerte samfunnsøkonomiske kostnader ved seks timers avbrudd som rammer vannforsyningen (Trondheim), jernbanen (Oslotunnelen) og et sykehus (St. Olavs)



Kilde: (SINTEF & Pöyry, 2012b)

SINTEF & Pöyry (2012a) har basert sin definisjon av kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur på tre dokumenter; NOU (2006: 6), St.mld.nr. 22 (2007-2008) Samfunnssikkerhet (Justis- og politidepartementet, 2008) og Nasjonal sårbarhets- og beredskapsrapport (DSB, 2011). I SINTEF & Pöyry (2012a) defineres kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur basert på KIKS-modellen presentert i (DSB, 2011) og dels «øvrige modeller». SINTEF & Pöyry fokuserer på funksjoner og infrastruktur som er avhengige av elektrisitet, og har utelatt de hvor det antas at strømbrudd ikke medfører særlige konsekvenser for samfunnet. Dette gjelder først og fremst nasjonal sikkerhet, herunder Forsvaret, i tillegg til kulturminner og lignende.

Av Figur A.1 ser vi at et avbrudd med varighet én time kun medfører små konsekvenser for alle infrastrukturens systemer og samfunnsfunksjoner. Unntaket er pleie og omsorg, blant annet fordi livsoppholdende teknisk utstyr umiddelbart vil slutte å fungere. Det er her snakk om sykehjem og andre institusjoner med pleietrengende pasienter, hvor dekningen med reservekraft fra aggregater vanligvis er dårligere enn i et sykehus. Pasienter som stelles hjemme og er avhengig av utstyr, er særlig sårbare. Et avbrudd med varighet 24 timer vil medføre middels store eller store konsekvenser for alle infrastrukturens systemer og samfunnsfunksjoner, med unntak for drivstofforsyningen. Bensinpumpen er imidlertid avhengig av strøm for å kunne pumpe opp og fylle drivstoff i et kjøretøy, så vurderingen er betinget på at avbruddets geografiske omfang er begrenset, slik at drivstoff kan fylles andre steder i nærheten av avbruddsrammede bensinstasjoner.

Av Figur A.2 ser vi at de samfunnsøkonomiske kostnadene ved et seks timers avbrudd som rammer vannforsyningen i Trondheim, jernbanen i Oslo og sykehuset St. Olavs Hospital i Trondheim er estimert til henholdsvis 1,1 millioner kroner, 2,8 millioner kroner og 1,8 millioner kroner. Tallene inkluderer både bedriftsøkonomiske kostnader for infrastruktureier og kostnader for berørte tredjeparter (både bedrifter og husholdninger, der det er relevant), og kostnader for tredjepart er klart størst i alle de tre casene. De metodiske tilnærmingene og datakildene som er brukt i SINTEF og Pöyry (2012a) er gjengitt i hovedtrekk i Tabell A.1.

Tabell A.1 Metodiske tilnærminger og datakilder i estimeringen av samfunnsøkonomiske kostnader ved avbrudd som rammer vannforsyning, jernbane og sykehus

Kostnader/Case	Bedriftsøkonomiske kostnader (for infrastruktureier)	Kostnader for andre (husholdninger og bedrifter)
Vannforsyning	<ul style="list-style-type: none"> • Tapt arbeidstid og merarbeid (lønnskostnader), samt drivstoffkostnader for aggregat, korrigert for innsparte strømkostnader (dekningsbidrag) 	<ul style="list-style-type: none"> • Data fra SSB på husholdningenes vannforbruk og literprisen for vann i butikken. • Betalingsvillighet for vann i bedrifter, gitt som en andel av oppgitte avbruddskostnader i spørreskjemaene brukt i estimeringen av nye KILE-satser, basert på to tilleggsspørsmål om viktigheten av vannforsyning for bedriften/virksomheten
Jernbane	<ul style="list-style-type: none"> • Kostnadstall fra NSB på alternativ transport, bespisning, hotell mv. 	<ul style="list-style-type: none"> • Data og statistikk fra NSBs systemer, og verdien av forsinkelsestid for gods- og persontransport fra Metodehåndbok JD 205 (Jernbaneverket, 2011)
Sykehus	<ul style="list-style-type: none"> • Tapt arbeidstid og merarbeid (lønnskostnader), samt drivstoffkostnader for aggregat, korrigert for innsparte strømkostnader (dekningsbidrag) 	<ul style="list-style-type: none"> • Forverret helsetilstand grunnet utsatte behandlinger og konsultasjoner (pasientulemper) verdsettes med verdien av tapt arbeidstid for ansatte på sykehuset (proxy for pasientulemper) • Reisetid og reisekostnader som tapes grunnet avlysning av poliklinisk konsultasjon

Kilde: Vista Analyse/SINTEF & Pöyry (2012a)

Det er ikke foretatt egne verdsettingsstudier i dette arbeidet, og beløpene representerer grove kostnadsanslag basert på tilgjengelig datagrunnlag. Kostnadsanslagene er grove da man har gjort forenklinger og anslag knyttet til forutsetningene, fordi nødvendig datamateriale i flere tilfeller ikke er tilgjengelig eller at det er for krevende å verdsette konsekvensene direkte innenfor delprosjektets rammer.

Implikasjonene for regulering drøftes i en egen rapport fra det siste av de ni delprosjektene (SINTEF & Pöyry, 2012c). Deres konklusjon for kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur blir at resultatene er casespesifikke til at de kan overføres til alle slutt kunder av kritisk infrastruktur eller samfunnsfunksjon og at det derfor **ikke finnes grunnlag for å skille ut infrastruktur som egen kundegruppe i KILE-ordningen**. Rapportens utsagn om dekningen av de samfunnsøkonomiske kostnadene ved avbrudd i kritisk infrastruktur i KILE-satsene for andre kundegrupper er gjengitt i Tekstramme A.1. Hovedpåstanden er at KILE-satsen for private og offentlige tjenester i noen grad inkluderer infrastrukturkostnaden. I neste avsnitt går vi kritisk gjennom denne påstanden.

Tekstramme A.1 Om dekningen av de samfunnsøkonomiske kostnadene ved avbrudd i kritisk infrastruktur i dagens KILE-ordning

I spørreundersøkelsen rettet mot handel/private tjenester og offentlige tjenester skal i prinsippet alle typer kritiske infrastrukturer og samfunnsfunksjoner være representert. Unntak er bedrifter innenfor transport og sykehus, som ikke var med i populasjonen for disse undersøkelsene, da disse virksomhetstypene var omfattet av casestudiene for infrastruktur. Når det gjelder offentlige tjenester som sykehus, sykehjem og andre personrettede tjenester, anser vi at å basere anslagene på tapte timeverk er en akseptabel, men selvsagt svært usikker, tallfestingsmetode. Denne typen infrastruktur anser vi således rimelig godt dekket i anslagene for offentlige tjenester og handel/private tjenester. **Men for flere av øvrige infrastrukturer der elektrisitet driver utstyr som gir direkte tjenester til alle brukere som er tilkoblet, eksempelvis ekom-tjenester (internett, mobiltelefoni og fasttelefoni), vannverk, avløp, vil svarene fra spørreundersøkelsen i liten grad fange opp kostnadene for samfunnet i den grad avbrudd i elektrisitetsforsyningen fører til at tilgangen til disse infrastrukturene/funksjonene hindres.** Grunnen er (selvsagt) at konsekvensen for brukerne/kundene er langt større enn verdien av de tapte salgsinntektene (i den grad det er slike tap) for virksomheten.

Kilde: SINTEF og Pöyry (2012c)

Løsningen som foreslås er direkte regulering av de aktuelle virksomhetene for å sikre kontinuerlig drift for kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur, heller enn å bruke kostnadssatser i KILE-ordningen. Om avbrudd eksempelvis skulle medføre stopp i leveranser av elektroniske kommunikasjonstjenester (ekom-tjenester) foreslås direkte reguleringer av krav til reservekapasitet på basestasjoner i mobilnettet, eller å gi økonomiske insentiver for operatørene av mobilnettet på lik linje med nettoperatørene i kraftsystemet, der «ikke-leverte mobilsamtaler» tilordnes satser for samfunnsøkonomiske kostnader. Videre fremholdes det at krav til reservekapasitet ville medført en reduksjon i de samfunnsøkonomiske kostnadene som følger av et avbrudd i elektrisitetsforsyningen til basestasjonene, og derfor gjøre det mindre viktig å skille ut kritisk infrastruktur som egen kundegruppe (SINTEF & Pöyry, 2012c). Post- og teletilsynet har i ettertid fastsatt minstekrav til reservestrømskapasitet i mobilnettet.¹³

¹³ https://www.nkom.no/teknisk/sikkerhet-og-beredskap/ekomsikkerhet/tilbyders-sikkerhets-og-beredskapsplikter/_attachment/13634?_ts=152ca99b531

A.2 Gjennomgang av grunnlaget for KILE-satsene for kundegruppene handel&private tjenester, og offentlig virksomhet

SINTEF og Pöyry (2012c) konkluderer altså at resultatene fra deres undersøkelser av avbruddskostnader i infrastruktur er for casespesifikke til at de kan overføres til alle sluttbrukere av kritisk infrastruktur eller samfunnsfunksjon. Derfor finnes det per i dag, ikke grunnlag for å skille ut infrastruktur som egen kundegruppe i KILE-ordningen. Videre hevder Sintef og Pöyry (2012c) at i prinsippet skal alle typer kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur være dekket av deres spørreundersøkelse rettet mot offentlige og private tjenester, men kostnadene for brukerne (berørte tredjeparter) fanges i liten grad opp i svarene fra spørreskjemaene.

I det følgende vil vi gå gjennom Sintef og Pöyrys undersøkelse rettet mot offentlige og private tjenester, for på selvstendig grunnlag å vurdere i hvilken grad kostnadene fanger opp og inkluderer kostnader knyttet til infrastruktur. Vi gjør dette i tre steg

1. Vi vurderer om, og hvilke, kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur i henhold til DSBs oversikt (DSB, 2016) som er representert i populasjon og utvalg i spørreundersøkelsen.
2. Dersom slike er representert i spørreundersøkelsens nettoutvalg (de som faktisk har svart) vil avbruddskostnader knyttet til vedkommende funksjoner og infrastruktur prinsipielt være dekket av KILE-satsene for den gitte kundegruppen. Det må da vurderes i hvilken grad spørsmålene i spørreskjemaet legger opp til kostnadsanslag som reflekterer avbruddskostnader for brukere av funksjonene eller infrastrukturen (berørte tredjeparter), utover de rent bedriftsøkonomiske kostnadene i form av tapte arbeidstimer eller salg, og eventuelle andre direkte kostnader.
3. Dersom avbruddskostnader for andre, som i hovedsak vil bestå av husholdninger og i noen tilfeller andre bedrifter, kan antas å være helt eller delvis reflektert i kostnadsanslagene respondentene har oppgitt i spørreskjemaene, må det vurderes om de estimerte KILE-satsene virker rimelige i lys av økonomisk teori og estimatene fra forrige runde i perioden 2001-2004, som vi heretter kaller 2002-undersøkelsen.¹⁴

En slik gjennomgang gir et nødvendig kunnskapsgrunnlag for et videre arbeid med verdsetting av avbruddskostnader knyttet til kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur.

A.2.1 Oppsummering av vedlegget

I dette avsnittet gjennomgår vi estimeringsmetoder, spørreskjema og statistisk og økonomisk representativitet i undersøkelsene utført av SINTEF & Pöyry. I vår gjennomgang har vi spesielt sett på de to kundegruppene med antatt største tredjepartskostnader ved avbrudd; handel & private tjenester og offentlig virksomhet, for å vurdere i hvilken grad gjeldende KILE-satser reflekterer de fulle samfunnsøkonomiske avbruddskostnadene. Kundegruppene handel & tjenester og offentlig virksomhet inkluderer virksomheter som kan betegnes som kritiske for samfunnets funksjonsevne. Som vist tidligere kalles

¹⁴ Arbeidet er dokumentert i tre rapporter; SINTEF (2003a), (2003b) og (2004).

disse for *kritiske samfunnsfunksjoner*. Disse samfunnsfunksjonene er videre avhengig av noen typer *kritisk infrastruktur* for å kunne opprettholde sin funksjonsevne. Eksempler på slik infrastruktur er kraftnettet, vann- og avløpssystemet, EKOM¹⁵-infrastruktur og transportsystemet. Elektrisk kraft er, i tillegg til selv å være kritisk infrastruktur, en betingelse for funksjonsevnen i nær sagt all annen kritisk infrastruktur og samfunnsfunksjoner.

I praksis er det særlig handel & tjenester og offentlig virksomhet som rammes av infrastrukturens sammenbrudd. Infrastrukturens sammenbrudd fører til at kundene ikke når fram til tjenestene. Dette gir en ekstra kostnad av avbrudd som man ikke finner i for eksempel industri. Derfor konsentrerer vi gjennomgangen om handel & tjenester, og offentlig virksomhet.

Vår gjennomgang av spørsmålsskjemaene viser at for både handel&private tjenester og offentlige tjenester er kostnadsanslagene for berørte tredjeparter basert på kvalitativ analyse heller enn kvantitativ analyse. Dette betyr at kostnader for berørte tredjeparter ikke er kvantifisert, og derfor heller ikke reflektert i gjeldende KILE-satser.

Videre er ikke utvalget til spørreundersøkelsen trukket proporsjonalt med stratum, men i stedet korrigeret med vektorer for populasjon og en vekt for effektuttak. Dette er etter vårt syn en fremgangsmåte som svekker statistisk representativitet sammenliknet med en tilfeldig trekning, proporsjonalt med populasjonen.

Resultatene fra undersøkelsene viser at betalingsvilligheten innen handel&private tjenester for reserveforsyning er betydelig mindre enn de kostnadsanslagene respondentene også har oppgitt. Det er en rekke respondenter som har avgitt positive svar for estimerte kostnader, men null i betalingsvillighet, noe som er vanskelig å forklare. For offentlig virksomhet er det motsatt: betalingsvilligheten er flere ganger større enn den estimerte kostnaden.

A.2.2 Estimeringsmetoden er Direct Worth

For å verdsette avbruddskostnadene for handel&private tjenester har man benyttet kostnadsanslag (*Direct Worth*, forkortet *DW*). Metoden innebærer at respondenten (bedriften) oppgir de kostnader som vil påløpe knyttet til hypotetiske avbruddsscenarioer som presenteres i et spørreskjema. Både direkte kostnader som følge av skade på utstyr, tap/ødeleggelse av varelager og lignende, samt indirekte kostnader som tapt salg og lønnskostnader til arbeidere som ikke kan utføre sine oppgaver under avbruddet, kan i prinsippet inkluderes med *DW*-metoden. I tillegg benyttes betalingsvillighet for å unngå avbruddet (*Willingness to Pay*, forkortet *WTP*) i form av ett oppfølgingsspørsmål til basisscenariet i undersøkelsen (nærmere beskrevet under). Dette for å vurdere virkningen av metodevalg på avbruddskostnadene. I 2002-undersøkelsen (SINTEF, 2003a; b; 2004) ble det benyttet en kombinasjon av kostnadsanslag og betalingsvillighet (*Willingness to Pay*, forkortet *WTP*) og de endelige estimatene ble gitt som det aritmetiske (uvektede) gjennomsnittet av *DW*- og *WTP*-estimatene. Imidlertid var *WTP* estimatene betydelig lavere enn *DW* estimatene for alle kundegrupper, noe som i utgangspunktet er underlig, og strider mot grunnleggende økonomisk teori.

¹⁵ Elektronisk kommunikasjon. Dette inkluderer informasjons- og kommunikasjonskanaler som mobiltelefon (tale, tekstmeldinger og mobildata), internett, faks, fasttelefon osv.

For offentlig virksomhet er DW mindre egnet som verdsettelsesmetode, da slik virksomhet ikke har salgsinntekter som kan tapes som for en bedrift, eller produksjonsutstyr og innsatsfaktorer som i nevneverdig grad skades ved avbrudd. Det er derfor benyttet en metode som benevnes *Indirekte DW*, hvor antall tapte arbeidstimer under avbruddet og eventuelle ekstrakostnader avbruddet medfører utgjør anslaget for avbruddskostnaden.

A.2.3 Spørreskjemaene er omfattende

Det er laget egne spørreskjemaer for hver av de to kundegruppene handel&private tjenester og offentlig virksomhet, for å øke relevansen for den enkelte gruppe. Begge skjemaene består av fire deler, samt to tilleggsspørsmål om betydningen av avbrudd i vannforsyningen, til bruk i analysen av avbruddskostnader for kritiske samfunnsfunksjoner og infrastruktur. En oversikt over de ulike delene er gitt i Vedlegg A.4.

Spørreskjemaene er relativt omfattende. De inneholder totalt 72 og 59 spørsmål for henholdsvis handel&private tjenester og offentlig virksomhet (inkludert et åpent spørsmål om generelle synspunkter til undersøkelsen). Mål på responstiden er ikke dokumentert, men faren for respondenttretthet er stor når spørreskjemet blir så omfattende som dette. Noen vil avbryte underveis, og vil dermed ikke inngå i datagrunnlaget. Andre vil kunne bruke strategier for å komme seg raskt gjennom hele eller deler av skjemaet, på engelsk omtalt som «satisficing» (Krosnick, 1991). I stedet for å tenke grundig gjennom spørsmålets implikasjoner og nøye vurdere tilhørende svaralternativer vil respondenten (under antakelse om satisficing) kun gjøre det som er tilstrekkelig for å avgi et akseptabelt svar. Lange spørreundersøkelser er identifisert som risikofaktor for slike strategier (Krosnick, et al., 2002). Ifølge SINTEF & Pöyry (2012a) fikk man mange tilbakemeldinger om at respondentene fant det vanskelig å svare på mange av spørsmålene, og at mange synes det var vanskelig å gi et kostnadsanslag for hypotetiske situasjoner de aldri selv hadde vært i. Imidlertid ligger spørsmålene om konsekvenser ved strømbrudd (som vi er opp-tatt av her) i del B, og det er grunn til å tro at respondenttrettheten på dette stadiet var begrenset. Om, og hvordan, respondenttretthet har gjort seg gjeldende for svarene avgitt i del C og D om spenningsforstyrrelser og rasjonering er usikkert, men dette er uansett ikke gjenstand for nærmere vurdering her.

Kostnadsanslagene i spørreskjemaet for handel&private tjenester

Når det gjelder selve kostnadsanslaget for strømbruddene er det lagt opp noe ulikt i spørreskjemaene for handel&private tjenester, og offentlig virksomhet. For handel&private tjenester blir respondenten først bedt om å angi hvilke typer kostnader som vil påløpe ved et avbrudd i en liste med fem alternativer og samlekategorien «andre kostnader eller ulemper». For hver av disse avgis svaret ja/nei/vet ikke. Deretter blir respondenten bedt om å anslå totalkostnaden i kroner for bedriften ved avbruddet som er gitt i «scenario 1», som er hovedscenariet¹⁶. Dette er et åpent spørsmål, hvor respondenten etter beste evne skal anslå totalkostnaden. Det foregående spørsmålet om ulike typer kostnader forbundet med avbrudd tjener her som en hjelp for respondenten med sitt anslag, men et slikt kostnadsanslag vil i de fleste tilfeller være krevende å avgi nøyaktig.

¹⁶ Fire timers avbrudd, en hverdag om vinteren (des-feb), fra kl. 10, uvarslet.

Ringvirkningene av bedriftens avbrudd behandles så *kvalitativt*. Først kommer et ja/nei/vet ikke-spørsmål om bedriftens strømbrudd vil ha økonomiske ringvirkninger hos kunder. Hvis svaret er «ja» skal disse ringvirkningene vurderes kvalitativt med svaralternativene «små», «moderate», «ganske store», «store» og «vet ikke». Dette betyr at kostnader for berørte tredjeparter ikke er kvantifisert, og derfor heller ikke reflektert i gjeldende KILE-satser.

Som nevnt i kapittel A.2.2 er det lagt inn et betalingsvillighetsspørsmål for å vurdere effekten av metodevalg på oppgitt avbruddskostnad. Dette spørsmålet er lagt rett etter vurderingen av økonomiske ringvirkninger, og forutsetter at det er mulig å kjøpe en reserveforsyning som vil dekke hele bedriftens strømforbruk under strømbruddet i hovedscenariet, som betales med et engangsbeløp dersom den benyttes. Det spørres så om hvor mye bedriften er villig til å betale for reserveforsyningen i de fire timene avbruddet varer, og dermed slippe kostnadene og konsekvensene som strømbruddet i hovedscenariet ellers ville ført med seg. I henhold til grunnleggende økonomisk teori vil en rasjonell aktørs betalingsvillighet for en slik reserveforsyning tilsvare totalverdien av kostnadene og ulempene strømbruddet ellers ville ført med seg. Dette fordi det allerede er gitt at strømbruddet *vil* inntreffe, og man har valget mellom å bære totalkostnaden ved avbruddet eller å kjøpe seg fri fra dem gjennom en reserveforsyning med strøm.

Etter dette presenteres respondenten for totalt tolv varianter av hovedscenariet hvor man har variert avbruddsvarigheten, klokkeslettet, ukedagen og årstiden, i tillegg til forhåndsvarsling i hovedscenariet, som danner grunnlaget for korreksjonsfaktorene i KILE-funksjonen. I hver variant stilles det først spørsmål om hvorvidt kostnadene vil være ulike fra hovedscenariet. Hvis svaret er «ja» blir respondenten bedt om å anslå kostnaden i kroner for den aktuelle varianten. Dette gjelder for alle scenarier med unntak av scenariene med ulike årstider og med varsling. For scenarier med ulike årstider bes respondenten om å angi hvor mye kostnaden endres sammenlignet med den for hovedscenariet. Svaralternativene spenner mellom «-100% (ingen konsekvens)» og «+200% eller mer» (det vil si tredoblet eller mer), stort sett med inndeling på 25 prosentpoengs nivå. For scenariet med forhåndsvarsling skal det angis hvor mye total konsekvens kan reduseres som følge av varsling på en skala fra ti til 100 prosent, med inndeling på ti prosentpoengs nivå. Her forutsettes det implisitt at det er umulig at varsling *ikke* vil redusere konsekvensene, noe som i og for seg virker som en rimelig forutsetning, selv om dette vel ikke kan utelukkes prinsipielt. Her finnes heller ikke et «vet ikke»-alternativ, slik at respondenter som ikke vet i praksis tvinges til å velge et svar, med mindre webskjemaet tillot at man hoppet over dette spørsmålet. Dette fremgår imidlertid ikke av dokumentasjonen.

Kostnadsanslagene i spørreskjemaet for offentlig virksomhet

For offentlig virksomhet er kostnadsanslagene basert på tapte arbeidstimer og de ekstra kostnader som eventuelt måtte påløpe ved et avbrudd, da det ikke er hensiktsmessig eller særlig meningsfylt å snakke om tapte salgsinntekter i offentlig virksomhet. Respondenten presenteres for samme hovedscenario som for handel&private tjenester. Først bes det om et anslag på tapte arbeidstimer totalt, som et produkt av gjennomsnittelig tapt arbeidstid for hver ansatt og antall ansatte som er på jobb under det konkrete avbruddsscenarioet. Deretter skal respondenten angi hvilke typer av andre kostnader som vil påløpe ved et avbrudd i en liste med tre alternativer og samlekategorien «andre kostnader», med svaret

ja/nei/vet ikke for hver av dem, etterfulgt av et anslag på totalkostnaden i kroner for virksomheten (utover tapte arbeidstimer) ved det gitte avbruddet.

Ringvirkningene ved avbrudd i de offentlige virksomhetene behandles kvalitativt, som «ulemper for virksomhetens brukere og ansatte». Hvor store ulemper strømbryddet i hovedscenariet medfører vurderes med alternativene «små/ingen ulemper», «moderate», «store» og «vet ikke» for hver av gruppene «brukere» og «ansatte».

Deretter stilles betalingsvillighetsspørsmålet på samme måte som for handel&private tjenester, med unntak for hvem som skal betale. Respondenten i den offentlige virksomheten blir bedt om å oppgi hva denne mener *samfunnet*, ved bruk av skatteinntekter, bør være villig til å betale for reserveforsyningen. Ex-ante er det grunn til å tro at en slik spørsmålsstilling gir mye svakere insentiver for strategisk respons enn når bedriften selv må betale for reserveforsyningen.

Når det gjelder variantene av hovedscenariet er selve scenariene like dem for handel&private tjenester, men spørsmålsformuleringen og svaralternativene er lagt opp noe annerledes. I stedet for endringer i *kostnader* er det endringer i *totale konsekvenser* som vurderes. Selv om det ikke fremgår eksplisitt av spørsmålsformuleringen er det naturlig å tolke det slik at både de tapte arbeidstimerne og eventuelle ekstra kostnader inngår i dette. I tillegg benyttes den relative verdsettingen som er beskrevet i forrige avsnitt gjennomgående for alle scenarier. I det følgende ser vi nærmere på undersøkelsenes statistiske representativitet.

A.2.4 Statistisk representativitet

For å vurdere statistisk representativitet gjennomgår vi utvalgsstørrelse og -sammensetning, samt bearbeidingen av data.

Utvalgene er relativt små og noe tungvint behandlet i trekningen

Undersøkelsene er gjennomført som webundersøkelser i regi av daværende TNS Gallup (nå Kantar TNS). Det ble gjennomført ett fokusgruppemøte og to pilotundersøkelser i forkant. En oversikt over den definerede populasjonen, bruttoutvalget og beskrivende statistikk for nettoutvalget i kundegruppene handel&private tjenester og offentlige tjenester er gitt i Vedlegg A.3.

Størrelsen på nettoutvalgene for handel&private tjenester og offentlig virksomhet er henholdsvis 185 og 268 respondenter. For handel&private tjenester er imidlertid maksimalt antall svar på spørsmålene om kostnadsanslag 140, og det tilsvarende tallet for offentlig virksomhet er 217. Til sammenligning er antallet svar som ligger til grunn for estimeringen av nye KILE-funksjoner for husholdninger (Vista Analyse, 2017) mellom 1267 og 1475¹⁷ etter at ekstreme observasjoner er utelatt.

For å sikre at undersøkelsen ble sendt til et tilstrekkelig antall bedrifter innenfor ulike næringsgrupper, samt at store virksomheter ble godt nok representert i utvalget, ble utvalget stratifisert basert på syv

¹⁷ Antall svar på tvers av avbruddsscenarioer varierer noe, da antall «vet ikke»-svar varierer, og disse naturlig nok utelates.

strata for bransje og tre strata for antall ansatte, som totalt gir 21 strata¹⁸. Bruk av stratifiserte utvalg gir høyere statistisk presisjon, fordi variansen i hvert stratum er mindre enn i populasjonen som helhet. Det vanligste er å trekke et tilfeldig utvalg fra hvert stratum, *proporsjonalt* med stratumets andel av populasjonen (proportionate stratified random sampling). Dette sikrer at det endelige utvalget gjenspeiler sammensetningen i populasjonen. Utvalgstrekingen i SINTEF & Pöyry (2012a) avviker fra dette. Det fremkommer at «respondentene ble fordelt på de 21 strataene basert på en skjønnsmessig vurdering.» Av oversikten over fordelingen på strata, gjengitt i Vedlegg A.3, fremgår at antall ønskede respondenter i hvert stratum for bransje er skjønnsmessig fordelt, mens det i strataene for antall ansatte er samme antall respondenter i hver av de tre. I praksis blir dette trekking av et tilfeldig utvalg fra hvert stratum, men *disproporsjonalt* med populasjonen (disproportionate stratified random sampling). En slik utvalgstreking er sårbar for skjeve utvalg, selv om den er nyttig i visse sammenhenger.¹⁹ For å justere for dette benytter SINTEF & Pöyry (2012a) vektning av respondentene i nettoutvalget, for at resultatene skal være representative for populasjonen av virksomheter i Norge. Det benyttes en vekt som er produktet av to andre vekter; en populasjonsvekt og en «effektvekt» (vektning basert på effektuttak). Etter vårt syn representerer en slik fremgangsmåte en omvei som svekker statistisk representativitet sammenlignet med tilfeldig trekning, proporsjonalt med populasjonen. For det første er populasjonsvekten basert på usikkert grunnlag, da de beregnes med utgangspunkt i den *skjønnsmessige* fordelingen av respondenter på strataene. For det andre vil vektning av et utvalg med mulige skjevheter kunne medføre at små skjevheter i enkelte stratum blir vektet opp i populasjonen, og derfor bli mer utslagsgivende enn de ville vært uten vektning. Hva vektningen basert på effektuttak består i, er etter vårt syn uklart i rapporten.

Protestmotiver kan ikke avsløres til bearbeidingen av data

I hovedscenariet er spørsmålet om kostnadsanslaget åpent, men for alle varianter av hovedscenariet blir respondenten først spurt om den totale kostnaden/konsekvensen vil avvike fra den i hovedscenariet. Her kan man angi et av svarene ja/nei/har ingen kostnad i dette scenariet/vet ikke. For de eventuelle scenarier der respondenten angir at det ikke påløper noen kostnader, tilordnes verdien null i datasettet. Dersom svaret er «nei», som vil si at kostnadene/konsekvensene ikke avviker fra hovedscenariet, tilordnes beløpet oppgitt for hovedscenariet i datasettet. Nullsvar kan være reelle, hvis virksomheten ikke vil få noen kostnader eller konsekvenser ved et avbrudd, eller de kan være uttrykk for andre motiver. Det finnes ingen mekanisme i undersøkelsene som kan avdekke slike motiver. I en ren betalingsvilighetsundersøkelse (WTP) kan nullsvar være uttrykk for flere ulike protestmotiver, eksempelvis misnøye med at forbrukeren skal måtte betale for økt forsyningssikkerhet hvis forventningen er 100 prosent, at spørsmålene provoserer på andre måter, eller at betalingsmekanismen i undersøkelsen ikke er troverdig. Med DW-metoden er det imidlertid sannsynlig at andelen protestsvar er færre enn ved bruk av WTP, da DW-metoden kun ber om anslag på kostnader og ikke eksplisitt fordeler betalingsansvar. Videre har man fjernet to ekstreme verdier som åpenbart må være tastefeil og to respondenter med flere roller, som har svart på bakgrunn av feil næring, fra datasettet.

¹⁸ Et stratum er en delpopulasjon.

¹⁹ Eksempelvis ved undersøkelser i dagligvaremarkedet. Om 30 prosent av butikkene står for 70 prosent av salget kan det være ønskelig å trekke disproporsjonale utvalg som gjenspeiler salg/markedsandel heller enn antallet butikker i populasjonen.

A.2.5 Økonomisk representativitet

Den økonomiske representativiteten i undersøkelsene er vanskelig å bedømme. Tabell A.2 gir en oversikt over sentrale parametere for kostnadsanslag og betalingsvillighet i utvalgene for handel og tjenester og offentlig virksomhet.

Tabell A.2 Sammenligning av kostnadsanslag (DW) og betalingsvillighet (WTP) knyttet til avbruddet i hovedscenariet*. Beløp i kroner, uvektet

	Handel&private tjenester		Offentlig virksomhet	
	DW	WTP	DW	WTP
Laveste	0	0	0	0
Høyeste	4 000 000	5 000 000	2 821 846	10 000 000
5. persentil	0	0	0	0
95. persentil	500 000	273 000	203 495	1 485 000
Median	25 000	4 000	11 070	10 000
Gjennomsnitt	139 838	96 202	55 293	438 829
Antall null	11	44	51	36
Antall svar	107	113	217	82

* Fire timers avbrudd, en hverdag på vinteren (des-feb), fra kl. 10, uvarslet.

Kilde: Vista Analyse/SINTEF & Pöyry (2012a)

For handel&private tjenester er betalingsvilligheten for reserveforsyning betydelig mindre enn kostnadsanslagene

Av Tabell A.2 ser vi at gjennomsnittlig oppgitt betalingsvillighet for å unngå hovedscenariets konsekvenser kun er to tredjedeler av gjennomsnittlig kostnadsanslag²⁰, median WTP er under en femtedel av median DW, og 95. persentil for WTP er drøyt halvparten av den for DW. Dette er i utgangspunktet noe underlig, all den tid betalingsvillighets spørsmålet kommer nærmest umiddelbart etter at respondenten har gått gjennom de ulike kostnadene som vil påløpe ved avbruddet i hovedscenariet, og deretter oppgitt sitt kostnadsanslag. Når oppgitt betalingsvillighet for reserveforsyningen ikke en gang dekker de direkte kostnadene (prissatte virkninger), og det antakeligvis også påløper avbruddskostnader i form av andre ulemper, plunder og heft som betalingsvilligheten kan reflektere, er det vanskelig å finne rasjonelle forklaringer på at WTP er lavere enn DW. Andelen nullsvar gir imidlertid en pekepinn. Av Tabell A.2 ser vi at for kostnadsanslaget er andelen nullsvar omtrent ti prosent. For betalingsvillighet er andelen nesten 40 prosent. Det betyr at det er flere titalls respondenter som har oppgitt kostnadsanslag over null for sin bedrift, men som oppgir null i betalingsvillighet for en reserveforsyning som kan løse problemene.

²⁰ Verdien av tapte arbeidstimer eller tapt salg, og eventuelle andre direkte kostnader

Forøvrig er avbruddskostnadene (kr/kWh) økende i avbruddsvarigheten, som forventet. Effekten på avbruddskostnadene av avbrudd på kveld og natt, i helgen, til andre årstider og med forhåndsvarsling er også som forventet.

For offentlig virksomhet er betalingsvilligheten for reserveforsyning mange ganger større enn kostnadsanslagene

For offentlige virksomhet er gjennomsnittlig betalingsvillighet åtte ganger større enn gjennomsnittlig kostnadsanslag²¹, selv med en betydelig høyere andel nullsvar for betalingsvillighet enn for kostnadsanslaget (44 prosent versus 24 prosent). Dette er en formidabel forskjell. Uten tilgang til rådataene er det ikke mulig å sammenligne spredningen i svarene mellom de to metodene utover den informasjonen som er gjengitt i Tabell A.2. Av denne fremgår at medianen (50. persentil) er omtrent lik mellom metodene. 95. persentil er derimot over syv ganger større for WTP enn for DW, mens den høyeste verdien er tre og en halv ganger større. Det betyr at forskjellen drives av et mindre antall høye estimater for WTP.

Forøvrig er variasjonen i avbruddskostnadene med de ulike avbruddskjennetegnene som forventet også for offentlig virksomhet, med ett unntak hva gjelder avbruddstidspunkt, hvor kostnadene er høyere om natten (kl. 02) enn på kvelden (kl. 18). Om natten er gjennomsnittlig avbruddskostnad 43 prosent av kostnaden på dagtid (kl. 10), mens den på kvelden kun er 31 prosent av kostnaden på dagtid. SINTEF & Pöyry (2012a) finner ingen naturlig forklaring på dette, og resultatet fortøner seg som uventet og lite rimelig, da man antar at aktivitetsnivået i gjennomsnitt er høyere om kvelden enn om natten i offentlig sektor, som for andre kundegrupper. Imidlertid har angivelig en rekke respondenter oppgitt høyere avbruddskostnader for natten enn for kvelden, slik at resultatet ikke skyldes noen få ekstremobservasjoner.

Vi har ikke vurdert rimeligheten i nivået på avbruddskostnadene nærmere her, men sammenlignet med 2002-undersøkelsen er kostnadene²² svært mye større. Avvikene tilskrives i hovedsak ulikheter i den metodiske tilnærmingen.

²¹ Verdien av tapte arbeidstimer og eventuelle andre direkte kostnader

²² DW fra 2002 og populasjonsvektet DW fra 2010. 2002-kostnadene ble målt i kroner/kWh, og disse er omregnet til kroner/kWh og inflasjonsjustert med KPI til 2010-nivå for å muliggjøre sammenligning (SINTEF & Pöyry, 2012a).

A.3 Populasjon og utvalg

A.3.1 Populasjon

Tabell A.3 viser den definerte populasjonen for kundegruppene handel&private tjenester, samt offentlige tjenester, gitt ved næringsområde og NACE-kode²³.

Tabell A.3 Definert populasjon for kundegruppene handel&private tjenester, samt offentlige tjenester, gitt ved næringsområde og NACE-kode

Handel&private tjenester	Offentlig virksomhet
Varehandel, reparasjon av motorvogner (G)	Vannforsyning, avløps- og renovasjonsvirksomhet (E)
Transport og lagring (Ekskludert 49.1 og 49.2) (H)	Offentlig administrasjon og forsvar, og trygdeordninger underlagt offentlig forvaltning (O)
Overnattings- og serveringsvirksomhet (I)	Undervisning (Ekskludert 86.1) (P)
Informasjon og kommunikasjon (J)	Helse- og sosialtjenester (Q)
Finansierings- og forsikringsvirksomhet (K)	
Omsetning og drift av fast eiendom (L)	
Faglig, vitenskapelig og teknisk tjenesteyting (M)	
Forretningsmessig tjenesteyting (N)	
Kulturell virksomhet, underholdning og fritidsaktiviteter (R)	
Annen tjenesteyting (S)	
Lønnet arbeid i private husholdninger (T)	
Internasjonale organisasjoner og organer (U)	

Kilde: Vista Analyse/SINTEF & Pöyry (2012a)

A.3.2 Stratifisering av bruttoutvalg

Tabell A.4 viser stratifiseringen av bruttoutvalget med totalt 21 strata, og fordelingen av virksomheter på strataene i bruttoutvalget.

²³ EUs klassifisering av økonomisk aktivitet, med fire sifre. Systemet brukes også av de fleste EFTA land.

Tabell A.4 Fordeling av virksomheter på strataene i bruttoutvalget

NACE-kode	5-19 ansatte	20-49 ansatte	50+ ansatte	Sum
B, C	167	167	167	501
F	20	19	19	58
G	93	93	93	279
H, I, J, K, L, M, N, R, S, T, U	93	93	93	279
O, E	62	63	62	187
P	62	62	62	186
Q	62	62	62	186
Sum	559	559	558	1676

Kilde: Vista Analyse/SINTEF & Pöyry (2012a)

A.3.3 Nettoutvalg

Tabell A.5 viser beskrivende statistikk for nettoutvalget for de to kundegruppene handel&private tjenester og offentlig virksomhet.

Tabell A.5 Beskrivende statistikk for nettoutvalget i kundegruppene handel&private tjenester, samt offentlige tjenester

	Handel&private tjenester	Offentlig virksomhet
Antall spørreskjemaer sendt ut	559	559
Antall spørreskjemaer besvart	185	268
Svarprosent	33	48
Antall årsverk (hhv. gjennomsnitt og median)	70,8 22	143,6 28
Elektrisitetsforbruk, MWh i 2010 (hhv. gjennomsnitt og median)	1347 359	1826 718
Prosentandel som har installert backup-løsninger	53	41
Prosentandel som har opplevd minst ett avbrudd i 2010	81	63

Note: Totalt antall utsendte spørreskjemaer var 1676, da kundegruppen industri også var med i undersøkelsen (med eget spørreskjema)

Kilde: Vista Analyse/SINTEF & Pöyry (2012a)

A.4 Spørreundersøkelsenes innhold

Tabell A.6 viser spørreundersøkelsenes hoveddeler, samt antall spørsmål og temaer for disse i hver av hoveddelene.

Tabell A.6 Oversikt over innholdet i spørreundersøkelsene til kundegruppene handel&private tjenester og offentlig virksomhet

Del	Handel&private tjenester	Offentlig virksomhet
Del A – Generell informasjon om bedriften/virksomheten og strømforbruket	Lokalisering, bransje og næringsgruppe, omsetning, fordeling av aktivitetsnivå over hverdager og helgedager, energikilder, -forbruk og -utgifter, backup-løsninger og tidligere opplevde strømbrydd. Totalt 17 spørsmål.	Lokalisering, funksjonsområde, brutto driftsutgifter, fordeling av aktivitetsnivå over hverdager og helgedager, energikilder, -forbruk og -utgifter, backup-løsninger og tidligere opplevde strømbrydd. Totalt 15 spørsmål.
Del B – Konsekvenser av strømbrydd	Avbruddsscenario basis (Hverdager om vinteren (des-feb), kl. 10, fire timers avbrudd, ikke	Avbruddsscenario basis (Hverdager om vinteren (des-feb), kl. 10, fire timers avbrudd, ikke

	varslet). Spørsmål om stans i virksomhet, <i>kostnader knyttet til avbruddet (DW)</i> , konsekvenser for kunder og <i>verdien av å unngå strømbryddet (WTP)</i> . Spørsmål om virkningen på avbruddskostnadene av diverse endringer i varighet, tidspunkt, varsling og årstid. Totalt 29 spørsmål.	varslet). Spørsmål om stans eller redusert kvalitet i aktivitet, <i>tapte arbeidstimer (indir. DW)</i> og <i>ekstra kostnader (DW)</i> , ulemper for ansatte og brukere og <i>verdien av å unngå strømbryddet (WTP)</i> . Spørsmål om virkningen på avbruddskostnadene av diverse endringer i varighet, tidspunkt, varsling og årstid. Totalt 16 spørsmål.
Del C – Konsekvenser av spenningsforstyrrelser	Inngår ikke i dagens KILE-ordning, og er derfor ikke en del av vår vurdering. Totalt 13 spørsmål.	Inngår ikke i dagens KILE-ordning, og er derfor ikke en del av vår vurdering. Totalt 16 spørsmål.
Del D – Konsekvenser ved rasjonering	Dagens KILE-ordning omfatter også planlagte utkoblinger, og er derfor ikke en del av vår vurdering. Totalt ti spørsmål.	Dagens KILE-ordning omfatter også planlagte utkoblinger, og er derfor ikke en del av vår vurdering. Totalt ni spørsmål.
Tilleggsspørsmål – avhengighet av vannforsyning	Konsekvenser ved avbrudd i vannforsyningen og ved dårligere vannkvalitet. Totalt to spørsmål.	Konsekvenser ved avbrudd i vannforsyningen og ved dårligere vannkvalitet. Totalt to spørsmål.

Note: Spørsmål som utgjør verdsettingen er kursivert

Kilde: Vista Analyse/SINTEF & Pöyry (2012a)

B Semistrukturert intervjuomal

Nedenfor følger spørsmålene som ble brukt som veiledning for intervjuene, her med DSB som eksempel.

- Hva er DSBs formelle ansvar knyttet til beredskap mot strømstans?
- Hvilke aktiviteter har DSB knyttet til beredskap mot strømstans?
- Hva er den samfunnsøkonomiske motivasjonen for hver av aktivitetene?
- Har dere noen form for formaliserte modeller som brukes til analyse av strømstans?
- Estimerer dere sannsynligheter for ulike begivenheter knyttet til strømstans?
- Estimerer dere mulige konsekvenser for ulike begivenheter knyttet til strømstans?
- Finnes det noen avbruddshendelser som er uakseptable?
- Hva vurderer DSB som kritisk infrastruktur?
- Hvor stort er omfanget på beredskapsarbeidet i DSB?
- Har DSBs beredskapsarbeid endret seg over tid?
- Hvordan påvirker trender i samfunnet DSBs beredskapsarbeid?



Vista Analyse AS
Meltzersgate 4
0257 Oslo

post@vista-analyse.no
www.vista-analyse.no