EKSTERN RAPPORT

Nr 3/2018

Kablingsstrategi for høyspent distribusjonsnett

STUDENTPROSJEKT 2018

Martine Johanne Nordengen Baksvær og Aina Fosli

Ekstern rapport nr 3-2018

Kablingsstrategi for høyspent distribusjonsnett

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Forfatter: Martine Johanne Nordengen Baksvær og Aina Fosli

Trykk: NVEs hustrykkeri
Forsidefoto: Martine Johanne Nordengen Baksvær
ISBN: 978-82-410-1740-7

Sammendrag:

Emneord: Distrigusjonsnett, forsyningssikkerhet, kabling, skogrydding, drift, vedlikehold, beredskap

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Epost: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

24.9.2018

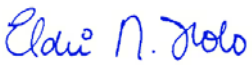
NVEs forord

NVE har i tidligere tilsyn registrert at nettselskap som har bygget sitt høyspenningsdistribusjonsnett med jordkabler har enklere organisering av sin drift, vedlikeholds- og beredskap enn selskap med mye luftledninger. Luftledninger er sårbare under kraftig vind og tunge snøfall, hvilket gjør det nødvendig å ha gode rutiner for skogrydding og ha rask tilgang på nødvendig kompetanse og reservemateriell. Mens nett i jordkabler er mindre sårbare for uvær.

For å få en litt grundigere sammenlikning mellom ulike nettselskap engasjerte beredskapsseksjonen ved NVE to studenter til å gjøre grundigere undersøkelser; Aina Fosli fra UiT Narvik og Martine Johanne Nordengen Baksvær fra NTNU. Studentene benyttet tallmateriale tilgjengelig hos NVE, utførte spørreundersøkelse og intervjuer hos fire nettselskap. Arbeidet er oppsummert i denne rapporten. De fire selskapene har hatt rapporten til gjennomsyn. NVE har valgt å anonymiserer selskapene i rapporten.

NVE vil ta med funnene i rapporten i vårt videre arbeid med oppfølgingen av vedlikehold og beredskap i distribusjonsnett.

Oslo, 24. september 2018,



Eldri Naadland Holo

Seksjonssjef

Kablingsstrategi for høyspent distribusjonsnett

Studentprosjekt 2018

Martine Johanne Nordengen Baksvær og Aina Fosli
Sommerstudenter ved NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat, 2018

Forord

Det er et ønske om å kartlegge hvilke drifts- og beredskapsmessige forskjeller det er på et nettselskap med jordkabler i forhold til et nettselskap med luftlinjer. For å gjennomføre en grundigere undersøkelse på hva som er mest gunstig har avdelingen for beredskap og tilsyn (TBB) engasjert to studenter for å undersøke problemstillingen nærmere.

Studentene som har jobbet med dette prosjektet er Aina Fosli fra UiT campus Narvik på studiet Electrical Engineering, og Martine Johanne Nordengen Baksvær fra NTNU på studiet Electric Power Engineering. Begge har ett år igjen på masterstudiet.

Vi vil gjerne takke NVE og alle som har hjulpet oss med prosjektet i løpet av sommeren.

Og en spesiell takk til de nettselskapene som stilte opp i forbindelse med dette prosjektet; Selskap JK-2, Selskap JK-1, Selskap LL-2 og Selskap LL-1.

Oslo, 03.08.18

Martine Johanne Nordengen Baksvær og Aina Fosli

Konklusjon

Ut i fra undersøkelsen som er gjennomført kan det konkluderes med at det på mange områder lønner seg å benytte seg av jordkabler sammenlignet med luftlinjer i høyspent distribusjonsnett. Ved å benytte seg av jordkabler vil det generelt sett være færre ikke-varslede avbrudd enn ved bruk av luftlinjer. Dette resulterer i lavere KILE- kostnader[1], samt øker leveringspåliteligheten. Et nett med jordkabler krever færre komponenter som igjen fører til mindre vedlikehold og tilsyn av blant annet skogsryddede traséer og utsatte komponenter. Med flere komponenter i nettet vil det være et behov for et større ressurslager med reservekomponenter.

Under ekstremværsituasjoner er det en helt klar fordel med jordkabler ettersom de ligger beskyttet i bakken og blir lite påvirket av omgivelsene. Luftlinjer er svært utsatt under ekstremvær og behøver derfor omfattende beredskap sammenlignet med jordkabler hvor beredskapstiltak under ekstremvær i prinsippet ikke er nødvendig. Det er ikke bare ekstremvær som kan føre til skade på luftlinjenettet, også andre værforhold kan forårsake avbrudd. Blant annet snøfall eller vind kan resultere i et trefall over luftlinjen som er en av de største årsakene til ikke- varslede avbrudd. I tillegg er jordkabler mindre utsatt ved eventuelle lynnedslag, og krever i motsetning til luftlinjer færre overspenningsvern.

Når det gjelder drift er det flere økonomiske fordeler med å ha jordkabelnett i forhold til luftlinjenett, ikke bare er KILE-kostnadene lavere, men også kostnadene til nevnte vedlikeholdsarbeid reduseres eller bortfaller. I tillegg kan man med et jordkabelnett ha en driftssentral som er enklere og billigere å drifte. Nettapene reduseres også ved bruk av jordkabler sammenlignet med luftlinjer, som både er positivt kostnad- og miljømessig.

Selv om det er mange fordeler knyttet til bruk av jordkabler er det også noen utfordringer. Investeringskostnadene er betydelig større for jordkabler sammenlignet med luftlinjer i enkelte tilfeller, som for eksempel ved behov for sprengning i forbindelse med grøftegraving. Disse investeringskostnadene kan dog vise seg å være lønnsomme på sikt, ettersom man slipper unna mye driftskostnader. Det er forståelig at en slik investering ikke kan gjøres for enhver pris, og derfor er det viktig å tenkte langsiktig. Det lønner seg blant annet å gå sammen med andre aktører når det skal graves grøfter for å redusere kostnadene samt eventuelt benytte seg av traséer som allerede eksisterer, for eksempel langs vei. For å oppnå et nett med jordkabler må det legges en strategi slik at dette kan gjennomføres på en forsvarlig og samfunnsøkonomisk måte. Med en slik strategi er det nødvendig å tenke på nye løsninger og å være fleksibel.

[1] [2] KILE – Kvalitetsjusterte inntektsrammer ved ikke levert energi

Sammendrag

Rapporten presenterer et arbeid knyttet til kabelstrategi i høyspent distribusjonsnett (1 – 22kV) og hvordan dette påvirker driften av nettselskapet. Det er valgt fire ulike nettselskap som skal sammenlignes med hensikt å kartlegge eventuelle forskjeller på driften av jordkabelnett kontra luftlinjenett. Det er valgt to nettselskap med hovedsakelig jordkabelnett og to nettselskap med hovedsakelig luftlinjenett.

I rapporten er det valgt å sammenligne størrelse, dette innebærer flere faktorer blant annet antall sluttbrukere, nettstasjoner, lengde på kraftledninger og hvor mye energi hvert av nettselskapene leverer. Dette gir et grunnlag for videre sammenligning av nettselskapene.

Under drift blir det kartlagt at nettselskapene med jordkabelnett ikke har driftssentral, som er en kostnadseffektiv løsning. Vedlikeholdet av nettet generelt ser man også at er mer omfattende ved luftlinjenett i forhold til jordkabelnett. Det er også tydelig at leveringspåliteligheten er bedre med jordkabler, dette både nettselskapene seg imellom og på nasjonalt nivå.

De beredskapsmessige problemstillingene blir også kartlagt og avbruddsstatistikken for hvert av nettselskapene blir presentert. Det viser seg at det er omgivelsesrelaterte hendelser som genererer flest avbrudd på nettet i dag, da spesielt trefall på luftlinje. Jordkabler er i hovedsak kun utsatt for tre ulike påkjenninger som kan føre til avbrudd; montasje-/produksjonsfeil, alder og graveskader. Det blir også kjent hvilke beredskapsmessige tiltak hvert av nettselskapene må gjøre ved ekstraordinære situasjoner og eventuelle avtaler med eksterne aktører. Der ser man at beredskapsbehovet, da spesielt med tanke på ekstremvær, er lavere med jordkabelnett enn luftlinjenett.

Når det kommer til kartleggingen av de økonomiske aspektene til jordkabel kontra luftlinje ble det kartlagt flere økonomiske fordeler med drift av jordkabelnett i forhold til luftlinjenett. Jordkabler har en lavere forekomst av ikke- varslede avbrudd som fører til at det blir både mindre KILE og ILE. Det er også mye lavere nettap i jordkabelnettet enn i luftlinjenettet. Driftsresultatene viser ikke en betydelig forskjell på de ulike måtene å drifte nettet.

Det er kunngjort fra olje- og energidepartementet at det skal legges jordkabel i distribusjonsnettet så langt det lar seg gjøre[2]. De fire nettselskapene svarer alle at det er jordkabel som blir vurdert først, men de to nettselskapene som har mest luftlinjenett sier også at det blir ikke gjort for enhver pris. Det oppstår økonomiske konsekvenser hvis grøftegravingen innebærer sprengning, og da kan det være at det legges luftlinje i stedet for jordkabel.

Ut ifra sammenligningen som er gjort av disse fire nettselskapene kommer det frem mange fordeler med å ha et jordkabelnett i forhold til et luftlinjenett. Både økonomiske fordeler knyttet til blant annet mindre vedlikehold og beredskap, men også en bedre forsyningssikkerhet.

[2] [2] Meld. St. 14 (2011–2012) Vi bygger Norge – om utbygging av strømnettet

Innholdsfortegnelse

Forord 3
Konklusjon 4
Sammendrag 5
1 Innledning 7
1.1 Nettselskapene 7
1.1.1 Selskap JK-1 7
1.1.2 Selskap JK-2 7
1.1.3 Selskap LL-1 7
1.1.4 Selskap LL-2 7
2 Sammenligning 8
2.1 Størrelse 8
2.2 Beredskap 8
2.2.1 Avbrudd 8
2.2.2 Avbruddsårsaker 9
2.2.3 Overtidstimer 10
2.2.4 Beredskapstiltak ved ekstraordinære situasjoner 10
2.2.5 Avtaler med eksterne aktører 11
2.3 Drift 12
2.3.1 Driftssentral 12
2.3.2 Vedlikehold av komponenter 12
2.3.3 Skogrydding 13
2.4 Sikkerhet 14
2.4.1 Forsyningssikkerhet 15
2.5 Økonomi 16
2.5.1 Driftsresultat 16
2.5.2 Nettap 16
2.5.3 KILE og ILE 17
2.5.4 Investeringer 18
2.6 Strategi 21
3 Analyse 22
4 Referanser 24

1 Innledning

Under analyse av beredskap etter ekstremvær har det vært en trend at nettselskap med hovedsakelig jordkabel er mindre rammet enn nettselskap med hovedsakelig luftlinjer. Med høyere forventning om god forsyningssikkerhet og med økende tilfeller av ekstremvær er det viktig å være forberedt på slike situasjoner. Hensikten med denne rapporten er å sammenligne beredskapsmessige konsekvenser som oppstår med luftlinjer og jordkabler. Arbeidet har bestått av å sende ut et spørreskjema og besøke alle de fire nettselskapene for å innhente informasjon for å kunne utarbeide denne sammenligningen.

1.1 Nettselskapene

For å kunne gjøre denne analysen er det sammenlignet fire nettselskaper, to med hovedsakelig jordkabler (JK-1 og JK-2) og to med hovedsakelig luftnett (LL-1 og LL-2). Det har vært forsøkt å finne nettselskap med omtrent lik størrelse for å kunne gi best mulig sammenligning.

1.1.1 Selskap JK-1

Selskap JK-1 er et nettselskap og har som oppgave å drifte, vedlikeholde og fornye strømnettet i kommunen. Nettselskapet er et kommunalt foretak i kommunen og har 21 ansatte. Selskap JK-1 har hovedsakelig jordkabler i sitt distribusjonsnett.

1.1.2 Selskap JK-2

Selskap JK-2 er et energiverk og har som oppgave å drifte, vedlikeholde og fornye strømnettet i kommunen. Selskapet har totalt 30 ansatte hvor 22 av disse er ansatt i nettseksjonen. Også Selskap JK-2 har hovedsakelig jordkabler i sitt nett, og har hatt en langsiktig kablingsstrategi om å ha utelukkende jordkabelnett i sitt distribusjonsnett.

1.1.3 Selskap LL-1

Selskap LL-1 er et elverk og har som oppgave å drifte, vedlikeholde og fornye strømnettet i to kommuner. Nettselskapet har totalt 22 ansatt hvor 13 av disse er ansatte i nettseksjonen. Distribusjonsnettet til Selskap LL-1 består i hovedsak av luftlinjer.

1.1.4 Selskap LL-2

Selskap LL-2 er et nettselskap og har som oppgave å drifte, vedlikeholde og fornye strømnettet i kommunen. Nettselskapet har totalt 29 ansatte hvor 14 er ansatt i nettseksjonen. Selskap LL-2 har en stor andel av sitt distribusjonsnett i luftlinjer.

2 Sammenligning

Rapporten er ment som en innledning til problemstillingen om valg av luftlinje mot jordkabel, og det blir kun sammenlignet fire forskjellige nettselskap og det vil ikke gi en nøyaktig analyse om hvordan realiteten er over hele Norge. Men det vil kunne gi et bilde om det er en problemstilling som bør ses nærmere på.

2.1 Størrelse

Først blir det kartlagt størrelsen på de forskjellige nettselskapene for å legge et grunnlag for videre sammenligning. Tabell 1 viser en oversikt over relevante størrelsesparameter i de ulike nettselskapene.

Tabell 1: Oversikt over nettselskapene, nyeste tilgjengelige tall

Nettselskap	Jordkabel [km]	Luftlinje [km]	Sluttbrukere	Levert energi [MWh]	Inntektsramme [kr]	Nettstasjoner
Selskap JK-1	264	30	8856	323 150	45 501 000	392
Selskap JK-2	194	23	8604	361 578	36 354 000	312
Selskap LL-1	58	197	6170	133 245	26 543 000	328
Selskap LL-2	66	214	4307	112 430	25 284 000	403

2.2 Beredskap

I dette kapitlet skal det ses nærmere på beredskapssituasjoner og hvordan hver av nettselskapene forbereder seg og hvilke tiltak som må til i forskjellige beredskapssituasjoner.

2.2.1 Avbrudd

Det ble sammenlignet avbruddsstatistikk for de ulike nettselskapene for å få et bilde av leveringskvaliteten til de ulike måtene å drifte distribusjonsnettet. Det finnes i to ulike kategoriseringer innen avbrudd i strømnettet;

- Varslet, avbrudd som er planlagt av nettselskapet, ofte i sammenheng med vedlikehold/utbygging av nettet.
- Ikke-varslet, avbrudd som forkommer uten varsel fra nettselskapet, for eksempel ved trefall på luftlinje.

Når man ser på FASIT[3] og informasjonen som er hentet fra nettselskapene, som presenteres i tabell 2, er det omtrent like mange varslede avbrudd, størrelsesforskjell på nettselskap tatt i betraktning. Derimot på ikke-varslet avbrudd kan man se en vesentlig forskjell mellom jordkabel og luftlinje. I denne kategorien er det jordkabel som har færrest forekomst av avbrudd. Det har blitt sett på avbruddsstatistikken til de fire nettselskapene over en fem års periode. Statistikken inkluderer både kortvarige og langvarige avbrudd. Avbruddsstatistikken viser at Selskap JK-1 og Selskap JK-2 har færre ikke-varslede avbrudd i denne

[3] [4] FASIT – Feil og avbruddsstatistikk i totalnettet er et standardisert registrerings- og rapporteringssystem for feil og avbrudd i kraft systemet.

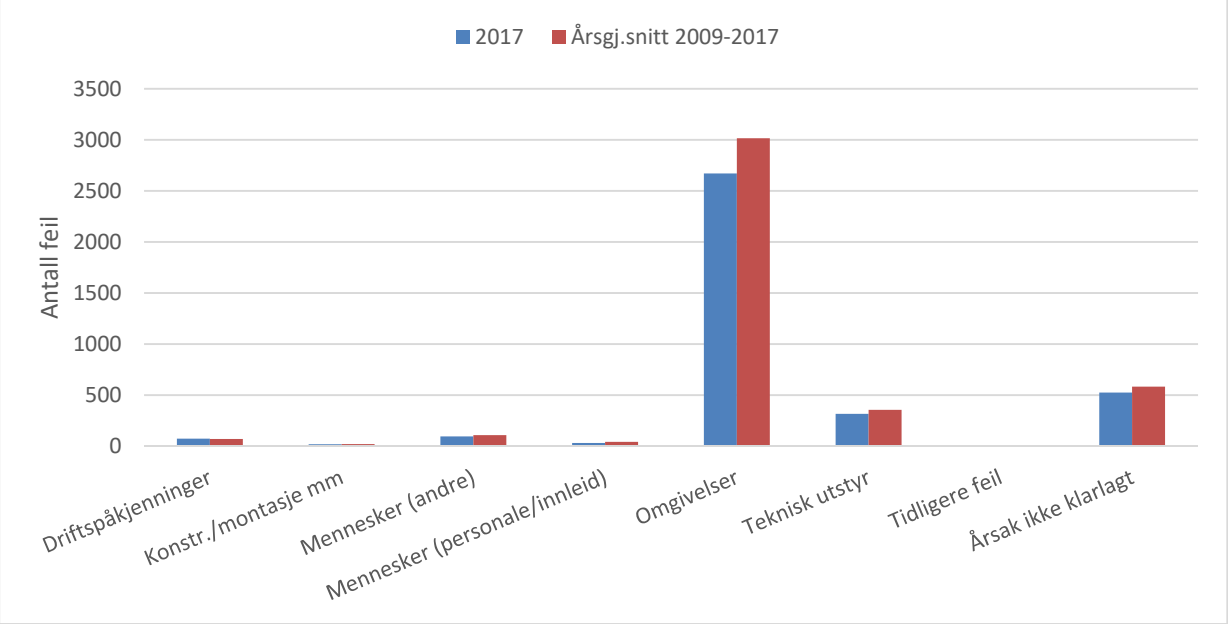
femårs perioden. Under samtale med nettselskapene ble det også undersøkt hvor mange av disse ikke-varslede avbruddene som var på jordkabel og hvilke som var på luftlinje, og litt om årsakene til avbruddene. Det viste seg at den største andelen av de ikke- varslede avbruddene var på luftlinjer. Selskap JK-1 informerer også at de har noen spesifikke luftlinjer som har gitt avbrudd, en av disse er nå skiftet til jordkabel og de resterende planlegges å skiftes.

Tabell 2: Avbruddstatistikk over en fem års periode

Nettselskap	Antall varslede avbrudd	Antall ikke-varslede avbrudd
Selskap JK-2	236	43
Selskap JK-1	157	93
Selskap LL-1	119	146
Selskap LL-2	218	173

2.2.2 Avbruddsårsaker

I figur 1 kan man se fordelingen av utløsende årsak for avbrudd/feil på kraftledning. Ut i fra denne statistikken ser man at omgivelser er den mest utslagsgivende, som dominerer med over 70% av de totale avbruddene/feilene. Under omgivelser er det blant annet underkategorier som vegetasjon, vind, fugl/dyr og tordenvær. Dette er kategorier som utgjør ikke-varslede avbrudd og påvirker i hovedsak luftlinjer og ikke jordkabler.[4]



Figur 1: Feil på kraftledning fordelt på utløsende årsak. Hentet fra Statnett

Ved å se på avbruddsstatistikken for nettselskapene i denne sammenligningen, kommer det frem at jordkabler genererer færre ikke-varslede avbrudd ettersom de ikke utsettes for de mest utslagsgivende faktorene. Feil på jordkabler kan i hovedsak kun skje ved tre ulike tilfeller; montasje-/produksjonsfeil, alder og graveskader. Hvis det oppstår avbrudd på jordkabler kan disse bli langvarige på grunn av tiden

[4] [3] Årsstatistikk Driftsforstyrrelser, feil og planlagte utkoblinger i 1-22 kV-nettet, Statnett

det tar å feilsøke og for å rette feilen. Det er derfor viktig at nettselskapene har kunnskap og ressurser for effektiv feilretting.

På landsbasis har det vært 16 ekstremvær siden 2011, og av disse har omtrent halvparten gitt konsekvenser for forsyningen som igjen har påvirket leveringspåliteligheten flere steder i Norge[5]. Avbruddene som oppstår under ekstremvær påvirker i hovedsak luftlinjer med at trær faller over kraftledningene og skaper avbrudd.

Tordenvær er også en faktor som påvirker leveringspåliteligheten til nettselskapene, både under situasjoner med ekstremvær men også under mer normale værforhold. Hvis lynet slår ned i kraftledninger oppstår det en spenningsbølge som sprer seg i ledningen og kan føre til store skader i systemet, i verste fall kan det resultere i brann på anlegget. På grunn av global oppvarming, økt luftfuktighet og den økende hyppigheten av ekstremvær er det grunn til å forvente en økt lyn- og tordenaktivitet. Konsekvenser av lyn- og tordenvær kan forebygges ved å verne de elektriske anleggene tilstrekkelig.

Isbelegg på kraftledninger og master er også en årsak som kan gi store mekaniske belastninger på systemet som kan føre til kortere levetid på utstyr. Tiltak for å unngå denne situasjonen er ofte kostbare og innebærer økt bruk av stål i montasjen og trasémessige tilpasninger.

2.2.3 Overtidstimer

Overtidstimer, i denne sammenhengen, er ofte knyttet til ikke-varslede avbrudd som skjer og som må rettes. Tidligere i rapporten er det observert at nettselskapene med jordkabel har mindre ikke-varslede avbrudd, og det er ønskelig å kartlegge om de dermed har færre overtidstimer. De fire selskapene ble spurt om hvor mange overtidstimer de har brukt over en fem års periode knyttet til feilretting i høyspent distribusjonsnett. Ut i fra svarene kommer det frem at Selskap JK-1 og Selskap JK-2 bruker færre overtidstimer på feilretting enn Selskap LL-2 og Selskap LL-1.

2.2.4 Beredskapstiltak ved ekstraordinære situasjoner

Det ønskes å kartlegge hvilke beredskapsmessige tiltak de fire nettselskapene gjør ved ekstraordinære situasjoner slik som ekstremvær, kraftig snøfall eller andre situasjoner hvor det er fare for at det kan oppstå avbrudd. Det er stor forskjell på klima hos de fire nettselskapene. Selskap JK-1 og Selskap JK-2 er lokalisert på det sørlige Vestlandet og er preget av kystklima med mye vind og nokså hyppig forekomst av uvær. Selskap LL-2 og Selskap LL-1 er lokalisert på Østlandet og er ikke preget av vind og uvær i like stor grad som de to nettselskapene på Vestlandet.
Alle de fire nettselskapene ble spurt via spørreskjema om hvordan deres beredskapsplan ser ut for avbrudd ved ekstraordinære situasjoner som for eksempel uvær, og de ble spurt om de kunne utdype hvor mye mannskap de har tilgjengelig under slike situasjoner. Tabell 3 viser et oppsummert svar fra hvert av nettselskapene.

[5] [1] – Forsyningssikkerhet og beredskap, Energi Norge

Tabell 3: Oppsummert svar fra nettselskapene om beredskapsplan

Nettselskap	Svar
Selskap LL-1	Selskap LL-1 er en del av Nettalliansen. I tillegg til 7 energimontører, 3 ingeniører med energiverksmontør-sertifikat,1 elkraftutdannet dagligleder og en administrasjon på 3 med lang erfaring fra energiverket har vi inngått en avtale med de 45 andre energiverkene i alliansen som går på tilgang til ressurser i en krisesituasjon. Selskap LL-1 er et nettselskap som holder til på det sentrale østlandsområdet. Det gjør at det ikke er geografiske, værmessige forhold eller tilsvarende som gjør oss spesielt sårbare.
Selskap JK-1	Ved uønskede hendelser har Selskap JK-1 en beredskapsplan. Det er ført opp liste over nøkkelpersonell som blir involvert, og det er til enhver tid en vaktordning for både ingeniør og montør som kan ivareta drift og kritiske funksjoner. Ved varslet ekstremvær vil flere personer bli mobilisert. Det er totalt 16 personer som kan disponeres ved svært kritiske situasjoner. Det er også satt av reservemateriell for bruk i slike tilfeller.
Selskap JK-2	Dersom det blir varslet ekstremvær, er det normalt at vi dobler vaktene og i tillegg sjekker ut at vi får tak i ytterligere flere mannskap om det skulle trenges. I slike situasjoner vil vi kunne ha tilgjengelig opp mot 15 personer.
Selskap LL-2	Vi har utarbeidet beredskapsplaner for Selskap LL-2 som er distribuert internt og til KDS. Alle energimontører og tilgjengelige ressurser av materiell i beredskapslager og linjebiler stilles til disposisjon. Ved store hendelser i nettet følger vi plan for prioriterte aktiviteter, etterarbeid og rapportering.

De fire nettselskapene ble videre spurt om beredskap under besøk. Ettersom Selskap JK-1 og Selskap JK-2 for det meste har jordkabler i det høyspente distribusjonsnettet fortalte de at ved ekstremvær så kobler de ut så mange av luftlinjene de kan. Selskap JK-2 fortalte at de dobler vaktene og sjekker at de har mer mannskap tilgjengelig om det skulle være behov. Det er sjeldent at ekstremværet påvirker driften ettersom det meste av nettet er jordkabler som ikke er utsett for skader i slike situasjoner. Selskap LL-2 og Selskap LL-1 som har mye luftlinjer i det høyspente distribusjonsnettet er mer sårbare om ekstremvær inntreffer ettersom dette kan gjøre skader på luftlinjene. De fortalte at de følger de tiltakene som de oppgir i tabell 3, i tillegg forteller Selskap LL-1 at det ved ekstremvær ofte er slik at også ansatte som ikke har blitt tilkalt møter opp for å hjelpe til.

2.2.5 Avtaler med eksterne aktører

Selskap LL-2 og Selskap LL-1 er begge eiere i selskapet Nettalliansen AS. Nettalliansen er et kompetanse- og innkjøpssamarbeid som eies av små og mellomstore nettselskaper som blant annet skal sikre økt kostnadseffektivitet for sine eiere, samt utnyttelse av kompetansen seg imellom. I tillegg til å være eier i Nettalliansen har Selskap LL-2 en avtale med Nettparter AS som ved behov kan stille med minimum fire mann innen åtte timer fra varsling. Selskap JK-2 og Selskap JK-1 har sammen med et annet nettselskap i regionen en avtale om gjensidig hjelp i situasjoner hvor de skulle ha behov for hjelp i form av kompetanse, utstyr eller komponenter de selv ikke besitter. I tillegg til dette har Selskap JK-1 en avtale

med sitt overliggende regionalnettselskap for bruk av større kabelvogn for store/mange feil på høyspentkabler.

2.3 Drift

I dette kapittelet skal noe av det driftsrelaterte arbeidet knyttet til jordkabler og luftlinjer i det høyspente distribusjonsnettet sammenlignes.

2.3.1 Driftssentral

De fire nettselskapene ble spurt om de har en egen driftssentral. De to nettselskapene med hovedsakelig jordkabler i det høyspente distribusjonsnettet, Selskap JK-1 og Selskap JK-2, svarte at dette har det ikke. Selskap LL-2, som i hovedsak har luftlinjer i det høyspente distribusjonsnettet, svarte at de ikke selv har en driftssentral, men at nettet styres/overvåkes via driftssentralen til overliggende regionalnettselskap og at de selv eier kommunikasjonen til fjernstyrte brytere. Selskap LL-1 har driftssentralen Nortroll. Dette er en driftssentral med 34 fjernstyrte brytere og som er bemannet på dagtid, ellers har vakten ansvaret.

2.3.2 Vedlikehold av komponenter

Hvor ofte aktuelle komponenter i det høyspente distribusjonsnettet må vedlikeholdes eller skiftes er svært varierende ut i fra hva slags komponent det er, klima og alder.

I tabell 1 ser man at nettselskapene har omtrent like mange nettstasjoner tilknyttet sitt nett, selv om Selskap JK-1 og Selskap JK-2 leverer over dobbelt så mye energi som de andre nettselskapene. Disse nettstasjonene må vedlikeholdes, og generelt sett er det vanlig å ha en årlig inspeksjon av nettstasjonene som i gjennomsnitt koster 550 kr per nettstasjon.[6]

Generelt kan man si at jordkabler og luftlinjer har omtrent like lang levetid og den kan anslås til å være rundt 50 år. Det er selvfølgelig både luftlinjer og kabler som har kortere og lengre levetid enn dette, men det finnes ingen fasit. For å opprettholde levetiden til kraftledningene kreves det vedlikehold. Det er store forskjeller når det kommer til vedlikeholdsarbeidet på luftlinjer og jordkabler. Sett bort ifra feilretting er det lite eller ingen kostnader tilknyttet vedlikeholdsarbeid på jordkabler. De eneste vedlikeholdskostnadene som er knyttet til jordkabler er på oljekabler som trenger regelmessig kontroll og eventuelt etterfylling av kabelolje. Ettersom det legges få eller ingen oljekabler i det høyspente distribusjonsnettet kan det sies at dagens jordkabler er vedlikeholdsfrie. Når det kommer til luftlinjer er vedlikeholdskostnadene noe annet. Vedlikehold på luftlinjer kan blant annet inneholde utskiftning av stolper/master, isolator, travers, bardun, topphette, samt retting av skjeve stolper og funksjonskontroll av brytere i mast. Hvor ofte det er behov for utskiftninger eller vedlikehold på disse komponentene varierer og er avhengig av klima i området. Fra REN sitt prosjektverktøy[7] kan kostnad på utskiftning eller vedlikehold av disse komponentene finnes. Disse kostnadene er presentert i tabell 4.

[6] [6] SINTEF – Vedlikehold av komponenter
[7] [7] REN – se www.ren.no/project

Tabell 4: Oversikt over noen vedlikeholdskostnader på luftlinje

Type	Kostnad [kr]
Utskiftning stolpe	18 828
Utskiftning isolator	2 088
Utskiftning travers	11 635
Utskiftning bardun	2 646
Utskiftning topphette	443
Rette skjeve stolper	8 450
Funksjonskontroll av bryter i mast	291

2.3.3 Skogrydding

Mange av de ikke-varslede avbruddene hos nettselskapene som har stor andel luftlinjer i det høyspente distribusjonsnettet er knyttet til trefall. Om vinteren kan også store mengder snø på trærne føre til at de bøyer seg og treffer luftlinjen. På grunn av dette kreves det skogrydding og overvåking av traséer hvor det kan oppstå trefall på luftlinjer. Det gjøres tilsyn på alle luftlinjer enten fra bakken eller med helikopter og kamera.

Ryddebredden som kreves for å forhindre at trær faller over linjene er varierende og avhenger blant annet av spenningsnivå og type kraftledning. Ved uisolerte 22 kV kraftledninger i områder hvor det er fare for trefall bør ryddebredden være 15-20 meter. Det må også vurderes om kraftledningen er viktig for forsyningssikkerheten, og da eventuelt om den skal gjøres tresikker. Ettersom trær i Norge kan bli over 30 meter vil tresikre luftlinjer kunne kreve en ryddebredde på opptil 60 meter. På grunn av kostnader og miljøeffekter kan ikke hele det høyspente distribusjonsnettet gjøres tresikkert, og hver enkelt trasé må vurderes. Uansett om traséen er tresikker eller ikke, må bredden som velges for traséen vedlikeholdes[8]. Et eksempel på en ryddebredde kan ses i figur 2.

[8] [5] NVE - Veileder nr 2-2016 Skogrydding i kraftledningstraséer

Figur 2: Bilde av skogryddet trasé tatt under besøk hos Høland og Setskog Everk 16.07.18

På REN sine nettsider kan man lage et prosjekt og deretter kalkulere hvor mye skogrydding koster. Tar man for eksempel 1 km luftlinje hvor 60% av luftlinjen går gjennom barskog som må ryddes kan man få estimert hvor mye det koster å rydde denne luftlinjen. Hvis det antas at luftlinjen må ryddes hvert femte år og at luftlinjen har en levetid på rundt 50 år kan man også finne den totale kostnaden på skogryddingen på akkurat denne linjen. Resultatet presenteres i tabell 5.

Tabell 5: Kostnader skogrydding

Type	Antall	Kostnad [kr]
Vedlikehold HS Universalkabel – Skogrydding	0,6 km	5 748
Vedlikehold HS Universalkabel – Skogrydding, 50 år	0,6 km	50 748

2.4 Sikkerhet

Et viktig aspekt innen sikkerhet er tilgjengeligheten på informasjon om kraftnettet, med luftlinjer er hele nettet synlig for alle og dermed sårbar for eventuell sabotasje. Med dagens teknologi med satellittfoto og flykart er det blitt lettere enn noen gang å få tilgang til kraftsensitiv informasjon. Med jordkabelnett vil det ikke være synlig hvor kraftledningene går og det er dermed sikrere.

Personsikkerheten blir også forbedret med jordkabelnett ettersom det ikke er mulig å nå kraftledningene i like stor grad som ved et luftlinjenett. Dette gjelder for eksempel ved at gravemaskiner eller liknende utstyr treffer luftlinjen eller at barn klatrer i master.

2.4.1 Forsyningssikkerhet

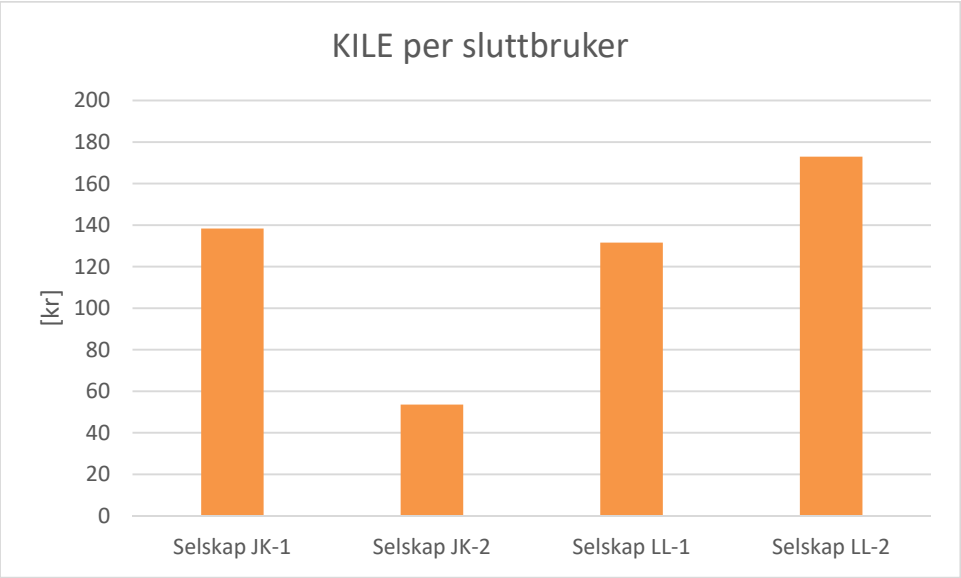
For å sammenligne de fire nettselskapene videre er leveringspålitelighet til hvert av nettselskapene vurdert. Leveringspåliteligheten innebærer tilgjengeligheten av elektrisk energi, og sier noe om hvor ofte det oppstår avbrudd og varigheten til avbruddene. I dagens samfunn er tilgangen på elektrisitet viktig, og det er derfor viktig for forbrukeren at nettselskapet har en høy leveringspålitelighet.

De to siste årene har leveringspåliteligheten til alle nettselskapene i Norge blitt sammenlignet og vurdert opp mot hverandre av Distrikts Energi i «NM i leveringspålitelighet». Her blir leveringspåliteligheten beregnet med KILE-kostnader per husholdningssluttbruker, og eventuelle avbrudd på overliggende nett er ikke tatt i betraktning. For å undersøke leveringspåliteligheten til de fire nettselskapene ble Distrikts Energi kontaktet for å få en oversikt nettselskapenes plassering i denne kåringen. Tabell 6 viser plasseringene til de fire nettselskapene de to årene Distrikts Energi har hatt denne kåringen.

Tabell 6: Plassering i NM i leveringspålitelighet

	Selskap JK-2	Selskap JK-1	Selskap LL-1	Selskap LL-2
2016	1	19	50	54
2017	4	2	62	9

De totale KILE-kostnadene pr sluttbruker fra 2013 til 2017 er vist i figur 3, denne oversikten inkluderer alle kundegruppene. Her kan man se at Selskap JK-1 har et gjennomsnitt på omtrent 140 kr pr sluttbruker, som nevnt tidligere i rapporten er noe av årsaken til dette noen langvarige avbrudd på en av luftlinjene deres.



Figur 3: Gjennomsnittlig KILE - kostnader per sluttbruker i perioden 2013 – 2017

2.5 Økonomi

I dette avsnittet blir det sammenlignet om det er økonomiske forskjeller i de ulike nettselskapene. Det blir fokusert på økonomiske konsekvenser som følge av avbrudd på nettet, men også den generelle lønnsomheten til nettselskapet. Samt skal det ses på investeringskostnader knyttet til høyspent distribusjonsnett.

2.5.1 Driftsresultat

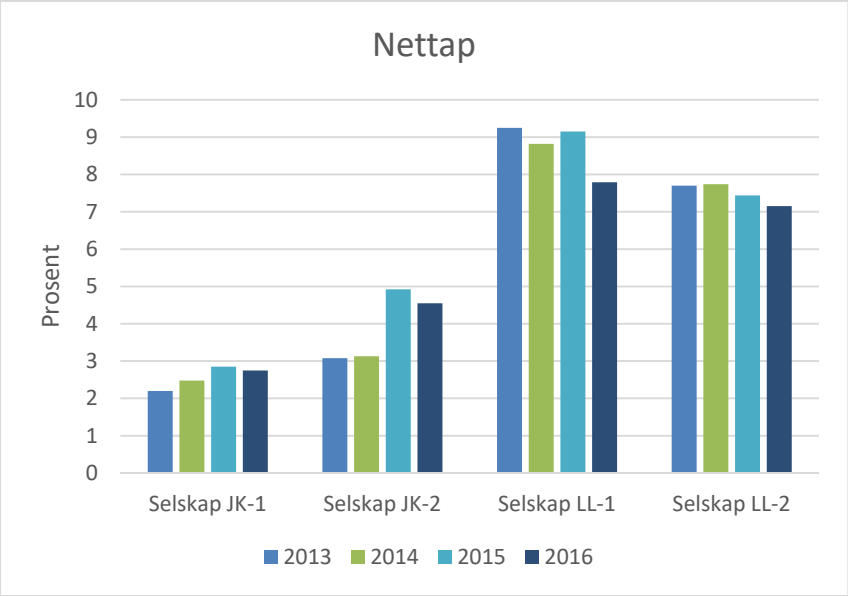
De fire nettselskapene ble spurt om de kunne oppgi driftsresultatene for de siste 5 årene for nett-seksjonen til selskapet. Dette spørsmålet ble stilt for å få et større bilde av lønnsomheten til de fire nettselskapene. Svarene de oppga kan ses i tabell 7.

Tabell 7: Driftsresultat fra 2013 - 2017

År	Selskap LL-1	Selskap JK-1	Selskap JK-2	Selskap LL-2
2013	4 717 000 kr	9 595 000 kr	11 577 000 kr	7 826 000 kr
2014	-51 000 kr	15 789 000 kr	9 588 000 kr	2 105 000 kr
2015	6 892 000 kr	8 689 000 kr	6 182 000 kr	4 922 000 kr
2016	8 106 000 kr	7 794 000 kr	12 676 000 kr	6 623 000 kr
2017	-440 000 kr	15 996 000 kr	10 266 000 kr	5 545 000 kr

2.5.2 Nettap

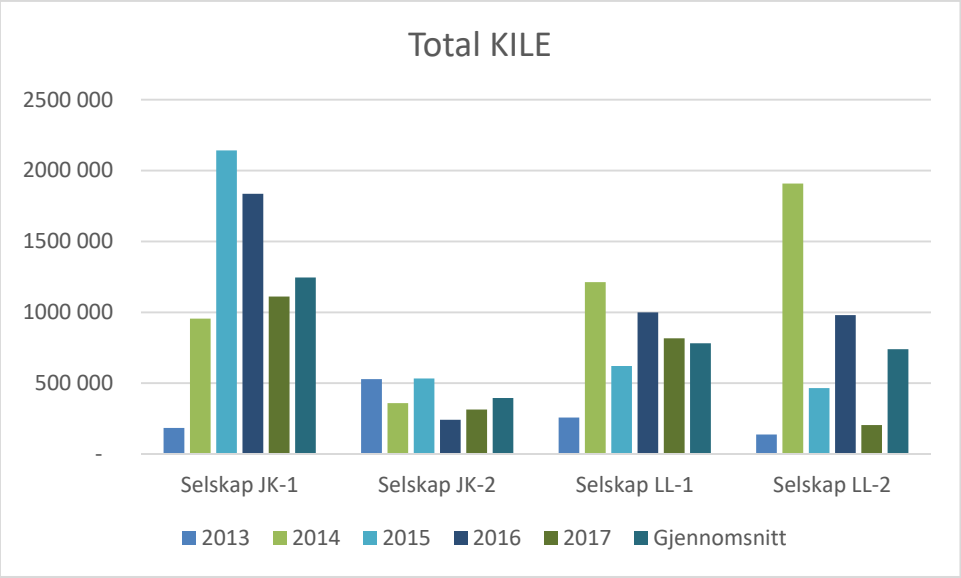
Nettap er lite ønskelig for nettselskapene da det genererer ekstra kostnader, men det er også negativt for miljøet fordi kraften som går tapt må erstattes av annen kraftproduksjon. Det burde derfor være et ønske om å redusere nettapene og holde disse så lave som mulig. Det finnes flere måter å redusere disse tapene på, blant annet å øke tverrsnittet på kraftledningene. Når det benyttes jordkabler er det mulig å øke tverrsnittet uten at det går nevneverdig ut over andre kostnader enn selve prisen på jordkabelen. Derimot kan en økning i tverrsnitt på en luftlinje resultere i økte kostnader på dimensjonering av stolper. Nettapene fra 2013 – 2016 til hvert av nettselskapene er presentert i figur 4. Her kan man se at Selskap JK-1 KF og Selskap JK-2 AS har lavere nettap enn Selskap LL-1 SA og Selskap LL-2 AS.



Figur 4: Oversikt over nettap fra 2013 – 2016

2.5.3 KILE og ILE

KILE- ordningen[9] er en intensivregulering som skal gi nettselskapene økonomisk motivasjon til å bygge å drive nettet med en optimal samfunnsøkonomisk leveringspålitelighet. KILE- kostnadene representerer kundenes kostnader ved avbrudd, som beregnes ut ifra hvilken kundegruppe som berøres. I dette avsnittet er det kartlagt hvor høye KILE-kostnader hver av nettselskapene har hatt. I Figur 5 kan man se KILE-kostnadene som har vært hos de ulike nettselskapene fra 2013 – 2017 og gjennomsnittet fra denne perioden.

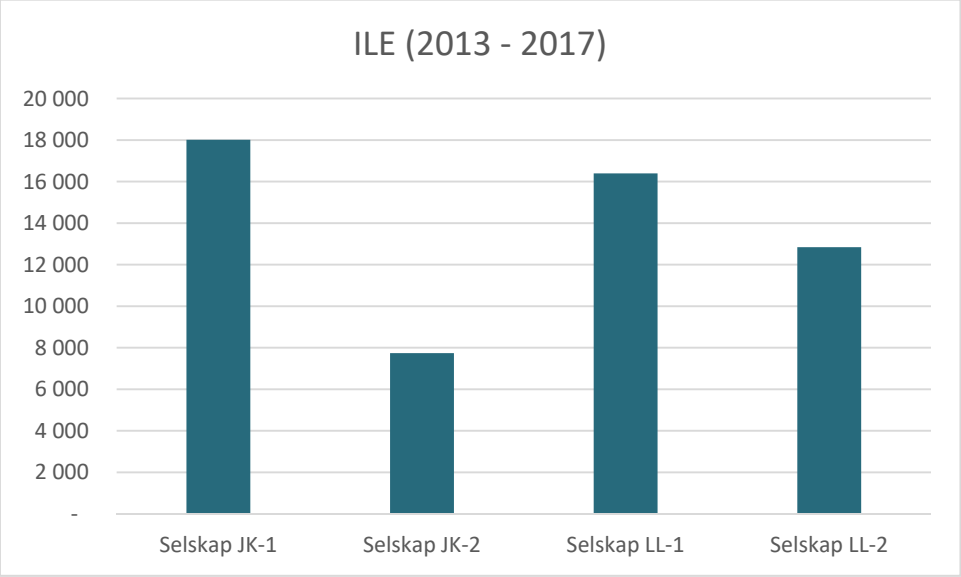


Figur 5: Oversikt over KILE- kostnadene i de ulike nettselskapene

[9] KILE – Kvalitetsjusterte inntektsrammer ved ikke levert energi

Selskap JK-1 har hatt noen år med svært høye KILE-kostnader, under samtalen ble det informert om at de har hatt spesielt en luftlinje som har gitt mye problemer med langvarige avbrudd, denne luftlinjen er nå skiftet til jordkabel.

Det er også sett på ILE[10] for hvert av nettselskapene, figur 6 viser gjennomsnittet fra 2013 – 2017. I denne grafen er det ikke gjort noen forholdsberegning med hensyn på at både Selskap JK-2 og Selskap JK-1 leverer over dobbelt så mye energi i forhold til Selskap LL-2 og Selskap LL-1.

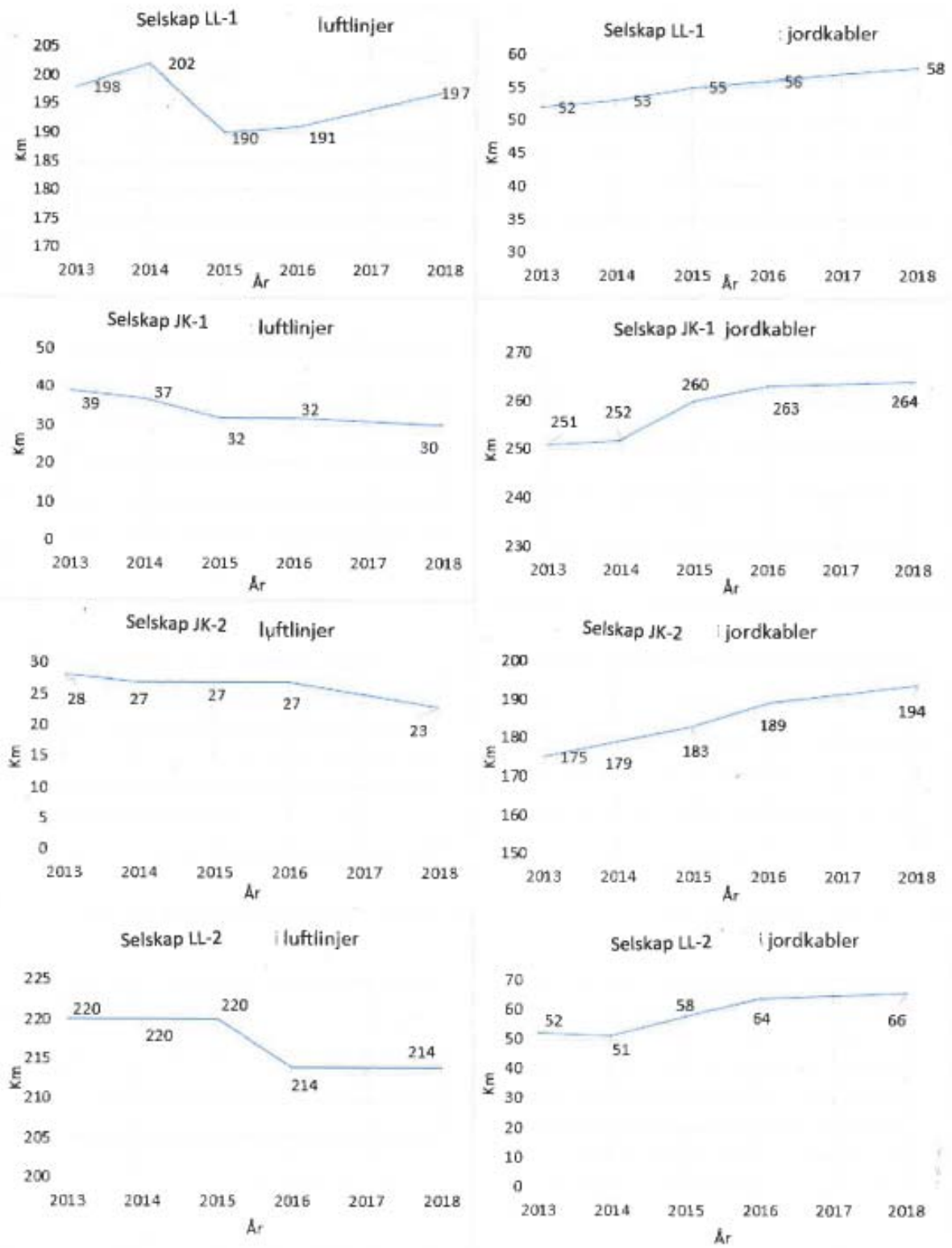


Figur 6: Gjennomsnittlig ILE fra 2013 - 2017

2.5.4 Investeringer

Ut ifra de økonomiske og tekniske dataene som nettselskapene rapporterer til NVE kan det hentes ut hvor mange km kraftledninger hvert nettselskap har per 01.01 hvert år og hvor mye de har 31.12. samme år. Nettselskapene oppgir hvor mange kilometer kraftledning de skraper, hvor mange kilometer kraftledning de reinvesterer og hvor mange kilometer nyinvesteringer de gjør. Dataene er sortert for distribusjonsnett, regionalnett og sentralnett, og det oppgis blant annet antall kilometer luftlinjer og jordkabel. Dette gjør det mulig å se hvor mye hvert av de fire nettselskapene har investert i luftlinjer og jordkabler de siste årene frem til 2016. I tillegg til disse rapporterte dataene er det hentet inn data fra de fire nettselskapene om dagens status på luftlinjer og jordkabler. Disse investeringene er grafisk fremstilt for hvert enkelt nettselskap i figur 7.

[10] ILE – Ikke levert energi



Figur 7: Oversikt over antall km kraftledning til hvert av nettselskapene 2013 - 2018

Når det investeres i jordkabler er det flere hensyn som må tas. Jordkablene må legges på en slik måte at de ikke er utsatt for ytre skader og slik at levetiden opprettholdes. Det kan variere hvor dypt jordkablene må legges for at de skal ligge sikkert, og hvert enkelt område må vurderes. Legges jordkabelen for eksempel i et område med jordbruk må den legges så dypt at den ikke påvirkes av redskaper som brukes i forbindelse med jordbruket. Det er store forskjeller på hvordan grøftene til jordkablene lages. I noen tilfeller er det tilstrekkelig med graving, mens i andre tilfeller kan det bli behov for sprenging og boring. Ved behov for sprenging og eventuelt boring kan investeringskostnadene for jordkabel bli høye.

Det var ønskelig å finne ut av hvor mye det koster å investere i jordkabler og luftlinjer. For å undersøke dette ble prosjektverktøyet til REN[11] benyttet og det ble valgt å se på 1 km. Det første som ble sett på var kostnadene tilknyttet oppstarts- og avviklingsarbeid og resultatet av dette kan ses i tabell 8. Deretter ble det sett på hvor mye en nyinvestering på 1 km luftlinje koster. I kalkylen til REN er det mange typer luftlinjer å velge mellom og valget falt på en «BLX og BLL 50/62 mm^2» luftlinje. Når det kommer til jordkabel er det også mange valg av type kabel, men det må også tas hensyn til hvor kabelen skal ligge. I REN har man mulighet til å velge om kabelgrøften skal være i byområde, forstad eller på landsbygd. Det ble valgt å se på en «24 kV TSLE/TSLF 240 Al» og å se på kostnadene når denne legges i byområde, forstad og på landsbygd. Resultatene av investeringskostnadene på 1 km luftlinje og 1 km jordkabel i de tre områdene kan ses i tabell 9. Det er kun tatt hensyn til kostnadene til selve luftlinjen, jordkabelen og grøften slik, og en utdyping av hva som inngår i resultatene kan ses i vedlegg 1.

Tabell 8: REN – kostnader for oppstarts- og avviklingsarbeid for nybygging av HS luftlinjer og jordkabler

Type	Kostnad [kr]
Oppstarts- og avviklingsarbeid nyanlegg HS luft	33 091
Oppstarts- og avviklingsarbeid nyanlegg HS kabel	23 158

Tabell 9: REN – kostnader for nybygging av 1 km luftlinje og 1 km jordkabel i 3 forskjellige omgivelser

Type	Kostnad [kr]
BLX og BLL 50/62 mm^2	612 648
24 kV TSLE/TSLF 240 Al i grøft, lagt i byområde	1 075 480
24 kV TSLE/TSLF 240 Al i grøft, lagt i forstad	801 807
24 kV TSLE/TSLF 240 Al i grøft, lagt på landsbygd	672 671

[11] [7] REN – se www.ren.no/project

2.6 Strategi

> «Regjeringen opprettholder hovedprinsippet om at bruken av kabel skal økes på lavere spenningsnivå, men være gradvis mer restriktiv med økende spenningsnivå, slik det ble lagt til grunn ved Stortingets behandling av Ot.prp. nr. 62 (2008-2009). Kriteriene for når unntak er aktuelt tydeliggjøres. For nett inntil 22 kV skal kabel være hovedregelen. Sentralnettet skal fortsatt som hovedregel bygges som luftledning. Bruk av kabel skal alltid gis en overordnet omtale, men hvor grundig kabling utredes skal tilpasses hva som kan være beslutningsrelevant og i tråd med gjeldende prinsipper for bruk av kabling.»[12]
>
> (Vi bygger Norge – om utbygging av strømnettet, 2011 – 2012, Olje- og energidepartementet)

Sitatet over sier altså at for nett inntil 22 kV skal kabel alltid være hovedregelen. For å undersøke om dette er noe som gjennomføres i praksis fikk de fire nettselskapene tilsendt spørsmål om hvorfor nettet er bygget slik som det er, og hva som er strategien ved eventuell utbygging eller utskiftning av det høyspente distribusjonsnettet. Tabell 10 viser svaret hvert av nettselskapene ga på dette spørsmålet.

Tabell 10: Oppsummert svar fra nettselskap om kabelstrategi

Nettselskap	Svar
Selskap LL-1	Slik nettet er bygget er basert på en strategi som ble lagt tidlig på 90-tallet og gjennomført i perioden 1992 til ca. 2005. Ved alle investeringer og reinvesteringer er Selskap LL-1 strategi å legge jordkabel, der dette er mulig og har en akseptabel kostnad.
Selskap JK-1	I hovedsak er det ønskelig å bruke jordkabel. Det flate landskapet i distriktet er godt egnet for å legge kabler i jord, fordi det er driftsmessig er en fordel her. Ønsket er å få alle luftlinjer ned i bakken på sikt. Erfaringen tilsier at det oftere er feil på luftlinje enn på jordkabel. Driftsmessig er det en fordel med jordkabler i forholdene her i kommunen.
Selskap JK-2	Hovedgrunnen til at strømnettet er slik det er i dag er på grunn av ytre påvirkninger. På grunn av nærheten til kysten er det en utfordring å ha kraftledningene i luft på grunn av saltråke, klima, sur nedbør, jordbruksdrift, fuglekollisjoner, vind og mer. Interessekonflikter med grunneier/utbygger har gjort det nesten umulig i mange tilfeller å beholde luftlinjer. På grunn av kraftkrevende industri og store overføringer til utkanter kan ikke alltid linjen levere de mengdene som trengs uten å måtte bygge parallelle linjer. Derfor benyttes det jordkabler. De siste 30 årene har det knapt blitt bygd en ny luftlinje her, og det kommer det nok heller aldri til å bli.
Selskap LL-2	Nettet har blitt utbygd etter hvert som behovet har vist seg helt ifra 1913. Både til privat bruk og til næring. Nettet er bygget med både lokal kompetanse og innleid hjelp opp igjennom årene. Både til gjennomføring og planlegging. Strategien opp igjennom årene har nok vært slik at det legges kabel i og rundt sentrumsområdene og luftlinje på utsiden. Tanken

[12] [2] – Vi bygger Norge – om utbygging av strømnettet, Olje- og Energidepartementet

	er at det velges det som er mest hensiktsmessig utfra de forutsetningene som finnes rundt; grunnforhold, trasévalg, grunneiers ønsker, tilkomst til traséer og muligheter for utvidelse/utbygging/redundanser.

Nettselskapene ble også spurt om å utdype strategien under besøk. Alle nettselskapene sa at det er hensiktsmessig å ha jordkabler for å redusere antall avbrudd og at det er noe som vurderes ved utskiftninger og nyinvesteringer. Hos Selskap JK-2 ble det fortalt at de har en strategi om at alt av nett skal ligge i bakken innen 2023. De har knapt nok bygget en luftlinje de siste 30 årene og har ingen planer om å gjøre dette heller. For å få lagt kablene i bakken går de ofte sammen med andre aktører, som for eksempel når det skal graves i forbindelse med vann og avløp, slik at kostnadene på gravingen blir lavere. Selskap JK-1 fortalte at de også ønsker å ha alt nett i bakken på sikt. De er også interessert i å gå sammen med andre aktører om gravingen av grøftene, og legger også rør når andre graver grøfter slik at de kan trekke jordkabelen når de skal det. Hos Selskap LL-2 har de i de siste årene hatt en klarere kablingsstrategi enn de har hatt tidligere og de har blant annet ansatt montører med god erfaring på kabellegging, men de forteller at det ikke skal kables for enhver pris. Ved behov for sprengning er det per i dag uaktuelt å legge en kabel hvis kraftledningen heller kan legges i luft på grunn av høye kostnader. Under besøk hos Selskap LL-1 forteller de at det er ønskelig å legge kabel, og et eksempel hvor en luftlinje som nå blir skiftet til jordkabel ble vist. Traséen der jordkabelen skal gå er preget av fjellgrunn og det må sprenges for å få lagt jordkabelen ned. Gravingen og sprengningen av denne grøften blir utført av en ekstern aktør som de pleier å benytte seg av.

De fire nettselskapene ble også spurt om hvordan de velger trasé når luftlinjer skiftes ut med jordkabler. Felles for alle nettselskapene er at de velger traséen ut ifra hva som lønner seg. Som nevnt tidligere i forbindelse med kablingsstrategi, svarte Selskap JK-1 og Selskap JK-2 at de ser fordelen av å gå flere aktører sammen om gravingen for å redusere kostnadene. Selskap JK-2 trekker også frem at de prøver å velge den strakeste veien for å redusere nettapskostnadene. Selskap LL-1 forteller at de vurderer tilgjengelighet til vei og tar hensyn til dyrket mark, grunneier og fremtidige utbygginger og utvidelser. Selskap LL-2 sier at de ønsker å velge trasé ut ifra hvilken grunn som er lettest å grave i.

3 Analyse

Under sammenligningen av drift ser man at det er kun Selskap LL-2 og Selskap LL-1 som har driftssentral. Dette er det ikke behov for hos Selskap JK-2 og Selskap JK-1. En driftssentral vil generere en del kostnader i form av bemanning og vedlikehold, og det er en økonomisk fordel å ikke ha det så fremt driften tillater dette. På grunn av vedlikehold av nettstasjoner ser man også at de nettselskapene med jordkabeldrift kommer bedre økonomisk ut av, ettersom de har færre nettstasjoner per sluttbruker. (Kan tolkes som om det er pga kabelnett at det er færre nettstasjoner, men det er nok det at Selskap JK-1 og Selskap JK-2 har 400V nett på lavspent siden som er den viktigste faktoren for færre nettstasjoner) I tillegg er det også mindre vedlikehold med tanke på at det er færre komponenter. Med luftlinjenett forekommer det også en god del vedlikeholdskostnader knyttet til skogrydding, som er svært viktig for å forhindre trefall på luftlinje. Det er også tydelig at det er en betydelig bedre leveringspålitelighet på jordkabel i forhold til luftlinje. Leveringspåliteligheten blir som nevnt tidligere i rapporten bare viktigere med årene, både for industri men også husholdninger da vi stadig blir mer avhengig av elektrisitet.

Avbruddstatistikken taler også veldig positivt for jordkabeldrift, og man ser i tabell 2 at det er under halvparten så mange ikke- varslede avbrudd. Det kom også frem under samtale med Selskap JK-2 og Selskap JK-1 at av disse ikke- varslede avbruddene var de aller fleste av disse på de få luftlinjene de har. Det kommer også frem at det er omgivelsesrelaterte årsaker som fører til flest avbrudd på distribusjonsnettet, da spesielt trefall. Dette er noe som i svært liten grad påvirker jordkabelen, og det er

derfor det er såpass mye færre avbrudd hos Selskap JK-1 og Selskap JK-2. Med færre ikke- varslede avbrudd fører dette også til færre overtidstimer knyttet til feilretting, som igjen er en økonomisk fordel. Det oppleves at de nettselskapene med jordkabel har et mer redundant nett, spesielt Selskap JK-2 har en høy redundans i nettet sitt som gir de gode omkoblingsmuligheter ved avbrudd. Det skal også sies det nok er mer økonomisk hensiktsmessig å ha høyere redundans i nettet i større områder med mange sluttbrukere enn på mer landlige områder med færre sluttbrukere.

Alle nettselskapene har en form for beredskapsplan ved ekstraordinære situasjoner der nødvendig antall mannskap kan komme innen kort tid. Under ekstremvær er det svært lite beredskap som er nødvendig på Selskap JK-2 og Selskap JK-1 med tanke på at det meste av nett ligger beskyttet i bakken. Selskap LL-2 og Selskap LL-1 er ikke like utsatt for slike værforhold, men om det ventes ekstremvær er det nødt til å gjøres noen forberedende tiltak, som for eksempel å ha flere ansatte på vakt.

Sikkerhetsmessig er det også en fordel med jordkabelnett, både med tanke på tredjepersons sikkerhet og driftssikkerhet. Det er også noen utfordringer knyttet til graveskader på jordkabel, der eksterne aktører ikke har innhentet seg tilstrekkelig informasjon om det er jordkabel der det graves. I takt med den økende viktigheten med tilgang til elektrisitet blir man også mer sårbar for eventuell sabotasje.

Økonomisk sett ser man ikke store forskjeller på driftsresultatene, med unntak av hos Selskap LL-1. Dette forklarer Selskap LL-1 selv med at det har vært flere svingninger i inntektsrammen. Når man ser på nettapene er det en betydelig forskjell mellom luftlinje og jordkabel. Foreløpig utgjør ikke dette nettapet store kostnader for nettselskapene, men med en eventuell økning i strømprisene kan dette bli en større kostnad.

KILE- kostnadene er også lavere hos selskapene med jordkabel, spesielt lave kostnader er det hos Selskap JK-2. Selskap JK-1 har som nevnt tidligere hatt noen problemer med noen av deres luftlinjer, en av disse er nå skiftet ut og har resultert i lavere KILE-kostnader. Med grunnlag på sammenligningen av KILE og ILE ser man at jordkabel gir minst av både KILE og ILE, som er økonomisk gunstig.

Når man ser på investeringene til nettselskapene er det en tydelig trend at det hovedsakelig investeres i jordkabler i nettet. Under samtalene vi hadde med hvert av nettselskapene informerte alle at jordkabel alltid var førstevalget, men ikke for enhver pris. Selskap LL-2 og Selskap LL-1 har mer utfordring når det kommer til fjellgrunn, og må derfor ofte sprenge når det skal graves kabelgrøft. Hos Selskap LL-2 er det foreløpig uaktuelt å legge jordkabel dersom det må sprenges ettersom det blir en for dyr investering. Selskap LL-1 har en avtale med en lokal aktør som både graver og sprenger grøfter for nettselskapet, dette gjør at de får en mer gunstig avtale og det er dermed mulig å investere i jordkabel. Hos mindre nettselskap kan det være en utfordring når det kommer til investering i jordkabler ved store avstander og få sluttbrukere, spesielt når topografi gjør det kostbart. Det burde vurderes flere ulike trasémuligheter for å finne den mest lønnsomme traséen. Det vil kunne vise seg at å legge traséer langs for eksempel veier kan føre til mindre arbeid og lavere kostnader, selv om det ikke nødvendigvis er den korteste strekningen. I tillegg er det ofte andre aktører som ønsker å grave langs vei, for eksempel i forbindelse med vann og avløp, og det vil være mulighet for fellesføring. Selv om det er kostbart å investere i jordkabler må det også ses på hvor mye vedlikeholdskostnader man kan redusere ved å ha jordkabler. Vedlikeholdskostnadene for luftlinjer vist i tabell 4 og kostnadene ved skogrydding vist i tabell 5 er kostnader som ikke er aktuelle for jordkabler og den totale kostnaden i løpet av kraftledningens levetid kan i flere tilfeller bli nokså lik.

4 Referanser

[1] https://www.energinorge.no/fagomrader/strommarked/kraftsystemet/forsyningssikkerhet-og-beredskap/ (03.08.18)

[2] https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld-st-14-20112012/id673807/sec1 (03.08.18)

[3] Statnett, **Årsstatistikk Driftsforstyrrelser, feil og planlagte utkoblinger i 1-22 kV-nettet**, 2017 (upublisert versjon)

[4] www.fasit.no (03.08.18)

[5] NVE**, Skogrydding i kraftledningstraséer**, Veileder nr 2-2016

[6] https://www.sintef.no/globalassets/project/smartregions/workshop-2013/6_vedlikehold-av-nettstasjoner_maren-istad.pdf (03.08.18)

[7] www.ren.no/project (03.08.18)

VEDLEGG 1

Tabeller over kostnader for nybygginger i luftlinjenett og jordkabelnett hentet fra REN[13]

Tabell: Oversikt over kostnader til oppstarts- og avviklingsarbeid knyttet til nyanlegg luftlinjer og jordkabler.

Type	Kostnad (kr)
Oppstarts- og avviklingsarbeid nyanlegg HS luft	**33 091**
• Arbeidsplanlegging og tilrettelegging ved nyanlegg – HS luft	20 301
o Varsling og utkobling	0
o HMS arbeid ved utførelse nyanlegg – luft- og kabelnett	2 079
o Arbeidsplanlegging for nyanlegg – HS luft	2 772
o Tilrettelegging – Nyanlegg – HS luft	15 450
• Arbeidsavslutning og eventuell driftssetting ved nyanlegg – HS luft	12 790
o Sluttkontroll og samsvarserklæring – Nyanlegg	2 079
o Driftssetting av anlegg	1 386
o Avvikling – Nyanlegg HS luft	9 325
Oppstarts- og avviklingsarbeid nyanlegg HS kabel	**23 158**
• Arbeidsplanlegging og tilrettelegging ved nyanlegg – HS kabel	14 902
o Varsling og utkobling	0
o Tilrettelegging – HS kabel	5 652
o HMS arbeid ved utførelse nyanlegg – luft- og kabelnett	2 079
o Arbeidsplanlegging for nyanlegg – HS kabel	2 772
o Oppstart og tilrigging for grøftearbeid	4 399
• Arbeidsavslutning ved nyanlegg HS kabel	8 256
o Sluttkontroll og samsvarserklæring – Nyanlegg	2 079
o Driftssetting av anlegg	1 386
o Avvikling – Nyanlegg HS kabel	3 016
o Kappeprøving HS kabel	1 455
o Transport av måleutstyr for kappemåling	319

[13] [7] REN- se www.ren.no/project

Tabell: Oversikt over kostnader til nybygging av en HS luftlinje av typer BLX og BLL 50/62 mm²

Type	Antall	Kostnad [kr]
BLX og BLL 50/62 mm²	**1 km**	**612 648**
• Nybygging Belagt linje, skogrydding i barskog	0,4 km	7 152
• Nybygging Belagt linje, skogrydding lauvskog	0,3 km	4 023
• Frakte og montere 3 tromler	1stk	5 034
• Trekke ut 3 linjer	1 km	26 790
• Registrering av nettdata – HS linje	1 km	1 306
• Grunnerstatning Belagt linje	1 km	29 514
• Prosjektering HS Linje universalkabel	1 km	59 481
• Etablering av jordelektrode for luftinstallasjoner	1 stk	9 342
• BLX line 50 mm² AlMgSi	3,15 km	50 715
• Gjennomgående jordline FeAl nr. 25 6/1	1 km	24 056
• E-mast i rettlinje BLX/BLL 50/62 mm²	5 sett	87 961
• H-mast i rettlinje med strekkjeder BLX/BLL 50/62 mm²	1 sett	43 454
• E-mast i vinkel, ståisolator og bardun BLX/BLL 50/62 mm²	1 sett	20 430
• H-mast i vinkel, strekkjeder og bardun(er) BLX/BLL 50/62 mm²	1 sett	50 028
• H-mast i vinkel, strekkjeder og strever(e) BLX/BLL 50/62 mm²	1 sett	65 393
• H-endemast med barduner BLX/BLL 50/62 mm²	1 sett	48 782
• Dobbel ende-mast m/strever BLX/BLL 50/62 mm²	1 sett	79 187

Tabell: Oversikt over kostnader til nybygging av en HS jordkabel av typen 24 kV TSLE/TSLF 240 Al

Type	Antall	Kostnad [kr]
Nybygging HS kabel 24 kV TSLE/TSLF 240 Al i grøft	**1 km**	**281 139**
• Registrering av nettdata i NIS	1,5 stk	530
• Prosjektering av HS kabel	1,5 delstr	6 337
o Valg av materiell og utførelse av mengdeberegning	1,5 delstr	338
o Dimensjonering av HS – ledning	1,5 delstr	3 851
o Valg av nettstruktur for HS kabel	1,5 stk	584
o Befaring i fordelingsnettet	1,005 stk	1 564
• TSLE/TSLF 3x1x240 (Snodd) 24 kV	1 km	265 764
• Skjøt PEX 3x1x240 24 kV	1 sett	8 508
o Registrering av nettdata i NIS	1 stk	354
o Innmåling kabelskjøt	1 stk	505
o Skjøte kabel 24kV PEX 1x50-240	3 stk	4 702
o Skjøt PEX 1x240 24 kV	1 sett	2 947

Tabell: Oversikt over kostnader knyttet til graving av grøft i byområde

Type	Antall	Kostnad [kr]
Nybygging grøft BYOMRÅDE for HS kabel	**1 km**	**678 277**
• Prosjektering av grøftetrasé	1 km	6 224
• Grøft inntil eksisterende kabel	0,57 km	20 415
• Kryssende hindringer i bakken	10 stk	15 835
• Avklaring mot offentlige etater og private for grøft	1 km	3 890
• Dokumentasjon og måling – grøft	1 km	4 332
o Registrering av grøftetrasé i NIS	1 stk	361
o Innmåling – grøftetrasé	1 km	3 971
• Byområde. Sikring av grøft og etablering av midlertidige kryssingspunkt	1 km	20 006
o Gangbro med rekkverk	10 stk	671
o Kjørbar plate	8 stk	2 707
o Lett avsperring, flaggline eller lignende	1,7 km	14 728
o Tung avstengning	0,19 km	1 900
• Skjære opp asfalt, bryte opp, fjerne asfaltdekke og legge ny asfalt	0,57 km	218 632
o Skjære asfalt med asfaltsag	1,14 km	48 383
o Bryte opp asfaltdekke	0,57 km	4 731
o Lastebil	5,13 t	3 068
o Istandsetting av asfalt i fortau/gangbane	570 m^2	162 450
• Bryte opp fortau-/gangveiheller, transport til lagr og istandsetting	133 m^2	52 222
o Bryte opp fortau-/gangveiheller	133 m^2	8 685
o Transport av gatestein, heller, belegningsstein o.l. til opplag	133 m^2	6 375
o Legging av fortau-/gangveiheller	133 m^2	30 032
o Transport av gatestein, heller, belegningsstein m.v. fra opplag	133 m^2	7 130
• Bryte opp gatestein, transport til lager og istandsetting	50 m^2	24 569
o Bryte opp gatestein	50 m^2	4 800
o Transport av gatestein, heller, belegningsstein o.l. til opplag	50 m^2	2 397
o Setting av gatestein, hageheller, belegningsstein m.v.	50 m^2	14 692
	50 m^2	2 681

o Transport av gatestein, heller, belegningsstein m.v. fra opplag	95 m^2	47 240
• Bryte opp hageheller/belegningsstein, transport til lager og istandsetting	95 m^2	9 677
o Bryte opp hageheller, belegningsstein og lignende	95 m^2	4 553
o Transport av gatestein, heller, belegningsstein o.l. til opplag	95 m^2	27 916
o Setting av gatestein, hageheller, belegningsstein m.v.	95 m^2	5 093
o Transport av gatestein, heller, belegningsstein m.v. fra opplag	1 km	213 187
• Byområde. Graving og gjenfylling av kabelgrøft	1 km	126 284
o Grøft dybde 0,6 m, bredde 0,5-0,7 m	1415 m^2	59 505
o Komprimering med vibratorplate pr.0,3m skikt	1 km	27 397
o Sanding grøft bredde 0,3-0,7 m	260 m^3	40 765
• Masseutskifting	260 m^3	10 865
o Utskifting av grøftemasser	260 m^3	29 900
o Pukk 32-64mm	20 m	10 960
• Sprenging og pigging av fjell		

Tabell: Oversikt over kostnader knyttet til graving av grøft i forstad

Type	Antall	Kostnad [kr]
Nybygging grøft FORSTAD for HS kabel	**1 km**	**420 662**
• Prosjektering av grøftetrasé	1 km	6 224
• Grøft inntil eksisterende kabel	0,57 km	20 415
• Kryssende hindringer i bakken	3,77 stk	5 970
• Avklaring mot offentlige etater og private for grøft	1 km	3 890
• Dokumentasjon og måling – grøft	1 km	4 332
o Registrering av grøftetrasé i NIS	1 stk	361
o Innmåling – grøftetrasé	1 km	3 971
• Forstad. Sikring av grøft og etablering av midlertidige kryssingspunkt	1 km	10 110
o Gangbro med rekkverk	3,77 stk	253
o Kjørbar plate	3,77 stk	1 275
o Lett avsperring, flaggline eller lignende	0,81 km	7 018
o Lett avstengning	0,19 km	1 565
• Skjære opp asfalt, bryte opp, fjerne asfaltdekke og legge ny asfalt	0,47 km	180 275
o Skjære asfalt med asfaltsag	0,94 km	39 895
o Bryte opp asfaltdekke	0,47 km	3 901
o Lastebil	4,23 t	2 530
o Istandsetting av asfalt i fortau/gangbane	470 m^2	133 950
• Forstad.Graving og gjenfylling av kabelgrøft	1 km	168 137
o Grøft dybde 0,6 m, bredde 0,3-0,5 m	1 km	101 210
o Komprimering med vibratorplate pr.0,3m skikt	940 m^2	39 530
o Sanding grøft bredde 0,3-0,7 m	1 km	27 397
• Masseutskifting	66 m^3	10 348
o Utskifting av grøftemasser	66 m^3	2 758
o Pukk 16-32mm	66 m^3	7 590
• Sprenging og pigging av fjell	20 m	10 960

Tabell: Oversikt over kostnader knyttet til graving av grøft på landsbygd

Type	Antall	Kostnad [kr]
Nybygging grøft LANDSBY for HS kabel	**1 km**	**300 787**
• Prosjektering av grøftetrasé	1 km	6 224
• Kryssende hindringer i bakken	1 stk	1 584
• Avklaring mot offentlige etater og private for grøft	1 km	3 890
• Dokumentasjon og måling – grøft	1 km	4 332
o Registrering av grøftetrasé i NIS	1 stk	361
o Innmåling – grøftetrasé	1 km	3 971
• Landsbygd Sikring av grøft og etablering av midlertidige kryssingspunkt	1 km	2 937
o Kjørbar plate	1 stk	338
o Lett avsperring, flaggline eller lignende	0,3 km	2 599
• Skjære opp asfalt, bryte opp, fjerne asfaltdekke og legge ny asfalt	0,1 km	38 356
o Skjære asfalt med asfaltsag	0,2 km	8 488
o Bryte opp asfaltdekke	0,1 km	830
o Lastebil	0,9 t	538
o Istandsetting av asfalt i fortau/gangbane	100 m^2	28 500
• Landsbygd. Graving og gjenfylling av kabelgrøft	1 km	226 859
o Grøft dybde 0,6 m, bredde 0,5-0,7 m	0,7 km	88 399
o Grøft dybde 1,2 m, bredde 0,4-0,9 m	0,3 km	106 016
o Komprimering tillegg ved kryssing av hinder i grøft,dybde 0,6m	120 m^2	5 046
o Sanding grøft bredde 0,3-0,7 m	1 km	27 397
• Masseutskifting	36 m^3	5 644
o Utskifting av grøftemasser	36 m^3	1 504
o Pukk 32-64mm	36 m^3	4 140
• Sprenging og pigging av fjell	20 m	10 960

NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

MIDDELTHUNSGATE 29
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no